

Paper Type: Original Article



A Decision Support Framework for Packaging Supplier Evaluation and Ranking in the Dairy Industry Using an Integrated SWARA-WASPAS Approach under Deterministic and Fuzzy Environments

Seyyed Bahman Moghaddas Niak¹, Rozita Daghigh^{1,*} 

¹ Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Mazandaran, Iran; bahmanmoghaddas@gmail.com; r.daghigh@mazust.ac.ir.

Citation:



Moghaddas Niak, S. B., & Daghigh, R. (2026). A decision support framework for packaging supplier evaluation and ranking in the dairy industry using an integrated SWARA-WASPAS approach under deterministic and fuzzy environments. *Management: Modeling, Analysis and Applications*, 3(4), 215-223.

Received: 17/05/2026

Reviewed: 10/08/2026

Revised: 19/09/2026

Accepted: 20/10/2026

Abstract

Purpose: Supplier evaluation is a strategic decision in supply chain management because it directly influences product quality, operational costs, delivery reliability, and production continuity. Although numerous Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approaches have been proposed for supplier evaluation, limited attention has been paid to comparing supplier ranking outcomes under deterministic and fuzzy environments, particularly for packaging suppliers in the food industry. Accordingly, this study aims to analyze and rank processed cheese carton suppliers using an integrated SWARA-WASPAS approach under both deterministic and fuzzy environments.

Methodology: This applied study adopted a descriptive-survey design. Four evaluation criteria, price, printing quality, flexibility, and delivery time, were identified through expert judgment. Criteria weights were determined using the SWARA method, and supplier rankings were obtained using the WASPAS method in deterministic and fuzzy environments. In addition, a sensitivity analysis was conducted to evaluate the robustness of the ranking results under changes in the weight of the most influential criterion.

Findings: The results indicate that price and printing quality are the most influential evaluation criteria. The supplier Parand Carton achieved the highest ranking in both deterministic and fuzzy environments. Furthermore, the consistency of rankings across the two environments and the outcomes of the sensitivity analysis demonstrate the robustness and reliability of the proposed decision-making framework.

Originality/Value: Rather than merely applying two established MCDM techniques, this study demonstrates the comparative stability of an integrated SWARA-WASPAS framework across deterministic and fuzzy settings for supplier evaluation. The proposed framework provides a reliable decision-support mechanism for supplier selection in food supply chains and offers practical guidance for improving procurement decisions under uncertainty.

Keywords: Supplier selection, Fuzzy WASPAS, SWARA, Supply chain, Dairy industry, Multi-criteria decision making.



Corresponding Author: r.daghigh@mazust.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mmaa.vi.130>



Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



۶

نوع مقاله: پژوهشی

یک چارچوب پشتیبانی تصمیم برای ارزیابی و رتبه بندی تامین کنندگان بسته بندی در صنعت لبنیات با استفاده از رویکرد یکپارچه SWARA-WASPAS در محیط های قطعی و فازی

سید بهمن مقدس نیاک^۱، زینتادقیق^۱

^۱ گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، مازندران، ایران.

چکیده

هدف: انتخاب تامین کنندگان یکی از تصمیمات راهبردی در مدیریت زنجیره تامین است که بر کیفیت محصول، هزینه های عملیاتی، قابلیت اطمینان و تداوم تولید اثر مستقیم دارد. اگرچه روش های مختلف تصمیم گیری چندمعیاره^۱ برای ارزیابی تامین کنندگان توسعه یافته اند، مقایسه عملکرد مدل های رتبه بندی در محیط های قطعی و فازی، به ویژه در ارزیابی تامین کنندگان اقلام بسته بندی صنایع غذایی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش با هدف تحلیل و رتبه بندی تامین کنندگان کارتن پنی های پروسس یک شرکت لبنی از طریق رویکرد تلفیقی SWARA-WASPAS در دو محیط قطعی و فازی انجام شده است.

روش شناسی پژوهش: پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد توصیفی-پیمایشی است. معیارهای ارزیابی شامل قیمت، کیفیت چاپ، انعطاف پذیری و زمان تحویل بر اساس نظر خبرگان استخراج شدند. وزن معیارها با استفاده از روش SWARA تعیین و سپس تامین کنندگان با روش WASPAS در هر دو محیط قطعی و فازی رتبه بندی شدند. همچنین برای بررسی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت نسبت به تغییر وزن مهم ترین معیار تصمیم گیری انجام گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد معیارهای قیمت و کیفیت چاپ بیشترین نقش را در ارزیابی تامین کنندگان دارند و تامین کننده «پرنده کارتن» در هر دو محیط قطعی و فازی بالاترین رتبه را کسب کرده است. علاوه بر این، همسانی رتبه بندی ها در دو محیط و نتایج تحلیل حساسیت بیانگر پایداری مدل پیشنهادی و قابلیت اعتماد آن در مواجهه با تغییرات متعارف اوزان معیارها است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این پژوهش با مقایسه همزمان عملکرد مدل تلفیقی SWARA-WASPAS در محیط های قطعی و فازی، چارچوبی تصمیم یار برای ارزیابی تامین کنندگان اقلام بسته بندی صنایع غذایی ارائه می کند. نتایج مطالعه می تواند مدیران خرید و زنجیره تامین را در انتخاب تامین کنندگان قابل اعتماد، کاهش ریسک تصمیم گیری و ارتقای کیفیت تامین یاری دهد.

کلیدواژه ها: انتخاب تامین کننده، WASPAS فازی، SWARA، زنجیره تامین، صنعت لبنیات، تصمیم گیری چندمعیاره.

