

Inventory ABC Classification with Intuitionistic Fuzzy MCDM Approach in the Automotive Industry

Maryam Daneshvar* 

Management Dept, Faculty of Management and Finance, Khatam University, Tehran, Iran.

Fatemeh Mojibian 

Management Dept, Faculty of Management and Finance, Khatam University, Tehran, Iran

Hosein Dousti 

Management Dept, Faculty of Management and Finance, Khatam University, Tehran, Iran

Abstract

Inventory management in the automotive industry has strategic importance due to the high variety of parts, the strong interdependence of production processes, and the high sensitivity to production line downtime. The traditional ABC classification, as one of the common inventory management tools, only considers the annual consumption value and is unable to realistically reflect the complexities, risks, and uncertainties in the supply chain. Therefore, the main objective of this research is to develop an intuitionistic fuzzy MADM framework to improve the classification of inventory items in the automotive industry. In this study a hybrid approach of ABC inventory classification and intuitionistic fuzzy MADM has been developed. Initially, the criteria of inventory classification have been determined by literature review and consulting experts, and then the criteria weights have been determined by intuitionistic

* Corresponding Author: m.daneshvar@khatam.ac.ir

How to cite: Daneshvar, M., Mojibian, F. & Dousti, H. (). Inventory ABC Classification with Intuitionistic Fuzzy MCDM Approach in the Automotive Industry, *Industrial Management Studies*, ().

fuzzy DEMATEL. Then inventory item ranking has been done by intuitionistic fuzzy EDAS. Finally, using the scores obtained from IF-EDAS, the inventory items have been assigned to classes A, B and C. The results show that the criteria of inventory classification are: item value, demand, lead time, shortage impact, supply risk, functional importance, part feeding method and inventory security sensitivity. The most important criteria are lead time, supply risk and inventory security sensitivity. Also the most important and sensitive inventory items are items related to the suspension, steering, and braking systems, engine and power transmission parts and electrical and electronic parts.

Keywords: ABC classification, Inventory management, intuitionistic fuzzy, DEMATEL, EDAS

Introduction

Inventory management is a key factor in optimizing the performance of the entire supply chain. Inventory classification constitutes a critical managerial instrument, enabling the categorization of inventory items according to their relative significance and value within the production process, thereby facilitating optimal resource allocation. The ABC classification method is a widely adopted approach in inventory management that seeks to reduce complexity by partitioning inventory items into three categories A, B, and C based on their relative importance. However, the conventional single-criterion ABC classification exhibits conceptual and operational limitations, as it relies exclusively on the monetary value of inventory items. To address this shortcoming, researchers have sought to extend the ABC framework by incorporating MCDM approaches. This extension integrates additional criteria such as supply lead time, holding cost, and part criticality into the classification process.

A comparison of the models employed in the inventory control literature with the requirements of the Iranian automotive industry reveals a notable discrepancy. The majority of prior research has assumed stable supply environments with unrestricted access to standard parts or has operated under assumptions of certainty and information uniformity. The Iranian context, however, is characterized by severe currency constraints, trade sanctions, and pronounced supply

volatility. Consequently, a significant gap persists in the extant literature owing to the absence of a model capable of quantitatively accounting for both uncertainty and context-specific indicators in inventory classification. This gap underscores the need for research that not only advances the theoretical framework but also demonstrates applicability in operationally challenging environments such as the automotive industry.

The novelty of this research is articulated along three dimensions. First, inventory classification criteria were derived through a systematic literature review and expert consultations, yielding four previously unreported classification criteria. Second, criterion weights were determined with explicit consideration of their mutual influences. Third, the proposed method was developed with deliberate attention to the specific conditions of the Iranian automotive supply chain, including the constraints associated with parts procurement within this chain. This approach provides a realistic basis for inventory classification in the automotive sector by accounting for prevailing uncertainties. The overarching objective of this study is to develop an applied model for inventory management in an automotive company, employing intuitionistic fuzzy logic and multi-criteria decision-making techniques.

Research background

The automotive industry represents one of the most complex and consequential industries, continually subjected to pressures arising from intense global competition, rapid technological advancement, and the imperative to optimize production processes. This sector demands efficient management strategies across multiple domains, including inventory management and parts procurement. A central challenge within the industry is the effective management of inventories, which bears directly on costs, production lead times, and the quality of finished products. Inventory management plays a pivotal role in optimizing supply chain performance. In this context, inventory classification constitutes a critical managerial instrument that enables the categorization of inventory items according to their relative significance and value within the production process, thereby facilitating optimal resource allocation.

Inventory classification methods and MCDM techniques provide decision-makers with a structured basis for resource allocation and strategy formulation. Uncertainty in inventory control, however, poses a substantial challenge that directly affects decision-making processes within supply chain management. Such uncertainty may originate from multiple sources, including demand variability, lead time fluctuations,

and market price volatility. Effective inventory control strategies must therefore explicitly account for these uncertainties to enhance operational efficiency and minimize costs.

To address decision contexts characterized by ambiguity, uncertainty, and incomplete information, flexible methodologies such as fuzzy logic and intuitionistic fuzzy logic have been proposed. These approaches generally offer improved accuracy and adaptability relative to conventional methods. In particular, IFL enables the modeling of not only membership degrees but also non-membership degrees and hesitancy margins, thereby capturing a richer representation of informational uncertainty. The integration of intuitionistic fuzzy logic with MCDM techniques provides both a rigorous mechanism for decision-making under uncertainty and a systematic framework for enhancing analytical depth and decision quality in complex environments. In strategically significant industries such as automotive manufacturing where both macro-level strategic and operational-level decisions carry substantial consequences this approach yields enhanced decision flexibility, risk mitigation, and productivity gains.

Methodology

This study adopts a positivist paradigm, employing quantitative methods. The research is classified as applied research with respect to its objective and as quantitative research on the basis of data type. A descriptive-survey approach with a cross-sectional design was employed for data collection. In accordance with the study's objective, the proposed methodology comprises three principal steps: (1) identification of inventory classification indicators, (2) determination of indicator weights using the intuitionistic fuzzy DEMATEL method, and (3) execution of ABC inventory classification via the intuitionistic fuzzy EDAS method. To identify the inventory classification indicators, the most widely used indicators in ABC classification were first extracted through a systematic literature review. Subsequently, semi-structured interviews were conducted with experts in supply chain management, warehousing, logistics, production engineering, and production planning to ensure the compatibility of the indicators with the automotive industry and to elicit industry-specific indicators from the experts' perspective. The number of expert interviews was determined in accordance with the theoretical saturation principle. A total of 13 experts were interviewed. Upon finalization of the inventory classification indicators, the indicator weights were determined using the IF-DEMATEL method. Finally, the IF-EDAS method was applied to classify inventory items. To validate the proposed method, the

classification results obtained from the proposed approach were compared with those derived from the classical ABC method.

Discussion and Results

To establish the inventory classification criteria, a systematic literature review was conducted to identify articles addressing ABC inventory classification with MADM techniques, yielding a final sample of ۵۵ articles. On the basis of this review, the most frequently cited inventory classification indicators were identified as part value, consumption rate, part supply time and shortage impact. As a complementary step, the indicators of functional importance, supply risk, part supply method and inventory security sensitivity were elicited through analysis of expert interviews. Notably, the indicators derived from the literature were subsequently validated by automotive industry experts. According to the results of the intuitionistic fuzzy DEMATEL method, part supply time, supply risk and inventory security sensitivity received the highest weights in the classification of automotive parts inventory. Finally, ABC classification was applied to categorize inventory items according to their relative importance and management priority. The assignment of items to categories A, B, or C was determined using the intuitionistic fuzzy EDAS technique in conjunction with the cumulative percentage of score share method.

Conclusion

A comparison of the results obtained from the traditional ABC classification with those derived from hybrid approach of intuitionistic fuzzy MADM demonstrates that the proposed approach yields a more comprehensive and accurate classification of inventory items. This advantage arises because the proposed method incorporates multiple criteria and their respective weights into the classification process while simultaneously accounting for uncertainty. Consequently, the approach identifies items of greater operational and managerial significance and assigns them to more discriminating categories. In other words, the proposed method overcomes the principal limitation of the traditional ABC approach by integrating additional pertinent indicators. Consequently, ABC inventory classification based on the proposed method functions as an effective decision-support tool for resource allocation and for directing managerial attention toward critical and high-value items. Concentrating managerial effort on category A items optimizes holding costs, mitigates supply risk, and enhances operational efficiency. Moreover, proportionate oversight of category

B items and streamlined monitoring of category C items collectively contribute to the overall improvement of the parts supply system.

آماده انتشار

طبقه‌بندی ABC موجودی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی شهودی در صنعت خودرو

مریم دانشور*  گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و علوم مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران.

فاطمه مجیبیان  گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و علوم مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران.

حسین دوستی  گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و علوم مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران.

چکیده

مدیریت موجودی در صنعت خودرو به دلیل تنوع بالای قطعات، وابستگی شدید فرایندهای تولید و حساسیت بالای توقف خط تولید، از اهمیت راهبردی برخوردار است. در این میان، طبقه‌بندی ABC به عنوان یکی از ابزارهای متداول مدیریت موجودی، در صورتی که فقط بر مبنای معیارهای سنتی نظیر ارزش مصرف سالانه انجام شود، قادر به انعکاس واقع‌بینانه پیچیدگی‌ها، ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های موجود در زنجیره تأمین نیست. از این رو، هدف اصلی این پژوهش ارائه یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر منطق فازی شهودی به منظور بهبود طبقه‌بندی اقلام موجودی در صنعت خودروسازی است. در این مطالعه از یک رویکرد ادغامی طبقه‌بندی موجودی ABC و تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی شهودی استفاده شده است. در ابتدا شاخص‌های طبقه‌بندی اقلام موجودی با مرور ادبیات و نظرسنجی از خبرگان تعیین شده‌اند و سپس برای تعیین وزن شاخص‌ها از تکنیک دیمتل فازی شهودی و جهت رتبه‌بندی اقلام موجودی از تکنیک ایداس فازی شهودی استفاده شده است. در نهایت با استفاده از امتیازات حاصل از ایداس فازی شهودی اقلام موجودی به طبقات A، B و C تخصیص داده شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی عبارتند از: ارزش قطعه، نرخ مصرف، زمان تأمین قطعه، تأثیر کمبود، ریسک تأمین، اهمیت عملکردی، نحوه تغذیه قطعه و حساسیت امنیت موجودی. بر اساس نتایج دیمتل فازی شهودی مهمترین این شاخص‌ها زمان تأمین قطعه، ریسک تأمین و حساسیت امنیت موجودی می‌باشند. همچنین مهم‌ترین و حساس‌ترین قطعات

موجودی نیز اقلام مربوط به سیستم تعلیق، فرمان و ترمز، قطعات موتور و انتقال قدرت و قطعات برقی و الکترونیکی می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: طبقه‌بندی ABC، مدیریت موجودی، رویکرد فازی شهودی، ایداس، دیمتل

مقدمه

صنعت خودرو یکی از پیچیده‌ترین و مهم‌ترین صنایع در سطح جهانی است که با توجه به رقابت‌های شدید جهانی، تغییرات سریع فناوری و نیاز به بهینه‌سازی فرایندهای تولید، به‌طور مداوم تحت فشار است. این صنعت نیازمند استراتژی‌های مدیریتی کارآمد در زمینه‌های مختلف از جمله مدیریت موجودی، تأمین قطعات، زمان‌بندی تولید و کاهش هزینه‌ها است. یکی از چالش‌های اساسی در این صنعت، مدیریت صحیح و بهینه موجودی‌ها است که می‌تواند تأثیر زیادی بر هزینه‌ها، زمان تولید و کیفیت محصولات نهایی داشته باشد. در این راستا، طبقه‌بندی موجودی‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی مطرح می‌شود که به کمک آن می‌توان موجودی‌ها را بر اساس اهمیت و ارزش آنها در فرایند تولید طبقه‌بندی کرد و به این ترتیب به تخصیص بهینه منابع پرداخت (Borowiak, ۲۰۲۵). طبقه‌بندی ABC موجودی یکی از روش‌های شناخته‌شده و کاربردی در مدیریت موجودی است که با هدف کاهش پیچیدگی‌ها و ساده‌سازی فرایندها، موجودی‌ها را به سه دسته A، B و C تقسیم می‌کند. موجودی‌های دسته A شامل قطعات و مواد با اهمیت بالا و مصرف کم هستند، در حالی که موجودی‌های دسته C شامل قطعات با اهمیت کمتر و مصرف بیشتر می‌شوند. این طبقه‌بندی به مدیران این امکان را می‌دهد تا با تمرکز بیشتر بر روی قطعات با ارزش بالا و کمبودهای احتمالی، فرایند تأمین و نگهداری موجودی را بهینه‌سازی کنند (Abdolazimi et al., ۲۰۲۱). این رویکرد اگرچه در ساده‌سازی کنترل موجودی کارآمد است، اما در محیط‌های پیچیده‌ای نظیر صنعت خودرو، اتکای صرف به معیار مالی نمی‌تواند بیانگر اهمیت واقعی اقلام باشد. در عمل، ممکن است قطعه‌ای با ارزش ریالی پایین، در صورت کمبود، موجب توقف کامل تولید شود؛ در حالی که برخی اقلام با ارزش بالا، جایگزین‌پذیری بیشتری داشته باشند. بنابراین، طبقه‌بندی تک‌معیاره ABC در چنین شرایطی با محدودیت مفهومی و عملیاتی مواجه است. در پاسخ به این محدودیت، پژوهشگران کوشیده‌اند چارچوب ABC را با بهره‌گیری از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه دهند و معیارهایی همچون زمان تأمین (Nakfon & Nunkaew, ۲۰۲۴)، هزینه نگهداری

(Stević, ۲۰۲۱)، بحرانی بودن قطعه (Paredes Rodríguez et al., ۲۰۲۳) و ارزش سالانه (Khan et al., ۲۰۲۵) را وارد فرآیند طبقه‌بندی کنند. مطالعات پیشین در حوزه مدیریت موجودی عمدتاً بر روش‌های سنتی مانند طبقه‌بندی ABC و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره متمرکز بوده‌اند. این مدل‌ها، اگرچه نقش مهمی در بهینه‌سازی موجودی ایفا کرده‌اند، اما چالش‌های مرتبط با عدم قطعیت و پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین را به‌طور کامل در نظر نگرفته‌اند. از سوی دیگر، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که به‌کارگیری رویکردهای فازی، به‌ویژه منطق فازی شهودی، می‌تواند کارایی مدل‌های تصمیم‌گیری را در شرایط عدم قطعیت افزایش دهد (Singh & Kumar, ۲۰۲۲). این منطق، علاوه بر درجه عضویت و عدم عضویت، درجه تردید را نیز لحاظ می‌کند که در تحلیل داده‌های ناقص یا نامشخص، دقت تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد. با وجود این مزایا، تاکنون مطالعات محدودی به کاربرد منطق فازی شهودی در مدیریت موجودی صنعت خودرو پرداخته‌اند و عمده تحقیقات بر صنایع دیگر مانند کالاهای فسادپذیر (Supakar et al., ۲۰۲۱) و صنعت بازیافت (Singh & Kumar, ۲۰۲۲) متمرکز بوده است. بررسی ادبیات دو شکاف پژوهشی عمده را نشان می‌دهد. نخست، در بسیاری از مطالعات، روابط علی میان معیارها مورد توجه قرار نگرفته است؛ در حالی که در واقعیت، برخی شاخص‌ها نقش پیشران داشته و بر سایر معیارها اثرگذارند. دوم، اغلب این مدل‌ها بر فرض قطعی بودن داده‌ها استوار بوده‌اند، حال آنکه تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین صنعت خودرو با عدم قطعیت‌های قابل توجهی همراه است.

