



A Fuzzy AHP–PROMSIS Hybrid Model for Nanodrug Supplier Selection: Integrating Value Chain Dynamics and Risk-Based Criteria

Mohammad Ali Beheshtinia^{id}*

Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

beheshtinia@semnan.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type: Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2025-08-30
Revised: 2025-10-08
Accepted: 2025-11-14

Keywords:

Value chain;
Supply chain;
Supplier Selection;
MCDM;
Fuzzy Logic.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: The selection of nanopharmaceutical suppliers plays a vital role in public health and treatment quality, directly affecting a company's value chain. This study employs a fuzzy hybrid Analytical Hierarchy Process (AHP)–PROMSIS approach to evaluate and select nanopharmaceutical suppliers based on value chain factors.

Materials and Methods: First, the key criteria for evaluating and ranking suppliers in the nanopharmaceutical supply chain were identified, considering the elements of the value chain. The weights of these criteria were determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP). Then, the performance score of each supplier under each criterion was assessed. Finally, supplier ranking was performed using the fuzzy PROMIS method.

Results: In this study, 32 criteria were identified and grouped into nine main categories, and their relationships with value chain elements were established. The results indicated that Quality and Compliance, Technical Capability and Innovation, and Safety and Risk were the most important categories, respectively. Moreover, the criteria Compliance with GMP and regulatory requirements, Ability to produce complex nanostructures, and international certifications were found to be the top three individual criteria. In addition, the final ranking of the suppliers was determined.

Conclusion: The findings revealed that the fuzzy hybrid AHP–PROMSIS approach is an effective tool for identifying and ranking suppliers in the nanopharmaceutical supply chain. Considering the comprehensive criteria developed for supplier evaluation not only enhances decision-making transparency but also leads to the optimal selection of suppliers and increased value creation in pharmaceutical organizations.

Cite this article as:

Beheshtinia, M. A. (2025). A Fuzzy AHP–PROMSIS Hybrid Model for Nanodrug Supplier Selection: Integrating Value Chain Dynamics and Risk-Based Criteria. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 2(7), 127-149.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38871.1049>

© 2024 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Strategic Value Chain Management Published by Semnan University Press.

This is an open access article under the CC-BY-4.0 license. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

* Corresponding author.

E-mail address: beheshtinia@semnan.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-8062-3934>



مدل ترکیبی فازی AHP- PROMSIS برای انتخاب تأمین کنندگان نانودارو: ادغام پویایی های زنجیره ارزش و معیارهای مبتنی بر ریسک

محمد علی بهشتی نیا*

دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

beheshtinia@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: انتخاب تأمین کنندگان نانو دارو نقش حیاتی در سلامت جامعه و کیفیت درمان دارد و بر زنجیره ارزش شرکت تأثیر مستقیم می گذارد. این تحقیق با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و پرامسیس فازی به ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان نانودارو با توجه به عوامل زنجیره ارزش می پردازد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴-۰۶-۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴-۰۷-۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴-۰۸-۲۳	روش: ابتدا معیارهای مؤثر در ارزیابی و رتبه بندی تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش شناسایی شده و وزن آنها توسط روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین می شود. سپس امتیاز هر تأمین کننده در هر معیار تعیین می گردد. در نهایت رتبه بندی تأمین کنندگان با استفاده از روش پرامسیس فازی انجام می شود.
واژه های کلیدی: زنجیره ارزش؛ زنجیره تأمین؛ انتخاب تأمین کننده؛ تصمیم گیری چند معیاره؛ منطق فازی.	یافته ها: در این پژوهش ۳۲ معیار در ۹ دسته اصلی شناسایی شد و ارتباط آنها با عناصر زنجیره ارزش تعیین شد. نتایج نشان داد که معیارهای «کیفیت و انطباق»، «توان فنی و نوآوری» و «ایمنی و ریسک» به ترتیب مهم ترین دسته معیارها هستند. همچنین، معیارهای «رعایت شیوه خوب تولید و الزامات نظارتی»، «توانایی تولید نانو ساختارهای پیچیده» و «گواهی های بین المللی» به ترتیب مهم ترین معیارها محسوب می شوند. علاوه بر این، رتبه بندی نهایی تأمین کنندگان نیز مشخص شد.
	نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از رویکرد ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و پرامسیس فازی می تواند ابزاری کارآمد برای شناسایی و رتبه بندی تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو باشد. توجه به معیارهای جامعی که برای ارزیابی تأمین کنندگان در نظر گرفته شده است، علاوه بر ارتقای شفافیت تصمیم گیری، به انتخاب بهینه تأمین کنندگان و افزایش ارزش ایجاد شده در سازمان های دارویی منجر می شود.

استناد: بهشتی نیا، محمد علی. (۱۴۰۴). مدل ترکیبی فازی AHP- PROMSIS برای انتخاب تأمین کنندگان نانودارو: ادغام پویایی های زنجیره ارزش و معیارهای مبتنی بر ریسک. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۷)، ۱۲۷-۱۴۹.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38871.1049>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

زنجیره تأمین دارو به ویژه در حوزه داروهای نوین و پیشرفته مانند نانو داروها، نقشی حیاتی در تضمین سلامت جامعه و ارتقاء کیفیت درمان ایفا می کند. اهمیت این موضوع زمانی دوچندان می شود که بدانیم داروهای مبتنی بر فناوری نانو دارای ویژگی های خاصی همچون ساختارهای پیچیده، نیاز به تجهیزات پیشرفته، حساسیت بالا به شرایط نگهداری و الزامات سخت گیرانه نظارتی هستند (شیخزاده و همکاران، ۲۰۲۴). از این رو، انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان مناسب در این حوزه نه تنها یک ضرورت اقتصادی و صنعتی محسوب می شود، بلکه به طور مستقیم بر سلامت بیماران و اعتماد عمومی به سیستم درمانی تأثیر می گذارد (مدیو و همکاران، ۲۰۲۲). ناکارآمدی در انتخاب تأمین کنندگان می تواند منجر به افزایش هزینه ها، تأخیر در تولید و توزیع دارو، و حتی تهدید سلامت مصرف کنندگان گردد. بنابراین، طراحی و به کارگیری روش های علمی و دقیق برای اولویت بندی تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو یک چالش اساسی و در عین حال یک فرصت ارزشمند برای پژوهش های کاربردی است (چاکابورتی و همکاران، ۲۰۲۴a). موضوع اصلی این تحقیق بر ارزیابی و رتبه بندی تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش متمرکز است. رتبه بندی تأمین کنندگان با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره^۱ صورت پذیرفته است.

۱.۱. مدل مفهومی تحقیق

مفهوم زنجیره ارزش که توسط مایکل پورتر معرفی شده است ابزاری است برای تحلیل فعالیت های یک سازمان تا مشخص شود که هر فعالیت چگونه می تواند به ایجاد ارزش برای مشتری و در نتیجه به کسب مزیت رقابتی کمک کند. فعالیت های زنجیره ارزش شامل دو بخش فعالیت های اصلی و فعالیت های پشتیبانی می شوند. فعالیت های اصلی شامل لجستیک درونی^۲، عملیات، لجستیک بیرونی^۳، بازاریابی و فروش و خدمات می شود. فعالیت های پشتیبانی نیز شامل تأمین و تدارکات^۴، توسعه فناوری، مدیریت منابع انسانی و زیرساخت سازمانی^۵ می شود (ابونوری و بهشتی نیا، ۱۴۰۴). انتخاب تأمین کنندگان مستقیماً بر زنجیره ارزش شرکت ها تأثیر می گذارد و می تواند مسیر ایجاد یا از دست رفتن ارزش در سازمان را تعیین کند (شفیعی نیکابادی، ۱۴۰۴). انتخاب تأمین کننده در عناصر مختلف زنجیره تأمین پورتر تأثیر گذار است. در بخش فعالیت های اصلی انتخاب تأمین کننده روی تمامی عناصر به شرح زیر تأثیر گذار است:

لجستیک درونی: کیفیت و قابلیت اطمینان تأمین کننده روی تحویل به موقع، هزینه حمل و نقل و مدیریت موجودی تأثیر مستقیم دارد.

- عملیات: کیفیت مواد اولیه تعیین می کند که تولید روان و بدون مشکل انجام شود. اگر مواد بی کیفیت باشند، هزینه های دوباره کاری و ضایعات افزایش می یابد.
- لجستیک بیرونی: اگر تأمین کننده نتواند به موقع مواد را برساند، کل زنجیره عقب می افتد و تحویل محصول به مشتری دچار تأخیر می شود.
- بازاریابی و فروش: کیفیت تأمین کننده روی برند و رضایت مشتری و قیمت تأمین کننده نیز روی قیمت فروش محصول نهایی تأثیر گذار هستند. این عوامل در بازاریابی و فروش بسیار مهم هستند.
- خدمات پس از فروش: اگر قطعات یا مواد اولیه بی کیفیت باشند، نرخ خرابی محصول بالا می رود و هزینه خدمات پس از فروش افزایش پیدا می کند.

¹ MCDM :Multi-Criteria Decision Making

² Inbound Logistics

³ Outbound Logistics

⁴ Procurement

⁵ Firm Infrastructure

- در بخش فعالیت‌های پشتیبان انتخاب تامین کننده روی برخی عناصر به شرح زیر تأثیر گذار است:
- تأمین/تدارکات: انتخاب تأمین کننده مستقیماً در این بخش قرار دارد، چون کل فرایند خرید مواد اولیه، قطعات، تجهیزات و خدمات به کیفیت و اعتبار تأمین کننده وابسته است.
 - توسعه فناوری: تأمین کننده‌های قوی می‌توانند فناوری‌های جدید یا مواد نوآورانه عرضه کنند که باعث بهبود فرایند و محصول شود.
- شکل ۱ عناصر مختلف زنجیره ارزش پورتر و ارتباط مبحث انتخاب تامین کننده با عناصر مختلف آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱- زنجیره ارزش پورتر

۲.۱. ارزیابی تامین کنندگان در صنعت نانو دارو

همان گونه که اشاره شد، انتخاب تامین کننده روی بسیاری از عناصر زنجیره ارزش تأثیر گذار است. در صنعت نانو دارو که با سلامتی افراد سروکار دارد و ویژگی‌های منحصری مانند حساسیت بیشتر به کیفیت، ریسک‌های ایمنی بالاتر، و پیچیدگی فنی در آن وجود دارد، اهمیت انتخاب تامین کننده بسیار بالا است. اگر مواد اولیه و نانو ساختارهای تأمین شده با بالاترین استانداردها و الزامات نظارتی همچون شیوه خوب تولید^۱ تولید شوند، کیفیت داروی نهایی ارتقا یافته و ارزش بیشتری برای بیماران و بازار ایجاد می‌گردد. در این تحقیق عناصر مختلف زنجیره ارزش در تعیین معیارهای ارزیابی تامین کنندگان در نظر گرفته می‌شوند.

