

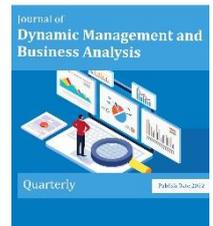


Journal Website

Article history:
Received 11 August 2025
Revised 22 November 2025
Accepted 28 November 2025
Published online 26 December 2025

Dynamic Management and Business Analysis

Volume 4, Issue 4, pp 1-27



E-ISSN: 3041-8933

Determining the Value of Influential Indicators in Green Product Pricing Using Goal Programming

Somayah. Sazegari¹, Sayyed Mohammadreza. Davoodi^{2*}, Alireza. Goli³

¹ Department of Management, Deh.C., Islamic Azad University, Dehaghan, Iran

² Associate Professor of Management, Deh.C., Islamic Azad University, Dehaghan, Iran

³ Department of Industrial Engineering and Future Studies, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran

* Corresponding author email address: smrdavoodi@ut.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Sazegari, S., Davoodi, S. M., & Goli, A. (2025). Determining the Value of Influential Indicators in Green Product Pricing Using Goal Programming. *Dynamic Management and Business Analysis*, 4(4), 1-27.

<https://doi.org/10.61838/dmbaj.228>



© 2025 the author(s). Published by Knowledge Management Scientific Association. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

Objective: This study was conducted with the aim of determining the value of influential indicators in the pricing of green products using the goal programming method.

Methodology: The research is developmental-applied in nature. The statistical population includes a number of senior managers and responsible experts active in the selected home appliance industry, as well as several university professors specializing in the field of green supply chains. A sample of 20 individuals was selected. Research data were collected from nine home appliance companies and analyzed during the period from 2020 to 2023 (Gregorian Calendar).

Findings: In this study, seven indicators were validated using the fuzzy Delphi method. Subsequently, the importance of each of the seven identified factors was calculated based on the fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP). The criterion of environmental management costs ranked first with a weight of 0.1734, the criterion of the number of green products produced in the factory ranked second with a weight of 0.15, and the criterion of green innovation costs ranked third with a weight of 0.1497. Then, the importance of the goals of the home appliance companies was determined using the fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA) approach. The results indicated that Company A, with an efficiency score of 1, had the best efficiency and the greenest supply chain, while Company H, with an efficiency score of 0.69, had the lowest efficiency—highlighting the need for more attention to low-efficiency companies. Finally, by determining the importance of the indicators (via the fuzzy AHP method) and the importance of the goals of home appliance companies (via the fuzzy DEA method), a goal programming problem was implemented by considering a shared goal in Company A.

Conclusion: Therefore, by determining the value of each indicator, it was clarified to what extent home appliance manufacturers should invest in each indicator for green product pricing.

Keywords: green product, pricing, multi-criteria decision-making approach, fuzzy data envelopment analysis, goal programming.



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Amid increasing environmental degradation and consumer awareness, industries worldwide are shifting toward sustainable production and supply chain practices. One of the key domains in this transition is green product pricing, which plays a critical role in aligning corporate profitability with environmental responsibility. The green supply chain integrates environmental thinking into traditional supply chain management, covering product design, material sourcing, manufacturing processes, delivery mechanisms, and end-of-life product management (Tseng et al., 2019). As market competition intensifies and sustainability becomes a norm rather than a choice, organizations must now incorporate ecological considerations into their pricing models to remain competitive (Zhang et al., 2023).

Green pricing differs from conventional pricing by incorporating factors such as green innovation costs, environmental management expenses, and the volume of green products manufactured. This multidimensionality increases complexity in decision-making and requires organizations to adopt robust analytical frameworks (Li & Shan, 2023). Within this context, multi-criteria decision-making (MCDM) approaches, particularly goal programming and fuzzy logic-based models, have emerged as powerful tools for handling trade-offs between multiple, often conflicting objectives. Fuzzy Delphi and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) offer structured methods for eliciting expert opinions and quantifying the relative importance of various criteria under uncertainty (Mokhlesabadi & Hashemi Gohar, 2022; Torkashvand et al., 2023).

Several studies have stressed the need to integrate green metrics into pricing strategies. For instance, (Zaid et al., 2018) demonstrated that green supply chain practices, when effectively integrated with human resource strategies, can significantly improve sustainability performance. Likewise, (Hou et al., 2023) emphasized that green product promotion strategies under manufacturer encroachment are heavily influenced by producers' risk aversion behavior and environmental investment levels. Moreover, environmental management costs were found to be critical in organizational performance across various sectors, reinforcing their strategic significance in green pricing models (Beidat et al., 2020).