در صنعت خودروی ایران، چالش‌های متعددی در مدیریت موجودی ناشی از تحریم‌ها، نوسانات بازار و محدودیت‌های تأمین قطعات وجود دارد. مدل‌های سنتی موجود، به دلیل عدم انعطاف‌پذیری در مواجهه با تغییرات سریع زنجیره تأمین و عدم قطعیت در تأمین‌کنندگان، کارایی مطلوبی ندارند. بنابراین، استفاده از رویکردهای نوین مانند منطق فازی شهودی در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی سطوح موجودی و افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین شود (Chakraborty et al., ۲۰۱۳).

بررسی مقالات منتشرشده طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ نشان می‌دهد تحقیقی که به‌طور هم‌زمان سه مؤلفه «منطق فازی شهودی»، «روش‌های MCDM» و «طبقه‌بندی ABC» را در

یک چارچوب یکپارچه ترکیب کند تاکنون صورت نگرفته است. مقایسه الگوهای به کاررفته در مقالات مرتبط با کنترل موجودی با نیازهای صنعت خودرو ایران حاکی از آن است که اغلب پژوهش‌ها یا بر محیط‌های تأمین پایدار، با دسترسی آزاد به قطعات استاندارد تمرکز داشته‌اند یا مفروضات اطلاعات قطعی و یکنواخت را پذیرفته‌اند؛ در حالی که بازار ایران با محدودیت‌های شدید ارزی، تحریم‌های تجاری و نوسان عرضه مواجه است. به بیان دیگر، شکاف دانشی موجود ناشی از فقدان مدلی است که بتواند عدم قطعیت‌ها و شاخص‌های بومی را به صورت کمی و شهودی در طبقه‌بندی موجودی لحاظ کند. این خلأ، ضرورت توسعه پژوهشی را برجسته می‌سازد که نه تنها چارچوب نظری را تکمیل کند، بلکه قابلیت پیاده‌سازی در محیط عملیاتی پرچالشی چون صنعت خودروسازی را نیز داشته باشد. نوآوری این پژوهش را می‌توان در سه بعد بیان کرد. نخست معیارهای طبقه‌بندی موجودی بر اساس ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان تعیین شدند. این امر منجر به شناسایی چهار معیار کاملاً جدید در طبقه‌بندی موجودی شد. دوم، وزن معیارها بر اساس میزان تاثیر آنها بر یکدیگر مشخص شده است. سوم روش پیشنهادی با در نظر گرفتن شرایط خاص زنجیره تأمین خودرو در ایران و در نظر گرفتن محدودیت‌های تأمین قطعات در این زنجیره پیشنهاد شده است. این روش با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود مبنای واقع بینانه‌ای برای طبقه‌بندی موجودی در صنعت خودروسازی ارائه می‌کند.

این پژوهش با هدف ارائه یک مدل کاربردی برای مدیریت موجودی در یک شرکت خودروسازی، مبتنی بر منطق فازی شهودی و تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام می‌شود. انتظار می‌رود که نتایج این تحقیق بتواند بهبود معناداری در فرایندهای تأمین، کاهش ریسک‌های ناشی از کمبود قطعات و افزایش کارایی مدیریت موجودی در شرایط عدم قطعیت ایجاد کند.

پیشینه پژوهش

مدیریت موجودی یکی از عوامل کلیدی در بهینه‌سازی عملکرد کل زنجیره تأمین محسوب می‌شود. موجودی بیش از حد منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری، کاهش بهره‌وری سرمایه و احتمال فرسودگی کالاها می‌شود، در حالی که موجودی ناکافی ممکن است باعث کمبود محصول، نارضایتی مشتری و کاهش فروش گردد. این دو لبه حساسیت، به‌ویژه در صنایع خودروسازی که زمان تحویل، کیفیت و هماهنگی اجزا نقش حیاتی دارند، بیشتر نمود پیدا

می‌کند (Chawla et al., ۲۰۲۴). بهره‌گیری از ابزارهای طبقه‌بندی موجودی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با در نظر گرفتن عدم قطعیت و رتبه‌بندی اقلام بر اساس معیارهای مختلف (هزینه، مصرف، ریسک و...) به تصمیم‌گیرندگان در مدیریت منابع کمک می‌کند تا استراتژی‌های بهینه‌تری اتخاذ کنند (Khan et al., ۲۰۲۵). تجزیه و تحلیل ABC امکان طبقه‌بندی موجودی را بر اساس ارزش فراهم می‌کند. این امر به ویژه هنگام سازماندهی محصولاتی که از نظر نوع متفاوت هستند اما وضعیت مشابهی دارند، کاربرد دارد. تقسیم‌بندی به این گروه‌ها بر اساس قانون ویلفردو پارتو است. بر این اساس، گروه A تقریباً ۲۰٪ از اقلام مجموعه را شامل می‌شود که حدود ۸۰٪ ارزش را شامل می‌شوند. گروه B شامل حدود ۴۰٪ از محصولاتی است که ۱۵٪ ارزش دارند و گروه C شامل ۴۰٪ اقلام است که ۵٪ ارزش را شامل می‌شوند (Chawla et al., ۲۰۲۴).

در چارچوب مدیریت موجودی، روش ABC کلاسیک به عنوان ابزاری ساده و پرکاربرد برای طبقه‌بندی اقلام انبار مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، این روش از منظر علمی دارای محدودیت‌هایی بنیادین است که اجرای آن را در محیط‌های پیچیده تولیدی مانند صنعت خودروسازی با چالش مواجه می‌سازد. نخستین ایراد اصلی این رویکرد، لحاظ کردن ارزش مصرف سالانه به عنوان تنها شاخص طبقه‌بندی است. این در حالی است که در شرایط واقعی، اهمیت یک قلم کالا ممکن است به عوامل غیرمالی مانند زمان تأمین، حساسیت به توقف تولید یا مخاطرات لجستیکی وابسته باشد. طبقه‌بندی موجودی چندمعیاره رویکردی است که چندین معیار را در تعیین کلاس موجودی در نظر می‌گیرد. این روش می‌تواند معیارهای جایگزینی را ارائه دهد، که در آن معیارهایی غیر از ارزش کل موجودی نیز در طبقه‌بندی مهم تلقی می‌شوند (Pratomo, ۲۰۱۹).

عدم قطعیت در کنترل موجودی یک چالش حیاتی است که بر فرایندهای تصمیم‌گیری در مدیریت زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. این عدم قطعیت می‌تواند از منابع مختلفی از جمله نوسانات تقاضا (Abbou et al., ۲۰۱۷)، تغییرپذیری زمان تحویل (Ben-Ammar et al., ۲۰۲۲)، و تغییرات قیمت بازار (Adida & Perakis, ۲۰۱۰) و ... ناشی شود. استراتژی‌های مؤثر کنترل موجودی باید این عدم قطعیت‌ها را برای بهینه‌سازی کارایی عملیاتی و به حداقل رساندن هزینه‌ها، مدیریت کنند. برای مواجهه با چنین شرایطی، استفاده از رویکردهای منعطف مانند منطق فازی و فازی شهودی پیشنهاد شده است. مدل‌هایی که

امکان لحاظ ابهام، تردید و اطلاعات ناقص را دارند، در مقایسه با رویکردهای سنتی از دقت و انطباق پذیری بالاتری برخوردارند. به ویژه، منطق فازی شهودی این امکان را فراهم می‌سازد که علاوه بر درجه عضویت، میزان عدم عضویت و تردید در مورد اطلاعات نیز مدل‌سازی شود (K. Atanassov & Vassilev, ۲۰۲۰). با وجود کاربرد گسترده منطق فازی کلاسیک در حوزه‌های مختلف، یکی از محدودیت‌های اصلی این منطق، ناتوانی آن در نمایش هم‌زمان عضویت، عدم‌عضویت و تردید است. در بسیاری از مسائل واقعی، تصمیم‌گیرنده نه تنها نمی‌تواند مقدار دقیقی برای عضویت یک گزینه تعیین کند، بلکه در تعیین قطعیت یا عدم قطعیت آن نیز دچار تردید است. این خلأ مفهومی منجر به ارائه منطق فازی شهودی شد. در این مدل، هر عنصر با سه مؤلفه مشخص می‌شود: درجه عضویت (μ)، درجه عدم عضویت (ν) و درجه تردید (π)، که مجموع آن‌ها حداکثر برابر با یک است. این ویژگی باعث می‌شود تا مدل‌سازی‌های مبتنی بر فازی شهودی نمای واقعی‌تری از ذهنیت تصمیم‌گیرندگان در شرایط عدم قطعیت ارائه دهند (K. T. Atanassov, ۲۰۱۹).

کاربرد منطق فازی شهودی با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه نه تنها یک راهکار تکنیکی برای حل مسائل تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت است، بلکه یک چارچوب مفهومی جامع برای ارتقاء کیفیت تحلیل‌ها و تصمیم‌سازی در محیط‌های واقعی و پیچیده محسوب می‌شود. با توجه به توسعه روزافزون فناوری‌های نوین، پیشرفت در پردازش داده‌های بزرگ و گسترش کاربردهای هوش مصنوعی، آینده استفاده از این ترکیب در حوزه‌های مختلف صنعتی بسیار روشن ارزیابی می‌شود. به ویژه در صنایع استراتژیکی مانند خودروسازی، که تصمیم‌گیری‌های کلان و عملیاتی هم‌زمان اهمیت دارند، استفاده از این رویکرد موجب افزایش انعطاف‌پذیری، کاهش ریسک و بهبود بهره‌وری خواهد شد (Fahmi et al., ۲۰۲۵). با استناد به مبانی نظری ارائه‌شده، در ادامه پیشینه پژوهش‌های تجربی مرتبط با کاربرد رویکردهای غیرقطعی در طبقه‌بندی موجودی بررسی می‌گردد. خان و همکاران برای رفع مشکل مرزهای مبهم بین طبقات A، B و C در مدل ABC، رویکردی ترکیبی از روش‌های ویکور و مرتب‌سازی فازی^۱ را پیشنهاد دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که این روش می‌تواند با دقت ۹۴٪ مرز بین طبقات را شفاف‌سازی کرده و در نتیجه دقت تخصیص اقلام به گروه‌های درست را به‌شدت بهبود بخشد (Khan et al., ۲۰۲۵). در پژوهش چاولا و همکاران رویکرد ABC پایدار با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی

^۱ fuzzy sorting

در طبقه‌بندی موجودی مواد پرهزینه بررسی شده است. آن‌ها از روش تودیم فازی فیثاغورثی برای مدل‌سازی عدم قطعیت در ارزیابی پایداری استفاده کرده‌اند (Chawla et al., ۲۰۲۴). وانگ و نینگ به منظور طبقه‌بندی موجودی روشی بر پایه مدل‌سازی ریاضی پیشنهاد داده‌اند. روش پیشنهادی ابتدا میزان بحرانی بودن تقاضا را با استفاده از میانگین، انحراف معیار و محدوده تقاضا ارزیابی می‌کند. سپس، نمرات نهایی بحرانی بودن را برای واحدهای نگهداری موجودی بر اساس میزان بحرانی بودن تقاضا و سایر معیارها، مانند قیمت واحد یا زمان تحویل، محاسبه می‌کند. در نهایت، واحدهای نگهداری موجودی به ترتیب نزولی رتبه‌بندی شده و طبق اصل ABC طبقه‌بندی می‌شوند (Wang & Ning, ۲۰۲۶). آیالو و همکاران با هدف مدیریت مؤثر موجودی دارو برای اطمینان از در دسترس بودن داروهای ضروری و در عین حال به حداقل رساندن هزینه‌ها و کاهش ضایعات در بخش داروسازی یک بیمارستان از رویکردی جامع استفاده کرده‌اند که تحلیل ABC و VED^۲ را با تجزیه و تحلیل چند معیاره ادغام می‌کند. نتایج نشان می‌دهد این رویکرد یکپارچه از سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد در مدیریت داروخانه پشتیبانی می‌کند و یک مدل مقیاس‌پذیر و سازگار با محیط‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی ارائه می‌دهد (Ayalew et al., ۲۰۲۵). هاندایانی و همکاران پژوهشی با هدف ارزیابی سیستم کنترل موجودی پیاده‌شده در یک شرکت تولیدی از طریق رویکرد طبقه‌بندی ABC و با در نظر گرفتن تعیین سطح موجودی ایمنی و اعمال نقطه سفارش مجدد، به عنوان بخشی از راهبرد بهینه‌سازی موجودی انجام داده است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که به کارگیری روش طبقه‌بندی ABC می‌تواند دقت برآورد تقاضا را تا ۸۴ درصد افزایش دهد که این امر تأثیری مثبت بر سودآوری شرکت دارد (Handayani et al., ۲۰۲۵). در پژوهشی دیگر مدل ترکیبی ABC با روش‌های فیوکام و کوکوسو فازی بازه‌ای راف و با هدف بهینه‌سازی هم‌زمان معیارهای هزینه و زمان برای موجودی خطوط رنگ خودرو توسعه داده شده است. مدل پیشنهادی هزینه و زمان را به‌طور هم‌زمان تا ۱۳٪ کاهش داده است (Erceg et al., ۲۰۱۹). عبدالعظیمی و خاکستری پژوهشی با هدف بهبود کیفیت گروه‌بندی موجودی بر اساس تحلیل ABC در یک شبکه زنجیره تأمین سه‌سطحی انجام داده‌اند. در این مطالعه از مدل بهینه‌سازی دوهدفه با در نظر گرفتن محدودیت‌های کمبود موجودی و هزینه‌های سفارش‌دهی جهت بهینه‌سازی هم‌زمان تعداد گروه‌های موجودی، سطح خدمات مربوط به

^۲ Vital Essential Desirable

هر گروه و اقلام اختصاص داده شده به گروه‌ها استفاده شده است (Abdolazimi & Khakestari, ۲۰۲۰). ناظمی و همکاران ۷۷ قلم موجودی در یک شرکت تولیدی را ابتدا با روش ABC کلاسیک، طبقه‌بندی کردند. سپس معیارهای مصرف، کمیابی و بحرانی بودن اقلام را با استفاده از تلفیق روش ABC و طبقه‌بندی فازی برای دسته‌بندی این اقلام در نظر گرفتند. مقایسه نتایج دو روش نشان می‌دهد که اضافه شدن معیارهای کیفی در سیستم طبقه‌بندی، تعداد کالاهای بسیار مهم و مهم را در مقایسه با حالتی که فقط معیارهای سیستم ABC مدنظر باشد، افزایش می‌دهد. این نتایج بیانگر اهمیت به‌کارگیری معیارهای کیفی در بحث کنترل موجودی است (Nazemi et al., ۲۰۱۱). زرین صدف و دانشور از بین مدل‌های طبقه‌بندی موجودی، مدل ELECTRE TRI، که باتکیه بر روابط برتری، طبقه‌بندی رتبه‌ای و آستانه‌های وتو، به‌خوبی ترجیحات اقلام غیرجبرانی را نیز مدنظر قرار می‌دهد، به‌منظور طبقه‌بندی ABC موجودی به‌کار برده‌اند. این تحقیق، جهت بهینه‌سازی پارامترهای مدل ELECTRE TRI، از مدل توسعه‌یافته الگوریتم بهینه‌سازی تراکم ذرات بهره گرفته است (ZarrinSadaf & Daneshvar, ۲۰۱۶). اسماعیل‌زاده و الفت در پژوهشی سه رویکرد جدید جهت تعیین سطح اهمیت اقلام موجودی پیشنهاد داده‌اند. این رویکردها هزینه‌های کنترل موجودی را کاهش می‌دهند. رویکردهای پیشنهاد شده روی ۴۷ قلم موجودی و مدل NG آزمون شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تعداد اقلام با اهمیت بالا کاهش و تعداد اقلام با اهمیت پائین افزایش می‌یابند. با توجه به اینکه سیاستهای کنترلی اقلام کم اهمیت نیاز به هزینه‌های کمتری دارد، می‌توان گفت این نتایج، هزینه‌های کنترل موجودی را کاهش خواهند داد (Esmaelzade & Olfat, ۲۰۱۷). رمضانیان و همکاران پژوهشی با هدف ارایه یک مدل جدید در طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی انجام داده‌اند. در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت ارایه مدلی مناسب برای طبقه‌بندی اقلام موجودی استفاده شده است. در این مقاله از مدل‌های غیرشعاعی تحلیل پوششی داده‌ها جهت بهبود طبقه‌بندی اقلام موجودی استفاده شده است. روش پیشنهاد شده ضعف مدل‌های شعاعی را ندارد و در راستای مدل‌های غیرشعاعی باعث بهبود طبقه‌بندی چندمعیاره اقلام موجودی شده است (Ramzaniyan et al., ۲۰۲۰). فرهنگیان و مختاری با هدف بهبود سیاست کنترل موجودی، مدل کلاسیک EOQ را در راستای عملیاتی و واقعی کردن

مفروضات در فضای سفارش‌های هم‌زمان توسعه داده‌اند (Farhangian & Mokhtari, ۲۰۲۲).