^۱ GMP: Good Manufacturing Practice

در این راستا، ابتدا مجموعه‌ای جامع از معیارهای اثرگذار در انتخاب تأمین کنندگان صنعت نانو دارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش شناسایی شده و در قالب ۹ دسته اصلی و ۳۲ معیار فرعی دسته‌بندی گردیده است. این معیارها ابعاد متنوعی همچون کیفیت و انطباق با استانداردها، توان فنی و نوآوری، ایمنی و ریسک، هزینه، لجستیک، پایداری، ظرفیت تولید، روابط سازمانی و شهرت را پوشش می‌دهند. سپس با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۱، اهمیت نسبی هر یک از معیارها و دسته‌ها تعیین می‌شود. این مرحله امکان وزن‌دهی علمی و مبتنی بر نظر خبرگان را فراهم می‌سازد و از اتکا به قضاوت‌های فردی یا شهودی جلوگیری می‌کند. در گام بعدی، شش تأمین کننده فعال در صنعت نانو دارو براساس این معیارها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در نهایت با استفاده از روش پرامسیس فازی^۲، رتبه‌بندی نهایی آن‌ها انجام می‌شود. با توجه به این مسیر پژوهش، پرسش اصلی تحقیق عبارت‌اند از:

رتبه‌بندی تأمین کنندگان نانو دارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش چگونه است؟

سوالات فرعی تحقیق نیز به صورت زیر هستند.

- مهم‌ترین معیارها و دسته معیارها در ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان نانو دارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش کدام‌اند؟
- وزن و اهمیت نسبی هر یک از معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی چه هستند؟
- جایگاه نسبی تأمین کنندگان مختلف در زنجیره تأمین نانو دارو در هر یک از معیارهای شناسایی شده کدام است؟
- رتبه‌بندی نهایی تأمین کنندگان با استفاده از روش پرامسیس فازی چگونه است؟

این تحقیق با ارائه یک رویکرد ترکیبی نوآورانه تلاش می‌کند تاکنون تحقیقی به بررسی و ارزیابی تأمین کنندگان نانو دارو بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نپرداخته است. این تحقیق یک چارچوب جامع ۳۲ معیاره برای ارزیابی تأمین کنندگان نانو دارو ارائه می‌کند این تحقیق، به ویژه با در نظر گرفتن جنبه‌هایی نظیر کیفیت و انطباق، توان فنی و نوآوری، ایمنی و ریسک (زیرا کاهش ریسک برای مشتری به معنای ارزش افزوده است)، تحویل و لجستیک، پایداری و مسئولیت اجتماعی، و روابط و شهرت (زیرا درک مشتری و بازار نیز ارزش محسوب می‌شود) که تأثیر مستقیم بر ارزش ایجاد شده برای مشتری دارند، تلاش می‌کند عناصر مؤثر در زنجیره ارزش را در فرایند تصمیم‌گیری لحاظ نماید همچنین روش پرامسیس فازی روش جدیدی است و برای اولی بار در حوزه انتخاب تأمین کنندگان مورد استفاده قرار نگرفته است. این روش دیدگاه‌های دو روش تاپسیس^۳ و پرامته^۴ را یکپارچه کرده و روش تصمیم‌گیری چند معیاره جدیدی شکل می‌دهد. ترکیب این دو روش باعث می‌شود قابلیت اطمینان در رتبه‌بندی تأمین کنندگان بهبود یابد.

به طور خلاصه، این تحقیق ضمن تبیین اهمیت انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو، با ترکیب دو روش علمی قدرتمند، مدلی ارائه می‌دهد که می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در صنایع دارویی کمک کند تا انتخابی هوشمندانه‌تر و کارآمدتر داشته باشند. زیرا لیست معیارهای در نظر گرفت شده در این تحقیق شامل ۳۲ معیار است. در نظر گرفتن هر معیار نشان‌دهنده توجه به آن جنبه در تصمیم‌گیری است و در نتیجه لیست جامع معیارهای در نظر گرفته شده موجب به وجود آمدن دیدگاهی جامع در تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن جوانب مختلف تصمیم‌گیری است. از سوی دیگر، سیاست‌گذاران حوزه سلامت می‌توانند معیارهای کلیدی شناسایی شده (مثل رعایت شیوه خوب تولید و توانایی تولید نانو ساختارهای پیچیده) را به عنوان الزامات اجباری برای مجوز فعالیت شرکت‌ها در نظر بگیرند

¹ AHP: Analytic Hierarchy Process

² FPROMSIS

³ TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution

⁴ PROMETHEE: Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations

در ادامه، فصل دوم به مرور پیشینه تحقیق اختصاص دارد. فصل سوم به روش تحقیق می‌پردازد و مراحل انجام پژوهش، از شناسایی معیارها تا تعیین وزن و ارزیابی تأمین کنندگان، تشریح می‌گردد. نتایج به دست آمده از پیاده‌سازی گام‌های تحقیق در فصل چهارم ارائه شده است. در نهایت، فصل پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی اختصاص دارد.

۲. ادبیات موضوع

۱.۲. مرور تحقیقات پیشین

تحقیقات زیادی به رتبه‌بندی تأمین کنندگان در حوزه دارو پرداخته‌اند که در این قسمت به مرور آنها پرداخته می‌شود. پور قهرمان و قطری (۲۰۱۵) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین دارویی مبتنی بر عامل پرداختند. آنها با استفاده از نظرات خبرگان، ده معیار کمی و کیفی را برای ارزیابی تأمین کنندگان شناسایی کرده و از دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس و نسخه دوم پرامته برای رتبه‌بندی معیارها بهره گرفتند. فرقانی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین دارویی پرداختند و رویکردی ترکیبی برای بهبود این فرآیند ارائه دادند. آنها ابتدا با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی معیارهای انتخاب تأمین کننده را کاهش داده، سپس با به کارگیری روش تاپسیس مبتنی بر اعداد زد^۱ اهمیت و قابلیت اطمینان هر تأمین کننده را ارزیابی کردند. در نهایت، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط به تعیین تأمین کنندگان و میزان سفارش بهینه پرداخته شد. مانیول و رانگانانان (۲۰۱۹) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در داروخانه بیمارستانی پرداختند و با توجه به نقش معیارهایی مانند هزینه، زمان تحویل و انعطاف‌پذیری، روشی برای مدیریت عدم قطعیت در این فرآیند ارائه کردند. آنها از دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای تحلیل معیارها و ارزیابی تأمین کنندگان استفاده کردند. توانا و همکاران^۲ (۲۰۲۱) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده تجهیزات پزشکی پرداختند و چارچوبی یکپارچه مبتنی بر مهندسی کیفیت و تاب‌آوری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها^۳ و اعداد زی^۴ ارائه کردند. آنها معیارهایی مانند انعطاف‌پذیری، رعایت استانداردها، مزاد ظرفیت، هزینه، گواهی کیفیت و زمان تحویل را برای ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان بررسی کردند. علم‌روشن و همکاران^۵ (۲۰۲۲) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در صنعت تجهیزات پزشکی با رویکردی ترکیبی از شاخص‌های سبز و چابک پرداختند. آنان با استفاده از روش‌های دیمتل^۶ فازی، بهترین-بدترین فازی، فرایند تحلیل شبکه^۷ فازی و ویکور^۸ فازی روابط بین معیارها را تحلیل کرده، وزن‌دهی انجام دادند و در نهایت رتبه‌بندی تأمین کنندگان را ارائه کردند.

مودیبو و همکاران^۹ (2022) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در صنعت داروسازی پرداختند و یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی^{۱۰} با استفاده از روش تاپسیس فازی ارائه کردند. آنها با به کارگیری تحلیل مؤلفه اصلی^{۱۱} و اعداد مثلثی فازی، اهمیت معیارها و رتبه‌بندی تأمین کنندگان را تعیین کردند.

¹ Z-numbers

² Tavana et al

³ Data Envelopment Analysis

⁴ Z-numbers

⁵ Alamroshan et al

⁶ Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

⁷ Analytic Network Process

⁸ VIKOR

⁹ Modibbo et al.

¹⁰ Mixed-Integer Linear Programming

¹¹ PCA

چکربورتی و همکاران^۱ (۲۰۲۳) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین بهداشتی پرداختند و روشی یکپارچه مبتنی بر نظریه سیستم خاکستری و ابزار تصمیم گیری چند معیاره جدید ماکونت^۲ ارائه کردند. آن‌ها شش معیار کیفی شامل هزینه، کیفیت، عملکرد تحویل، قابلیت اطمینان، پاسخگویی و انعطاف پذیری را ارزیابی و بهترین تأمین کننده دارویی را شناسایی کردند.

چکربورتی و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کنندگان تجهیزات و دارو در حوزه سلامت پرداختند. آن‌ها برای این منظور از روش تصمیم گیری چندمعیاره ماباک^۳ در هفت محیط فازی مختلف استفاده کردند تا بهترین تأمین کننده را با در نظر گرفتن معیارهای متناقض شناسایی کنند. چکربورتی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کنندگان حوزه سلامت در شرایط عدم قطعیت و محیط فازی شهودی پرداختند. آن‌ها یک روش دو مرحله‌ای پیشنهاد کردند که در مرحله نخست با تحلیل پوششی داده‌ها چهار تأمین کننده برتر از میان ۲۵ گزینه انتخاب شد و در مرحله دوم سه روش تصمیم گیری چندمعیاره واسپاس^۴، کداس^۵ و کوکوسو^۶ در محیط فازی شهودی برای تعیین بهترین تأمین کننده به کار گرفته شدند. بوسیل و آمپ (۲۰۲۴) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین حوزه سلامت پرداختند و از روش تصمیم گیری چندمعیاره تاپسیس در محیط فازی شهودی برای ارزیابی بهترین تأمین کننده استفاده کردند. آن‌ها هفت معیار کلیدی از جمله کیفیت، زمان تحویل، هزینه بیمار و خدمات پس از تحویل را در تحلیل خود در نظر گرفتند.

شیخی زاده و همکاران^۷ (۲۰۲۴) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین دارویی پرداختند و نقش معیارهای تولید ناب، تولید چابک، تاب آوری و سبز را در جلوگیری از اختلالات زنجیره تأمین تحلیل کردند. آن‌ها با استفاده از روش ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره شامل روش بهترین بدترین^۸ و آراس^۹، وزن معیارها و رتبه‌بندی تأمین کنندگان را قبل و بعد از شیوع کوید^{۱۰-۱۹} ارزیابی کردند. چکربورتی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده در واحدهای بهداشتی پرداختند و روش تحلیل رابطه خاکستری پویا^{۱۱} را برای ارزیابی عملکرد ۲۵ تأمین کننده دارویی بر اساس معیارهای مالی معرفی کردند. آن‌ها با استفاده از این روش، تأمین کنندگان را به سه دسته قابل اعتماد، متوسط و غیرقابل اعتماد طبقه‌بندی کردند و بهترین گزینه‌ها را برای تخصیص سفارش شناسایی کردند. راونا و اومامهسواری^{۱۲} (۲۰۲۵) به بررسی مسأله انتخاب تأمین کننده پایدار در صنعت داروسازی پرداختند و معیارهای نوآورانه‌ای برای ارزیابی ارائه کردند. آن‌ها چارچوبی ترکیبی مبتنی بر روش‌های فازی تاپسیس، تحلیل رابطه خاکستری و بردار رگرسیون پشتیبان^{۱۳} توسعه دادند تا عدم قطعیت داده‌ها را مدیریت کرده و وزن معیارها را به دقت تعیین کنند. نتایج نشان داد که این رویکرد امکان ارزیابی جامع تأمین کنندگان و بهبود مدیریت موجودی دارویی با رعایت اصول پایداری را فراهم می‌کند. ارانیارانت و خومینگ^{۱۴} (۲۰۲۵) به بررسی مسأله ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان تجهیزات پزشکی در شرایط عدم قطعیت پرداختند.