۱- مقدمه

در محیط رقابتی امروز، مدیریت اثربخش زنجیره تامین به یکی از مهم ترین عوامل ایجاد مزیت رقابتی برای سازمان ها تبدیل شده است. عملکرد مناسب زنجیره تامین علاوه بر کاهش هزینه ها، موجب افزایش کیفیت محصولات، بهبود سطح خدمات، ارتقای رضایت مشتریان و افزایش انعطاف پذیری سازمان در برابر تغییرات محیطی می شود. در این میان، انتخاب و ارزیابی تامین کنندگان از تصمیمات راهبردی زنجیره تامین محسوب

¹ Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)

می شود؛ زیرا عملکرد تامین کنندگان به طور مستقیم بر کیفیت مواد اولیه، هزینه های تولید، زمان تحویل، قابلیت اطمینان و در نهایت عملکرد کل زنجیره تامین اثرگذار است [1]. از این رو، انتخاب تامین کنندگان مناسب همواره یکی از موضوعات مهم مورد توجه پژوهشگران و مدیران بوده و با گسترش مفاهیم پایداری، این فرایند از ارزیابی صرف معیارهای اقتصادی فراتر رفته و معیارهای زیست محیطی و اجتماعی را نیز دربر گرفته است [2]. در صنایع غذایی و به ویژه صنعت لبنیات، انتخاب تامین کنندگان از اهمیت ویژه ای برخوردار است؛ زیرا کیفیت مواد اولیه و اقلام بسته بندی می تواند بر کیفیت نهایی محصول، کاهش ضایعات، قابلیت نگهداری و رضایت مصرف کنندگان تاثیرگذار باشد. در میان اقلام بسته بندی مورد استفاده در این صنایع، کارتن به دلیل نقش آن در حفاظت فیزیکی محصول، سهولت حمل و نقل، انبارش و حفظ یکپارچگی بسته بندی، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بنابراین انتخاب تامین کننده مناسب کارتن نیازمند بررسی همزمان معیارهایی نظیر قیمت، کیفیت چاپ، کیفیت ساخت، انعطاف پذیری، زمان تحویل، قابلیت اطمینان و خدمات ارائه شده است؛ موضوعی که ماهیت چندمعیاره داشته و استفاده از روش های *MCDM* را ضروری می سازد [3-1]. در سال های اخیر، توسعه روش های *MCDM* موجب شده است که پژوهشگران از مدل های ترکیبی برای افزایش دقت تصمیم گیری در مسایل پیچیده استفاده کنند. در این میان، روش تحلیل نسبت ارزیابی گام به گام^۱ به دلیل سادگی، کاهش تعداد مقایسات زوجی و قابلیت استخراج وزن معیارها بر اساس قضاوت خبرگان و روش ارزیابی مجموع و حاصل ضرب وزنی^۲ به دلیل تلفیق مزایای روش مجموع وزنی^۳ و روش حاصل ضرب وزنی^۴، به دو روش پرکاربرد در مسایل ارزیابی و رتبه بندی تبدیل شده اند. مطالعات مختلف نشان داده اند که ترکیب روش های وزن دهی و رتبه بندی چندمعیاره می تواند موجب افزایش قابلیت اطمینان نتایج تصمیم گیری در مسایل پیچیده شود [4-2]. کاربرد مدل های تلفیقی *SWARA-WASPAS* در حوزه انتخاب تامین کنندگان نیز طی سال های اخیر رشد چشمگیری داشته است. دهشیری [1] با بهره گیری از روش های *MCDM* در محیط عدم قطعیت، مدلی برای انتخاب تامین کنندگان پایدار ارائه کرد و نشان داد که معیارهای اقتصادی و زیست محیطی نقش مهمی در فرایند انتخاب تامین کننده دارند. همچنین تانریوردی و آیواز [2] با ترکیب *SWARA* فازی فرماتین^۵ و *WASPAS* فازی فرماتین، چارچوبی جامع برای ارزیابی تامین کنندگان بر اساس معیارهای اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیتی ارائه کردند و نتایج پژوهش آن ها بیانگر افزایش دقت تصمیم گیری در محیط های دارای عدم قطعیت بود. ارارسلان و همکاران [3] نیز با مقایسه روش های مختلف *MCDM* در صنعت توربوشارژر نشان دادند که مدل تلفیقی *SWARA-WASPAS* از قدرت تفکیک مناسبی برای ارزیابی گزینه ها برخوردار است. همچنین الدخی و همکاران [5] در انتخاب تامین کنندگان قطعات پیش ساخته ساختمانی، معیارهایی مانند ظرفیت تولید، کیفیت و قابلیت تحویل را به عنوان عوامل مهم تصمیم گیری معرفی کرده و کارایی روش *WASPAS* را در رتبه بندی گزینه ها تایید کردند. در کنار توسعه کاربردهای انتخاب تامین کننده، پژوهشگران تلاش کرده اند قابلیت های روش *WASPAS* را در محیط های مختلف تصمیم گیری توسعه دهند. موکرجی و همکاران [6] در یک مطالعه مروری، روند توسعه روش های رتبه بندی چندمعیاره مبتنی بر *WASPAS* و *CoCoSo* را بررسی کرده و کاربرد گسترده این روش ها را در حوزه های مختلف از جمله تولید، انرژی، حمل و نقل، مدیریت و زنجیره تامین مورد توجه قرار دادند. همچنین لی و همکاران [7] با توسعه *WASPAS* در محیط فازی کروی مکعبی، این روش را برای ارزیابی کیفیت خدمات سکوها لجستیک جمع سپاری به کار گرفتند و نشان دادند که مدل توسعه یافته توانایی بالایی در مدیریت ابهام موجود در قضاوت خبرگان دارد. با گسترش کاربرد روش *WASPAS*، پژوهشگران این روش را در حوزه های متنوعی به کار گرفته اند. ساریهان و اوزدمیر [8] با استفاده از مدل تلفیقی *SWARA-WASPAS*، میزان بین المللی شدن بازارهای نوظهور را ارزیابی کردند و نشان دادند که این روش در تحلیل مسایل پیچیده چندمعیاره از قابلیت تفکیک مناسبی برخوردار است. در مطالعه ای دیگر، ژانگ و همکاران [9] با ترکیب روش *WASPAS* و روش *CRITIC* در محیط مجموعه های فازی کروی دایره ای، مدلی برای تحلیل ارزش ادراک شده مشتریان در رفتار خرید ارائه کردند و نتایج پژوهش آن ها بیانگر پایداری مدل پیشنهادی در شرایط عدم قطعیت بود. همچنین سلیم و همکاران [10] با توسعه *WASPAS* بر پایه مجموعه های نرم فازی شهودی پویا، روشی برای انتخاب فناوری های انرژی های تجدیدپذیر ارائه کردند که قادر بود عدم قطعیت و تردید خبرگان را در فرایند تصمیم گیری لحاظ کند. توسعه مدل های ترکیبی *SWARA-WASPAS* در حوزه انرژی نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. کشاورزفرد و ابوالحسنی [11] با بهره گیری از رویکرد *SWARA* و *WASPAS* فازی، فناوری های مختلف انرژی های تجدیدپذیر را بر اساس شاخص های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ارزیابی کردند و نقش معیارهای مختلف را در انتخاب گزینه مناسب بررسی کردند. همچنین پارادوفسکی [12] در یک مطالعه مروری، مبانی نظری، توسعه های جدید و کاربردهای گسترده روش *WASPAS* را بررسی کرده و این روش را به دلیل شفافیت، سادگی محاسبات و قابلیت توسعه در محیط های مختلف، یکی از روش های موثر *MCDM* معرفی کرده است. در حوزه زنجیره تامین مواد غذایی نیز استفاده از روش *WASPAS* روندی روبه رشد داشته است. فضل الله نیا عمران و همکاران [13] با ارائه نسخه یادگیرنده روش *WASPAS*، مساله انتخاب مسیر سبز