بر اساس جستجو در پایگاه استنادی اسکوپوس، گوگل اسکالر و همچنین پایگاه‌های علمی داخلی مرور و تحلیل محتوای پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی در حوزه کنترل موجودی با رویکرد طبقه‌بندی ABC، نشان می‌دهد مطالعات متعددی طبقه‌بندی ABC را با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام داده‌اند تا علاوه بر معیار ارزش مالی که مبنای طبقه‌بندی کلاسیک ABC است، معیارهای بیشتری را جهت طبقه‌بندی اقلام موجودی دخالت دهند. همچنین مطالعات متعددی جهت لحاظ کردن عدم قطعیت در این طبقه‌بندی از رویکرد فازی و سایر تعمیم‌های آن استفاده کرده‌اند اما هیچ یک از این مطالعات رویکرد فازی شهودی را که علاوه بر درجه عضویت و عدم عضویت، میزان تردید را در تصمیم‌گیری لحاظ می‌کند، در طبقه‌بندی ABC چندمعیاره موجودی به کار نبرده‌اند. مطالعه‌ای که در حوزه کنترل موجودی از تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی شهودی استفاده کرده است، مطالعه دب و همکاران می‌باشد که در این مطالعه از تکنیک LINMAP فازی شهودی برای انتخاب سیاست بهینه موجودی از میان سیاست‌های مدل مقدار اقتصادی سفارش، روش‌های فراابتکاری و مدیریت موجودی توسط تامین‌کننده بر اساس معیارهای هزینه سفارش‌دهی، هزینه نگهداری، هزینه کمبود و میزان تقاضا استفاده شده است که کاملاً با مسأله طبقه‌بندی موجودی متفاوت است (DEB et al., ۲۰۱۹). در حالی که هدف پژوهش حاضر توسعه رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی شهودی جهت طبقه‌بندی ABC موجودی است. جدول ۱ نشان‌دهنده تمایز پژوهش حاضر نسبت به سایر مطالعات در سال‌های اخیر است.

جدول ۱: بررسی مقالات پیشینه

نویسندگان (سال)	طبقه‌بندی ABC	تصمیم‌گیری چندشاخصه	رویکرد فازی شهودی	صنعت مورد مطالعه
(Khan et al., ۲۰۲۵)	✓	✓		نساجی
(Chawla et al., ۲۰۲۴)	✓	✓		ذکر نشده
(Wang & Ning, ۲۰۲۶)	✓			ذکر نشده
(Ayalew et al., ۲۰۲۵)	✓			داروسازی
(Borowiak, ۲۰۲۵)	✓			خودروسازی

نویسندگان (سال)	طبقه‌بندی ABC	تصمیم‌گیری چندشاخصه	رویکرد فازی شهودی	صنعت مورد مطالعه
(Paredes Rodríguez et al., ۲۰۲۳)	✓	✓		ساختمان
(DEB et al., ۲۰۱۹)		✓	✓	خودرو سازی
(Mohammadghasemi et al., ۲۰۱۹)	✓	✓		مواد غذایی
(Supakar et al., ۲۰۲۱)			✓	ذکر نشده
(Singh & Kumar, ۲۰۲۲)			✓	بازیافت
مقاله حاضر	✓	✓	✓	خودرو سازی

روش‌شناسی

روش‌شناسی این مطالعه به دلیل استفاده از روش‌های کمی با پارادایم اثبات‌گرایی همسو است. از نظر هدف تحقیق، در دسته تحقیقات کاربردی و از نظر نوع داده، در دسته تحقیقات کمی قرار می‌گیرد و جهت جمع‌آوری داده‌ها، از رویکرد توصیفی-پیمایشی با طرح مقطعی استفاده می‌کند. جهت تعیین شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی ابتدا شاخص‌ها با مرور ادبیات شناسایی شدند. سپس با هدف نهایی کردن شاخص‌ها و اطمینان از تطابق شاخص‌ها با صنعت مورد مطالعه با خبرگان حوزه زنجیره تامین، انبارداری، لجستیک، مهندسی تولید و برنامه‌ریزی تولید مصاحبه شده است. تعداد خبرگان مورد مصاحبه جهت نهایی کردن و بومی‌سازی شاخص‌ها در صنعت خودرو بر اساس قاعده اشباع نظری مشخص گردید. بر این مبنا با ۱۳ خبره مصاحبه شده است. از مصاحبه ۱۰ به بعد شاخص جدیدی به شاخص‌های طبقه‌بندی اضافه نشد. ملاک‌های انتخاب خبرگان عبارتند از: حداقل ۸ سال سابقه کار در صنعت خودرو، حداقل تحصیلات کارشناسی و دارا بودن تخصص و تجربه در مباحث مرتبط با موجودی. مشخصات خبرگان مشارکت‌کننده در تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول متوسط سابقه کار خبرگان مشارکت‌کننده در تحقیق ۱۳ سال می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات خبرگان

کد	سمت شغلی	تحصیلات	سابقه کار
K۱	سرپرست انبار	کارشناسی مهندسی صنایع	۱۴
K۲	کارشناس لجستیک داخلی	کارشناسی مدیریت صنعتی	۱۲

کد	سمت شغلی	تحصیلات	سابقه کار
K۳	رئیس عملیات لجستیک	کارشناس ارشد لجستیک و زنجیره تامین	۱۸
K۴	مسئول زنجیره تامین	کارشناسی مدیریت صنعتی	۱۳
K۵	سرپرست تغذیه خطوط	کارشناسی مهندس مکانیک	۹
K۶	رئیس اداره تغذیه خطوط	کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر	۱۶
K۷	کارشناس مهندسی تولید	کارشناسی مهندسی صنایع	۱۵
K۸	کارشناس برنامه ریزی مواد	کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی	۱۴
K۹	کارشناس تولید	کارشناسی مهندس مکانیک	۱۴
K۱۰	سرپرست زنجیره تامین	کارشناسی مهندسی صنایع	۱۰
K۱۱	کارشناس کیفیت	کارشناسی ارشد مهندسی HSE	۱۶
K۱۲	کارشناس برنامه ریزی و کنترل تولید	کارشناسی مهندسی کامپیوتر	۱۳

با توجه به این که هدف پژوهش طبقه‌بندی موجودی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در مقادیر شاخص‌ها می‌باشد، روش ارائه شده در این مطالعه شامل سه مرحله اصلی است: تعیین شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی، وزن‌دهی به شاخص‌ها با روش دیمتل فازی شهودی و طبقه‌بندی ABC موجودی با روش ایداس فازی شهودی. دلیل استفاده از رویکرد فازی شهودی توانایی آن در مدیریت عدم قطعیت است که در مسائل تصمیم‌گیری زیادی در دنیای واقع وجود دارد. نظریه فازی شهودی تعمیمی دقیق‌تر و تکامل یافته از نظریه مجموعه‌های فازی است. مشخصه مجموعه‌های فازی تابع عضویت است و درجه عدم عضویت یک عنصر در این مجموعه‌ها، مکمل درجه عضویت آن است. با این وجود، در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری واقعی، درجه عدم عضویت لزوماً مکمل درجه عضویت نیست. از این رو، برای نمایش و مدیریت مؤثرتر عدم قطعیت و ابهام موجود در داده‌ها، مفهوم مجموعه‌های فازی شهودی مطرح شده است. در این رویکرد، هر عنصر با دو تابع مستقل عضویت و عدم عضویت توصیف می‌شود که قابلیت بیشتری در مدل‌سازی اطلاعات نامعین فراهم می‌کند (Deschrijver & Kerre, ۲۰۰۲). درجه عضویت عنصر x در مجموعه A با $\mu_A(x)$ ، درجه عدم عضویت با $\nu_A(x)$ و میزان تردید با $\pi_A(x)$ نشان داده می‌شود. اگر E یک مجموعه ثابت قطعی و $A \subset E$ هم یک مجموعه ثابت باشد، مجموعه فازی شهودی با رابطه ۱ تعریف می‌شود (Kilic et al., ۲۰۲۰).

$$A^* = \{(x, \mu_A(x), v_A(x) | x \in E)\} \quad (۱)$$

به طوریکه :

$$\mu_A: E \rightarrow [0, 1] \quad v_A: E \rightarrow [0, 1]$$

مجموع درجه عضویت و درجه عدم عضویت در نظریه فازی شهودی کمتر از ۱ است (رابطه ۲) و میزان تردید با رابطه ۳ مشخص می شود:

$$0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1 \quad (۲)$$

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \quad (۳)$$

اگر $\partial_x = (\mu_x, v_x)$ یک عدد فازی شهودی پارامتری باشد، آنگاه $S(\partial_x)$ به عنوان تابع امتیاز اعداد فازی شهودی و $h(\partial_x)$ به عنوان تابع دقت اعداد فازی شهودی تعریف می شوند (Dumrul et al., ۲۰۲۴):

$$S(\partial_x) = (\mu_x - v_x) \quad (۴)$$

$$h(\partial_x) = (\mu_x + v_x) \quad (۵)$$

که $S(\partial_x) \in [-1, 1]$ نشان دهنده عضویت خالص و $h(\partial_x) \in [0, 1]$ نشان دهنده درجه دقت می باشد. با تغییر تعریف تابع امتیاز می توان تابع امتیاز جدیدی را تعریف کردند. با تعریف $\partial_x = (\mu_x, v_x)$ به عنوان یک عدد فازی شهودی، توابع $S^*(\partial_x)$ و $h(\partial_x)$ به صورت روابط ۶ و ۷ تعریف می شوند.

$$S^*(\partial_x) = \frac{1}{2}(S(\partial_x) + 1) \quad (۶)$$

$$h(\partial_x) = \frac{1}{2}(\mu_x + v_x) \quad (۷)$$

واضح و مشخص است که $S^*(\partial_x) \in [0, 1]$ و $h(\partial_x) \in [0, 1]$. دو عدد فازی شهودی $\partial_y = (\mu_y, v_y)$ و $\partial_z = (\mu_z, v_z)$ را در نظر بگیرید (Dumrul et al., ۲۰۲۴):

$$\text{if } S^*(\partial_y) < S^*(\partial_z) \text{ then } \partial_y < \partial_z \quad (۸)$$

$$\text{if } S^*(\partial_y) = S^*(\partial_z) \text{ then } \partial_y = \partial_z \quad (۹)$$

روش دیمتل فازی شهودی

روش دیمتل یکی از روش‌های شناخته‌شده در تعیین وزن معیارها و تحلیل روابط میان آن‌ها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در بسیاری از روش‌های متداول وزن‌دهی، وزن معیارها بدون در نظر گرفتن تأثیرات متقابل و وابستگی‌های درونی میان آن‌ها محاسبه می‌شود؛ در نتیجه، این روش‌ها قادر به ارائه تصویری جامع از ساختار روابط میان معیارها نیستند و صرفاً هر معیار را به صورت مستقل مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در مقابل، روش دیمتل با شناسایی و تحلیل روابط متقابل میان معیارها، امکان بررسی ساختار سیستم را فراهم می‌سازد و بر اساس میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر معیار وزن آن را محاسبه می‌کند (Yigang et al., ۲۰۲۰). در این تکنیک تصمیم‌گیرندگان ارزیابی‌های خود را نسبت به معیارها با استفاده از مقیاس‌های ارزیابی ارائه می‌دهند. با این حال، مقادیر قطعی گاهی نمی‌توانند طرز تفکر انسانی را به طور جامع منعکس کنند. زیرا این قضاوت‌ها معمولاً با درجاتی از ابهام و عدم قطعیت همراه هستند. به منظور غلبه بر این محدودیت، رویکرد دیمتل فازی شهودی توسعه یافته است. این رویکرد با بهره‌گیری از اعداد فازی شهودی برای ثبت و پردازش قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان، امکان مدل‌سازی مؤثرتر عدم قطعیت و اطلاعات مبهم را فراهم می‌سازد. در نتیجه، دیمتل فازی شهودی دقت و قابلیت اطمینان تحلیل روابط میان معیارها را افزایش داده و کارایی فرایند تصمیم‌گیری را در شرایط نامطمئن بهبود می‌بخشد (Abdullah et al., ۲۰۱۹). مراحل دیمتل فازی-شهودی عبارتند از (Kilic et al., ۲۰۲۰):

مرحله ۱: انتخاب مقیاس ارزیابی اولین گام در تکنیک دیمتل فازی شهودی است. جدول ۳ نشان‌دهنده اصطلاحات زبانی و اعداد فازی شهودی متناظر آنهاست که در این پژوهش استفاده شده‌اند.