¹ Chakraborty et al

² MACONT

³ MABAC

⁴ WASPAS

⁵ CODAS

⁶ CoCoSo

⁷ Sheykhizadeh et al

⁸ BWM: Best-Worst Method

⁹ Additive Ratio ASsessment (ARAS)

¹⁰ COVID-19

¹¹ Dynamic Grey Relational Analysis

¹² Raveena and Umamaheswari

¹³ Support Vector Regression

¹⁴ Arunyanart and Khumpang

آنها چارچوبی ترکیبی مبتنی بر روش‌های مرکز رتبه‌ای ترتیبی^۱ و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه کردند تا معیارهای کلیدی را وزن‌دهی کرده و تأمین‌کنندگان را رتبه‌بندی کنند.

۲.۲. بررسی شکاف تحقیقاتی

بررسی پیشینه تحقیق نشان داد که هرچند برخی مطالعات به مسأله انتخاب تأمین‌کننده در صنعت داروسازی پرداخته‌اند، اما تاکنون هیچ تحقیق جامعی به بررسی انتخاب تأمین‌کننده در حوزه نانو دارو اختصاص نداشته است. در این تحقیق تلاش شده است تا ضمن در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف زنجیره ارزش، معیارهای مؤثر در ارزیابی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو تعیین گردد. همچنین در این تحقیق، ۳۲ معیار جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان صنعت نانودارو در نظر گرفته شده است که چنین جامعیتی از معیارها تاکنون در هیچ‌یک از تحقیقات پیشین مشاهده نشده است. فهرست معیارهای در نظر گرفته‌شده در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین خلاصه‌ای از معیارها و روش‌هایی که در پژوهش‌های پیشین مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، جامعیت معیارهای این پژوهش نسبت به سایر تحقیقات بیشتر بوده و به جنبه‌های مختلف انتخاب تأمین‌کنندگان مرتبط توجه شده است. علاوه بر این، روش پرامسیس فازی پیشنهادی به‌عنوان یک رویکرد نوین، با ترکیب دیدگاه‌های دو روش پرامته و تاپسیس توسعه یافته و تاکنون در مسأله انتخاب تأمین‌کننده مورد استفاده قرار نگرفته است.

جدول ۱. معیارهای در نظر گرفته شده در تحقیق و دسته بندی آنها

دسته معیار	معیار	دسته معیار	معیار
کیفیت و انطباق (C1)	رعایت آشپوه خوب تولید و الزامات نظارتی (C1,1)	تحویل و لجستیک (C5)	مدت زمان تحویل ^۳ (C5,1)
	گواهی‌های بین‌المللی (ISO, FDA, EMA, ICH) (C1,2)		نرخ تحویل به‌موقع (C5,2)
	نرخ خطا و برگشت محصول (C1,3)		توان تأمین در شرایط اضطراری (C5,3)
	ردیابی و مستندسازی (C1,4)		مدیریت زنجیره سرد برای داروهای حساس (C5,4)
توان فنی و نوآوری (C2)	توانایی تولید نانو ساختارهای پیچیده (لیوزوم، پلیمر، دندریمر...) (C2,1)	پایداری (C6)	مدیریت پسماند نانو مواد و داروهای تاریخ گذشته (C6,1)
	زیرساخت و تجهیزات پیشرفته تولید (C2,2)		رعایت سلامت، ایمنی، محیط زیست ^۴ (C6,2)
	شدت فعالیت تحقیق و توسعه (C2,3)		تعهد به اصول اخلاقی و CSR (C6,3)
	ثبات پتنت‌ها و دانش فنی اختصاصی (C2,4)	ظرفیت و مقیاس‌پذیری (C7)	ظرفیت تولید صنعتی (C7,1)
پروتکل‌های ایمنی در کار با نانوذرات (C3,1)	توان افزایش سریع ظرفیت در بحران‌ها (C7,2)		
مدیریت ریسک سمیت ^۵ (C3,2)	انعطاف خطوط تولید برای فرمولاسیون مختلف (C7,3)		
ایمنی و ریسک (C3)	کنترل آلودگی و تضمین کیفیت محصول (C3,3)	روابط (C8)	کیفیت ارتباطات و پاسخ‌گویی (C8,1)
	سیستم‌های ضد تقلب و ردیابی ^۶ (C3,4)		سابقه همکاری موفق (C8,2)
	قیمت واحد محصول (C4,1)		تمایل به قراردادهای بلندمدت (C8,3)
هزینه (C4)	هزینه کل مالکیت (خرید + حمل + تست کیفیت) (C4,2)	شهرت و سوابق (C9)	شهرت در بازار داخلی و جهانی (C9,1)
	شرایط پرداخت (C4,3)		تأییدیه از مراجع علمی/حکومتی (C9,2)
	ثبات و پایداری مالی تأمین‌کننده (C4,4)		جوایز و دستاوردهای ملی و بین‌المللی (C9,3)

¹ Rank Order Centroid

² Good Manufacturing Practice

³ Lead time

⁴ HSE

⁵ Nanotoxicology

⁶ Anti-Counterfeit

جدول ۲. خلاصه معیارهای در نظر گرفته شده در تحقیقات مختلف

کد معیار	(Pourghahreman & Ghatari, 2015)	(Forghani et al., 2018)	(Manivel & Ranganathan, 2019)	(Modibbo et al., 2022)	(Tavana et al., 2021)	(Alamroshan et al., 2022)	(Chakraborty et al., 2024a)	(Chakraborty, Raut, Rofin, Chatterjee, et al., 2023)	(Bhosale & Umap, 2024)	(Sheykhizadeh et al., 2024)	(Chakraborty et al., 2024b)	(Chakraborty et al., 2025)	(Raveena & Umamaheswari, 2025)	(Arunyarnat & Khumpang, 2025)	تحقیق فعلی
C1,1		✓		✓	✓	✓							✓		✓
C1,2		✓		✓	✓								✓	✓	✓
C1,3		✓		✓	✓	✓							✓	✓	✓
C1,4		✓		✓		✓							✓	✓	✓
C2,1		✓		✓		✓							✓		✓
C2,2		✓		✓	✓	✓				✓			✓		✓
C2,3		✓		✓	✓								✓		✓
C2,4													✓		✓
C3,1		✓		✓		✓				✓					✓
C3,2		✓		✓		✓				✓					✓
C3,3	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
C3,4		✓											✓		✓
C4,1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
C4,2		✓			✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓
C4,3		✓		✓		✓							✓	✓	✓
C4,4	✓	✓		✓			✓					✓	✓		✓
C5,1	✓		✓		✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓
C5,2	✓	✓		✓	✓								✓	✓	✓
C5,3	✓	✓			✓			✓					✓	✓	✓
C5,4					✓			✓							✓
C6,1						✓				✓			✓		✓
C6,2		✓		✓		✓									✓
C6,3	✓		✓		✓				✓	✓			✓		✓
C7,1		✓		✓		✓				✓					✓
C7,2	✓		✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓		✓
C7,3	✓		✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓		✓
C8,1		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
C8,2	✓	✓		✓						✓			✓	✓	✓
C8,3			✓						✓				✓		✓
C9,1	✓								✓				✓	✓	✓
C9,2		✓			✓	✓							✓		✓
C9,3													✓		✓
روش تصمیم‌گیری چندمعیاره	تایسیس و پرومته	تایسیس - اعداد Z	فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تایسیس فازی	تایسیس و پرومته	ZDEA	فازی (ANP)، ویکور، دیمبل، روش بهترین-بدترین	DGRA	مبایک فازی	تایسیس	روش بهترین-بدترین آراس،	تحلیل پوششی داده، فازی (کاساس، کداس، کورکوسو)	مبایک	تایسیس، GRA، SVR	فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی	فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پراسیس فازی

۳. روش تحقیق

در این بخش، روش تحقیق ارائه می‌شود. ابتدا دامنه و گام‌های تحقیق تشریح شده و سپس روش‌های جمع‌آوری داده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. در انتها نیز روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد استفاده در پژوهش تبیین می‌گردند.

۱.۳. دامنه و چارچوب تحقیق

دامنه موضوعی این تحقیق انتخاب و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان فعال در زنجیره تأمین نانو دارو با تمرکز بر ابعاد زنجیره ارزش می‌باشد. از منظر دامنه جغرافیایی تأمین‌کنندگان ایرانی به عنوان گزینه‌های مساله در نظر گرفته شده‌اند. هر چند معیارهای مورد بررسی می‌تواند در سایر نقاط جهان مورد استفاده قرار گیرد. دامنه زمانی تحقیق و بازه جمع‌آوری داده‌ها مربوط به بازه خرداد ۱۴۰۳ تا خرداد ۱۴۰۴ می‌باشد.

چارچوب تحقیق شامل مراحل زیر است:

گام ۱- شناسایی معیارها: استخراج معیارهای کلیدی مؤثر در انتخاب تأمین‌کننده نانو دارو با توجه به زنجیره ارزش و مستندات علمی.

گام ۲- وزن‌دهی معیارها: استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین اهمیت نسبی هر معیار. ابتدا وزن معیارها با یکدیگر از طریق پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی سنجیده می‌شود. متغیرهای زبانی برای پاسخ به این پرسشنامه و مقادیر عددی متناظر با آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط خبرگان، میانگین هندسی پاسخ‌ها به عنوان ماتریس مقایسات زوجی نهایی در نظر گرفته می‌شود و سپس وزن دهی به معیارها توسط روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی صورت می‌پذیرد.