¹ Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)² Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)³ Weighted Sum Model (WSM)⁴ Weighted Product Model (WPM)⁵ Fermatean Fuzzy

در توزیع محصولات لبنی را بررسی کردند و نشان دادند که ترکیب روش‌های *MCDM* با الگوریتم‌های یادگیری می‌تواند موجب بهبود تصمیمات مربوط به هزینه، زمان توزیع و آثار زیست‌محیطی شود. این نتایج نشان می‌دهد که روش‌های مبتنی بر *WASPAS* علاوه بر انتخاب تامین‌کننده، در سایر تصمیمات راهبردی زنجیره‌تامین نیز قابلیت کاربرد دارند. همزمان، پژوهشگران با توسعه نظریه‌های فازی پیشرفته، قابلیت *WASPAS* را برای مواجهه با عدم قطعیت افزایش داده‌اند. کوئی [14] با استفاده از مجموعه‌های فازی فیثاغورثی دایره‌ای و روش *CRITIC-WASPAS*، مدلی برای مدیریت ریسک و بهبود عملکرد عملیاتی ارایه کرد و نشان داد که مدل پیشنهادی در شرایط پیچیده تصمیم‌گیری از پایداری مناسبی برخوردار است. همچنین وانگ و همکاران [15] با توسعه عملگرهای سوگنو-ویر در ساختار فرماتین نوتروسوفیک^۱ و ترکیب آن با *WASPAS*، چارچوبی برای تصمیم‌گیری در شرایط اطلاعات ناقص و مبهم ارایه کردند. علاوه بر این، اردوغان و همکاران [4] با تلفیق *SWARA* و *WASPAS*، عملکرد شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر را ارزیابی کرده و نقش این روش‌ها را در رتبه‌بندی گزینه‌ها بررسی کردند. فنگ و تانگ [16] نیز با توسعه یک چارچوب ترکیبی مبتنی بر *SWARA* فازی تصویری، روشی برای ارزیابی فرصت‌های کسب‌وکار در شرایط عدم قطعیت ارایه کردند و نشان دادند که مدل‌های ترکیبی *MCDM* می‌توانند قابلیت اطمینان تصمیمات مدیریتی را افزایش دهند. بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که روش‌های *WASPAS* و *SWARA* در سال‌های اخیر توسعه چشمگیری یافته و در حوزه‌های مختلفی از جمله انتخاب تامین‌کنندگان، مدیریت زنجیره‌تامین، لجستیک، انرژی، حمل‌ونقل، ارزیابی عملکرد، مدیریت ریسک و برنامه‌ریزی راهبردی به‌کار گرفته شده‌اند. همچنین روند پژوهش‌ها حاکی از حرکت به سمت توسعه نسخه‌های فازی، نوتروسوفیک و سایر محیط‌های عدم قطعیت به منظور افزایش دقت مدل‌های تصمیم‌گیری است. با این وجود، بیشتر مطالعات بر انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در صنایع مختلف، انرژی، ساخت‌وساز و حمل‌ونقل تمرکز داشته‌اند و توجه محدودی به ارزیابی تامین‌کنندگان اقلام بسته‌بندی در صنعت لبنیات شده است. افزون بر این، مقایسه همزمان عملکرد مدل *SWARA-WASPAS* در محیط‌های قطعی و فازی در بسیاری از مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، پژوهش حاضر با تمرکز بر رتبه‌بندی تامین‌کنندگان کارتن پنی‌های پروسس یک شرکت لبنی و مقایسه نتایج اجرای مدل *SWARA-WASPAS* در محیط‌های قطعی و فازی، درصدد پرکردن این خلا پژوهشی و ارایه چارچوبی کاربردی برای ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری در انتخاب تامین‌کنندگان است.