جدول ۳: عبارات کلامی مورد استفاده در دیمتل فازی شهودی

اصطلاحات زبانی	اعداد فازی شهودی
بدون تأثیر	(۰ ۱ ۰)
تأثیر پایین	(۰/۳۵ ۰/۶ ۰/۰۵)
تأثیر متوسط	(۰/۵ ۰/۴۵ ۰/۰۵)
تأثیر زیاد	(۰/۷۵ ۰/۲ ۰/۰۵)
تأثیر خیلی زیاد	(۰/۹ ۰/۱ ۰)

مرحله ۲: میزان اهمیت نظرات هر یک از خبرگان بر اساس عبارات کلامی جدول ۴ و با رابطه ۱۰ محاسبه می شود.

$$\lambda_k = \frac{\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k} \right)}{\sum_{k=1}^l (\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k} \right))} \quad (10)$$

جدول ۴: عبارات کلامی ارزیابی اهمیت نظر خبرگان

عبارات کلامی	اعداد فازی شهودی
بسیار مهم	(۰/۹ ۰/۱ ۰)
مهم	(۰/۷۵ ۰/۲ ۰/۰۵)
نسبتاً مهم	(۰/۵ ۰/۴۵ ۰/۰۵)
اهمیت کم	(۰/۳۵ ۰/۶ ۰/۰۵)
بدون اهمیت	(۰ ۱ ۰)

مرحله ۳: قضاوت های شهودی هر یک از خبرگان بر اساس عبارات کلامی و اعداد فازی شهودی متناظر آنها در جدول ۳ اخذ و با استفاده از عملگر میانگین وزنی فازی شهودی^۳ رابطه (۱۱) تجميع می شود. ماتریس رابطه فازی شهودی تجميعی خروجی این مرحله است.

$$\begin{aligned}
 r_{ij} &= IFWA_{\lambda} (r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(+)}, \dots, r_{ij}^{(l)}) = \lambda_1 r_{ij}^{(1)} \oplus \lambda_+ r_{ij}^{(+)} \oplus \dots \oplus \lambda_l r_{ij}^{(l)} \\
 &= \left[\bigoplus_{k=1}^l (\bigoplus_{k=1}^l \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \bigoplus_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \bigoplus_{k=1}^l (\bigoplus_{k=1}^l \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right. \\
 &\quad \left. - \bigoplus_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \\
 r_{ij} &= (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij}) \\
 \mu_{ij} &= \left(\bigoplus_{k=1}^l (\bigoplus_{k=1}^l \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right) \\
 v_{ij} &= (\prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}) \quad \pi_{ij} = (\prod_{k=1}^l (\bigoplus_{k=1}^l \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}) \\
 &\quad (11)
 \end{aligned}$$

^۳ IFWA: intuitionistic fuzzy weighted averaging

مرحله ۴: با استفاده از معادله ۱۲ ماتریس رابطه فازی شهودی تجمیعی دیفازی می‌شود. در این رابطه پارامتر بتا ($\beta=0.5$) در نظر گرفته شده است. پارامتر β نشان‌دهنده نگرش تصمیم‌گیرنده نسبت به اطلاعات نامطمئن (درجه تردید) است. مقادیر بزرگتر از ۰.۵ باعث محاسبه درجه تردید به نفع درجه عضویت و مقادیر کوچکتر از ۰.۵ منجر به محاسبه درجه تردید به نفع درجه عدم عضویت می‌گردد. مقدار ۰.۵ نشان‌دهنده نگرش خنثی نسبت به درجه تردید است (Kilic et al., ۲۰۲۰; Xie et al., ۲۰۱۴).

$$\bar{r}_{ij} = \mu_{ij} - v_{ij} + (\beta - 0.5)\pi_{ij} \quad (12)$$

مرحله ۵: با استفاده از معادلات ۱۳ و ۱۴ ماتریس رابطه فازی شهودی تجمیعی غیرفازی شده نرمال می‌شود.

$$X = \begin{bmatrix} \bar{r}_{11} & \dots & \bar{r}_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{r}_{n1} & \dots & \bar{r}_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \min \left[\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |\bar{r}_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |\bar{r}_{ij}|} \right] \quad i, j \in \{1, \dots, n\} \quad (13)$$

$$N = \lambda \times X \quad (14)$$

مرحله ۶: با استفاده از معادله ۱۵ ماتریس رابطه کل محاسبه می‌شود.

$$T = N \times (I - N)^{-1} \quad (15)$$

مرحله ۷: با استفاده از معادله‌های ۱۶ و ۱۷ نرمال‌سازی و تعیین میزان اهمیت و وزن شاخص‌ها انجام می‌شود.

$$w_i = \{(D_i + R_i)^+ + (D_i - R_i)^+\}^{-1} \quad (16)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_i w_i} \quad (17)$$

پس از مشخص شدن وزن شاخص‌ها با روش دیمتل، طبقه‌بندی ABC موجودی با روش ایداس فازی شهودی انجام می‌گردد.

روش ایداس فازی شهودی

در این بخش تکنیک ایداس با استفاده از اعداد فازی شهودی مدل‌سازی شده است. مراحل اجرای رویکرد ایداس فازی شهودی عبارت است از (Dumrul et al., ۲۰۲۴):

مرحله اول: ابتدا باید اهمیت (وزن) نظرات تصمیم گیرندگان تعیین شود (در این مقاله از وزن‌های به دست آمده برای خبرگان در تکنیک دیمتل استفاده شده است). ارزیابی‌های انجام شده توسط هر عضو گروه خبرگان، برای ساخت ماتریس تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. هر یک از خبرگان گزینه‌های مختلف را با استفاده از عبارات کلامی (زبانی) و بر اساس شاخص‌های موجود ارزیابی می‌کند و ماتریس تصمیم‌گیری از عبارات کلامی تشکیل می‌شود که بر اساس معادل آنها به اعداد فازی شهودی تبدیل می‌شوند. جدول ۵ عبارات کلامی و اعداد فازی شهودی معادل هر یک را برای ارزیابی مقادیر گزینه‌ها بر اساس شاخص‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۵: عبارات کلامی جهت بیان وضعیت شاخص‌ها در گزینه‌ها

اصطلاحات کلامی	اختصار	اعداد فازی شهودی (μ, ν, π)
کاملاً خوب	AG	$(0.9, 0.1, 0)$
بسیار خوب	VG	$(0.8, 0.05, 0.15)$
خوب	G	$(0.65, 0.25, 0.1)$
متوسط	M	$(0.5, 0.5, 0)$
بد	B	$(0.35, 0.55, 0.1)$
بسیار بد	VB	$(0.2, 0.65, 0.15)$
کاملاً بد	AB	$(0.1, 0.9, 0)$

مرحله دوم: در این مرحله ماتریس تصمیم فازی شهودی ترکیبی بر اساس ارزیابی‌های تصمیم گیرندگان ایجاد می‌شود. برای ایجاد یک ماتریس تصمیم فازی شهودی ترکیبی در یک فرایند تصمیم‌گیری گروهی، تمام دیدگاه‌های تصمیم‌گیری فردی باید در یک نظر گروهی ادغام شوند. برای دستیابی به نظر گروهی، از رابطه ۱۱ که عملگر میانگین وزنی فازی شهودی^۴ (IFWA) است، استفاده می‌شود. در این رابطه اندیس k نشان دهنده خبرگان است و تعداد خبرگان برابر با l است.

^۴ Intuitionistic Fuzzy weighted Average

مرحله سوم: مقادیر راه حل میانگین (AV) در این مرحله محاسبه می شوند. مقادیر راه حل میانگین با استفاده از عملگر میانگین حسابی وزنی فازی شهودی^۵ (IWAM) و معادله ۱۸ محاسبه می شوند. در این رابطه m نشان دهنده تعداد گزینه های مورد ارزیابی است.

$$AV_j = IWAM(x_{ij}) = \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_{ij})^{1/m}, \prod_{k=1}^m (v_{ij})^{1/m} \right] \quad (18)$$

مرحله چهارم: مقادیر فاصله مثبت از راه حل میانگین (PDA) و فاصله منفی از راه حل میانگین (NDA) با استفاده از تابع امتیاز (S^*) که در رابطه ۶ نشان داده شده است، و با استفاده از معادلات ۱۹ و ۲۰ محاسبه می شود:

$$PDA_{IJ} = [PDA_{IJ}]_{m \times n} = \frac{\max(\cdot, (S(x_{ij}) - S(AV_j)))}{S(AV_j)} \quad (19)$$

$$NDA_{IJ} = [NDA_{IJ}]_{m \times n} = \frac{\max(\cdot, (S(AV_j) - S(x_{ij})))}{S(AV_j)} \quad (20)$$

مرحله پنجم: فاصله کل مثبت و منفی موزون از راه حل میانگین (SN_i, SP_i) برای همه گزینه ها با استفاده از معادلات ۲۱ و ۲۲ و وزن های به دست آمده از دیمتل فازی شهودی محاسبه می شود:

$$SP_i = \sum_{j=1}^m W_j PDA_{ij} \quad (21)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m W_j NDA_{ij} \quad (22)$$

سپس نرمال سازی مقادیر فاصله کل مثبت و منفی موزون برای کلیه گزینه ها با استفاده از معادلات ۲۳ و ۲۴ انجام می شود:

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (23)$$

$$NSN_i = \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (24)$$

مرحله ششم: در آخرین مرحله امتیاز ارزیابی (AS) همه گزینه ها با استفاده از معادله ۲۵ محاسبه می شود. امتیاز ارزیابی (AS) همواره مقداری بین صفر و یک است. ترتیب گزینه ها با مرتب سازی مقادیر AS از بزرگ ترین به کوچک ترین تعیین می شود. به عبارت دیگر مقدار بزرگ تر به عنوان بهترین گزینه مشخص می شود:

^۵ IF weighted arithmetic mean

$$AS_i = \frac{1}{n} (NSP_i + NSN_i) \quad (25)$$

طبقه بندی ABC موجودی بر اساس نتایج ایداس فازی شهودی به منظور تفکیک اقلام موجودی بر اساس میزان اهمیت و اولویت مدیریتی آن، طبقه بندی ABC انجام می شود. جهت طبقه بندی اقلام موجودی به یکی از طبقات A، B یا C بر اساس نتایج تکنیک ایداس فازی شهودی از روش درصد تجمعی سهم امتیازات استفاده شده است. این روش در ادبیات مدیریت موجودی و به ویژه در کاربردهای تلفیقی MCDM و ABC به عنوان یک رویکرد استاندارد و قابل قبول شناخته می شود. مراحل اجرای این روش عبارتند از:

گام ۱: مرتب سازی نزولی امتیازات: کلیه کالاها بر اساس امتیاز نهایی AS_i به ترتیب نزولی (از بیش ترین به کم ترین) مرتب می شوند. کالاهایی که امتیاز بالاتری دارند، از اولویت بالاتری برخوردار هستند.

گام ۲: محاسبه سهم هر قلم موجودی: در این مرحله امتیاز هر قلم موجودی بر اساس تکنیک ایداس فازی شهودی بر مجموع امتیازات همه اقلام تقسیم می شود.

$$\gamma_i = \frac{AS_i}{\sum_{i=1}^m AS_i} \quad (26)$$

گام ۳: محاسبه درصد تجمعی سهم هر قلم موجودی: برای هر قلم موجودی، درصد تجمعی سهم C_k با جمع متوالی سهم ها از بالاترین رتبه به پایین ترین رتبه محاسبه می شود. در این رابطه k نشان دهنده ترتیب اقلام موجودی در لیست مرتب شده است.

$$C_k = \sum_{i=1}^k \gamma_i \quad (27)$$

گام ۴: تخصیص به طبقات ABC: بر اساس درصد تجمعی محاسبه شده، کالاها به سه طبقه A، B و C تقسیم می شوند. به طوریکه تا درصد تجمعی ۸۰ در طبقه ۱، درصد تجمعی ۸۰ تا ۹۵ درصد در طبقه B و درصد تجمعی ۹۵ تا ۱۰۰ در طبقه C قرار می گیرد. این آستانه ها بر اساس قانون پارتو و بر اساس منطق ABC انتخاب شده اند و در بسیاری از کاربردهای عملی و پژوهشی مورد تأیید قرار گرفته اند.

یافته ها

در مرحله مرور ادبیات جستجوی مقالات مرتبط با طبقه‌بندی ABC موجودی و همچنین استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در این روش جهت تعیین معیارهای طبقه‌بندی موجودی، ۵۵ مقاله بررسی گردید. نحوه دستیابی به مقالات به شرح جدول ۶ می‌باشد:

جدول ۶: نحوه انتخاب مقالات جهت بررسی شاخص‌ها

موضوع	نتیجه
کلید واژه‌های جستجو	طبقه‌بندی ABC، "موجودی"، "تصمیم‌گیری چند شاخصه"
نحوه جستجو	عنوان، چکیده و کلمات کلیدی
پایگاه‌ها	SCOPUS Google scholar
تعداد کل مقالات	۱۲۳
تعداد مقالات حذف شده به دلیل تکراری بودن	۴۱
تعداد مقالات حذف شده پس از مطالعه چکیده	۲۰
تعداد مقالات حذف شده پس از مطالعه محتوای مقاله	۷
تعداد مقالات نهایی	۵۵

در این بررسی پرتکرارترین شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی شناسایی شد و سپس جهت اطمینان از تطابق شاخص‌ها با صنعت خودرو، مصاحبه‌هایی با خبرگان متخصص در حوزه کنترل موجودی در این صنعت انجام شد. در نهایت علاوه بر انتخاب تعدادی از شاخص‌ها از مطالعات پیشین، شاخص‌های دیگری نیز از تحلیل مصاحبه‌های خبرگان شناسایی شدند. پرتکرارترین شاخص‌ها بر اساس مرور مطالعات پیشین عبارتند از: ارزش سالانه، میزان تقاضا، زمان تحویل، بحرانی بودن، در دسترس بودن، طول عمر، تاثیر کمبود، وضعیت ظاهری و

قابلیت تعمیر و نگهداری. همچنین شاخص‌های ریسک تامین، اهمیت عملکردی، ریسک توقف تولید و نحوه تغذیه قطعه و حساسیت امنیت موجودی از تحلیل مصاحبه‌های خبرگان استخراج گردید. لازم به ذکر است شاخص‌های مستخرج از مرور ادبیات نیز توسط متخصصان صنعت خودرو تایید شده‌اند. در نهایت شاخص‌های که در این مطالعه جهت طبقه‌بندی موجودی انتخاب شدند به شرح جدول ۷ می‌باشند.

جدول ۷: شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی

نام شاخص (کد)	تعریف	منبع
ارزش مصرف قطعه (V)	این معیار از ضرب مقدار مصرف هر قلم موجودی در قیمت واحد آن به دست می‌آید.	مرور ادبیات و تایید خبرگان
نرخ مصرف (D)	میزان استفاده از یک قطعه در یک بازه زمانی مشخص.	مرور ادبیات و تایید خبرگان
زمان تامین قطعه (T)	مدت زمان ثبت سفارش تا لحظه دریافت و ورود به انبار یا خط تولید.	مرور ادبیات و تایید خبرگان
تاثیر کمبود (S)	احتمال و شدت اثر کمبود یک قطعه برای ادامه جریان تولید.	مرور ادبیات و تایید خبرگان
ریسک تامین (R)	احتمال و شدت مشکلاتی که در فرایند تهیه و تامین یک قطعه از تامین‌کننده تا رسیدن به انبار یا خط تولید رخ می‌دهد.	خبرگان
اهمیت عملکردی (P)	یعنی نقش و میزان تاثیر یک قطعه در عملکرد کیفی محصول نهایی.	خبرگان
نحوه تغذیه قطعه (F)	شیوه انتقال قطعه به خط تولید که با لیفتراک یا یدک‌کش انجام می‌شود.	خبرگان
حساسیت امنیت موجودی (I)	میزان ریسک ناشی از دزدی یا کسر از مبدأ برای قطعات کوچک و گران‌قیمت.	خبرگان

پس از نهایی شدن شاخص‌ها در گام بعد با اجرای مراحل دیمتل فازی شهودی میزان اهمیت (وزن) شاخص‌ها محاسبه شد. طبق مراحل بیان شده در بخش روش‌شناسی ابتدا میزان اهمیت

نظرات هر یک از خبرگان با رابطه ۱۰ محاسبه شده است. از ۱۲ خبره معرفی شده در جدول ۲، نظرات ۷ خبره که در مورد تاثیر شاخص‌ها بر یکدیگر صاحب نظر بودند، جهت تکمیل پرسشنامه مربوط به دیمتل فازی شهودی اخذ گردید. از این ۷ نفر نظرات ۳ خبره بسیار مهم و نظرات ۴ خبره نسبتاً مهم می‌باشد. میزان اهمیت نظرات هر یک از خبرگان در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸: وزن نظرات هر خبره

کد خبره	K_7	K_3	K_4	K_1	K_8	K_9	K_{11}
اهمیت نظر خبره (عبارت کلامی)	بسیار مهم	بسیار مهم	بسیار مهم	نسبتاً مهم	نسبتاً مهم	نسبتاً مهم	نسبتاً مهم
وزن خبره (λ_k)	۰,۱۹	۰,۱۹	۰,۱۹	۰,۱۹	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱۱

پس از اخذ نظرات خبرگان در مورد میزان تاثیر شاخص‌ها بر یکدیگر، ماتریس رابطه فازی شهودی تجمیعی با استفاده از رابطه ۱۱ محاسبه می‌گردد. این ماتریس در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹: ماتریس رابطه فازی شهودی تجمیعی