گام ۳- تعیین تأمین‌کنندگان جهت بررسی و ارزیابی آنها در معیارها: تعیین امتیاز گزینه‌ها در معیارها: در این مرحله، با استفاده از پرسشنامه ماتریس تصمیم، امتیاز هر گزینه (تأمین‌کننده) در هر معیار تعیین می‌شود. برای تعیین امتیازها از متغیرهای زبانی نشان داده شده در جدول ۳ استفاده شده است و اعداد فازی مثلثی معادل هر متغیر نیز در همان جدول ارائه شده‌اند. پس از تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان، میانگین حسابی پاسخ‌ها به عنوان تصمیم نهایی در نظر گرفته می‌شود. اگر دو عدد فازی مثلثی $\tilde{L} = (l_1, l_2, l_3)$ و $\tilde{M} = (m_1, m_2, m_3)$ موجود باشند، اعمال عملگرهای ریاضی بین آن‌ها مطابق روابط زیر انجام می‌شود (فرخ‌نیا و بهشتی‌نیا، ۲۰۱۸).

$$\tilde{L} + \tilde{M} = (l_1 + m_1, l_2 + m_2, l_3 + m_3) \quad (1)$$

$$\tilde{L} - \tilde{M} = (l_1 - m_3, l_2 - m_2, l_3 - m_1) \quad (2)$$

$$\tilde{L} \times \tilde{M} = (\min(l_1 m_1, l_1 m_3, l_3 m_1, l_3 m_3), l_2 m_2, \max(l_1 m_1, l_1 m_3, l_3 m_1, l_3 m_3)) \quad (3)$$

$$\tilde{L} / \tilde{M} = (\min(l_1/m_1, l_1/m_3, l_3/m_1, l_3/m_3), l_2/m_2, \max(l_1/m_1, l_1/m_3, l_3/m_1, l_3/m_3)) \quad (4)$$

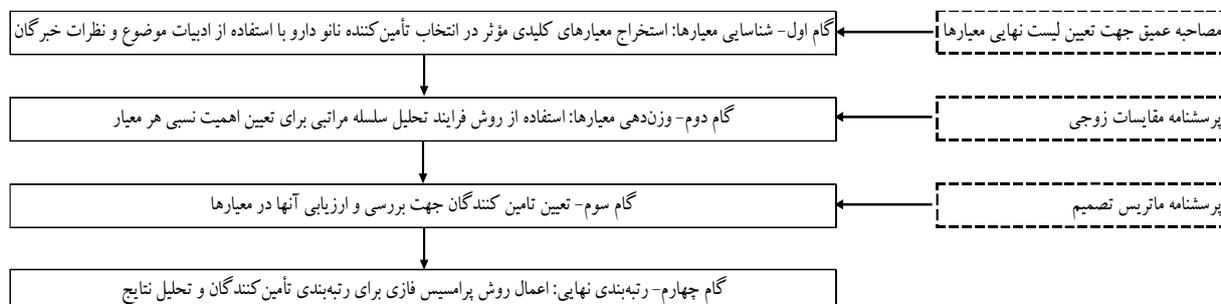
همچنین به منظور غیرفازی نمودن یک عدد فازی نظیر $\tilde{M} = (m_1, m_2, m_3)$ از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$D(\tilde{M}) = \frac{(m_1 + 4 \times m_2 + m_3)}{6} \quad (5)$$

فاصله دو عدد فازی مثلثی نیز از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Dis(\tilde{M}, \tilde{L}) = 1/3 \times \sqrt{(l_1 - m_1)^2 + (l_2 - m_2)^2 + (l_3 - m_3)^2} \quad (6)$$

گام ۴- رتبه‌بندی نهایی: اعمال روش پرامسیس فازی برای رتبه‌بندی تأمین کنندگان و تحلیل نتایج. مراحل تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مراحل تحقیق

جدول ۳. گزینه‌های پرسشنامه‌ها و معادل عددی آنها

پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی		پرسشنامه ماتریس تصمیم	
مقدار عددی	تعریف	مقدار عددی	تعریف
۱	اهمیت یکسان	(۱, ۱, ۲)	خیلی کم
۳	ترجیح خیلی کم	(۱, ۲, ۳)	کم
۵	ترجیح کم	(۲, ۳, ۴)	متوسط
۷	ارجح	(۳, ۴, ۵)	زیاد
۹	کاملاً ارجح	(۴, ۵, ۵)	خیلی زیاد
۸, ۶, ۴, ۲	اعداد میانی بین انتخاب‌های بالا		

۳.۲. جمع آوری داده

به منظور جمع آوری داده‌ها در این تحقیق، از یک مصاحبه عمیق و دو نوع پرسش‌نامه استفاده شده است. تمامی این ابزارها با یک نمونه از خبرگان اجرا شده‌اند. انتخاب خبرگان به صورت هدفمند^۱ انجام شده است تا افرادی با تجربه و دانش تخصصی مرتبط با حوزه نانو دارو و زنجیره تأمین آن در فرایند ارزیابی معیارها مشارکت داشته باشند. معیارهای انتخاب خبرگان عبارت بودند از: (۱) سابقه کار حداقل ۸ سال در صنعت داروسازی یا نانو دارو؛ (۲) تحصیلات دانشگاهی مرتبط با یکی از حوزه‌های داروسازی، شیمی دارویی، مهندسی شیمی، فناوری نانو، بیوتکنولوژی یا مهندسی صنایع؛ (۳) سمت شغلی مدیریتی، پژوهشی یا مشاوره‌ای در صنعت یا دانشگاه. بر این اساس، ۱۲ خبره واجد شرایط انتخاب شدند که مشخصات آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

مصاحبه عمیق جهت شناسایی و تعیین معیارها در گام ۱ انجام شد. دو پرسش‌نامه مورد استفاده در تحقیق به شرح زیر هستند:

- پرسشنامه مقایسات زوجی: به منظور محاسبه وزن معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و کسب نظر خبرگان درباره اهمیت هر معیار (مرتبط با گام ۲).
- پرسشنامه ماتریس تصمیم: برای تعیین امتیاز هر گزینه (تأمین‌کننده) در هر معیار (مرتبط با گام ۳).

^۱ Purposeful sampling

گزینه‌های پاسخ هر سوال در هر دو پرسشنامه در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. هر دو پرسشنامه استاندارد بوده و روایی آن‌ها توسط تحقیقات پیشین تایید شده است (بهشتی نیا و همکاران، ۲۰۲۳a). همچنین، پایایی پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی با نرخ ناسازگاری ۰۴۰ و پایایی پرسشنامه ماتریس تصمیم نیز با ضریب آلفای کرونباخ ۰۹۱۰ تأیید شد. در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، از نرخ ناسازگاری جهت تعیین پایایی پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر پاسخ‌دهنده معیار A را نسبت به B دو برابر مهم‌تر و معیار B را نسبت به C سه برابر مهم‌تر امتیازدهی کند، منطقی است که A را نسبت به C شش برابر مهم‌تر امتیازدهی کند. اما در عمل، قضاوت‌های انسانی همیشه چنین هماهنگی دقیقی ندارند و ممکن است نوعی ناسازگاری ایجاد شود. بطور مثال ممکن است پاسخ‌دهنده در تعیین ارجحیت A نسبت به C پاسخهای قبلی خود را فراموش کرده و عددی مانند ۴ را انتخاب کند. برای اندازه‌گیری این میزان تناقض، از نرخ ناسازگاری استفاده می‌شود.

جدول ۴. مشخصات خبرگان مورد استفاده

شماره	مدرک تحصیلی	سابقه کار (سال)	حوزه تخصص	شغل / سمت
۱	دکتری داروسازی	۱۵	نانو دارو	مدیر تحقیق و توسعه
۲	دکتری شیمی دارویی	۱۲	فرمولاسیون نانو	سرپرست آزمایشگاه تولید
۳	دکتری مهندسی شیمی	۱۸	فرآیند تولید	مشاور صنعتی
۴	کارشناسی ارشد مهندسی شیمی	۱۰	تولید دارو	مدیر تولید
۵	دکتری داروسازی	۲۰	کیفیت و شیوه خوب تولید	مدیر تضمین کیفیت
۶	کارشناسی ارشد فناوری نانو	۸	نانو ذرات	پژوهشگر ارشد
۷	دکتری بیوتکنولوژی	۱۴	داروهای نوین	مدیر پروژه تحقیق و توسعه
۸	کارشناسی ارشد شیمی دارویی	۱۱	توسعه محصول	سرپرست تولید نانو دارو
۹	دکتری علوم دارویی	۱۶	ایمنی و Toxicology	مشاور ایمنی دارو
۱۰	دکتری مهندسی دارویی	۱۳	زنجیره تامین دارو	مشاور مدیریت زنجیره تامین
۱۱	کارشناسی ارشد مهندسی صنایع	۹	لجستیک و تحویل	مدیر لجستیک
۱۲	دکتری مهندسی صنایع	۱۲	تصمیم‌گیری چند معیاره	استاد دانشگاه

۳.۳. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده

۱.۳.۳. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این تحقیق از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی جهت تعیین وزن معیارها استفاده شده است. گام‌های روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زیر است بهشتی نیا و نعمتی ابودر، (۲۰۱۷):

گام ۱-۲: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: اگر n معیار وجود داشته باشد و معادل عددی مقایسه‌ی دو معیار i و j را با a_{ij} نشان داده شود، آنگاه ماتریس مقایسات زوجی یک ماتریس $n \times n$ در رابطه‌ی زیر نشان داده شده است:

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \cdot a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

گام ۲-۲: با استفاده از رابطه زیر ماتریس مقایسات زوجی را نرمالایز می‌شود. که a_{ij} پارامتر شده نرمالایز مقدار a_{ij}^* می‌باشد.

$$a_{ij}^* = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (8)$$

گام ۲-۳: وزن نهایی هر معیار از رابطه زیر بدست می‌آید. که W_i وزن نهایی معیار i می‌باشد.

$$W_i = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}^*}{n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

۲.۳.۳. روش پرامسیس فازی

روش پرامسیس فازی حاصل ترکیب دیدگاه‌های دو روش تاپسیس و پرامته است (بهشتی نیا و همکاران، ۲۰۲۳ b). در روش تاپسیس، یک گزینه مطلوب‌تر است اگر فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل مثبت^۱ کم و فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل منفی^۲ زیاد باشد. از سوی دیگر، در روش پرامته یک گزینه مطلوب‌تر است اگر جریان ترجیح خالص (میزان اختلاف امتیازات آن در معیارهای مختلف نسبت به سایر گزینه‌ها) آن زیاد باشد. روش پرامسیس پیشنهادی تلاش می‌کند این دو دیدگاه را با هم ادغام کند.

هر روش تصمیم‌گیری چندمعیاره دیدگاه خاص خود در رتبه‌بندی گزینه‌ها را دارد. روش پرامته توجهی به گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی ندارد و تنها ارجحیت امتیازات گزینه‌ها نسبت به یکدیگر را در نظر می‌گیرد. روش تاپسیس نیز به ارجحیت امتیازات گزینه‌ها نسبت به یکدیگر بی‌تفاوت است. و تنها اختلاف گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و منفی را در نظر می‌گیرد. روش پرامسیس با ادغام این دو روش با یکدیگر سعی دارد دیدگاه جامع‌تری در رتبه‌بندی داشته باشد. در این روش گزینه‌ای مطلوب‌تر است که فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل منفی زیاد، فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل مثبت کم و درعین حال مقدار جریان ترجیح خالص آن زیاد باشد. وجود دیدگاه‌های متنوع و جامع در رتبه‌بندی گزینه‌ها باعث می‌شود فرایند تصمیم‌گیری منجر به نتایج قابل اعتمادتری شود.

روش پرامسیس و مراحل آن در این بخش توضیح داده شده است. در روش پرامسیس فازی، ماتریس تصمیم (امتیاز هر گزینه در هر معیار) و وزن معیارها به‌عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شوند. رابطه زیر ماتریس تصمیم فازی را نشان می‌دهد:

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^u) & \dots & (x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^u) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^u) & \dots & (x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^u) \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

که در آن، \tilde{x}_{ij} امتیاز گزینه i در معیار j ، n تعداد معیارها و m تعداد گزینه‌ها است.