Despite the growing body of international research on green supply chain management and pricing strategies, the Iranian home appliance industry remains under-explored. With its unique market dynamics and growing regulatory focus on sustainability, this sector presents a fertile ground for applying integrated quantitative models to determine the value of key pricing indicators. Given this backdrop, the present study aims to identify and quantify the most influential indicators in green product pricing using a goal programming approach, enhanced with fuzzy Delphi, FAHP, and Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA). The study also explores the efficiency of various companies within the industry to recommend targeted improvements.

Methodology

This research adopted a developmental-applied approach. The statistical population included senior managers and expert consultants from selected companies in the home appliance sector, as well as university professors specialized in green supply chain management. A purposive sample of 20

participants was selected. Data were collected from nine companies operating in the industry over a four-year period, from 2020 to 2023.

To identify and validate the key pricing indicators, the fuzzy Delphi method was employed. FAHP was then used to determine the weight and relative importance of each indicator. The fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA) approach was utilized to assess the operational efficiency of each company in relation to their sustainability goals. Finally, a goal programming model was constructed, incorporating both the weighted indicators and the corporate goals of one selected company, identified as the most efficient, to determine optimal values for investment in each indicator.

Findings

Seven pricing indicators were validated through the fuzzy Delphi process. These included: environmental management costs, number of green products produced, green innovation costs, carbon emissions per product, energy consumption per unit, recyclability score, and packaging sustainability. FAHP analysis revealed that environmental management costs were the most significant indicator with a weight of 0.1734. This was followed by the number of green products produced (0.15) and green innovation costs (0.1497). Other indicators ranked lower in importance but were still considered relevant.

The FDEA results showed considerable variation in the efficiency of companies' green supply chains. Company A achieved a perfect efficiency score of 1.00, signifying optimal alignment between inputs (investments in green indicators) and outputs (sustainability outcomes). In contrast, Company H recorded the lowest efficiency score of 0.69, suggesting underperformance and the need for strategic realignment.

The final stage involved implementing a goal programming model using Company A as a reference. By incorporating a shared sustainability goal, the model calculated optimal investment values across the validated indicators. These values aimed to balance environmental, economic, and operational priorities effectively, providing a strategic blueprint for green product pricing in the home appliance industry.

Discussion and Conclusion

The results of this study highlight the centrality of environmental management costs in green product pricing decisions. Companies that prioritize structured environmental practices tend to experience better efficiency and competitiveness in their green supply chains. Additionally, the number of green products produced emerged as a proxy for a company's commitment to sustainability, influencing consumer perception and market positioning. Green innovation, while capital-intensive, was shown to contribute significantly to long-term value creation, validating its high rank among pricing indicators.

The application of FAHP and FDEA proved effective in revealing nuanced insights into the strategic priorities of companies. The discrepancies in efficiency scores suggest that while some firms have integrated sustainability deeply into their operations, others lag behind and may benefit from targeted investment and policy support. The integration of these findings into a goal programming model allowed for the formulation of optimized investment strategies aligned with organizational goals. This methodological approach offers a comprehensive decision-support framework adaptable to various industrial contexts.



While the study focused on the Iranian home appliance sector, the methodology is generalizable to other sectors and regions with appropriate contextual adjustments. The use of integrated fuzzy models bridges the gap between qualitative expert input and quantitative decision-making, making them particularly valuable in environments characterized by uncertainty and complexity. Managers are encouraged to adopt similar models for pricing decisions that reconcile economic viability with environmental stewardship.



تعیین مقدار شاخص‌های تاثیر گذار در قیمت گذاری محصولات سبز با روش برنامه‌ریزی آرمانی

سمیه سازگاری^۱، سید محمد رضا داودی^{۲*}، علیرضا گلی^۳

۱. گروه مدیریت، واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهقان، ایران

۲. دانشیار مدیریت، واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهقان، ایران

۳. گروه مهندسی صنایع و آینده پژوهی، دانشکده فنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: smrdavoodi@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

سازگاری، سمیه، داودی، سید محمد رضا، و گلی، علیرضا. (۱۴۰۴). تعیین مقدار شاخص‌های تاثیر گذار در قیمت گذاری محصولات سبز با روش برنامه‌ریزی آرمانی. *مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار*، ۴(۴)، ۲۷-۱.