$\tilde{C}_{ij}$	V	D	T	R	P	S	F	I
V	$(\cdot, 1, \cdot)$ $(\cdot, 71, \cdot)$ $(\cdot, 20, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 23, \cdot)$ $(\cdot, 73, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 46, \cdot)$ $(\cdot, 48, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 47, \cdot)$ $(\cdot, 46, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 60, \cdot)$ $(\cdot, 36, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 61, \cdot)$ $(\cdot, 32, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 47, \cdot)$ $(\cdot, 47, \cdot, \cdot, 5)$	
D	$(\cdot, 37, \cdot)$ $(\cdot, 58, \cdot)$ $(\cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 1, \cdot)$ $(\cdot, 43, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 37, \cdot)$ $(\cdot, 57, \cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 68, \cdot)$ $(\cdot, 27, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 50, \cdot, \cdot)$ $(\cdot, 44, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 38, \cdot)$ $(\cdot, 57, \cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 56, \cdot)$ $(\cdot, 37, \cdot, \cdot, 5)$	
T	$(\cdot, 63, \cdot)$ $(\cdot, 30, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 62, \cdot)$ $(\cdot, 34, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 1, \cdot)$ $(\cdot, 45, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 63, \cdot)$ $(\cdot, 33, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 58, \cdot)$ $(\cdot, 35, \cdot, \cdot, 5)$	$(\cdot, 49, \cdot)$ $(\cdot, 47, \cdot, \cdot, 2)$	$(\cdot, 30, \cdot)$ $(\cdot, 65, \cdot, \cdot, 4)$	
R	$(\cdot, 44, \cdot)$ $(\cdot, 50, \cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 25, \cdot)$ $(\cdot, 71, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 30, \cdot)$ $(\cdot, 65, \cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 1, \cdot)$ $(\cdot, 57, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 54, \cdot)$ $(\cdot, 39, \cdot, \cdot, 3)$	$(\cdot, 41, \cdot)$ $(\cdot, 53, \cdot, \cdot, 4)$	$(\cdot, 53, \cdot)$ $(\cdot, 43, \cdot, \cdot, 2)$	$(\cdot, 30, \cdot)$ $(\cdot, 65, \cdot, \cdot, 4)$

$\frac{C_p}{C_v}$	V	D	T	R	P	S	F	I
P	(۰,۴۰۰,۰۰۰ ۵۴,۰۰,۰۰۴)	(۰,۴۳,۰۰,۰۰۰ ۵۱,۰۰,۰۰۵)	(۰,۳۷,۰۰,۰۰۰ ۵۷,۰۰,۰۰۴)	(۰,۵۳,۰۰,۰۰۰ ۴۴,۰۰,۰۰۲)	(۰,۱,۰۰,۰۰۰)	(۰,۲۴,۰۰,۰۰۰ ۷۱,۰۰,۰۰۳۷)	(۰,۴۲,۰۰,۰۰۰ ۵۲,۰۰,۰۰۵)	(۰,۱۹,۰۰,۰۰۰ ۷۷,۰۰,۰۰۲)
S	(۰,۴۰۰,۰۰۰ ۵۴,۰۰,۰۰۴)	(۰,۴۷,۰۰,۰۰۰ ۴۷,۰۰,۰۰۵)	(۰,۱۸,۰۰,۰۰۰ ۷۸,۰۰,۰۰۲)	(۰,۵۳,۰۰,۰۰۰ ۴۱,۰۰,۰۰۵)	(۰,۳۲,۰۰,۰۰۰ ۶۳,۰۰,۰۰۴)	(۰,۱,۰۰,۰۰۰)	(۰,۵۱,۰۰,۰۰۰ ۴۳,۰۰,۰۰۵)	(۰,۲۶,۰۰,۰۰۰ ۶۹,۰۰,۰۰۳)
F	۰,۱۶,۰۰,۰۰۸ ۱,۰۰,۰۰۲)	(۰,۵۲,۰۰,۰۰۰ ۴۱,۰۰,۰۰۵)	(۰,۴۲,۰۰,۰۰۰ ۵۲,۰۰,۰۰۴)	(۰,۳۳,۰۰,۰۰۰ ۶۲,۰۰,۰۰۴)	(۰,۲۲,۰۰,۰۰۰ ۷۳,۰۰,۰۰۳)	(۰,۴۳,۰۰,۰۰۰ ۵۱,۰۰,۰۰۵)	(۰,۱,۰۰,۰۰۰)	(۰,۵۵,۰۰,۰۰۰ ۴۱,۰۰,۰۰۲)
I	(۰,۳۹,۰۰,۰۰۰ ۵۲,۰۰,۰۰۴)	(۰,۴۷,۰۰,۰۰۰ ۴۷,۰۰,۰۰۴)	(۰,۳۴,۰۰,۰۰۰ ۶۱,۰۰,۰۰۴)	(۰,۲۸,۰۰,۰۰۰ ۶۷,۰۰,۰۰۳)	(۰,۳۹,۰۰,۰۰۰ ۵۶,۰۰,۰۰۴)	(۰,۵۰,۰۰,۰۰۰ ۴۴,۰۰,۰۰۵)	(۰,۵۴,۰۰,۰۰۰ ۴۰,۰۰,۰۰۵)	(۰,۱,۰۰,۰۰۰)

در گام بعد با استفاده از رابطه ۱۲ ماتریس رابطه تجمیعی دیفازی می گردد. (جدول ۱۰)

جدول ۱۰: ماتریس رابطه تجمیعی دیفازی

شاخص ها	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمبود	نحوه تغذیه	امنیت
ارزش	-۱	۰,۴۵۶۷	-۰,۵۰۵	-۰,۰۱۴	۰,۰۰۸۵	۰,۲۳۸۶	۰,۲۸۶	۰,۰۰۷۳
نرخ مصرف	-۰,۲۱۳	-۱	-۰,۰۷۶	-۰,۱۹۷	۰,۴۱۰۴	۰,۰۶۵۱	-۰,۱۸۶	۰,۱۸۹۵
زمان	۰,۳۲۶۴	۰,۲۸۳۸	-۱	-۰,۰۴۵	۰,۳۰۵۳	۰,۲۲۴۹	۰,۰۱۹	-۰,۳۴۷
ریسک	-۰,۰۵۴	-۰,۴۶۳	۰,۳۴۷	-۱	۰,۱۷۳۸	-۰,۱۱۹	۰,۰۹۷۲	-۰,۳۴۷
اهمیت	-۰,۱۳۵	-۰,۰۷۶	۰,۲۰۴	۰,۰۹۶۶	-۱	-۰,۴۶۳	-۰,۱۰۹	-۰,۵۸۷
تاثیر کمبود	-۰,۱۴۳	۰,۰۰۶۸	-۰,۰۶	۰,۱۲۰۴	-۰,۳۱۶	-۱	۰,۰۸۵۳	-۰,۴۳۲
نحوه تغذیه	-۰,۶۴۹	۰,۱۱۲۵	۰,۱۰۱	-۰,۲۸۹	-۰,۵۰۷	-۰,۰۷۸	-۱	۰,۱۴۲۱
امنیت	-۰,۱۷	-۸E-۰۵	۰,۲۷۸	-۰,۳۸۹	-۰,۱۶۸	۰,۰۶۵۵	۰,۱۳۸۹	-۱

پس از دیفازی سازی ماتریس رابطه تجمیعی، با استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ ماتریس رابطه نرمال محاسبه می گردد. جدول ۱۱ نشان دهنده ماتریس رابطه نرمال می باشد.

جدول ۱۱: ماتریس رابطه نرمال

شاخصه ۱	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمبود	نحوه تغذیه	امنیت
ارزش	۰,۳۲۱ ۴	۰,۱۴۶ ۸	۰,۱۶۲ ۳	۰,۰۰۴ ۵	۰,۰۰۲ ۷	۰,۰۷۶ ۷	۰,۰۹۱ ۹	۰,۰۰۲ ۴
نرخ مصرف	۰,۰۶۸ ۳	۰,۳۲۱ ۴	۰,۰۲۴ ۴	۰,۰۶۳ ۲	۰,۱۳۱ ۹	۰,۰۲۰ ۹	۰,۰۵۹ ۹	۰,۰۶۰ ۹
زمان	۰,۱۰۴ ۹	۰,۰۹۱ ۲	۰,۳۲۱ ۴	۰,۰۱۴ ۵	۰,۰۹۸ ۱	۰,۰۷۲ ۳	۰,۰۰۶ ۱	۰,۱۱۱ ۵
ریسک	۰,۰۱۷ ۲	۰,۱۴۸ ۷	۰,۱۱۱ ۵	۰,۳۲۱ ۴	۰,۰۵۵ ۹	۰,۰۳۸ ۱	۰,۰۳۱ ۲	۰,۱۱۱ ۵
اهمیت	۰,۰۴۳ ۴	۰,۰۲۴ ۴	۰,۰۶۵ ۵	۰,۰۳۱ ۱	۰,۳۲۱ ۴	۰,۱۴۸ ۹	۰,۰۳۵ ۱	۰,۱۸۸ ۸
تاثیر کمبود	۰,۰۴۵ ۹	۰,۰۰۲ ۲	۰,۱۹۲ ۹	۰,۰۳۸ ۷	۰,۱۰۱ ۶	۰,۳۲۱ ۴	۰,۰۲۷ ۴	۰,۱۳۸ ۷
نحوه تغذیه	۰,۲۰۸ ۷	۰,۰۳۶ ۲	۰,۰۳۲ ۵	۰,۰۹۲ ۹	۰,۱۶۳ ۱	۰,۰۲۵ ۲	۰,۳۲۱ ۴	۰,۰۴۵ ۷
امنیت	۰,۰۵۴ ۶	۰,۰۰۰ ۰	۰,۰۸۹ ۴	۰,۱۲۵ ۰	۰,۰۵۴ ۰	۰,۰۲۱ ۱	۰,۰۴۴ ۶	۰,۳۲۱ ۴

با توجه به ماتریس نرمال و با به کارگیری رابطه ۱۵ ماتریس رابطه کل محاسبه می گردد. (جدول ۱۲)

جدول ۱۲: ماتریس رابطه کل

شاخصها	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمبود	نحوه تغذیه	امنیت
ارزش	-۰,۲۶۴	۰,۰۷۷۵	-۰,۰۹۸	-۰,۰۰۸	-۰,۰۰۷	۰,۰۳۹۰	۰,۰۴۸۵	۰,۰۱۲۶

شاخص‌ها	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمیود	نحوه تغذیه	امنیت
نرخ مصرف	-۰,۰۳۷	-۰,۲۴۶	-۰,۰۱۱	-۰,۰۳۳	۰,۰۷۶۳	۰,۰۰۲۷	-۰,۰۳۸	۰,۰۲۵۹
زمان	۰,۰۵۵۸	۰,۰۵۶۸	-۰,۲۵۴	-۰,۰۰۱	۰,۰۶۱۰	۰,۰۳۶۹	۰,۰۰۱۴	-۰,۰۷۲
ریسک	-۰,۰۰۹	-۰,۰۹۱	-۰,۰۵۴	-۰,۲۳۳	۰,۰۲۲۰	-۰,۰۳۰	۰,۰۱۸۰	-۰,۰۶۳
اهمیت	-۰,۰۱۴	-۰,۰۲۱	-۰,۰۱۷	۰,۰۲۸۲	-۰,۲۳۱	-۰,۰۹۰	-۰,۰۲۵	-۰,۱۰۳
تاثیر کمیود	-۰,۰۳۱	-۰,۰۱۰	-۰,۱۰۱	۰,۰۲۷۴	-۰,۰۶۴	-۰,۲۴۵	۰,۰۱۳	-۰,۰۶۳
نحوه تغذیه	-۰,۱۱۶	۰,۰۱۶	۰,۰۰۳۴	-۰,۰۵۹	-۰,۰۹۴	-۰,۰۰۷	-۰,۲۴۹	۰,۰۴۵۶
امنیت	-۰,۰۳۷	۰,۰۰۲	-۰,۰۴۲	-۰,۰۷۴	-۰,۰۴۱	۰,۰۱۴	۰,۰۲۲۸	-۰,۲۲۸

با توجه به مقادیر ماتریس رابطه کل مقادیر R_i (جمع سطری) و C_j (جمع ستونی) محاسبه می‌شود. در نهایت وزن شاخص‌ها با استفاده از روابط ۱۶ و ۱۷ محاسبه شده است.

جدول ۱۳: وزن شاخص‌ها

شاخص‌ها	R_i	C_j	$R_i + C_j$	$R_i - C_j$	w_i	W_i
ارزش	-۰,۲۰۱۸	-۰,۴۵۴۷۷	-۰,۶۵۶۵۷	۰,۲۵۲۹۶۸	۰,۷۰۳۶۱۸۴۰۶	۰,۱۲
نرخ مصرف	-۰,۲۶۲۶۸	-۰,۲۱۶۲۶	-۰,۴۷۸۹۴	-۰,۰۴۶۴۲	۰,۴۸۱۱۸۲۱۲	۰,۰۸
زمان	-۰,۱۱۶۹۷	-۰,۵۷۶۳	-۰,۶۹۳۲۷	۰,۴۵۹۳۲۵	۰,۸۳۱۶۲۶۰۵۹	۰,۱۴
ریسک	-۰,۴۴۳۳۲	-۰,۳۵۷۲۵	-۰,۸۰۰۵۶	-۰,۰۸۶۰۷	۰,۸۰۵۱۷۷۰۵۵	۰,۱۴
اهمیت	-۰,۴۷۵۱۳	-۰,۲۸۰۶۷	-۰,۷۵۵۸۱	-۰,۱۹۴۴۶	۰,۷۸۰۴۲۰۷۵۵	۰,۱۳
تاثیر کمیود	-۰,۴۷۶۲۴	-۰,۲۸۱۸۹	-۰,۷۵۸۱۳	-۰,۱۹۴۳۵	۰,۷۸۲۶۴۶۸۱۹	۰,۱۳
نحوه تغذیه	-۰,۴۶۳۴۷	-۰,۲۰۹۲	-۰,۶۷۲۶۷	-۰,۲۵۴۲۷	۰,۷۱۹۱۲۳۴۹۷	۰,۱۲

بر اساس نتایج حاصل از دیمتل فازی شهودی شاخص‌های "زمان تأمین قطعه"، "ریسک تأمین" و "حساسیت امنیت موجودی" بیشترین وزن را در طبقه‌بندی موجودی قطعات خودرو دارند.