مراحل روش پرامسیس فازی به این صورت است (بهشتی نیا و همکاران، ۲۰۲۳ b):

گام ۱: محاسبه اختلاف گزینه‌ها در معیارهای مختلف از طریق مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها در هر معیار. برای معیارهای سود رابطه (۱۱) و برای معیارهای هزینه رابطه (۱۲) به کار می‌رود. $d_j(A, B)$ بیانگر اختلاف بین دو گزینه A و B در معیار j است که میزان برتری گزینه A نسبت به B را نشان می‌دهد.

$$d_j(A, B) = \text{Distance}(\tilde{x}_{Aj}, \tilde{x}_{Bj}) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{3} \times \{(x_{Aj}^l - x_{Bj}^l)^2 + (x_{Aj}^m - x_{Bj}^m)^2 + (x_{Aj}^u - x_{Bj}^u)^2\}} & \text{if } \tilde{x}_{Aj} > \tilde{x}_{Bj} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (11)$$

¹ PIS: Positive Ideal Solution

² NIS: Negative Ideal Solution

$$d_j(A, B) = \text{Distance}(\tilde{x}_{Aj}, \tilde{x}_{Bj}) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{3} \times \{(x_{Aj}^l - x_{Bj}^l)^2 + (x_{Aj}^m - x_{Bj}^m)^2 + (x_{Aj}^u - x_{Bj}^u)^2\}} & \text{if } \tilde{x}_{Aj} < \tilde{x}_{Bj} \\ \dots & \dots \end{cases} \quad (12)$$

در غیر این صورت
که در آن $\tilde{x}_{Bj} = (x_{Bj}^l, x_{Bj}^m, x_{Bj}^u)$ و $\tilde{x}_{Aj} = (x_{Aj}^l, x_{Aj}^m, x_{Aj}^u)$ به ترتیب امتیاز گزینه های A و B را در معیار j نشان می دهند.

گام ۲: محاسبه میزان برتری گزینه ها نسبت به یکدیگر در هر معیار بر اساس تابع برتری و با استفاده از رابطه زیر. در این نسخه، تابع برتری گاوسی^۱ با $\sigma = 0.5$ استفاده شده است.

$$P_j(A, B) = P(d_j(A, B)) = 1 - e^{-\frac{(d_j(A, B))^2}{2\sigma_j^2}} \quad (13)$$

گام ۳: محاسبه درجه ترجیح چندمعیاره گزینه A نسبت به گزینه B با استفاده از رابطه زیر.

$$\pi(A, B) = \sum P_j(A, B) \times w_j \quad (14)$$

گام ۴: محاسبه جریان ترجیح ورودی ($\Phi^{in}(A)$)، جریان ترجیح خروجی ($\Phi^{out}(A)$) و جریان ترجیح خالص (Φ_A) هر گزینه A با استفاده از روابط زیر:

$$\Phi^{in}(A) = \frac{\sum_{x=1}^m \pi(A, x)}{(n-1)} \quad (15)$$

$$\Phi^{out}(A) = \frac{\sum_{x=1}^m \pi(x, A)}{(n-1)} \quad (16)$$

$$\Phi_A = \Phi^{in}(A) - \Phi^{out}(A) \quad (17)$$

گام ۵: محاسبه ماتریس تصمیم نرمال شده $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ با استفاده از رابطه زیر:

$$\tilde{r}_{ij} = (r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u) = \begin{cases} (\frac{x_{ij}^l}{c_j^*}, \frac{x_{ij}^m}{c_j^*}, \frac{x_{ij}^u}{c_j^*}) & c_j^* = \max_i x_{ij}^u \quad \text{برای معیار مثبت} \\ (\frac{a_j^o}{x_{ij}^u}, \frac{a_j^o}{x_{ij}^m}, \frac{a_j^o}{x_{ij}^l}) & a_j^o = \min_i x_{ij}^l \quad \text{برای معیار منفی} \end{cases} \quad (18)$$

گام ۶: به دست آوردن ماتریس تصمیم نرمال شده وزنی $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ با استفاده از رابطه زیر:

$$\tilde{v}_{ij} = w_j \times \tilde{r}_{ij} = (w_j \times r_{ij}^l, w_j \times r_{ij}^m, w_j \times r_{ij}^u) \quad (19)$$

گام ۷: محاسبه راه حل ایده آل مثبت فازی ($FPIS = [\widehat{fpis}_1, \widehat{fpis}_2, \dots, \widehat{fpis}_n]$) و راه حل ایده آل منفی فازی ($FNIS = [\widehat{fnis}_1, \widehat{fnis}_2, \dots, \widehat{fnis}_n]$) با استفاده از روابط زیر که در آن J^+ مجموعه معیارهای سود و J^- مجموعه معیارهای هزینه هستند.

$$\widehat{fpis}_i = \begin{cases} \max \tilde{v}_{ij} & \text{if } j \in J^+ \\ \min \tilde{v}_{ij} & \text{if } j \in J^- \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

$$\widehat{fnis}_i = \begin{cases} \min \tilde{v}_{ij} & \text{if } j \in J^+ \\ \max \tilde{v}_{ij} & \text{if } j \in J^- \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (21)$$

¹ GAUSSIAN

گام ۸: محاسبه فاصله هر گزینه i از $FPIS (DPIS_i)$ و $FNIS (DNIS_i)$ با استفاده از روابط زیر:

$$DNIS_i = \sum_{j=1}^n \text{Distance}(\tilde{v}_{ij}, \tilde{fnis}_j) \quad i = 1, \dots, m \quad (22)$$

$$DPIS_i = \sum_{j=1}^n \text{Distance}(\tilde{v}_{ij}, \tilde{fpis}_j) \quad i = 1, \dots, m \quad (23)$$

گام ۹: نرمال سازی مقادیر $DNIS_i$, $DPIS_i$ و $N\Phi_i$ با استفاده از روابط زیر:

$$NDNIS_i = \frac{DNIS_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m DNIS_i^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad (24)$$

$$NDNIS_i = \frac{DPIS_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m DPIS_i^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad (25)$$

$$N\Phi_i = \frac{\Phi_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \Phi_i^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad (26)$$

گام ۱۰: محاسبه شاخص پرامسیس که با Q_i نشان داده می شود با استفاده از رابطه زیر:

$$Q_i = \frac{(NDNIS_i + N\Phi_i)}{NDPIS_i + (NDNIS_i + N\Phi_i)} \quad (27)$$

بررسی تاپسیس و پرامته نشان می دهد که مقادیر کمتر $NDPIS_i$ و مقادیر بیشتر $NDNIS_i$ و $N\Phi_i$ در رتبه بندی گزینه ها مطلوب تر است. در محاسبه ضریب نزدیکی^۱ در روش تاپسیس، فاصله گزینه از راه حل ایده آل مثبت در صورت و مجموع فاصله آن از راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی در مخرج قرار می گیرد. اما در شاخص پرامسیس، پارامترهایی که مقادیر بیشترشان مطلوب است ($NDNIS_i$ و $N\Phi_i$) در صورت و مجموع تمام پارامترها در مخرج قرار می گیرند.

گام ۱۱: اولویت بندی گزینه ها بر اساس شاخص پرامسیس. در این حالت، گزینه ای که مقدار شاخص پرامسیس بالاتری داشته باشد، در اولویت بالاتری قرار می گیرد.

۴. نتایج

در این بخش نتایج حاصل پیاده سازی گام های تحقیق ارائه می شود.

۴.۱. معیارهای شناسایی شده وزن آنها

به منظور شناسایی معیارهای موثر در ارزیابی و اولویت بندی تأمین کنندگان نانودارو با در نظر گرفتن عناصر زنجیره ارزش از ادبیات موضوع و نتایج مصاحبه عمیق با خبرگان استفاده شد. فهرستی از معیارهای شناسایی شده در جدول ۱ آمده است. در جدول ۵ نیز وزن های به دست آمده برای معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی نشان داده شده است. همچنین ارتباط معیارها با عناصر زنجیره ارزش و چگونگی تأثیر هر معیار بر کاهش هزینه یا افزایش تمایز در زنجیره ارزش در جدول ۶ ارائه گردید.

¹ Closeness Coefficient

جدول ۵. وزن معیارهای ارزیابی تامین کنندگان

دسته معیار	وزن معیار	نوع معیار	وزن در	وزن نهایی	دسته معیار	وزن معیار	نوع معیار	وزن در دسته	وزن نهایی		
C1	۰.۱۹۴	C1,1	سود	۰.۲۸۷	۰.۰۵۶	C5	۰.۱۴۱	C5,1	هزینه	۰.۲۸۸	۰.۰۴
		C1,2	سود	۰.۲۶۷	۰.۰۵۲			C5,2	سود	۰.۲۳۸	۰.۰۳۴
		C1,3	هزینه	۰.۲۳۸	۰.۰۴۶			C5,3	سود	۰.۲۴۶	۰.۰۳۵
		C1,4	سود	۰.۲۰۹	۰.۰۴۱			C5,4	سود	۰.۲۲۹	۰.۰۳۲
C2	۰.۱۸۶	C2,1	سود	۰.۲۹۸	۰.۰۵۵	C6	۰.۰۷۱	C6,1	هزینه	۰.۴۱۳	۰.۰۲۹
		C2,2	سود	۰.۲۷۷	۰.۰۵۱			C6,2	سود	۰.۳۲۷	۰.۰۲۳
		C2,3	سود	۰.۲۷۸	۰.۰۵۲			C6,3	سود	۰.۲۶	۰.۰۱۸
		C2,4	سود	۰.۱۴۷	۰.۰۲۷	C7,1	سود	۰.۴۰۶	۰.۰۲۸		
C3	۰.۱۵۱	C3,1	سود	۰.۲۶۴	۰.۰۴	C7	۰.۰۶۸	C7,2	سود	۰.۳۲۳	۰.۰۲۲
		C3,2	سود	۰.۲۶۴	۰.۰۴			C7,3	سود	۰.۲۷۲	۰.۰۱۸
		C3,3	سود	۰.۲۵۳	۰.۰۳۸			C8,1	سود	۰.۳۸۶	۰.۰۲
		C3,4	سود	۰.۲۱۹	۰.۰۳۳	C8,2	سود	۰.۳۱۹	۰.۰۱۶		
C4	۰.۱۰۷	C4,1	هزینه	۰.۳۷۴	۰.۰۴	C8	۰.۰۵۲	C8,3	سود	۰.۲۹۵	۰.۰۱۵
		C4,2	هزینه	۰.۳۱۴	۰.۰۳۴			C9,1	سود	۰.۴۲	۰.۰۱۳
		C4,3	هزینه	۰.۱	۰.۰۱۱			C9,2	سود	۰.۳۱۵	۰.۰۱
		C4,4	سود	۰.۲۱۱	۰.۰۲۳	C9,3	سود	۰.۲۶۵	۰.۰۰۸		