© ۱۴۰۴ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده(گان) است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY 4.0) صورت گرفته است.

هدف: این پژوهش با هدف تعیین مقدار شاخص‌های تاثیر گذار در قیمت گذاری محصولات سبز با روش برنامه ریزی آرمانی انجام شده است. **روش‌شناسی:** روش تحقیق توسعه‌ای - کاربردی است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تعدادی از مدیران عالی و کارشناسان مسئول فعال در حوزه صنعت لوازم خانگی منتخب و تعدادی از اساتید دانشگاهی در حوزه زنجیره تأمین سبز بودند که ۲۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند. اطلاعات پژوهش از ۹ شرکت لوازم خانگی جمع‌آوری شده است که در بازه زمانی ۱۴۰۲-۱۳۹۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. **یافته‌ها:** در این پژوهش با استفاده از روش دلفی فازی ۷ شاخص مورد تایید قرار گرفت سپس اهمیت هر یک از ۷ عامل شناسایی شده براساس روش تحلیل سلسه مراتبی فازی محاسبه شد. معیار هزینه‌های مدیریت زیست محیطی با وزن ۰/۱۷۳۴ رتبه اول، معیار تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه با وزن ۰/۱۵ رتبه دوم و معیار هزینه نوآوری سبز با وزن ۰/۱۴۹۷ رتبه سوم را به خود اختصاص داد. سپس اهمیت آرمان‌های شرکت‌های لوازم خانگی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی تعیین شد، نتایج نشان داد که شرکت آ با امتیاز کارایی ۱ دارای بهترین کارایی و سبز ترین زنجیره تامین است و شرکت ح با امتیاز کارایی ۰/۶۹ دارای بدترین کارایی می‌باشد، که لزوم توجه بیشتر به شرکت‌های دارای کارایی پایین احساس شد. سرانجام با تعیین اهمیت شاخص‌ها که توسط روش تحلیل سلسه مراتبی فازی و اهمیت آرمان‌های شرکت‌های لوازم خانگی که توسط روش تحلیل پوششی داده‌های فازی تعیین شد، مسأله برنامه ریزی آرمانی با در نظر گرفتن یک آرمان مشترک در شرکت لوازم خانگی آ به اجرا درآمد. **نتیجه‌گیری:** بنابراین با تعیین مقدار هر یک از آنها مشخص شد که شرکت‌های تولیدکننده لوازم خانگی برای قیمت گذاری تا چه حد باید در هر یک از شاخص‌ها سرمایه گذاری نمایند.

کلیدواژه‌گان: محصول سبز، قیمت گذاری، رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل پوششی داده‌های فازی، برنامه ریزی آرمانی

رشد فزاینده نگرانی‌های زیست‌محیطی، فشارهای بین‌المللی برای کاهش آلاینده‌ها و توسعه پایدار، صنایع را ناگزیر کرده است تا به‌سوی استراتژی‌هایی مبتنی بر پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی حرکت کنند. در این میان، مفهوم توسعه سبز و زنجیره تأمین سبز به‌عنوان ابزاری حیاتی برای پاسخگویی به این چالش‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Hou et al., 2023). زنجیره تأمین سبز نه تنها منجر به بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی می‌شود، بلکه توان رقابتی شرکت‌ها را در بازارهای جهانی ارتقاء می‌دهد (Abaku & Odimarha, 2024; Dai & Ye, 2022). در این چارچوب، یکی از اجزای کلیدی در موفقیت این زنجیره‌ها، مکانیزم قیمت‌گذاری محصولات سبز است که پیچیدگی‌ها و ملاحظات خاص خود را دارد.

قیمت‌گذاری سبز، فرایندی هوشمندانه و چندوجهی است که در آن علاوه بر مؤلفه‌های سنتی مانند هزینه‌های تولید، حمل‌ونقل و بازار، عوامل زیست‌محیطی نظیر هزینه‌های نوآوری سبز، بازیافت‌پذیری، و میزان مصرف انرژی نیز لحاظ می‌شود (Li & Shan, 2023). اهمیت این موضوع تا حدی است که اتخاذ تصمیمات نادرست در قیمت‌گذاری می‌تواند به کاهش استقبال بازار از محصولات سبز منجر شود و تعادل بین سودآوری و پایداری را مختل سازد (Barman et al., 2022; Gosling et al., 2016). از سوی دیگر، تنظیم قیمت محصولات سبز نیازمند درک صحیحی از میزان تأثیر هر شاخص در چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره است که این خود مستلزم بهره‌گیری از رویکردهای علمی و ابزارهای پیشرفته مانند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) است (Mokhlesabadi & Hashemi, 2023; Gohar, 2022; Torkashvand et al., 2023).