جدول ۱۴: ارزیابی اقلام موجودی بر اساس شاخص‌ها

اقدام موجودی		خبرگان	شاخص‌ها						
			ارزش	مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تأثیر کمبود	تغذیه
قطع‌ات برقی و الکترونیکی (A)	K ^۱	VG	G	M	G	VG	M	VG	G
	K ^۲	G	G	G	M	G	M	G	M
	K ^۳	VG	M	G	G	VG	G	VG	G
	K ^۴	G	G	M	M	G	M	G	G
	K ^۵	VG	G	G	G	VG	G	VG	M
	K ^۶	M	M	M	G	G	M	VG	G
	K ^۷	G	G	G	M	G	B	G	M
سیستم سوخت و آگروز (B)	K ^۱	VG	VG	G	M	AG	B	G	VG
	K ^۲	VG	G	M	B	AG	B	VG	VG
	K ^۳	G	VG	G	M	VG	VB	G	VG
	K ^۴	VG	VG	G	B	VG	B	M	G
	K ^۵	G	G	M	M	AG	VB	G	VG
	K ^۶	VG	VG	G	M	AG	B	G	VG
	K ^۷	VG	G	M	B	VG	VB	VG	G
سیستم تعلیق و فرمان و ترمز (C)	K ^۱	G	G	VG	VG	G	G	VG	M
	K ^۲	G	M	VG	G	M	M	VG	G
	K ^۳	M	G	G	VG	G	G	G	M
	K ^۴	M	M	G	G	G	G	VG	M
	K ^۵	G	VG	VG	VG	G	M	G	G
	K ^۶	G	G	VG	G	M	G	VG	M

اقدام موجودی	خبرگان	شاخص‌ها						
		ارزش	مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تأثیر کمبود	امنیت
سیستم تهویه و کولر (D)	K ^۷	M	M	G	VG	M	M	G
	K ^۱	VG	VG	G	M	VG	M	G
	K ^۲	VG	VG	M	M	VG	B	G
	K ^۳	G	G	VG	B	VG	M	G
	K ^۴	G	G	M	M	G	M	VG
	K ^۵	B	M	G	G	B	M	M
	K ^۶	G	M	M	B	VG	M	G
قطعات موتور و انتقال قدرت (E)	K ^۷	G	VG	G	M	G	B	VG
	K ^۱	M	M	VG	VG	M	G	M
	K ^۲	M	G	G	VG	M	M	M
	K ^۳	G	M	VG	G	M	M	G
	K ^۴	M	G	VG	VG	M	G	M
	K ^۵	B	M	G	G	B	M	M
	K ^۶	M	G	G	VG	G	M	G
تجهیزات داخلی و ایمنی (F)	K ^۷	G	G	VG	G	G	G	M
	K ^۱	VG	VG	M	B	AG	VB	AG
	K ^۲	G	VG	M	B	VG	VB	VG
	K ^۳	VG	G	G	M	AG	B	AG
	K ^۴	VG	VG	B	VB	VG	VB	VG
	K ^۵	G	G	M	B	AG	B	AG
	K ^۶	VG	VG	M	M	VG	VB	VG
قطعات بدنه و ظاهری (G)	K ^۷	VG	G	B	VB	AG	B	VG
	K ^۱	AG	AG	M	B	AG	VB	AG
	K ^۲	VG	VG	B	VB	AG	VB	AG
	K ^۳	AG	AG	M	B	VG	VB	VG
	K ^۴	G	VG	M	B	AG	B	AG
	K ^۵	AG	G	B	VB	VG	VB	VG
	K ^۶	VG	AG	B	B	AG	B	AG
	K ^۷	AG	VG	M	B	VG	VB	AG

برای ایجاد یک ماتریس تصمیم فازی شهودی ترکیبی در یک فرایند تصمیم‌گیری گروهی، تمام دیدگاه‌های تصمیم‌گیری فردی باید در یک نظر گروهی ادغام شوند. برای دستیابی به نظر گروهی، از عملگر میانگین وزنی فازی شهودی رابطه ۱۱ استفاده می‌شود.

پس از محاسبه ماتریس تجمیعی نظرات خبرگان در مورد مقادیر شاخص‌ها در اقدام موجودی، میانگین حسابی وزنی فازی شهودی مقادیر هر شاخص در تمامی گزینه‌ها با استفاده از رابطه ۱۸ محاسبه می‌شود. سطر آخر جدول ۱۵ نشان‌دهنده مقدار راه حل میانگین می‌باشد.

جدول ۱۵: ماتریس تصمیم تجمیعی نظرات خبرگان

ردیف	امنیت	نحوه تغذیه	تاثیر کمبود	اهمیت	ریسک	زمان	نرخ مصرف	ارزش
A	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۱۲۱,۰ ۰,۱۵۳)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۵۴۱, ۰,۴۰۸,۰ ۰,۴۰۸,۰ ۰,۵۲)	(۰,۷۳۷, ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۵۱)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)	(۰,۶۱۵, ۰,۳۰۴,۰ ۰,۳۰۴,۰ ۰,۰۸۲)	(۰,۷۲۶, ۰,۱۲۱,۰ ۰,۱۲۱,۰ ۰,۱۵۳)
B	(۰,۷۷۷, ۰,۰۶۹,۰ ۰,۰۶۹,۰ ۰,۱۵۳)	(۰,۶۹۵, ۰,۱۶۴,۰ ۰,۱۶۴,۰ ۰,۱۴۰)	(۰,۲۹۵, ۰,۵۸۵,۰ ۰,۵۸۵,۰ ۰,۱۱۹)	(۰,۸۷۰, ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۵۶)	(۰,۴۴۷, ۰,۵۱۶,۰ ۰,۵۱۶,۰ ۰,۰۳۷)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۷۶۷, ۰,۰۷۹,۰ ۰,۰۷۹,۰ ۰,۱۵۴)
C	(۰,۵۷۱, ۰,۳۷۴,۰ ۰,۳۷۴,۰ ۰,۰۵۵)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۶۲۳, ۰,۲۷۴,۰ ۰,۲۷۴,۰ ۰,۱۰۳)	(۰,۵۹۹, ۰,۳۲۸,۰ ۰,۳۲۸,۰ ۰,۰۷۳)
D	(۰,۶۹۴, ۰,۱۷۳,۰ ۰,۱۷۳,۰ ۰,۱۳۳)	(۰,۶۶۱, ۰,۲۰۲,۰ ۰,۲۰۲,۰ ۰,۱۳۷)	(۰,۴۸۳, ۰,۴۷۳,۰ ۰,۴۷۳,۰ ۰,۰۴۳)	(۰,۷۷۷, ۰,۰۶۹,۰ ۰,۰۶۹,۰ ۰,۱۵۳)	(۰,۴۴۷, ۰,۵۱۶,۰ ۰,۵۱۶,۰ ۰,۰۳۷)	(۰,۶۴, ۰,۲۴۱,۰ ۰,۲۴۱,۰ ۰,۱۱۹)	(۰,۷۴۳, ۰,۱۰۱,۰ ۰,۱۰۱,۰ ۰,۱۵۶)	(۰,۷۳۷, ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۵۱)
E	(۰,۵۵۴, ۰,۴۰۳,۰ ۰,۴۰۳,۰ ۰,۰۴۳)	(۰,۷۳۷, ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۱۲,۰ ۰,۱۵۱)	(۰,۵۷۱, ۰,۳۷۴,۰ ۰,۳۷۴,۰ ۰,۰۵۵)	(۰,۵۲۷, ۰,۴۳۱,۰ ۰,۴۳۱,۰ ۰,۰۴۲)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۵۸۸, ۰,۳۴۶,۰ ۰,۳۴۶,۰ ۰,۰۶۶)	(۰,۵۴۱, ۰,۴۰۸,۰ ۰,۴۰۸,۰ ۰,۰۵۲)
F	(۰,۸۶, ۰,۶۸,۰ ۰,۶۸,۰ ۰,۰۷۲)	(۰,۵۷۱, ۰,۳۷۴,۰ ۰,۳۷۴,۰ ۰,۰۵۵)	(۰,۲۶۷, ۰,۶۰۴,۰ ۰,۶۰۴,۰ ۰,۱۲۹)	(۰,۸۷۰, ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۵۶)	(۰,۳۷۴, ۰,۵۵۱,۰ ۰,۵۵۱,۰ ۰,۰۷۵)	(۰,۵۰۸, ۰,۴۴۴,۰ ۰,۴۴۴,۰ ۰,۰۷۴)	(۰,۷۵۲, ۰,۰۹۴,۰ ۰,۰۹۴,۰ ۰,۱۵۴)	(۰,۷۶۷, ۰,۰۷۹,۰ ۰,۰۷۹,۰ ۰,۱۵۴)
G	(۰,۸۸, ۰,۰۷۹,۰ ۰,۰۷۹,۰ ۰,۰۴۱)	(۰,۵۵۴, ۰,۴۰۳,۰ ۰,۴۰۳,۰ ۰,۰۴۳)	(۰,۲۳۷, ۰,۶۲۴,۰ ۰,۶۲۴,۰ ۰,۱۳۹)	(۰,۸۷۰, ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۷۴,۰ ۰,۰۵۶)	(۰,۳۱۱, ۰,۵۷۵,۰ ۰,۵۷۵,۰ ۰,۱۱۴)	(۰,۴۴۷, ۰,۵۱۶,۰ ۰,۵۱۶,۰ ۰,۰۳۷)	(۰,۸۵۱, ۰,۰۸۱,۰ ۰,۰۸۱,۰ ۰,۰۶۸)	(۰,۸۶۲, ۰,۰۸۸,۰ ۰,۰۸۸,۰ ۰,۰۵)
A V	(۰,۷۲۹, ۰,۱۷,۰ ۰,۱۷,۰ ۱,۰۱)	(۰,۶۷۶, ۰,۱۸۱,۰ ۰,۱۸۱,۰ ۰,۱۴۳)	(۰,۴۳۹, ۰,۴۷۹,۰ ۰,۴۷۹,۰ ۰,۰۸۲)	(۰,۷۷۴, ۰,۱۲۹,۰ ۰,۱۲۹,۰ ۰,۰۹۷)	(۰,۵۵۲, ۰,۳۱۲,۰ ۰,۳۱۲,۰ ۰,۱۳۶)	(۰,۶۲۲, ۰,۲۵۲,۰ ۰,۲۵۲,۰ ۰,۱۲۷)	(۰,۷۱۱, ۰,۱۶,۰ ۰,۱۶,۰ ۰,۱۲۹)	(۰,۷۲۵, ۰,۱۴۴,۰ ۰,۱۴۴,۰ ۰,۱۳۱)

سپس مقادیر فاصله مثبت از راه‌حل میانگین (PDA) و فاصله منفی از راه‌حل میانگین (NDA) با استفاده از تابع امتیاز S^* که در رابطه ۶ نشان داده شده است، محاسبه می‌شود. برای محاسبه فاصله مثبت از راه‌حل میانگین (PDA) و فاصله منفی از راه‌حل میانگین (NDA) ابتدا باید برای کلیه عناصر ماتریس تجمیعی نظرات خبرگان (جدول ۱۵) و همچنین برای مقادیر میانگین مقدار S^* با رابطه ۶ محاسبه گردد. جدول ۱۶ مقادیر تابع امتیاز S^* را برای ماتریس تجمیعی و همچنین مقادیر راه‌حل میانگین نشان می‌دهد.

پس از محاسبه مقدار تابع امتیاز S^* برای تمامی مقادیر ماتریس تصمیم فازی شهودی تجمیعی $(S^*(x_{ij}))$ و نیز برای مقدار راه حل میانگین $S^*(AV_j)$ ماتریس های فاصله مثبت از میانگین و فاصله منفی از میانگین با استفاده از روابط ۱۹ و ۲۰ محاسبه می شود.

جدول ۱۶: مقادیر S^* ماتریس تصمیم تجمیعی

اقدام موجودی	شاخص ها						
	امنیت	نحوه تغذیه	تاثیر کمبود	اهمیت	ریسک	زمان	نرخ مصرف
قطعات برقی و الکترونیکی (A)	۰,۶۳۶	۰,۸۲۹	۰,۵۶۷	۰,۸۱۲	۰,۶۳۶	۰,۶۳۶	۰,۶۵۵
سیستم سوخت و آگروز (B)	۰,۸۵۴	۰,۷۶۶	۰,۳۵۵	۰,۸۹۸	۰,۴۶۵	۰,۶۳۶	۰,۸۲۹
سیستم تعلیق و فرمان (C)	۰,۵۹۹	۰,۸۲۹	۰,۶۳۶	۰,۶۳۶	۰,۸۲۹	۰,۸۲۹	۰,۶۷۴
سیستم تهویه و کولر (D)	۰,۷۶	۰,۷۲۹	۰,۵۰۵	۰,۸۵۴	۰,۴۶۵	۰,۶۹۹	۰,۸۲۱
قطعات موتور (E)	۰,۵۷۵	۰,۸۱۲	۰,۵۹۹	۰,۵۴۸	۰,۸۲۹	۰,۸۲۹	۰,۶۲۱
تجهیزات داخلی و ایمنی (F)	۰,۸۹۶	۰,۵۹۹	۰,۳۳۱	۰,۸۹۸	۰,۴۱۱	۰,۵۳۲	۰,۸۲۹
قطعات بدنه و ظاهری (G)	۰,۹	۰,۵۷۵	۰,۳۰۷	۰,۸۹۸	۰,۳۶۸	۰,۴۶۵	۰,۸۸۵
AV	۰,۷۸	۰,۷۴۸	۰,۴۸	۰,۸۲۳	۰,۶۲	۰,۶۸۵	۰,۷۷۵

جداول ۱۷ و ۱۸ به ترتیب نشان دهنده ماتریس های فاصله مثبت از میانگین و فاصله منفی از میانگین می باشند.

جدول ۱۷: ماتریس فاصله مثبت از میانگین (FDA)

اقدام موجودی	شاخص‌ها						
	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمبود	نحوه تغذیه
A	۰,۰۱۶	۰	۰	۰,۰۲۶	۰	۰,۱۸	۰,۱۰۹
B	۰,۰۶۸	۰,۰۷	۰	۰	۰,۰۹۲	۰	۰,۰۲۴
C	۰	۰	۰,۲۱۱	۰,۳۳۸	۰	۰,۳۲۴	۰,۱۰۹
D	۰,۰۲۸	۰,۰۵۸	۰,۰۲۱	۰	۰,۰۳۸	۰,۰۵۲	۰
E	۰	۰	۰,۲۱۱	۰,۳۳۸	۰	۰,۲۴۷	۰,۰۸۷
F	۰,۰۶۸	۰,۰۷	۰	۰	۰,۰۹۲	۰	۰
G	۰,۱۲۲	۰,۱۴۱	۰	۰	۰,۰۹۲	۰	۰

جدول ۱۸: ماتریس فاصله منفی از میانگین (NDA)

اقدام موجودی	شاخص‌ها						
	ارزش	نرخ مصرف	زمان	ریسک	اهمیت	تاثیر کمبود	نحوه تغذیه
A	۰	۰,۱۵۵	۰,۰۷۲	۰	۰,۰۱۳	۰	۰,۱۸۵
B	۰	۰	۰,۰۷۲	۰,۲۴۹	۰	۰,۲۶۱	۰
C	۰,۱۹۶	۰,۱۳	۰	۰	۰,۲۲۷	۰	۰,۲۳۲
D	۰	۰	۰	۰,۲۴۹	۰	۰	۰,۰۲۴
E	۰,۲۸۳	۰,۲	۰	۰	۰,۳۳۳	۰	۰,۲۶۲
F	۰	۰	۰,۲۲۳	۰,۳۳۶	۰	۰,۳۱	۰,۱۹۹

۰ ۰,۲۳۱ ۰,۳۶۱ ۰ ۰,۴۰۶ ۰,۳۲۱ ۰ ۰ ۰ G

در مرحله بعد فاصله کل مثبت و منفی موزون از راه حل میانگین (SN_i, SP_i) برای همه گزینه‌ها با استفاده از وزن شاخص‌ها حاصل از تکنیک دیمتل و به کارگیری معادلات ۲۱ و ۲۲ محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از روابط ۲۳ و ۲۴ مقادیر (SN_i, SP_i) نرمال‌سازی می‌شوند. در آخرین مرحله امتیاز ارزیابی (AS) برای همه گزینه‌ها با رابطه ۲۵ محاسبه می‌شود. جدول ۱۹ نشان‌دهنده مقادیر فاصله کل مثبت و منفی موزون از راه حل میانگین، مقادیر نرمال شده این فاصله کل و امتیاز ارزیابی هر یک از اقلام می‌باشد.