جدول ۶. تاثیر هر معیار در زنجیره ارزش

معیار	عناصر تاثیر گذار در زنجیره ارزش پورتر	ارزش ایجاد کننده
(C1,1)	رعایت شیوه خوب تولید و الزامات نظارتی (C1,1)	افزایش تمایز (اعتماد و کیفیت)
(C1,2)	گواهی های بین المللی (C1,2) (ISO, FDA, EMA, ICH)	افزایش تمایز (اعتبار جهانی)
(C1,3)	نرخ خطا و برگشت محصول (C1,3)	کاهش هزینه (کاهش ضایعات) + افزایش تمایز (کیفیت بالاتر)
(C1,4)	ردیابی و مستندسازی (C1,4)	افزایش تمایز (شفافیت و اعتماد)
(C2,1)	توانایی تولید نانو ساختارهای پیچیده (لیپوزوم، پلیمر، دندرimer) (C2,1)	افزایش تمایز (نوآوری محصول)
(C2,2)	زیرساخت و تجهیزات پیشرفته تولید (C2,2)	هم کاهش هزینه (بهره‌وری) + هم افزایش تمایز (کیفیت بالا)
(C2,3)	شدت فعالیت تحقیق و توسعه (R&D) (C2,3)	افزایش تمایز (نوآوری و پیش‌گامی)
(C2,4)	ثبت پتنت‌ها و دانش فنی اختصاصی (C2,4)	افزایش تمایز (مزیت رقابتی پایدار)
(C3,1)	پروتکل های ایمنی در کار با نانوذرات (C3,1)	افزایش تمایز (اعتماد و ایمنی)
(C3,2)	مدیریت ریسک سمیت (C3,2)	افزایش تمایز (سلامت بیمار و اطمینان)
(C3,3)	کنترل آلودگی و تضمین کیفیت محصول (C3,3)	کاهش هزینه (کاهش ضایعات) + افزایش تمایز (کیفیت بالا)
(C3,4)	سیستم‌های ضد تقلب و ردیابی (C3,4)	افزایش تمایز (اعتماد بازار)
(C4,1)	قیمت واحد محصول (C4,1)	کاهش هزینه
(C4,2)	هزینه کل مالکیت (خرید + حمل + تست کیفیت) (C4,2)	کاهش هزینه
(C4,3)	شرایط پرداخت (C4,3)	کاهش هزینه (بهبود نقدینگی)
(C4,4)	ثبات و پایداری مالی تامین کننده (C4,4)	افزایش تمایز (اعتماد و پایداری همکاری)
(C5,1)	زمان تحویل (C5,1)	کاهش هزینه (کاهش تأخیر)
(C5,2)	نرخ تحویل به موقع (C5,2)	کاهش هزینه + افزایش تمایز (قابلیت اطمینان)
(C5,3)	توان تامین در شرایط اضطراری (C5,3)	افزایش تمایز (انعطاف پذیری)
(C5,4)	مدیریت زنجیره سرد برای داروهای حساس (C5,4)	افزایش تمایز (کیفیت و ایمنی)

ادامه جدول ۶. تاثیر هر معیار در زنجیره ارزش

معیار	عنصر تاثیرگذار در زنجیره ارزش پورتو	ارزش ایجاد کننده
مدیریت پسماند نانومواد و داروهای تاریخ گذشته (C6,1)	عملیات	کاهش هزینه (مدیریت ضایعات) + افزایش تمایز (مسئولیت پذیری)
رعایت ایمنی، سلامت، محیط زیست (C6,2)	مدیریت منابع انسانی + عملیات	افزایش تمایز (اعتماد اجتماعی)
تعهد به اصول اخلاقی و مسولیت پذیری اجتماعی (C6,3)	زیرساخت سازمانی	افزایش تمایز (اعتبار برند)
ظرفیت تولید صنعتی (C7,1)	عملیات	کاهش هزینه (صرفه مقیاس)
توان افزایش سریع ظرفیت در بحرانها (C7,2)	عملیات	افزایش تمایز (انعطاف پذیری)
انعطاف خطوط تولید برای فرمولاسیون مختلف (C7,3)	عملیات + توسعه فناوری	افزایش تمایز (تنوع محصول)
کیفیت ارتباطات و پاسخ گویی (C8,1)	خدمات پس از فروش	افزایش تمایز (رضایت مشتری)
سابقه همکاری موفق (C8,2)	تدارکات + زیرساخت سازمانی	افزایش تمایز (اعتماد)
تمایل به قراردادهای بلندمدت (C8,3)	زیرساخت سازمانی	افزایش تمایز (پایداری همکاری)
شهرت در بازار داخلی و جهانی (C9,1)	بازاریابی و فروش	افزایش تمایز (قدرت برند)
تأییدیه از مراجع علمی/حکومتی (C9,2)	بازاریابی و فروش	افزایش تمایز (مشروعیت)
جوایز و دستاوردهای ملی و بین المللی (C9,3)	بازاریابی و فروش	افزایش تمایز (اعتبار علمی و اجتماعی)

۲.۴. تأمین کنندگان و ارزیابی آنها

در این تحقیق با مشارکت خبرگان ۶ تأمین کننده به عنوان گزینه تصمیم گیری در نظر گرفته شدند و با استفاده از پرسشنامه ماتریس تصمیم توسط خبرگان ارزیابی شدند. ماتریس تصمیم به دست آمده در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. ماتریس تصمیم

	تأمین کننده ۱	تأمین کننده ۲	تأمین کننده ۳	تأمین کننده ۴	تأمین کننده ۵	تأمین کننده ۶
C1,1	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۹۲)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۷۵)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۳.۷۵,۴.۷۵,۵)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۸۳)
C1,2	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۹۲)	(۳.۷۵,۴.۷۵,۵)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۸۳)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۸۳)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)
C1,3	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۸۳)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۲.۲۹۲,۳.۸۳)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۴۲)	(۲.۰۸,۲.۹۲,۳.۹۲)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵)
C1,4	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۴۲)	(۳.۵,۴.۵,۵)	(۱.۶۷,۲.۶۷,۳.۶۷)	(۲.۸۳,۳.۸۳,۴.۶۷)	(۳,۴,۴.۷۵)	(۱.۸۳,۲.۸۳,۳.۸۳)
C2,1	(۳.۳۳,۴.۳۳,۴.۹۲)	(۳,۴,۴.۶۷)	(۲.۸۳,۳.۸۳,۴.۵۸)	(۱.۹۲,۲.۸۳,۳.۸۳)	(۳.۷۵,۴.۷۵,۴.۹۲)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۷۵)
C2,2	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۷۵)	(۳.۴۲,۴.۴۲,۴.۸۳)	(۱.۸۳,۲.۷۵,۳.۶۷)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵۸)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۵)	(۲.۱۷,۳.۰۸,۴)
C2,3	(۳.۵۸,۴.۵۸,۵)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۷۵)	(۱.۷۵,۲.۷۵,۳.۷۵)	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۹۲)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۸۳)
C2,4	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۷۵)	(۳.۸۳,۴.۸۳,۵)	(۲,۳,۴)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۳.۱۷,۴.۱۷,۵)	(۲,۳,۴)
C3,1	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۷۵)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۱.۷۵,۲.۵۸,۳.۵)	(۳.۴۲,۴.۴۲,۴.۸۳)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵۸)
C3,2	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵۸)	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۸۳)	(۲,۲.۹۲,۳.۸۳)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۴۲)	(۱.۷۵,۲.۵۸,۳.۵۸)
C3,3	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۹۲)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۵۸)	(۱.۹۲,۲.۹۲,۳.۸۳)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۵۸)	(۲,۲.۹۲,۳.۹۲)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵)
C3,4	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)	(۳.۵,۴.۵,۴.۸۳)	(۲,۲.۸۳,۳.۸۳)	(۲.۶۷,۳.۶۷,۴.۵۸)	(۲.۶۷,۳.۶۷,۴.۵۸)	(۲.۵,۳.۵,۴.۳۳)
C4,1	(۲.۰۸,۳.۰۸,۳.۹۲)	(۲.۶۷,۳.۶۷,۴.۵۸)	(۳.۶۷,۴.۶۷,۴.۹۲)	(۳,۴,۴.۸۳)	(۲.۳۳,۳.۳۳,۴.۲۵)	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۸۳)
C4,2	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۰۸)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۳.۹۲,۴.۹۲,۵)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۵)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۹۲)
C4,3	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۹۲)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۵)	(۳.۶۷,۴.۶۷,۴.۹۲)	(۲.۸۳,۳.۸۳,۴.۷۵)	(۱.۹۲,۲.۸۳,۳.۸۳)

ادامه جدول ۷. ماتریس تصمیم

تامین کننده ۱	تامین کننده ۲	تامین کننده ۳	تامین کننده ۴	تامین کننده ۵	تامین کننده ۶	
C۴,۴	(۳.۹۲,۴.۹۲,۵)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۵)	(۱.۹۲,۲.۹۲,۳.۹۲)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۵)	(۱.۹۲,۲.۹۲,۳.۹۲)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۵)
C۵,۱	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۹۲)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۳.۳۳,۴.۳۳,۴.۷۵)	(۲.۶۷,۳.۶۷,۴.۵)	(۱.۷۵,۲.۵,۳.۵)	(۲.۳۳,۳.۳۳,۴.۳۳)
C۵,۲	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۷۵)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۴۲)	(۱.۶۷,۲.۴۲,۳.۴۲)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)	(۲.۳۳,۳.۲۵,۴.۰۸)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)
C۵,۳	(۳.۵۸,۴.۵۸,۵)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۱.۹۲,۲.۹۲,۳.۹۲)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)
C۵,۴	(۳.۸۳,۴.۸۳,۵)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۲,۳,۴)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۱.۸۳,۲.۸۳,۳.۸۳)	(۳,۴,۴.۹۲)
C۶,۱	(۳,۴,۴.۹۲)	(۳.۸۳,۴.۸۳,۵)	(۱.۸۳,۲.۸۳,۳.۸۳)	(۲.۸۳,۳.۸۳,۴.۸۳)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۲,۳,۴)
C۶,۲	(۳.۷۵,۴.۷۵,۵)	(۳.۲۵,۴.۲۵,۵)	(۱.۷۵,۲.۷۵,۳.۷۵)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۹۲)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴.۰۸)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۹۲)
C۶,۳	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۸۳)	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۹۲)	(۱.۶۷,۲.۵۸,۳.۵۸)	(۲.۹۲,۳.۹۲,۴.۷۵)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۲.۰۸,۳.۰۸,۴)
C۷,۱	(۳,۴,۴.۵۸)	(۲.۱۷,۳.۱۷,۴.۰۸)	(۱.۸۳,۲.۵,۳.۴۲)	(۲.۱۷,۳.۱۷,۴.۰۸)	(۲.۰۸,۲.۸۳,۳.۶۷)	(۲,۳,۴)
C۷,۲	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۸۳)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۲.۱۷,۳.۰۸,۴)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۵۸)	(۲,۲.۹۲,۳.۸۳)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)
C۷,۳	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۷۵)	(۲.۳۳,۳.۲۵,۴.۰۸)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۴۲)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۲۵)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۳۳)
C۸,۱	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۹۲)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۸۳)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۱۷)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۱.۸۳,۲.۷۵,۳.۷۵)	(۳.۰۸,۴.۰۸,۴.۸۳)
C۸,۲	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۵۸)	(۳.۵,۴.۵,۴.۹۲)	(۲.۰۸,۳,۴)	(۳,۴,۴.۷۵)	(۳,۴,۴.۷۵)	(۲.۰۸,۳,۴)
C۸,۳	(۳,۴,۴.۷۵)	(۳.۸۳,۴.۸۳,۵)	(۲,۳,۴)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۳,۴,۴.۹۲)	(۲,۳,۴)
C۹,۱	(۳.۵۸,۴.۵۸,۴.۸۳)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۵۸)	(۱.۷۵,۲.۵۸,۳.۵۸)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۲.۱۷,۳.۰۸,۴)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۵۸)
C۹,۲	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۶۷)	(۳.۲۵,۴.۲۵,۴.۷۵)	(۲.۲۵,۳.۰۸,۴)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۲.۵۸,۳.۵۸,۴.۳۳)
C۹,۳	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۳۳)	(۳.۴۲,۴.۴۲,۴.۸۳)	(۲.۱۷,۳.۰۸,۴)	(۲.۷۵,۳.۷۵,۴.۵۸)	(۲.۴۲,۳.۴۲,۴.۴۲)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۴.۰۸)

۳.۴. رتبه بندی تامین کنندگان با روش پرامیس فازی

نتایج رتبه بندی تامین کنندگان با روش پرامیس فازی در جدول ۸ ارائه شده است؛ همچنین برای مقایسه، نتایج رتبه بندی با روش های پرامته فازی، تاپسیس فازی، آراس^۱ فازی، الکتراه^۲ فازی، واسپاس^۳ فازی و تاپکور^۴ فازی نیز در همان جدول آمده است.