در دهه اخیر، مطالعات گسترده‌ای بر روی زنجیره تأمین سبز و راهکارهای بهینه‌سازی عملکرد آن با تمرکز بر متغیرهایی نظیر نوآوری سبز، برندسازی محیط‌زیستی، و هزینه‌های زیست‌محیطی انجام گرفته است. به‌عنوان نمونه، پژوهش Luthra و همکاران (۲۰۱۶) بر عوامل موفقیت حیاتی در پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنایع خودرو تمرکز داشته و بر اهمیت تحلیل دقیق این عوامل تأکید کرده‌اند (Luthra et al., 2016). همچنین، تحقیق Zhang و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده است که مدل‌های قراردادهای قیمت‌گذاری و اشتراک هزینه، در ساختارهای قدرت مختلف زنجیره تأمین می‌توانند مزیت‌های رقابتی پایدار ایجاد کنند (Zhang et al., 2023). با این حال، خلأ موجود در مطالعات حوزه صنعت لوازم‌خانگی ایران، به‌ویژه در بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی آرمانی برای تعیین مقادیر شاخص‌های تأثیرگذار بر قیمت‌گذاری محصولات سبز، ضرورت انجام مطالعه حاضر را دوچندان می‌کند.

صنعت لوازم‌خانگی ایران که قدمتی بیش از یک قرن دارد، با چالش‌های متعددی از جمله ضعف در همگرایی با ملاحظات زیست‌محیطی و عدم به‌کارگیری سازوکارهای نوین قیمت‌گذاری سبز روبه‌رو است (Kalina et al., 2022). با وجود تلاش‌هایی برای هم‌راستاسازی این صنعت با اهداف توسعه پایدار، هنوز مدلی جامع برای تخصیص بهینه منابع در فرآیند قیمت‌گذاری محصولات سبز در این حوزه تدوین نشده است. از این رو، استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی به‌عنوان یکی از روش‌های پیشرفته تصمیم‌گیری چندهدفه، می‌تواند بستری مناسب برای طراحی سیاست‌های مؤثر در قیمت‌گذاری فراهم آورد. این روش قابلیت در نظر گرفتن آرمان‌های مختلف سازمان و تعیین مقدار بهینه برای متغیرهای تصمیم را دارد (Abbasi & Choukolaei, 2023; Tseng et al., 2019).

پژوهش‌های گذشته نیز بر ضرورت تلفیق روش‌های کمی مانند تحلیل پوششی داده‌های فازی و برنامه‌ریزی آرمانی در تحلیل عملکرد زنجیره تأمین سبز تأکید کرده‌اند. برای مثال، مطالعه Shoga و همکاران (۲۰۲۰) بر کارایی زنجیره‌های چندمرحله‌ای در شرایط وجود عوامل منفی تمرکز داشته و نشان داده است که مدل SBM در DEA می‌تواند تحلیل دقیقی از کارایی سازمان‌ها ارائه دهد (Shoga et al., 2020).

همچنین، Liao و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی تأثیر تحول دیجیتال بر کارایی زنجیره تأمین سبز، اثبات کرده‌اند که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین منجر به ارتقای عملکرد زیست‌محیطی و کاهش محدودیت‌های تأمین مالی می‌شود (Liao et al., 2024). این شواهد نشان‌دهنده پتانسیل بالای روش‌های نوین در بهینه‌سازی سیاست‌های قیمت‌گذاری سبز هستند.

از سوی دیگر، بررسی رفتار ریسک‌گریز تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در زنجیره تأمین نیز نقش قابل توجهی در تعیین استراتژی قیمت‌گذاری دارد. Kang و همکاران (۲۰۲۱) با مدل‌سازی زنجیره تأمین سبز در شرایط عدم قطعیت، تأکید کرده‌اند که شناخت صحیح از رفتار بازیگران زنجیره می‌تواند در طراحی بهتر قراردادهای قیمت‌گذاری مؤثر واقع شود (Kang et al., 2021). همچنین، پژوهش Gao و همکاران (۲۰۲۱) بر نقش سیاست‌های اکولبل (Eco-label) در افزایش هماهنگی و رقابت در زنجیره تأمین تأکید دارد (Gao et al., 2021).