جدول ۱ به خلاصه‌ای از مقالات مرور شده می‌پردازد.

جدول ۱- دسته‌بندی مقالات مروری در حوزه انتخاب تامین‌کننده.

Table 1- Classification of review articles in the field of supplier selection.

مرجع	حوزه مطالعه	روش	معیارهای اصلی	یافته کلیدی	ارتباط با پژوهش حاضر
دهشیری [1]	انتخاب تامین‌کننده پایدار	روش‌های <i>MCDM</i> فازی	اقتصادی، زیست‌محیطی	توسعه مدل انتخاب تامین‌کننده تحت عدم قطعیت	انتخاب تامین‌کننده
نانوری و آیواز [2]	انتخاب تامین‌کننده پایدار	<i>SWARA</i> فازی فرماتین- <i>WASPAS</i> فازی فرماتین	اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی	افزایش دقت رتبه‌بندی در شرایط عدم قطعیت	مدل <i>SWARA-WASPAS</i>
موکرچی و همکاران [6]	<i>MCDM</i>	مرور <i>WASPAS</i> و <i>CoCoSo</i>	—	بررسی توسعه‌های <i>WASPAS</i>	مبانی روش <i>WASPAS</i>
ارارسلان و همکاران [3]	ارزیابی تامین‌کننده	<i>AHP</i> ، <i>SWARA</i> ، <i>WASPAS</i> ، <i>MOORA</i>	هزینه، کیفیت، تحویل	عملکرد مناسب روش‌های ترکیبی	ارزیابی تامین‌کننده
الدخی و همکاران [5]	انتخاب تامین‌کننده	روش‌های ترکیبی <i>MCDM</i>	ظرفیت، کیفیت، تحویل	شناسایی معیارهای کلیدی انتخاب	معیارهای انتخاب
لی و همکاران [7]	ارزیابی خدمات لجستیک	<i>WASPAS</i> فازی گروهی	کیفیت خدمات	توسعه <i>WASPAS</i> در محیط فازی	عدم قطعیت
دهشیری [17]	لجستیک و زنجیره‌تامین	<i>SWARA-WASPAS</i> فازی	—	کاربرد مدل‌های فازی در تصمیم‌گیری	زنجیره‌تامین

¹ Fermatean Neutrosophic set

جدول ۱- ادامه.
Table 1- Continued.

مرجع	حوزه مطالعه	روش	معیارهای اصلی	یافته کلیدی	ارتباط با پژوهش حاضر
ساریهان و اوزدمیر [8]	ارزیابی راهبردی	SWARA-WASPAS	شاخص های اقتصادی	رتبه بندی گزینه ها	کاربرد SWARA-WASPAS
زانگ و همکاران [9]	رفتار مصرف کننده	CRITIC-WASPAS فازی	ارزش مشتری	مدل مقاوم در شرایط عدم قطعیت	توسعه WASPAS
سلیم و همکاران [10]	انتخاب انرژی	WASPAS فازی شهودی	فنی، اقتصادی	مدیریت عدم قطعیت تصمیمات	محیط فازی
کشاورز فرد و ابوالحسنی [11]	انرژی تجدیدپذیر	SWARA-WASPAS فازی	فنی، اقتصادی، اجتماعی	رتبه بندی فناوری ها	وزن دهی و رتبه بندی
پارادوفسکی [12]	MCDM	مرور روش WASPAS	—	معرفی قابلیت های WASPAS	مبانی نظری
فضل الله نیا عمران و همکاران [13]	زنجیره تامین لبنیات	WASPAS یادگیرنده	هزینه، زمان، محیط زیست	بهینه سازی توزیع محصولات لبنی	صنعت لبنیات
کوئی [14]	مدیریت ریسک	CRITIC-WASPAS فازی	ریسک، عملکرد	افزایش پایداری تصمیم	عدم قطعیت محیط فازی
وانگ و همکاران [15]	تصمیم گیری فازی	WASPAS فرماتین	اطلاعات مبهم	مدلسازی داده های ناقص	محیط فازی
		نوتروسوفیک			
اردوغان و همکاران [4]	ارزیابی عملکرد	SWARA-WASPAS	مالی، عملکردی	رتبه بندی شرکت ها	روش ترکیبی
فنگ و تانگ [16]	ارزیابی کسب و کار	SWARA فازی تصویری-CoCoFISo	عدم قطعیت	افزایش قابلیت اطمینان تصمیم	توسعه روش ها

۲- روش تحقیق

شرکت لبنی مذکور واقع در شمال ایران وظیفه تامین بخش عمده ای از پنیهای پروسس کل کشور را بر عهده دارد، در راستای این رسالت و پاسخگویی به موقع به نیاز مشتریان، به دنبال ارزیابی شرکت های تامین کننده کارتن (شرکت های پرند، مبتکران و سپنتا کارتن) بر مبنای معیارهای قیمت، کیفیت چاپ، انعطاف پذیری و زمان تحویل به موقع ملزومات می باشیم. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش اجرا توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش را مدیران، کارشناسان خرید و خبرگان حوزه تامین و بسته بندی شرکت تشکیل می دهند. اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه و جلسات خبرگان جمع آوری شده است.