جدول ۸. رتبه بندی نهایی تامین کنندگان

تامین کننده	شاخص پرامیس	پرامیس فازی	پرامته فازی	تاپسیس فازی	آراس فازی	الکتراه فازی	واسپاس فازی	تاپکور فازی
تامین کننده ۱	۰.۸۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تامین کننده ۲	۰.۸۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۶
تامین کننده ۳	-۳۰.۶۵۳	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۵
تامین کننده ۴	۰.۵۲۴	۳	۴	۳	۴	۴	۴	۲
تامین کننده ۵	۰.۴۶۲	۴	۳	۵	۳	۳	۳	۴
تامین کننده ۶	۰.۲۶	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۳

¹ ARAS

² ELECTRE

³ WASPAS

⁴ TOPKOR

برای ارزیابی نتایج، ضریب همبستگی پیرسون بین هر دو روش محاسبه و در جدول ۹ ارائه شد. هرچه مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین دو روش بالاتر باشد، میزان تأیید و هم‌راستایی نتایج دو روش بیشتر است. در مقابل، مقدار پایین‌تر نشان‌دهنده اختلاف و ناهماهنگی بیشتر بین نتایج دو روش است (وان استرالن و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج نشان می‌دهد که روش پرامسیس فازی دارای بیشترین ضریب همبستگی پیرسون کلی در میان روش‌های مختلف است؛ این موضوع بیانگر آن است که نتایج روش پرامسیس فازی بیشترین میزان تأیید بین روش‌های دیگر را داشته است و یک نتیجه مصلحه‌آمیز^۱ (یا میانه‌روانه) بین روش‌های مختلف ارائه داده است.

جدول ۹. مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین روش‌های مختلف

مجموع	تاپکور فازی	واسپاس فازی	الکتره فازی	آراس فازی	تاپسیس فازی	پرامته فازی	پرامسیس فازی
۶.۰۷۴۴	۰.۳۷۱۴	۰.۹۴۲۹	۰.۹۳۱۶	۰.۹۴۲۹	۰.۹۴۲۹	۰.۹۴۲۹	۱
۶.۰۱۱۹	۰.۲۵۷۱	۱	۰.۹۸۳۳	۱	۰.۸۲۸۶	۰.۹۴۲۹	۰.۹۴۲۹
۵.۶۸۵۲	۰.۴۲۸۶	۰.۸۲۸۶	۰.۸۲۸۱	۰.۸۲۸۶	۱	۰.۸۲۸۶	۰.۹۴۲۹
۶.۰۱۱۹	۰.۲۵۷۱	۱	۰.۹۸۳۳	۱	۰.۸۲۸۶	۱	۰.۹۴۲۹
۵.۸۱۳۲	۰.۱۰۳۵	۰.۹۸۳۳	۱	۰.۹۸۳۳	۰.۸۲۸۱	۰.۹۸۳۳	۰.۹۳۱۶
۶.۰۱۱۹	۰.۲۵۷۱	۱	۰.۹۸۳۳	۱	۰.۸۲۸۶	۱	۰.۹۴۲۹
۲.۶۷۴۹	۱	۰.۲۵۷۱	۰.۱۰۳۵	۰.۲۵۷۱	۰.۴۲۸۶	۰.۲۵۷۱	۰.۳۷۱۴

۴.۴. تحلیل حساسیت

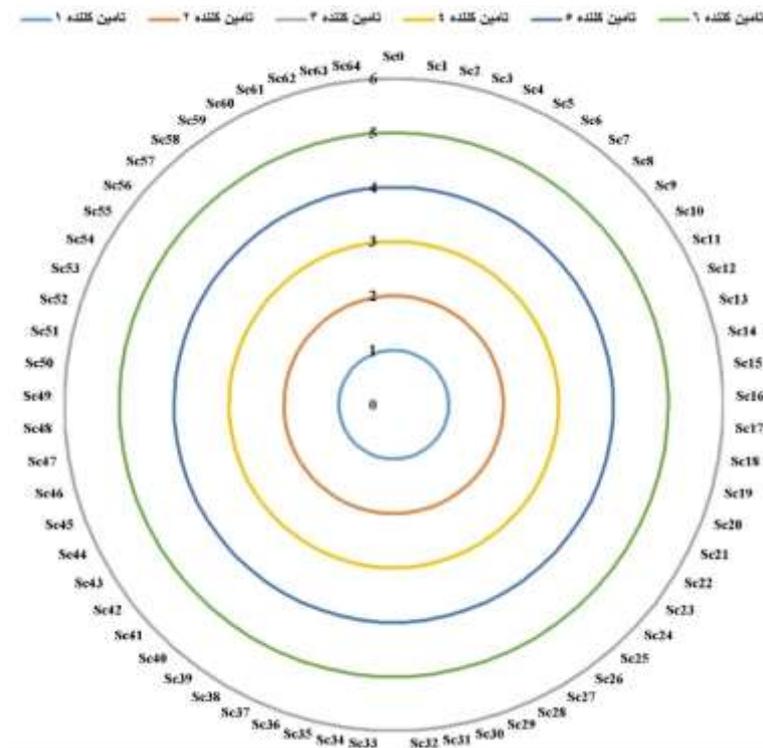
برای ارزیابی میزان ثبات رتبه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش پرامسیس فازی با تغییر وزن معیارها، در این بخش به تحلیل حساسیت نتایج پرداخته می‌شود.

در این تحلیل حساسیت، وزن هر یک از معیارها به‌صورت جداگانه به میزان ۲۰ درصد از مقدار اولیه آن افزایش و سپس کاهش داده شد. به این ترتیب، برای هر معیار دو سناریو ایجاد گردید که در مجموع ۶۴ (۲×۳۲) سناریوی حساسیت حاصل شد. در هر سناریو، وزن سایر معیارها بر اساس رابطه (۲۸) به‌صورت متناسب تنظیم شدند تا مجموع کل وزن‌ها برابر با ۱ باقی بماند (ترکایش و همکاران، ۲۰۲۱):

$$W_i^u = (1 - W_j^u) \times \frac{W_i^o}{(1 - W_j^o)} \quad (28)$$

که در آن W_i^o ، W_j^o و W_j^u به ترتیب نشان‌دهنده وزن‌های به‌روز شده و اولیه معیارهای i و j هستند. برای هر سناریو، رتبه‌بندی استراتژی‌ها با استفاده از روش پرامسیس فازی محاسبه شد و نتایج با رتبه‌بندی پایه (سناریوی ۰) مقایسه گردید. نتایج تحلیل حساسیت در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل SCf نشان‌دهنده سناریوی f ام است. که نشان می‌دهد با تغییر وزن معیارها رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییری نکرده است که نشان از ثبات نتایج به دست آمده از روش پرامسیس فازی دارد.

¹ Compromise



شکل ۳. نتایج تحلیل حساسیت

۵. نتیجه گیری

در این تحقیق با هدف اولویت بندی تأمین کنندگان در زنجیره تأمین نانو دارو، یک مدل ترکیبی مبتنی بر روش های فرایند تحلیل سلسله مراتبی و پرامسیس فازی ارائه شد. ابتدا با مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان، ۳۲ معیار در ۹ دسته اصلی برای ارزیابی تأمین کنندگان شناسایی گردید. سپس با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، وزن معیارها تعیین شد.

۱.۵. بحث

نتایج نشان داد که دسته های «کیفیت و انطباق»، «توان فنی و نوآوری» و «ایمنی و ریسک» بیشترین اهمیت را دارند. در سطح معیارها نیز، «رعایت شیوه خوب تولید و الزامات نظارتی»، «توانایی تولید نانو ساختارهای پیچیده» و «گواهی های بین المللی» از بالاترین اولویت برخوردار بودند.

«کیفیت و انطباق» در رتبه بندی تأمین کنندگان نانو دارو اهمیت دارد زیرا ایمنی، اثربخشی و اعتماد به داروها را تضمین کرده و رعایت استانداردهای قانونی و نظارتی مانند شیوه خوب تولید و سازمان غذا و داروی آمریکا^۱ ریسک مشکلات قانونی و جریمه ها را کاهش می دهد (پادرلا و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، کیفیت انطباق سلامت بیماران را تضمین می کند، چرا که کوچک ترین انحراف در مواد اولیه می تواند اثربخشی دارو را کاهش داده یا عوارض جانبی ایجاد کند (اسد و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، این معیار باعث ثبات و قابلیت تکرار تولید می شود؛ زیرا نانو داروها فرآیندهای پیچیده ای دارند و تأمین کننده ای که کیفیت انطباق بالایی داشته باشد، اطمینان می دهد مواد ورودی همیشه مطابق مشخصات فنی و استانداردها هستند و تولید پایدار باقی می ماند. از نظر اقتصادی نیز رعایت کیفیت انطباق باعث کاهش هزینه های غیرمستقیم و ریسک های ناشی از بازگشت محصولات، دورریز و تاخیر در عرضه می شود. در نهایت، کیفیت انطباق اعتماد مشتریان و بیماران را افزایش داده و به عنوان یک مزیت رقابتی در بازار داروهای پیشرفته عمل می کند. بنابراین، این معیار

^۱ FDA: Food and Drug Administration

نه تنها مسائل قانونی و تولیدی را پوشش می‌دهد، بلکه بر سلامت بیماران، پایداری تولید، هزینه‌ها و جایگاه بازار تأثیر مستقیم دارد و از این رو، حیاتی برای رتبه‌بندی تأمین کنندگان نانو دارو محسوب می‌شود (نیچهارا و بالاکریشن، ۲۰۰۶). «توان فنی و نوآوری» نیز در رتبه‌بندی تأمین کنندگان نانو دارو اهمیت دارد، زیرا کیفیت و اثربخشی داروهای پیشرفته را تضمین کرده، تولید پایدار را ممکن می‌سازد و ریسک شکست در فرایندهای حساس نانو دارویی را کاهش می‌دهد (والدز خوآرز و کاستیو ورگارا، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، نوآوری در تأمین کنندگان نانو دارو باعث ایجاد مزیت رقابتی، بهبود کارایی دارو، کاهش اثرات جانبی، توسعه محصولات جدید و افزایش انعطاف‌پذیری و پایداری زنجیره تأمین می‌شود (پادرا و همکاران، ۲۰۲۵).