با توجه به تجارب بین‌المللی و اقتضای داخلی، نیاز به مدلی بومی برای تعیین اهمیت شاخص‌های اثرگذار بر قیمت‌گذاری محصولات سبز در صنعت لوازم‌خانگی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. این مدل باید هم‌زمان قابلیت لحاظ کردن آرمان‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی را داشته و امکان اولویت‌بندی شاخص‌ها و تخصیص بهینه منابع را فراهم آورد. از این رو، تحقیق حاضر با بهره‌گیری از رویکردهای کمی مانند دلفی فازی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)، به تعیین مقدار قابل قبول برای شاخص‌های تأثیرگذار در قیمت‌گذاری محصولات سبز در شرکت‌های تولیدکننده لوازم‌خانگی می‌پردازد (Dai & Ye, 2022; Hou et al., 2019; Zaid et al., 2018). لذا، این پژوهش با هدف تعیین مقدار شاخص‌های تأثیرگذار در قیمت‌گذاری محصولات سبز با روش برنامه ریزی آرمانی انجام شد.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر هدف یک پژوهش توسعه‌ای- کاربردی است که در آن به تعیین مقدار شاخص‌های تأثیرگذار در قیمت‌گذاری محصولات سبز با روش برنامه ریزی آرمانی پرداخته شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تعدادی از کارشناسان و خبرگان صنعت لوازم خانگی و اساتید دانشگاه در حوزه زنجیره تأمین سبز می‌باشد، که تعداد آن‌ها ۲۰ نفر است. جمع آوری داده‌های مورد نیاز برای این پژوهش به سه صورت کتابخانه‌ای، مراجعه به اسناد و مدارک و میدانی است. در روش میدانی با استفاده از پرسشنامه و توزیع آن در بین جامعه آماری داده‌های مورد نیاز برای انجام پژوهش، جمع آوری شد. پرسشنامه طراحی شده در اختیار تمامی مدیران عالی، اساتید دانشگاه و کارشناسان فعال در حوزه زنجیره تأمین سبز که دارای شرایط خبرگی حداقل سن ۳۵ سال، حداقل سابقه ۱۰ سال و حداقل تحصیلات کارشناسی داشته باشند، قرار داده شده است. لازم به توضیح است اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند سنتی کمی سازی دیدگاه افراد، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با عبارات کلامی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در این پژوهش ابتدا با استفاده از دور مذاکرات دلفی به شیوه فازی مهمترین شاخص‌ها برای قیمت‌گذاری محصول سبز تعیین می‌شوند. در ادامه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی اهمیت هر یک از شاخص‌ها تعیین می‌شود. سپس تعدادی آرمان برای شرکت‌های تولیدکننده لوازم خانگی برای تعیین درجه قیمت‌گذاری محصول سبز در آن‌ها تعیین شد. سپس آرمان‌های تعریف شده براساس شرکت‌های تولیدکننده محصول سبز در لوازم خانگی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی اولویت بندی شدند؛ و با اعمال وزن بدست آمده در یک برنامه



ریزی آرمانی فرموله می‌شود. بدین ترتیب، چارچوب پیشنهادی در راستای توسعه تلاش‌های قبلی در این حوزه بوده است تا به تصمیم‌گیری‌های آتی برای مدیران کمک نماید.

در این پژوهش، با توجه به اینکه از ابتدا برای قدم برداشتن در مراحل تحقیق، پروتکل‌هایی تعریف می‌شود بنابراین دارای قابلیت اعتبار، تایید است. همچنین، با توجه به اینکه کلیه مراحل تحقیق به روشنی معرفی و بیان شده‌اند، لذا قابل انتقال و تعمیم به پژوهش‌های دیگر نیز می‌باشد. سرانجام، با توجه به اینکه در طول تحقیق همواره سعی می‌شود تا مدلی در خور و مناسب تهیه و ساخته شود، محقق با مقایسه آن در مقابل مدل‌های موجود تلاش می‌کند تا از مدل ساخته شده در ذهن خواننده اطمینان ایجاد نماید.

در جدول ۱، مشارکت کنندگان از حیث جنسیت، تحصیلات رشته شغلی نشان داده شده است.