۲-۱- مراحل اجرای روش SWARA-WASPAS

۲-۱-۱- تعیین ماتریس تصمیم

ابتدا عملکرد سه تامین کننده نسبت به چهار معیار ارزیابی، از طریق تهیه پرسشنامه و تکمیل آن توسط خبرگان در قالب ماتریس جدول ۲ تصمیم گیری مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲- ماتریس تصمیم نظرات خبرگان.

Table 2 – Decision matrix of expert opinions.

زمان تحویل	قیمت	انعطاف پذیری	کیفیت چاپ
متوسط	متوسط	کم	متوسط رو به بالا
کم	متوسط رو به بالا	متوسط رو به پایین	خیلی بالا
خیلی کم	متوسط رو به پایین	متوسط رو به بالا	بالا

۲-۱-۲- کمی‌سازی داده‌ها

به منظور انجام محاسبات، متغیرهای زبانی با طیف لیکرت جدول ۳ به مقادیر متناظر عددی تبدیل شدند تا ماتریس‌های کمی تصمیم در دو حالت قطعی و فازی جدول ۴ تشکیل شوند.

جدول ۳- طیف لیکرت در حالت‌های قطعی و فازی.

Table 3- Likert scale in crisp and fuzzy modes.

فازی	مثلی طیف لیکرت	عبارت کلامی	قطعی
1	0.222	خیلی کم	0.286
2	0.250	کم	0.333
3	0.286	متوسط رو به پایین	0.400
4	0.333	متوسط	0.500
5	0.400	متوسط رو به بالا	0.667
6	0.500	بالا	1.000
7	1.000	خیلی بالا	1.000

جدول ۴- کمی‌سازی ماتریس تصمیم در حالت قطعی و فازی.

Table 4- Quantification of the decision matrix in deterministic and fuzzy settings.

وزن	فازی												قطعی			
	کیفیت چاپ			انعطاف‌پذیری			قیمت			زمان تحویل			کیفیت چاپ	انعطاف‌پذیری	قیمت	زمان تحویل
	0.21 3	0.22 8	0.24 4	0.14 2	0.16 3	0.18 3	0.29 8	0.30 4	0.31 3	0.29 8	0.30 4	0.31 3	0.305	0.162	0.305	0.228
	بیشینه			بیشینه			کمینه			کمینه			بیشینه	بیشینه	کمینه	کمینه
سپنتا کارتن	0.40 0	0.50 0	0.66 7	0.25 0	0.28 6	0.33 3	0.33 3	0.40 0	0.50 0	0.33 3	0.40 0	0.50 0	5	2	4	4
میتکران کارتن	1.00 0	1.00 0	1.00 0	0.28 6	0.33 3	0.40 0	0.40 0	0.50 0	0.66 7	0.25 0	0.28 6	0.33 3	7	3	5	2
پرند کارتن	0.50 0	0.66 7	1.00 0	0.40 0	0.50 0	0.66 7	0.28 6	0.33 3	0.40 0	0.22 2	0.25 0	0.28 6	6	5	3	1

۲-۳- محاسبه وزن معیارها با روش SWARA

روش SWARA یکی از روش‌های تعیین وزن معیارها بر مبنای قضاوت خبرگان است. در این روش، ابتدا معیارها بر اساس میزان اهمیت از مهم‌ترین تا کم‌اهمیت‌ترین رتبه‌بندی می‌شوند. سپس، از معیار دوم به بعد، اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیار قبلی با نماد (s_j) تعیین می‌گردد. در ادامه، ضریب مقایسه از رابطه ($k_j = s_j + 1$) محاسبه می‌شود. وزن اولیه مهم‌ترین معیار برابر ($q_1 = 1$) در نظر گرفته شده و وزن سایر معیارها از رابطه ($q_j = q_{j-1} / k_j$) به دست می‌آید. در نهایت، وزن‌های نهایی معیارها جدول ۵ از طریق نرمال‌سازی وزن‌های اولیه مطابق رابطه ($w_j = q_j / \sum q_j$) محاسبه می‌شوند، به طوری که مجموع وزن‌ها برابر یک باشد.

جدول ۵- محاسبه وزن شاخص‌ها در حالت قطعی و فازی با روش SWARA.

Table 5- Calculation of indicator weights in crisp and fuzzy settings using the SWARA method.