"ایمنی و ریسک" نیز به‌عنوان معیاری برای رتبه‌بندی تأمین کنندگان نانو دارو اهمیت دارد، زیرا مستقیماً بر سلامت بیماران و پایداری زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. تأمین کنندگان با مدیریت مناسب ریسک و رعایت استانداردهای ایمنی، احتمال خطا، تأخیر در عرضه و هزینه‌های اضافی را کاهش می‌دهند و اعتماد بیماران و نهادهای نظارتی را افزایش می‌دهند، بنابراین این معیار برای تضمین کیفیت، کاهش هزینه و تقویت جایگاه بازار حیاتی است (کاتزاگون و همکاران، ۲۰۲۲؛ مارتین و همکاران، ۲۰۲۳).

۲.۵. محدودیتها و اثرات تحقیق

پرسش‌نامه‌های این پژوهش بر اساس نظرات نمونه‌ای از خبرگان در کشور ایران تکمیل شده‌اند؛ بنابراین در صورت تغییر تعداد خبرگان یا محدودیت جغرافیایی آنها، ممکن است وزن معیارها و در نتیجه رتبه‌بندی تأمین کنندگان دستخوش تغییر شود. همچنین، معیارها و داده‌های به‌کاررفته در این مطالعه متناسب با وضعیت کنونی صنعت نانو دارو تدوین شده‌اند؛ از آنجا که این صنعت بسیار پویا و در حال تحول است، احتمال می‌رود در آینده نیاز به بازنگری یا افزودن معیارهای جدید ارزیابی احساس شود. با این حال نتایج این پژوهش دارای دلالت‌های نظری و عملی مهمی است. از منظر نظری، تحقیق حاضر با معرفی و به‌کارگیری مدل پرامسیس فازی در زمینه انتخاب تأمین کنندگان نانو دارو، یک روش با قابلیت اطمینان بالا جهت رتبه‌بندی تأمین کنندگان ارائه می‌دهد. از منظر عملی، یافته‌ها می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیرندگان صنعت داروسازی کمک کند تا با ارزیابی جامع‌تر و دقیق‌تر، تأمین کنندگانی را انتخاب کنند که علاوه بر کیفیت و هزینه، در حوزه‌هایی چون ایمنی نانوذرات، پایداری زیست‌محیطی و قابلیت نوآوری نیز ارزش آفرین باشند.

۳.۵. زمینه‌های تحقیقات آتی

مسیرهای متعددی برای توسعه و گسترش پژوهش در آینده وجود دارد. یکی از مهم‌ترین آن‌ها تعمیم مطالعه به سایر حوزه‌های مرتبط با صنایع دارویی، همچون بیوداروها و واکسن‌های پیشرفته است که از نظر حساسیت و پیچیدگی شباهت زیادی به نانو داروها دارند. همچنین می‌توان از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند دیمتل یا الکتراه فازی برای تحقیقات آتی استفاده کرد. استفاده از اعداد فازی نوع ۲ نیز می‌تواند زمینه‌ای دیگری برای تحقیقات آتی باشد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

منابع و ماخذ

- ابونوری، دیبا و بهشتی‌نیا، محمدعلی. (۱۴۰۴). تدوین و اولویت‌بندی استراتژی‌های اقتصادی تأمین‌کنندگان صنعت خودرو با روش ماتریس SWOT و تحلیل QSPM: مطالعه موردی شرکت گسترش تک. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۵)، ۱-۲۷. <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.37968.1028>
- شفیعی نیکابادی، محسن. (۱۴۰۴). مدلی برای شایستگی‌های کلیدی مدیران زنجیره ارزش و زنجیره تأمین. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۴)، ۲۵-۴۰. doi:<https://doi.org/10.22075/svcm.2025.36997.1025>

References

- Alamroshan, F., La'li, M., & Yahyaei, M. (2022). The green-agile supplier selection problem for the medical devices: a hybrid fuzzy decision-making approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 6793-6811. <https://doi.org/10.1007/s11356-02-1-14690-z>
- Arunyanart, S., & Khumpang, P. (2025). A decision-making framework for evaluating medical equipment suppliers under uncertainty. *Scientific Reports*, 15(1), 9858. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93389-4>
- Asad, S., Jacobsen, A.-C., & Teleki, A. (2022). Inorganic nanoparticles for oral drug delivery: opportunities, barriers, and future perspectives. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 38, 100869. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2022.100869>
- Beheshtinia, M., & Nemati-Abozar, V. (2017). A Novel Hybrid Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Supplier Selection Problem (A Case Study in Advertising industry). *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9(4), 65-79. https://www.jise.ir/article_16181_3f3b24e1437ed703b42e8965916bf064.pdf
- Beheshtinia, M. A., Bahrami, F., Fathi, M., & Asadi, S. (2023). Evaluating and prioritizing the healthcare waste disposal center locations using a hybrid multi-criteria decision-making method. *Scientific Reports*, 13(1), 15130. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42455-w>
- Beheshtinia, M. A., Jafari Kahoo, S., & Fathi, M. (2023). Prioritizing healthcare waste disposal methods considering environmental health using an enhanced multi-criteria decision-making method. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 35(1), 2218568. <https://doi.org/10.1080/26395940.2023.2218568>
- Bhosale, T., & Umap, H. (2024). Evaluating and Selecting a Supplier in a Healthcare Supply Chain Using the Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution Under Intuitionistic Fuzzy Environment. *The International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 24(1), 19-29. <https://doi.org/10.5391/IJFIS.2024.24.1.19>
- Cazzagon, V., Giubilato, E., Pizzol, L., Ravagli, C., Doumet, S., Baldi, G., Blosi, M., Brunelli, A., Fito, C., Huertas, F., Marcomini, A., Semenzin, E., Zabeo, A., Zanoni, I., & Hristozov, D. (2022). Occupational risk of nano-biomaterials: Assessment of nano-enabled magnetite contrast agent using the BIORIMA Decision Support System. *NanoImpact*, 10(3), 25. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2021.100373>
- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., & Chakraborty, S. (2023). An integrated G-MACONT approach for healthcare supplier selection. *Grey Systems: Theory and Application*, 14(2), 318-336. <https://doi.org/10.1108/gs-07-2023-0068>
- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., & Chakraborty, S. (2024a). Dynamic grey relational analysis-based supplier selection in a health-care unit. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 19(1), 22-36. <https://doi.org/10.1108/ijphm-11-2023-0098>
- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., & Chakraborty, S. (2024b). On solving a healthcare supplier selection problem using MCDM methods in intuitionistic fuzzy environment. *OPSEARCH*, 61(2), 680-708. <https://doi.org/10.1007/s12597-023-00733-1>
- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., & Chakraborty, S. (2025). An integrated decision-making tool for pharmaceutical supplier selection. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*. <https://doi.org/10.1108/ijphm-03-2025-0020>

- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., Chatterjee, S., & Chakraborty, S. (2023). A comparative analysis of Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) model for healthcare supplier selection in fuzzy environments. *Decision Analytics Journal*, 8, 100290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100290>
- Farokhnia, M., & Beheshtinia, M. A. (2018). A three-dimensional house: extending quality function deployment in two organizations. *Management Decision*, 57(7), 1589-1608. <https://doi.org/10.1108/md-06-2017-0588>
- Forghani, A., Sadjadi, S. J., & Farhang Moghadam, B. (2018). A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA, Z-TOPSIS and MILP :A case study. *PLOS ONE*, 13(8), e0201604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201604>
- Manivel, P., & Ranganathan, R. (2019). An efficient supplier selection model for hospital pharmacy through fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *International Journal of Services and Operations Management*, 33(4), 468-493. <https://doi.org/10.1504/ij som.2019.101588>
- Martin, C., Nourian, A., Babaie, M., & Nasr, G. G. (2023). Environmental, health and safety assessment of nanoparticle application in drilling mud – Review. *Geoenergy Science and Engineering*, 226, 211767. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.211767>
- Modibbo, U. M., Hassan, M., Ahmed, A., & Ali, I. (2022). Multi-criteria decision analysis for pharmaceutical supplier selection problem using fuzzy TOPSIS. *Management Decision*, 60(3), 806-836. <https://doi.org/10.1108/md-10-2020-1335>
- Nijhara, R., & Balakrishnan, K. (2006). Bringing nanomedicines to market: regulatory challenges, opportunities, and uncertainties. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 2(2), 127-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nano.2006.04.005>
- Padrela, L., Mouras, R., & Killackey, D. (2025). Innovation testbeds as enabling ecosystems driving nanopharmaceuticals to market. *Drug Discovery Today*, 30(8), 104433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.drudis.2025.104433>
- Pourghahreman, N., & Ghatari, A. (2015). Supplier selection in an agent based pharmaceutical supply chain: An application of TOPSIS and PROMETHEE II. *Uncertain Supply Chain Management*, 3, 231-240. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2015.4.001>
- Raveena, R., & Umamaheswari, S. (2025). Integrated MCDM framework for sustainable pharmacy supplier selection using pioneering criteria with fuzzy TOPSIS SVR and GRA. *Scientific Reports*, 15(1), 19144. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02975-z>
- Sheykhizadeh, M., Ghasemi, R., Vandchali, H. R., Sepehri, A., & Torabi, S. A. (2024). A hybrid decision-making framework for a supplier selection problem based on lean, agile, resilience, and green criteria: a case study of a pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 26(12), 30969-30996. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04135-7>
- Tavana, M., Nazari-Shirkouhi, S., & Farzaneh Kholghabad, H. (2021). An integrated quality and resilience engineering framework in healthcare with Z-number data envelopment analysis. *Health Care Management Science*, 24(4), 768-785. <https://doi.org/10.1007/s10729-021-09550-8>
- Torkayesh, A. E., Hashemkhani Zolfani, S., Kahvand, M., & Khazaelpour, P. (2021). Landfill location selection for healthcare waste of urban areas using hybrid BWM-grey MARCOS model based on GIS. *Sustainable Cities and Society*, 67, 102712. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102712>
- Valdez-Juárez, L. E., & Castillo-Vergara, M. (2021). Technological Capabilities, Open Innovation, and Eco-Innovation: Dynamic Capabilities to Increase Corporate Performance of SMEs. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/joitmc7010008>
- Van Stralen, K. J., Jager, K. J., Zoccali, C., & Dekker, F. W. (2008). Agreement between methods. *Kidney International*, 74(9), 1116-1120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/ki.2008.306>