جدول ۱

پایایی همگرا در معیارهای تحقیق

جدول ۱- ویژگی جمعیت شناختی مشارکت کنندگان

دیف	رشته تحصیلی و مقطع تحصیلی	سابقه کار	سمت	سن
۱	مدیریت مالی	فوق لیسانس	مدیر مالی	۳۸
۲	مدیریت اجرایی	فوق لیسانس	مدیر اداری	۴۰
۳	مدیریت صنعتی	لیسانس	مدیر انبار	۴۴
۴	مدیریت بازاریابی	لیسانس	مدیر خدمات پس از فروش	۵۰
۵	مدیریت صنعتی	دکتری	مدیر تولید	۴۲
۶	مهندسی صنایع	فوق لیسانس	مدیر کیفیت	۵۵
۷	مدیریت مالی	لیسانس	مدیر فروش	۴۳
۸	حسابداری	لیسانس	مدیر حسابداری	۴۲
۹	مهندسی مالی	فوق لیسانس	مدیر بازرگانی	۴۷
۱۰	مهندسی صنایع	فوق لیسانس	مدیر مهندسی	۴۰
۱۱	مدیریت صنعتی	لیسانس	مدیر خرید	۳۵
۱۲	اقتصاد	لیسانس	مدیر بازاریابی	۳۲
۱۳	حسابداری	۱۵ سال	مدیر مالی	۴۰
۱۴	صنایع	فوق لیسانس	مدیر تولید	۴۱
۱۵	مهندسی برق	فوق لیسانس	مدیر مهندسی	۴۵
۱۶	مدیریت مالی	دکتری	استاد دانشگاه	۴۷
۱۷	مهندسی مالی	دکتری	استاد دانشگاه	۴۴
۱۸	مدیریت صنعتی	دکتری	استاد دانشگاه	۴۵
۱۹	مدیریت صنعتی	دکتری	استاد دانشگاه	۴۶
۲۰	مدیریت صنعتی	دکتری	استاد دانشگاه	۴۲

الگوی کلی مراحل پژوهش حاضر در شکل ۱ ارائه شده است. هریک از مراحل اجرای پژوهش در ادامه تشریح شده است.

شکل ۱

مراحل انجام پژوهش



در این پژوهش، فرآیند ترکیبی تحلیل داده‌ها با توجه به اینکه در زمره استفاده از روش دلفی فازی، روش تحلیل سلسه مراتبی فازی، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی و برنامه ریزی آرمانی است، به طور کامل در این ذیل توضیح داده شده است.

شناسایی شاخص‌های تحقیق با استفاده از روش دلفی فازی

دلفی فازی روشی برای دستیابی به توافق از دیدگاه خبرگان مبتنی بر اصول محاسبات منطق فازی و سیستم استنتاج فازی است. در این روش کوشش می‌شود با استفاده از اعداد فازی و محاسبات فازی دیدگاه خبرگان بهتر بازنمایی می‌شود. بر طبق این روش، در گام نخست باید خبرگان شناسایی شوند. اصل ناشناسی مهم‌ترین نکته در اجرای این روش است به این معنا که اعضای پنل خبرگان نباید از وجود هم مطلع باشند. براساس قیده‌های مشخصی مانند تحصیلات و سابقه کاری مرتبط خبرگان را شناسایی می‌نماییم. تعداد ۶ تا ۱۲ نفر از خبرگان در این مرحله شناسایی می‌نماییم. بر طبق الگوریتم اجرای تکنیک دلفی فازی برای غربالگری نخست باید طیف فازی مناسبی برای فازی‌سازی عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان توسعه داد. برای این منظور می‌توان از روش‌های توسعه طیف فازی استفاده کرد یا از طیف‌های فازی متداول برای این منظور استفاده کرد. برای نمونه می‌توان از طیف پنج درجه مطابق جدول ۲ استفاده کرد. اعداد فازی مثلثی متناظر با طیف لیکرت ۵ درجه در این جدول نشان داده شده اند. در این جدول، با استفاده از روش مینکوفکسی مطابق رابطه (۱) فازی زدایی انجام می‌شود که مقدار قطعی متناظر هر مقدار کلامی و مقدار فازی و عدد مثلثی نوشته شده است.

$$X = m + \frac{U-L}{4} \quad (1)$$

که در رابطه (۲)، X مقدار قطعی فازی زدایی شده، m مقدار حد وسط در بازه مثلثی، U کران بالا مثلثی و L کران پایین بازه مثلثی است.