فازی	Wj	قطعی	Wj	qj	Kj	Sj	وزن شاخص‌ها
0.313	0.304	0.298	0.3	1	1	0	قیمت
0.244	0.228	0.213	0.3	1	1	0	کیفیت چاپ و مقاومت
0.313	0.304	0.298	0.2	0.7	1.3	0.3	زمان تحویل
0.183	0.163	0.142	0.2	0.5	1.4	0.4	انعطاف‌پذیری

۲-۴- نرمال سازی ماتریس تصمیم

به دلیل تفاوت مقیاس معیارها، ماتریس تصمیم با استفاده از روابط نرمال سازی *WASPAS* بی مقیاس شد تا امکان مقایسه معیارها فراهم گردد. برای معیارهای مثبت که بیشینه سازی آن‌ها برای ما مطلوب است از رابطه (۱) و در صورتی که معیار منفی باشد و کمینه کردن آن‌ها مطلوب باشد از رابطه (۲) استفاده کرده و ماتریس نرمال شده جدول ۶ را تشکیل دهیم.

$$X_{ij}^{norm} = \frac{X_{ij}}{X_j^{max}} \quad (1)$$

$$X_{ij}^{norm} = \frac{X_j^{min}}{X_{ij}} \quad (2)$$

جدول ۶- ماتریس نرمال در حالت قطعی و فازی.
Table 6- Normalized matrix in crisp and fuzzy cases.

وزن	فازی												قطعی			
	کیفیت چاپ			انعطاف پذیری			قیمت			زمان تحویل			کیفیت چاپ	انعطاف پذیری	قیمت	زمان تحویل
	0.21 3	0.22 8	0.24 4	0.14 2	0.16 3	0.18 3	0.29 8	0.30 4	0.31 3	0.29 8	0.30 4	0.31 3	0.305	0.162	0.30 5	0.228
	بیشینه			بیشینه			کمینه			کمینه			بیشینه	بیشینه	کمینه	کمینه
سپنتا کارتن	0.40 0	0.50 0	0.66 7	0.62 5	0.57 1	0.50 0	1.00 0	0.83 3	0.80 0	0.66 7	0.62 5	0.57 1	0.714	0.400	0.75 0	0.250
مبتکران کارتن	1.00 0	1.00 0	1.00 0	0.71 4	0.66 7	0.60 0	0.71 4	0.66 7	0.60 0	0.88 9	0.87 5	0.85 7	1.000	0.600	0.60 0	0.500
پرند کارتن	0.50 0	0.66 7	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	1.00 0	0.857	1.000	1.00 0	1.000

۲-۵- تشکیل ماتریس *WSM*

پس از نرمال سازی، هر عنصر ماتریس با رابطه (۳) در وزن متناظر معیار ضرب شد و ماتریس *WSM* (جدول ۷) تشکیل گردید.

$$Q_i^{WSM} = \sum_{j=1}^n W_j \cdot X_{ij}^{norm} \quad (3)$$

جدول ۷- ماتریس *WSM* در حالت قطعی و فازی.
Table 7- *WSM* matrix in crisp and fuzzy settings.

	فازی				قطعی
سپنتا کارتن	0.669	0.651	0.684	0.569	
مبتکران کارتن	0.791	0.806	0.810	0.699	
پرند کارتن	0.843	0.924	1.053	0.956	

۲-۶- تشکیل ماتریس *WPM*

در این مرحله عناصر نرمال شده با رابطه (۴) توان وزن معیارها محاسبه و حاصل ضرب آن‌ها برای هر گزینه (جدول ۸) تعیین شد.

$$Q_i^{WPM} = \prod_{j=1}^n (X_{ij}^{norm})^{W_j} \quad (4)$$

جدول ۸- ماتریس WPM در حالت قطعی و فازی.

Table 8- WPM matrix in deterministic and fuzzy modes.

			فازی	قطعی
سپنتا کارتن	0.683	0.639	0.624	0.000001
میتکران کارتن	0.833	0.794	0.739	0.000002
پرند کارتن	0.863	0.912	1.000	0.000010

۲-۷- محاسبه شاخص نهایی WASPAS

دو ماتریس WPM و WSM را با رابطه (۵) با هم ترکیب می‌کنیم تا امتیاز نهایی (جدول ۹) هر گزینه محاسبه شود که در این پژوهش مقدار λ برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد.

$$Qi = \lambda Qi^{WSM} + (1 - \lambda) Qi^{WPM}. \quad (5)$$

جدول ۹- ماتریس نهایی برای رتبه‌بندی در حالت قطعی و فازی.

Table 9- Final matrix for ranking in deterministic and fuzzy scenarios.

			فازی	قطعی
سپنتا کارتن	0.676	0.645	0.654	0.284
میتکران کارتن	0.812	0.800	0.775	0.350
پرند کارتن	0.853	0.918	1.027	0.478

۲-۸- تحلیل محیط فازی

برای لحاظ کردن عدم قطعیت موجود در قضاوت خبرگان، داده‌ها به صورت اعداد فازی مثلثی مدلسازی شدند. پس از انجام محاسبات WASPAS فازی، مقادیر نهایی با استفاده از رابطه (۶) روش میانگین وزنی، دفازی شدند. جدول ۱۰ رتبه نهایی تامین‌کنندگان را نشان می‌دهد.

$$BNP = \frac{l + 4m + u}{6}. \quad (6)$$

جدول ۱۰- ماتریس نهایی رتبه‌بندی.

Table 10- Final Ranking Matrix.

		دفازشده	قطعی	رتبه‌بندی
سپنتا کارتن	0.652	0.284		3
میتکران کارتن	0.798	0.350		2
پرند کارتن	0.925	0.478		1

۲-۹- رتبه‌بندی نهایی

در پایان، تامین‌کننده‌ای که بیشترین مقدار شاخص Qi را کسب کرده است. جدول ۱۱ و جدول ۱۰ به عنوان تامین‌کننده برتر (پرند کارتن) انتخاب می‌شود.