جدول ۱۹: نتایج ایداس فازی شهودی

اقلام موجودی	SP_i	SN_i	NSP_i	NSN_i	AS_i
قطعات برقی و الکترونیکی	۰,۰۴۲	۰,۰۵	۰,۳۲۲	۰,۷۱۴	۰,۵۱۸
سیستم سوخت و اگزوز	۰,۰۴۲	۰,۰۷۸	۰,۳۲۱	۰,۵۵۴	۰,۴۳۷
سیستم تعلیق و فرمان	۰,۱۳۱	۰,۰۹۶	۱	۰,۴۵۲	۰,۷۲۶
سیستم تهویه و کولر	۰,۰۲۳	۰,۰۴	۰,۱۷۴	۰,۷۷۱	۰,۴۷۲
قطعات موتور	۰,۱۱۸	۰,۱۳	۰,۹۰۱	۰,۲۵۷	۰,۵۷۹
تجهیزات داخلی و ایمنی	۰,۰۴۷	۰,۱۴۲	۰,۳۵۶	۰,۱۹۱	۰,۲۷۴
قطعات بدنه و ظاهری	۰,۰۶	۰,۱۷۵	۰,۴۵۵	۰	۰,۲۲۷

در نهایت به منظور تفکیک کالاها بر اساس میزان اهمیت و اولویت مدیریتی آن، طبقه‌بندی ABC انجام می‌شود. جهت طبقه‌بندی اقلام موجودی به یکی از طبقات A، B یا C بر اساس نتایج تکنیک ایداس فازی شهودی، از روش درصد تجمعی سهم امتیازات که در بخش روش‌شناسی تشریح شد، استفاده شده است. نتایج این مرحله در جدول ۲۰ نشان داده شده است. در این جدول ابتدا کلیه اقلام موجودی بر اساس امتیاز نهایی AS_i به ترتیب نزولی مرتب شده‌اند، سپس سهم هر قلم موجودی (مقادیر V_i) با استفاده از رابطه ۲۶ محاسبه شده است. برای محاسبه V_i امتیاز هر قلم موجودی بر اساس تکنیک ایداس فازی شهودی بر

مجموع امتیازات همه اقلام تقسیم شده است. در نهایت بر اساس درصد تجمعی که در ستون (C_k) نشان داده شده است طبقه‌بندی ABC انجام شده است. برای محاسبه درصد تجمعی مقادیر V_i به‌طور متوالی از بالاترین رتبه به پایین‌ترین رتبه برای هر قلم موجودی جمع شده است. با توجه به اینکه بر اساس درصد تجمعی تا ۸۰ درصد ارزش مربوط به ۴ دسته از کالاهاست، که بیش از ۲۰ درصد اقلام موجودی است، به منظور تطابق بهتر با قانون پارتو از روش ترکیبی درصد تجمعی ارزش و تحلیل شکاف طبیعی استفاده شده است. در رویکرد اصلاح شده سه قلم اول با بالاترین امتیاز و پوشش ۵۷ درصدی از ارزش کل در طبقه A، دو قلم بعدی با پوشش حدود ۲۸ درصد از ارزش کل در طبقه B و دو قلم باقیمانده با پوشش ۱۵ درصد در طبقه C قرار می‌گیرند.

جدول ۲۰: طبقه‌بندی اقلام موجودی

طبقه	C_k	$-V_i$	AS_i	اقلام موجودی
A	۰,۲۲۴	۰,۲۲۴	۰,۷۲۶	سیستم تعلیق و فرمان
A	۰,۴۰۴	۰,۱۷۹	۰,۵۷۹	قطعات موتور
A	۰,۵۶۴	۰,۱۶	۰,۵۱۸	قطعات برقی و الکترونیکی
B	۰,۷۱	۰,۱۴۶	۰,۴۷۲	سیستم تهویه و کولر
B	۰,۸۴۵	۰,۱۳۵	۰,۴۳۷	سیستم سوخت و اگزوز
C	۰,۹۳	۰,۰۸۵	۰,۲۷۴	تجهیزات داخلی و ایمنی
C	۱	۰,۰۷	۰,۲۲۷	قطعات بدنه و ظاهری

بحث و نتیجه‌گیری

مدیریت موثر موجودی نه تنها از نظر لجستیک ضرورت دارد بلکه یک الزام استراتژیک است که مستقیماً بر چابکی عملیاتی، بهره‌وری هزینه و تاب‌آوری زنجیره تأثیر می‌گذارد. علیرغم استفاده گسترده از طبقه‌بندی سنتی ABC در کنترل موجودی، ممکن است این روش به سبک سنتی کارایی کافی را در طبقه‌بندی اقلام موجودی نداشته باشد زیرا صرفاً بر اساس ارزش سالانه عمل می‌کند و سایر ویژگی‌های حیاتی مانند زمان تحویل،

حساسیت قطعه، عدم قطعیت تقاضا، ریسک و ... را در نظر نمی گیرد. ادغام طبقه بندی ABC با تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره با در نظر گرفتن عوامل کمی و کیفی در یک مدل تصمیم گیری یکپارچه، به صراحت این محدودیت را برطرف می کنند و سیاست های کنترل متمایز را برای اقلام موجودی با درجه اهمیت متفاوت امکان پذیر می سازند. ادغام طبقه بندی ABC با تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره به ماهیت چندبعدی تصمیمات موجودی می پردازد، اما بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت و ابهام حاکم بر تصمیمات موجودی که مشخصه داده های زنجیره تأمین دنیای واقعی و قضاوت های کارشناسی است، همچنان دارای محدودیت است. بنابراین یک چارچوب طبقه بندی موجودی موثر و کارآمد نه تنها باید معیارهای مهم را در نظر بگیرد بلکه باید تردید و عدم قطعیت را که جز ذاتی قضاوت های مدیریتی است نیز در تصمیم گیری لحاظ نماید. استفاده از تکنیک های تصمیم گیری فازی شهودی در این مطالعه مبنایی واقع بینانه تر و انعطاف پذیرتر برای طبقه بندی ABC موجودی تحت پیچیدگی عملیاتی واقعی ارائه می دهد.

در این مطالعه شاخص های طبقه بندی موجودی بر اساس ادبیات نظری و نظرسنجی از خبرگان صنعت خودروسازی انتخاب شده اند و عبارتند از: ارزش قطعه، نرخ مصرف، زمان تامین قطعه، ریسک تامین، اهمیت عملکردی (کیفیت)، ریسک توقف تولید، نحوه تغذیه قطعه و حساسیت امنیت موجودی. این روش ترکیبی موجب شد تا شاخص های کلیدی با پوشش جامع و اعتبار علمی بالا انتخاب شوند. وزن شاخص ها با روش دیمتل فازی شهودی مشخص شده است. بر اساس نتایج این روش مهمترین شاخص های طبقه بندی موجودی عبارتند از زمان تامین قطعه، ریسک تامین و حساسیت امنیت موجودی. مهمترین دلیل اهمیت بالای این شاخص ها ویژگی های زنجیره تامین صنعت خودروسازی است. صنعت خودروسازی شبکه تامین گسترده ای دارد و تأمین به موقع قطعات در آن مهم است. تاخیر در تامین بسیاری قطعات منجر به توقف خط تولید می گردد. بنابراین ارزش ریالی به تنهایی اهمیت قطعه را نشان نمی دهد، بلکه تأثیر قطعه بر ادامه تولید اهمیت بیشتری دارد. به همین دلیل است که شاخص های مرتبط با عدم کمبود قطعه نسبت به شاخص های سنتی اهمیت بیشتری پیدا می کنند. پس از تعیین وزن شاخص های طبقه بندی موجودی به منظور رتبه بندی

اقدام موجودی از تکنیک ایداس فازی شهودی و جهت و تخصیص آنها به طبقات ABC بر اساس نتایج رتبه‌بندی از روش ارزش تجمعی استفاده شده است. بر اساس تحلیل داده‌ها، دسته‌بندی گروه قطعات به صورت زیر در مدل ABC جای گرفت: اقدام مربوط به سیستم تعلیق، فرمان و ترمز، قطعات موتور و انتقال قدرت و قطعات برقی و الکترونیکی در دسته A قرار می‌گیرند. این گروه‌ها که مجموعاً حدود ۵۷٪ از سهم تجمعی ارزش (بر اساس چند شاخص و نه صرفاً ارزش ریالی) را به خود اختصاص داده‌اند، سهم قابل توجهی از ارزش کل موجودی و اهمیت عملیاتی را دارند و نیازمند مدیریت دقیق، نظارت مستمر و برنامه‌ریزی بهینه تامین هستند. قطعات مربوط به سیستم تهویه و کولر و سیستم سوخت و اگزوز دارای اهمیت متوسط هستند و در طبقه B قرار می‌گیرند و ۲۸٪ سهم ارزش تجمعی را دارند. این قطعات در سطح میانی اهمیت قرار دارند و می‌توانند با سیاست‌های مدیریت موجودی متعادل کنترل شوند. همچنین تجهیزات داخلی و ایمنی و قطعات بدنه با سهم ۱۵ درصد ارزش تجمعی در طبقه C قرار دارند و کنترل موجودی این گروه می‌تواند با سیاست‌های ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر انجام شود. به منظور اعتبارسنجی نتایج طبقه‌بندی اقدام موجودی با روش ABC کلاسیک انجام و نتایج با روش پیشنهادی این مقاله مقایسه گردید. جدول ۲۱ مقایسه رتبه‌بندی اقدام موجودی با رویکرد ABC سنتی و رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی شهودی به کار رفته در مقاله حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۲۱: مقایسه نتایج ABC سنتی و رویکرد چندشاخصه فازی شهودی

طبقه در رویکرد ترکیبی فازی شهودی	طبقه در ABC سنتی	اقدام موجودی
A	B	قطعات برقی و الکترونیکی
B	C	سیستم سوخت و اگزوز
A	A	سیستم تعلیق و فرمان
B	C	سیستم تهویه و کولر
A	A	قطعات موتور
C	C	تجهیزات داخلی و ایمنی

مقایسه نتایج طبقه‌بندی ABC سنتی و رویکرد فازی شهودی نشان می‌دهد که ۴ گروه یعنی ۵۷ درصد اقلام در هر دو روش در یک طبقه قرار گرفته‌اند و ۳ گروه یعنی ۴۳ درصد در رویکرد فازی شهودی به طبقه بالاتری تخصیص یافته‌اند. هیچ کدام از اقلام از طبقه بالاتر به پایین‌تر منتقل نشده‌اند. این یافته‌ها نشان می‌دهد این نتیجه از منظر مدیریتی مهم است، زیرا مدل پیشنهادی تنها در مواردی طبقه‌بندی را تغییر داده که معیارهای چندگانه نشان داده‌اند اهمیت واقعی اقلام بیش از آن چیزی است که صرفاً از طریق ارزش مصرف سالانه قابل تشخیص باشد.

قطعات برقی و الکترونیکی که در طبقه‌بندی سنتی در طبقه B قرار گرفته‌اند در رویکرد فازی شهودی به طبقه A منتقل شده‌اند. بررسی ماتریس فازی شهودی تجمیعی در مورد مقادیر شاخص‌ها در این گروه از قطعات نشان می‌دهد که این قطعات در شاخص‌های اهمیت عملکردی، نحوه تغذیه خط تولید، زمان تحویل و ریسک تامین مقادیر نسبتاً بالایی دارند و از میان این شاخص‌ها، زمان تحویل و ریسک تامین در میان سایر شاخص‌ها بیشترین وزن را دارند. در نتیجه هرچند از نظر ارزش مصرف سالانه در طبقه‌بندی سنتی در گروه B قرار می‌گیرد اما به دلیل مقادیر بالا در مهمترین شاخص‌ها موجب تغییر طبقه آن به A شده است. همچنین قطعات مربوط به سیستم سوخت و اگزوز که در طبقه‌بندی سنتی در طبقه C قرار گرفته‌اند در رویکرد فازی شهودی به طبقه B منتقل شده‌اند. بررسی ماتریس فازی شهودی تجمیعی در مورد مقادیر شاخص‌ها در این گروه از قطعات نشان می‌دهد که این قطعات در شاخص‌های اهمیت عملکردی و حساسیت امنیت موجودی مقادیر بالایی دارند و شاخص حساسیت امنیت موجودی بیشترین وزن را در میان سایر شاخص‌ها دارد. در نتیجه هرچند از نظر ارزش مصرف سالانه در طبقه‌بندی سنتی در گروه C قرار می‌گیرد اما مقادیر بالا در سایر شاخص‌های مهم موجب تغییر طبقه آن به B شده است. در نهایت قطعات موجود در سیستم تهویه و کولر از طبقه C در طبقه‌بندی سنتی به طبقه B در رویکرد فازی شهودی منتقل شده‌اند. بررسی ماتریس فازی شهودی تجمیعی در مورد مقادیر شاخص‌ها در این گروه از

قطعات نشان می‌دهد که این قطعات در شاخص‌های اهمیت عملکردی، حساسیت امنیت موجودی و زمان تامین قطعه مقادیر بالایی دارند که دو شاخص حساسیت امنیت موجودی و زمان تامین بیشترین وزن را در میان سایر شاخص‌ها دارند. در نتیجه هرچند از نظر ارزش مصرف سالانه در طبقه‌بندی سنتی در گروه C قرار می‌گیرد اما مقادیر بالا در مهم‌ترین شاخص‌ها در تصمیم‌گیری چندشاخصه موجب انتقال آنها به طبقه B شده است.

مقایسه نتایج طبقه‌بندی سنتی ABC با نتایج رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی شهودی نشان می‌دهد، که رویکرد پیشنهادی مقاله حاضر طبقه‌بندی کامل‌تر و دقیق‌تری در مورد اقلام موجودی انجام می‌دهد. زیرا رویکرد پیشنهادی علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای متعدد و در نظر گرفتن وزن این معیارها در طبقه‌بندی موجودی، همزمان عدم قطعیت را که جز ذاتی بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است، را نیز در طبقه‌بندی لحاظ می‌کند. در نتیجه اقلامی را که از نظر عملیاتی و مدیریتی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند شناسایی و در طبقات مناسب‌تری قرار می‌دهد. به عبارتی روش پیشنهادی محدودیت‌های رویکرد سنتی ABC را که صرفاً طبقه‌بندی بر اساس ارزش اقلام موجودی انجام می‌شود، را برطرف نموده و سایر شاخص‌های مهم را نیز در برمی‌گیرد.

طبقه‌بندی ABC موجودی بر اساس تحلیل شاخص‌های کلیدی، راهنمای موثری برای تخصیص منابع و تمرکز مدیریت بر اقلام حیاتی و با ارزش است. تمرکز بر قطعات دسته A باعث بهینه‌سازی هزینه‌ها، کاهش ریسک تامین و بهبود کارایی عملیاتی می‌شود. همچنین با مدیریت مناسب قطعات دسته B و ساده‌سازی فرایند کنترل قطعات دسته C، کل سیستم تامین قطعات به شکل موثری بهبود می‌یابد.

پیامدهای مدیریتی و پیاده‌سازی عملی مدل پیشنهادی

رویکرد پیشنهادی قابلیت اجرا در سیستم مدیریت موجودی شرکت‌های خودرو سازی و یا سایر شرکت‌های تولیدی را دارد. برای اجرای مدل پیشنهادی مقاله حاضر باید در بخش کنترل موجودی یک پایگاه داده موجودی ایجاد شود. در این پایگاه به هر یک از اقلام موجودی یک رکورد منحصربه‌فرد اختصاص داده می‌شود. در این پایگاه علاوه بر اطلاعات مرسوم اقلام موجودی مانند ارزش ریالی و مقدار مصرف، سایر اقلام اطلاعاتی بر اساس

شاخص‌های طبقه‌بندی مانند زمان تحویل، ریسک تامین، اهمیت عملکردی، تاثیر کمبود، حساسیت امنیت موجودی و نحوه تغذیه خط نیز اضافه می‌شود. داده‌های مربوط به این شاخص‌ها را می‌توان از سیستم‌هایی مانند سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی یا سوابق تدارکات شرکت و یا ارزیابی کارشناسان مربوطه (به‌ویژه در مورد شاخص‌های کیفی مانند تاثیر کمبود) جمع‌آوری کرد. با وجود داده‌های مربوط به شاخص‌ها، روش ترکیبی چندشاخصه فازی شهودی و طبقه‌بندی ABC را می‌توان به‌صورت دوره‌ای اجرا کرد و امتیاز نهایی هر قلم موجودی را محاسبه و طبقه‌بندی ABC را انجام داد. این سیستم انعطاف‌پذیری لازم جهت تغییر شاخص‌ها را دارد. بر خلاف رویکرد سنتی ABC روش پیشنهادی محدود به مجموعه‌ای ثابت از شاخص‌ها مانند ارزش اqlام موجودی و میزان مصرف آنها نیست. بلکه با توجه به الزامات عملیاتی سازمان می‌توان شاخص‌های جدیدی را اضافه و یا بعضی شاخص‌ها را بدون تغییر در ساختار کلی روش حذف کرد. این انعطاف‌پذیری اجازه می‌دهد تا رویکرد پیشنهادی با شرایط تولیدکنندگان مختلف، محیط‌های متفاوت تولیدی و شرایط متغیر زنجیره تامین سازگار باشد و نیز چارچوب تصمیم‌گیری منسجمی را نیز حفظ کند. همچنین در صورت تغییر ویژگی‌های موجودی و تغییر مقادیر شاخص‌ها در طول زمان می‌توان در فواصل زمانی مورد نیاز تغییرات را در شاخص‌ها و نیز داده‌های مربوط به شاخص‌ها اعمال و سیاست‌های کنترل موجودی را بر اساس آن تنظیم کرد. بنابراین، رویکرد پیشنهادی نه تنها طبقه‌بندی موجودی جامع‌تری نسبت به روش سنتی ABC ارائه می‌دهد، بلکه یک ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری کاربردی نیز هست که می‌تواند در سیستم‌های مدیریت موجودی موجود تعبیه شود تا کنترل موجودی، تخصیص منابع و تصمیم‌گیری مدیریتی را در شرایط عملیاتی پویا بهبود بخشد.

پیشنهادهای پژوهشی:

بر اساس نتایج دیمتل مهمترین شاخص‌های طبقه‌بندی موجودی زمان تامین و ریسک تامین می‌باشند. بر اساس این نتیجه پیشنهاد می‌شود در ارتباط با اتخاذ سیاست‌های مرتبط با هر طبقه و همچنین توسعه مدل‌های بهینه‌سازی مرتبط با موجودی این شاخص‌ها مورد توجه قرار گیرند.

همچنین هدف پژوهش حاضر ارائه روشی جهت طبقه‌بندی چندشاخصه موجودی و اعتبارسنجی آن در صنعت خودرو می‌باشد. بررسی تاثیر این روش، مستلزم استقرار مدل در شرکت مورد مطالعه و مقایسه شاخص‌های مرتبط با موجودی قبل و بعد از پیاده‌سازی است. از این رو، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، روش پیشنهادی از نظر تاثیر بر شاخص‌هایی مانند کاهش توقف خطوط تولید و بهبود گردش موجودی ارزیابی گردد.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله هیچ تعارض منافی ندارند.

ORCID

Maryam Daneshvar  <http://orcid.org/0000-0001-5119-8158>

Fatemeh Mojibian  <http://orcid.org/0000-0003-4942-2012>

Hosein Dousti  <http://orcid.org/0009-0002-2582-3428>

منابع

۱. اسماعیل زاده، منصور و الفت، لعلیا. (۱۳۹۶). ارائه سه مدل جدید برای سطح اهمیت اقلام طبقه ABC با هدف کاهش هزینه‌های موجودی. مدیریت زنجیره تأمین، دوره ۱۹، شماره ۵۵، ۸۰-۱۰۰.
۲. رمضانیان، محمدرحیم؛ یاکیده، کیخسرو و محمدی بازقلعه، نرجس. (۱۳۹۹). ارائه مدلی مناسب جهت بهبود طبقه‌بندی چند معیاره اقلام موجودی با استفاده از مدل SBM (مطالعه موردی: شرکت صنعتی پارس خزر). مدیریت صنعتی، دوره ۱۲، شماره ۳، ۴۸۵-۵۰۱.
۳. زرین صدف، مسعود و دانشور، امیر. (۱۳۹۵). روش کارای یادگیری ترجیحات مبتنی بر مدل ELECTRE TRI به منظور طبقه‌بندی چندمعیاره موجودی. مدیریت صنعتی، دوره ۸، شماره ۲، ۱۹۱-۲۱۶.

۴. عبدالعظیمی، امید و خاکستری، مرضیه. (۱۳۹۹). تعیین تعداد بهینه گروه های اقلام موجود در انبار بر اساس آنالیز ABC در چارچوب یک شبکه زنجیره تامین. *مطالعات مدیریت صنعتی*، سال ۱۸، شماره ۵۷، ۳۴۴-۳۰۷.
۵. فرهنگیان، پگاه و مختاری، هادی. (۱۴۰۱). توسعه مدل مقدار سفارش اقتصادی چند محصولی با الزام سفارشات همزمان برای اقلام با کیفیت نامطلوب. *تصمیم گیری و تحقیق در عملیات*، دوره ۷، شماره ۴، ۶۶۵-۶۴۸.
۶. ناظمی، شمس الدین؛ شمس الدینی، رضا و خورسندی اکبرنژاد، محمد حسین. (۱۳۹۰). ارائه مدلی برای طبقه بندی اقلام مواد و موجودی ها با استفاده از روش ABC فازی (مطالعه موردی: شرکت پتل سازی هامون). *چشم/انداز مدیریت صنعتی*، دوره ۱، شماره ۳، ۸۳-۹۸.

References

۷. Abbou, R., Loiseau, J. J., Khaldi, H., & Farraa, B. B. (۲۰۱۷). On inventory control for perishable inventory systems subject to uncertainties on customer demands. *IFAC-PapersOnLine*, ۵۰(۱), ۱۰۱۷۲-۱۰۱۷۷. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.176>
۸. Abdolazimi, O., Shishebori, D., Goodarzian, F., Ghasemi, P., & Appolloni, A. (۲۰۲۱). Designing a new mathematical model based on ABC analysis for inventory control problem: A real case study. *RAIRO-Operations Research*, ۵۵(۴), ۲۳۰۹-۲۳۳۵. <https://doi.org/10.1051/ro/2021104>
۹. Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H., Herrera-Viedma, E., & Al-Barakati, A. (۲۰۱۹). An interval-valued intuitionistic fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, ۸۲, ۲۰۷-۲۱۵. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.04.005>
۱۰. Adida, E., & Perakis, G. (۲۰۱۰). Dynamic pricing and inventory control: Uncertainty and competition. *Operations Research*, ۵۸(۲), ۲۸۹-۳۰۲. <https://doi.org/10.1287/opre.1090.0718>
۱۱. Atanassov, K. T. (۲۰۱۹). On interval valued intuitionistic fuzzy sets. In *Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets* (pp. ۹-۲۵). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32090-4_2
۱۲. Atanassov, K., & Vassilev, P. (۲۰۲۰). Intuitionistic fuzzy sets and other fuzzy sets extensions representable by them. *Journal of*

Intelligent & Fuzzy Systems, 38(1), 520-530.
<https://doi.org/10.3233/JIFS-179426>

13. Ayalew, A. B., Alemu, A. G., & Worku, A. M. (2020). The application of ABC-VED with multi-criteria analysis for drug inventory management. *Scientific Reports*.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-32678-w>
14. Ben-Ammar, O., Dolgui, A., Hnaien, F., & Ould-Louly, M.-A. (2022). Supply planning and inventory control under lead time uncertainty: a literature review and future directions. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2749-2754.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.138>
15. Borowiak, J. (2020). Application of ABC and XYZ methods to inventory management in an automotive industry enterprise. *Journal of Civil Engineering and Transport*, 7(3), 141-149.
<https://doi.org/10.24136/tren.2020.09>
16. Chakraborty, S., Pal, M., & Nayak, P. K. (2013). Intuitionistic fuzzy optimization technique for Pareto optimal solution of manufacturing inventory models with shortages. *European Journal of Operational Research*, 228(2), 381-387.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.046>
17. Chawla, V., Itika, I., Singh, P., & Singh, S. (2024). A fuzzy Pythagorean TODIM method for sustainable ABC analysis in inventory management. *Journal of Future Sustainability*, 4(2), 80-100. <http://dx.doi.org/10.5267/j.jfs.2024.0.03>
18. DEB, M., KAUR, P., & SARMA, K. K. (2019). Inventory Policy Selection Using Intuitionistic Fuzzy LINMAP model. *International Journal of Mathematical and Computational Methods*, 4, 49-57.
<https://d1wqtxts1xzle.cloudfront.net/781741/1/001-0082019-libre.pdf>
19. Deschrijver, G., & Kerre, E. (2002). On the relationship between intuitionistic fuzzy sets and some other extensions of fuzzy set theory. *Journal of Fuzzy Mathematics*, 10(3), 711-720.
<http://hdl.handle.net/1804/LU-161870>
20. Dumrul, C., Bilgili, F., Zarali, F., Dumrul, Y., & Kiliçarslan, Z. (2024). The evaluation of renewable energy alternatives in Turkey using intuitionistic-fuzzy EDAS methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(10), 10003-10024.
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-31816-y>
21. Erceg, Ž., Starčević, V., Pamučar, D., Mitrović, G., Symmetry, Ž. S., & 2019, U. (2019). A new model for stock management in order to rationalize costs: ABC-FUCOM-interval rough CoCoSo model. *Mdpi.Com*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/sym11121027>

۲۲. Fahmi, A., Khan, A., Maqbool, Z., & Abdeljawad, T. (۲۰۲۵). Circular intuitionistic fuzzy Hamacher aggregation operators for multi-attribute decision-making. *Scientific Reports*, ۱۵(۱), ۵۶۱۸. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88845-0>
۲۳. Handayani, D., Ibnurizq, M. I., Bahar, F. I., & Hanafi, R. (۲۰۲۵). Inventory control analysis with ABC classification, safety stock and reorder point in spare parts distributor company. *Journal of Industrial Engineering Management*, ۱۰(۱). <https://jurnal.fti.umi.ac.id/public/journals/v/articles/1974/18bbfa9f7d4f.pdf>
۲۴. Khan, J., Ishizaka, A., & Babai, M. Z. (۲۰۲۵). Enhancing multi-criteria inventory classification: Resolving boundary issues with VIKOR-Fuzzy Sorting. *International Journal of Production Economics*, ۲۸۱, ۱۰۹۵۲۶. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109526>
۲۵. Kilic, H. S., Demirci, A. E., & Delen, D. (۲۰۲۰). An integrated decision analysis methodology based on IF-DEMATEL and IF-ELECTRE for personnel selection. *Decision Support Systems*, ۱۳۷, ۱۱۳۳۶۰. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113360>
۲۶. Mohammadghasemi, A., Hadi-Vencheh, A., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Khalilzadeh, M. (۲۰۱۹). Group multiple criteria ABC inventory classification using the TOPSIS approach extended by Gaussian interval type-۲ fuzzy sets and optimization programs. *Scientia Iranica*, ۲۶(۵), ۲۹۸۸-۳۰۰۶. [10.24260/sci.2018.0539.1332](https://doi.org/10.24260/sci.2018.0539.1332)
۲۷. Nakfon, P., & Nunkaew, W. (۲۰۲۴). A Fuzzy Inference System-Based Multi-Criteria Inventory Classification with Three-Sigma Control Limits. *Proceedings of the ۲۰۲۴ 14th Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference*, ۱-۹. <https://doi.org/10.1145/3719384.3719385>
۲۸. Paredes Rodríguez, A. M., Bravo Bastidas, J. J., Osorio Gómez, J. C., Peña Orozco, D. L., & González Feliu, J. (۲۰۲۳). Fuzzy AHP TOPSIS methodology for multicriteria ABC inventory classification. *Journal of Engineering*, ۲۰۲۳(۱), ۷۶۶۱۶۲۸. <https://doi.org/10.1155/2023/7661628>
۲۹. Pratomo, E. (۲۰۱۹). Model Abc Multi-Criteria Inventory Classification (McIc) Menggunakan Pemrograman Linear Pada Produk Kimia. *Journal Manajemen Industri Dan Logistik*, ۳(۲), ۱۰۶-۱۱۸. <https://doi.org/10.30888/jmil.v3i2.242>
۳۰. Singh, S., & Kumar, T. (۲۰۲۲). An intuitionistic fuzzy inventory model with waste disposal using the triangular intuitionistic fuzzy numbers. *Journal of Physics: Conference Series*, ۲۲۲۳(۱), ۱۲۰۰۴. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2223/1/012004>

۳۱. Stević, Ž. (۲۰۲۱). A Novel Fuzzy MCDM Model for Inventory Management in Order to Increase Business Efficiency. *Technological and Economic Development of Economy*, ۲۷(۲), ۳۸۶–۴۰۱. <https://doi.org/10.3846/tede.2021.14427>
۳۲. Supakar, P., Mahato, S. K., & Pal, P. (۲۰۲۱). Intuitionistic fuzzy inventory model with deterioration incorporating advance payment with time-dependent demand. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*, ۷(۶), ۲۲۸. <https://doi.org/10.1007/s419-021-01149-0>
۳۳. Wang, C., & Ning, G. (۲۰۲۱). Multi-criteria inventory classification considering demand stability. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02090-0>
۳۴. Xie, H., Duan, W., Sun, Y., & Du, Y. (۲۰۱۴). Dynamic DEMATEL group decision approach based on intuitionistic fuzzy number. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, ۱۲(۴), ۱۰۶۴–۱۰۷۲. <http://doi.org/10.12928/telkomnika.v12i4.7887>
۳۵. Yigang, H., Wei, W., & Jin, T. (۲۰۲۰). A weight calculation method for reducing mutual interference of transformer state evaluation indicators. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, ۵۸۵(۱), ۱۲۱۲۵. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/585/1/012125>

References [In Persian]

۱. Abdolazimi, O., & Khakestari, M. (۲۰۲۰). Determine the Optimal Number of Item Groups in the Warehouse Based on ABC Analysis within the Framework of a Supply Chain Network. *Industrial Management Studies*, ۱۴(۵۷), ۳۰۷–۳۴۴. <https://doi.org/10.22052/jims.2020.43808.2337>. (in persian)
۲. Esmaelzade, M., & Olfat, L. (۲۰۱۷). Three New Approaches for Determining Importance Levels of ABC Items to Reduce Inventory Costs. *Supply Chain Management*, ۱۹(۵۵), ۸۰–۱۰۰. https://scmj.ihu.ac.ir/article_۲۰۳۶۱۸.html. (in persian)
۳. Farhangian, P., & Mokhtari, H. (۲۰۲۲). Developing a Multi-Product Economic Order Quantity Model with Necessary Simultaneous Orders for Imperfect Quality Items. *Journal of Decisions and Operations Research*, ۱(۴), ۶۴۸–۶۶۵. <https://doi.org/10.22105/dmor.2021.280972.1362>. (in persian)
۴. Nazemi, S., Shamsaddini, R., & Khorsandi Akbarnejad, M. H. (۲۰۱۱). A Model for the Classification of Material and Inventory Items Using the ABC-FUZZY Method (Case Study: Hamoun Panel Construction Company). *Journal of Industrial Management Perspective*, ۱(۲), ۸۳–۹۸. https://jimp.sbu.ac.ir/article_۸۷۳۶۶.html. (in persian)

۵. Ramzaniyan, M. R., Yakideh, K., & Mohammadi Bazghaleh, N. (۲۰۲۰). Providing an Appropriate Model for Improving Multi-Criteria Inventory Classification Using SBM Model (Case Study: Pars Khazar Industrial Company). *Industrial Management Journal*, ۱۲(۳), ۴۸۵-۵۰۱. <https://doi.org/10.22059/imj.2021.288943.1007652>. (in persian)
۶. ZarrinSadaf, M., & Daneshvar, A. (۲۰۱۶). An efficient preference learning method based on ELECTRE TRI model for multi-criteria inventory classification. *Industrial Management Journal*, ۸(۲), ۱۹۱-۲۱۶. <https://doi.org/10.22059/imj.2016.60655>. (in persian)