۳- نتایج و بحث

پس از تعیین وزن معیارها با استفاده از روش $SWARA$ ، فرایند رتبه‌بندی تامین‌کنندگان با روش WASPAS در دو محیط قطعی و فازی اجرا شد. وزن‌های نهایی معیارها نشان داد که معیارهای قیمت و کیفیت چاپ دارای بیشترین اهمیت بوده و پس از آن معیارهای زمان تحویل و انعطاف‌پذیری

قرار دارند. این موضوع بیانگر اهمیت کنترل هزینه و حفظ کیفیت بسته بندی در صنعت لبنیات است. نتایج حاصل از اجرای مدل *WASPAS* در محیط قطعی نشان داد که تامین کننده پرند کارتن با کسب امتیاز ۰/۹۵۶۴ در رتبه نخست قرار گرفت. مبتکران کارتن با امتیاز ۰/۶۹۹۳ رتبه دوم و سپنتا کارتن با امتیاز ۰/۵۶۸۶ رتبه سوم را به خود اختصاص دادند. به منظور لحاظ کردن عدم قطعیت موجود در قضاوت های خبرگان، مدل فازی *WASPAS* نیز اجرا شد. پس از دفازی سازی نتایج، مقدار شاخص نهایی برای پرند کارتن برابر ۰/۹۲۸۲، برای مبتکران کارتن برابر ۰/۷۸۸۹ و برای سپنتا کارتن برابر ۰/۶۴۸۶ به دست آمد. نتایج نشان داد رتبه بندی حاصل از مدل فازی نیز با مدل قطعی یکسان بوده است. پایداری رتبه بندی در هر دو محیط نشان می دهد که گزینه پرند کارتن از نظر ترکیب معیارهای مورد بررسی دارای عملکرد مناسب تری نسبت به سایر تامین کنندگان بوده و می تواند به عنوان تامین کننده برتر کارتن پنی رهای پروسس یک شرکت لبنی در شمال ایران معرفی شود.

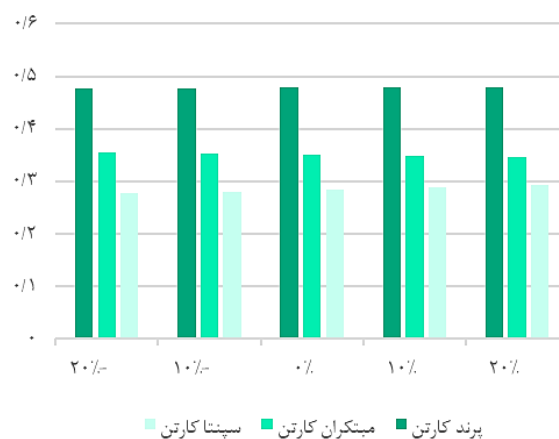
۳-۱- تحلیل حساسیت

به منظور بررسی پایداری و استحکام نتایج رتبه بندی تامین کنندگان کارتن، تحلیل حساسیت بر روی مهم ترین معیار تصمیم گیری، یعنی «قیمت»، انجام شد. در این راستا، وزن معیار قیمت در پنج سناریوی مختلف شامل ۲۰٪ کاهش، ۱۰٪ کاهش، حالت پایه، ۱۰٪ افزایش و ۲۰٪ افزایش مورد بررسی قرار گرفت. به منظور حفظ اعتبار ساختار وزن دهی، در هر سناریو وزن سایر معیارها به صورت متناسب تعدیل شد تا مجموع اوزان برابر با یک باقی بماند. پس از اعمال تغییرات مذکور، روش *WASPAS* مجدداً اجرا و رتبه بندی تامین کنندگان محاسبه شد. نتایج حاصل نشان داد که علی رغم تغییرات اعمال شده در وزن معیار قیمت، تامین کننده «پرند کارتن» در تمامی سناریوها رتبه نخست را حفظ کرده است. این موضوع بیانگر آن است که برتری این تامین کننده صرفاً ناشی از وزن معیار قیمت نبوده و عملکرد مناسب آن در مجموعه معیارهای ارزیابی موجب حفظ جایگاه اول شده است. همچنین عدم تغییر رتبه نهایی تامین کنندگان در سناریوهای مختلف نشان دهنده پایداری نتایج مدل و استحکام فرایند تصمیم گیری است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی از قابلیت اطمینان مناسبی برخوردار بوده و تغییرات متعارف در وزن معیار قیمت تاثیر معناداری بر نتایج نهایی رتبه بندی نداشته است. (جدول ۱۱) نتایج رتبه بندی تامین کنندگان در سناریوهای مختلف تغییر وزن معیار قیمت را نشان می دهد و شکل ۱ نیز تغییرات امتیاز نهایی تامین کنندگان را در سناریوهای مورد بررسی نمایش می دهد.

جدول ۱۱- محاسبات امتیاز هر گزینه در اثر سناریوهای تغییرات وزن شاخص قیمت.

Table 11- Score calculations for each option resulting from scenarios involving changes to price index weights.

	-20%	-10%	0%	10%	20%
سپنتا کارتن	0.276	0.280	0.284	0.288	0.292
مبتکران کارتن	0.354	0.352	0.350	0.347	0.345
پرند کارتن	0.476	0.477	0.478	0.479	0.480



شکل ۱- رتبه بندی گزینه ها در سناریوهای مختلف.

Figure 1- Ranking of options in different scenarios.

۴- نت‌ی‌جه‌گ‌ری و تحق‌ی‌قات‌آ‌ی‌نده

در این پژوهش چارچوبی مبتنی بر تلفیق روش‌های *SWARA* و *WASPAS* برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان کارتن پنی‌رهای پروسس یک شرکت لبنی در شمال ایران ارایه شد. ابتدا وزن معیارها با روش *SWARA* محاسبه و سپس رتبه‌بندی تامین‌کنندگان در دو محیط قطعی و فازی انجام شد. نتایج نشان داد روش پیشنهادی قابلیت مناسبی برای ارزیابی هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی داشته و می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد برای تصمیم‌گیری مدیران خرید مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده معیارهای زیست‌محیطی، ریسک تامین و پایداری نیز در مدل وارد شوند.

منابع

- [1] Dehshiri, S. J. H. (2026). Sustainable supplier selection based on a comparative decision-making approach under uncertainty. *Spectrum of operational research*, 3(1), 238–251. <https://doi.org/10.31181/sor31202644>
- [2] Tanriverdi, H., & Ayvaz, B. (2026). Integrated fermatean fuzzy SWARA-WASPAS methods for sustainable supplier selection tt. *İstanbul ticaret üniversitesi teknoloji ve uygulamalı bilimler dergisi*, 8(2), 1–16. <https://doi.org/10.56809/icujtas.1757084>
- [3] Erarslan, A., Kara, M. E., & Aktar Demirtas, E. (2025). Comparative analysis of hybrid MCDM methods for supplier evaluation: SWARA/AHP-based MOORA and WASPAS approach in the turbocharger industry. *Operations research forum*, 6(4), 184. <https://doi.org/10.1007/s43069-025-00581-3>
- [4] Erdoğan, H., Tutcu, B., Talaş, H., & Terzioğlu, M. (2026). Performance analysis in renewable energy companies: Application of SWARA and WASPAS methods. *Journal of sustainable finance & investment*, 16(1), 188–209. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20430795.2022.2144107>
- [5] Aldokhi, M. I., Al-Gahtani, K. S., Alsanabani, N. M., & Aljadhai, S. I. (2025). Hybrid methods for selecting precast concrete suppliers based on factory capacity. *Applied sciences*, 15(14), 1–31. <https://doi.org/10.3390/app15148027>
- [6] Mukherjee, A. K., Gazi, K. H., Raisa, N., Momena, A. F., Mukherjee, S. B., Sobczak, A., ... , & Ghosh, A. (2025). Review of alternative ranking methods in multi-criteria decision analysis based on WASPAS and CoCoSo methodologies. *Yugoslav journal of operations research*, 35, 37–67.
- [7] Li, D., Wan, G., & Rong, Y. (2026). An enhanced spherical cubic fuzzy WASPAS method and its application for the assessment of service quality of crowdsourcing logistics platform. *Spectrum of decision making and applications*, 3(1), 100–123. <https://doi.org/10.31181/sdmap31202641>
- [8] Sarihan, A. Y., & Ozdemir, K. (2025). Assessing the internationalization dynamics of emerging markets: A comprehensive analysis utilizing SWARA-WASPAS techniques. *Competitiveness review: An international business journal*, 35(5), 883–909.
- [9] Zhang, R., Li, X., & Yi, W. (2026). A decision making algorithm for enhancing consumer value in purchasing behavior based on circular spherical fuzzy CRITIC WASPAS method. *Scientific reports*, 16(1), 21276. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-51169-8>
- [10] Saleem, S., Riaz, M., Razaq, F., & Saeed, M. (2026). Dynamic intuitionistic fuzzy soft set-based WASPAS model for multi-criteria decision making in renewable energy selection. *Argumentation based systems journal*, 2, 208–235. <https://doi.org/10.59543/mxct6309>
- [11] Keshavarzfard, R., & Abolhasani, M. (2026). Sustainability-financial assessment indicators for renewable energy systems using fuzzy SWARA/WASPAS approach. *Sigma: Journal of engineering & natural sciences/mühendislik ve fen bilimleri dergisi*, 44(2), 1111.
- [12] Paradowski, B. (2026). WASPAS: Weighted aggregated sum product assessment for multi-attribute decision-making. In *Encyclopedia of multi-attribute decision making (MADM)* (pp. 851–861). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-33275-3.00060-9>
- [13] Fazl-Allah Nia Omran, A., Harsej, F., Nemati, K., & Rezaeyan, R. (2026). Applying the learning WASPAS technique to determine the optimal green route in the distribution of dairy products (Case study: Kaleh company). *Journal of engineering management and soft computing*, 12(1), 205–219. <https://doi.org/10.22091/jemsc.2026.13043.1278>
- [14] Cui, J. (2026). Risk management and operational efficiency in underground coal mining using circular Pythagorean fuzzy CRITIC WASPAS approach with prioritized weights. *Scientific reports*, 16(1), 30597. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-57856-w>
- [15] Wang, K. L., Al-shboul, A., Radwan, T., Wong, K. Bin, & Alhazaymeh, K. (2026). Sugeno–weber based WASPAS in Fermatean neutrosophic structure. *Complex & intelligent systems*, 12(10), 227. <https://doi.org/10.1007/s40747-026-02359-4>
- [16] Fang, Y., & Tang, C. (2026). An enhanced picture fuzzy SWARA–CoCoFISo MCDM framework for robust business evaluation under uncertainty. *International journal of fuzzy systems*. <https://doi.org/10.1007/s40815-025-02217-4>
- [17] Hosseini Dehshiri, S. J. (2025). Reverse logistics and lean, agile, resilient, and green paradigms in supply chain: A comparative analysis of fuzzy decision-making methods. *Cleaner logistics and supply chain*, 17, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100284>