مقدار فازی	عدد فازی مثلثی	مقدار فازی	نماد	متغیر کلامی
۰.۰۶۲۵	(0,0,0.25)	$\tilde{1}$	UL	خیلی کم
۰.۳۱۲۵	(0,0.25,0.25)	$\tilde{2}$	L	کم
۰.۶۲۵	(0.25,0.5,0.25)	$\tilde{3}$	M	متوسط
۰.۸۷۵	(0.5,0.75,1)	$\tilde{4}$	H	زیاد
۱.۰۶۲۵	(0.75,1,1)	$\tilde{5}$	VH	خیلی زیاد

اگر مطابق با جدول ۲ فازی زدایی انجام شود، در اینصورت با انتخاب یک مقدار برای شدت آستانه، شاخص‌هایی که مقدار کمتر برای آستانه دارند حذف می‌شوند و روش دلفی برای راند بعدی ادامه داده می‌شود. راندهای دلفی تا جایی ادامه پیدا می‌کند که دیگر شاخصی حذف یا اضافه نشود.

اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش AHP فازی

روش AHP فازی این پژوهش برگرفته از روش میانگین هندسی باکلی می‌باشد. این روش به AHP فازی بهبود یافته (بسط یافته) معروف است. استفاده از روش آنالیز توسعه چانگ به علت محدودیت‌هایی که دارد (از جمله وزن صفر و منفی) در بیشتر مسائل پاسخگو نیست لذا از روش AHP فازی بهبود یافته استفاده می‌شود. گام‌های این روش در زیر آورده شده است.

فرض کنید \tilde{P}_{ij} مجموعه‌ای از ترجیحات تصمیم‌گیران در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها باشد. ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & \mathbf{1} & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

که n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. اوزان فازی هر شاخص ماتریس مقایسات زوجی به وسیله روش میانگین هندسی باکلی به دست می‌آید (Hsieh et al., 2004). میانگین هندسی ارزش مقایسات فازی شاخص i به هر شاخص از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

سپس وزن فازی آمین شاخص به وسیله یک عدد فازی مثلثی نشان داده می‌شود.

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_m)^{-1} \quad (3)$$

بعد از محاسبه فاکتورهای وزن فازی، به وسیله فرمول زیر وزن‌ها را دیفازی کرده و سپس نرمال می‌کنیم.

$$w_{crisp} = \frac{l + 2m + u}{4} \quad (4)$$

در این پژوهش جهت محاسبه وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۳

استفاده شده است.

جدول ۳

عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها

کد	اولویت ها	حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتا مهمتر	۱	۲	۳
۳	نسبتا مهم تر	۲	۳	۴
۴	نسبتا مهمتر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملا مهمتر	۷	۸	۹
۹	کاملا مهمتر	۸	۹	۱۰

تعیین اهمیت آرمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

برای اولویت بندی آرمان‌ها که در این تحقیق شرکت‌های تولید کننده محصولات سبز لوازم خانگی هستند از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. بنابراین، پیش از آنکه مسأله را به فرم برنامه ریزی آرمانی نوشته شود لازم است تا اولویت آرمان‌ها را تعیین شود. برای این منظور، تولید محصول سبز در شرکت‌های لوازم خانگی را به صورت یک زنجیره مطابق با نمودار زیر در نظر می‌گیریم. این شکل یک نوع از زنجیره متوالی را نشان می‌دهد که برای توسعه مدل به طور کلی در نظر گرفته شده است. برای مدلسازی ریاضی فرض می‌شود که یک مجموعه n تایی DMU_j از $j = 1, \dots, n$ به عنوان واحدهای تحت ارزیابی وجود دارد که مقداری ورودی در هر DMU مصرف می‌شود تا مقداری خروجی ایجاد شود. همچنین، برای ارتباط بین مراحل با یکدیگر تعدادی متغیر وجود دارد که به عنوان خروجی مرحله قبل به عنوان ورودی به مرحله بعد وارد سیستم می‌شوند. نمادگذاری متغیرهای اصلی به صورت زیر تعریف می‌شود.

x_i : ورودی به کل زنجیره است که وزن آن با v_i نشان داده می‌شود، $i = 1, \dots, I$

x_i^1 : بردار ورودی مرحله اول که وزن آن با w_{ir} نشان داده می‌شود، $i' = 1, \dots, I'$

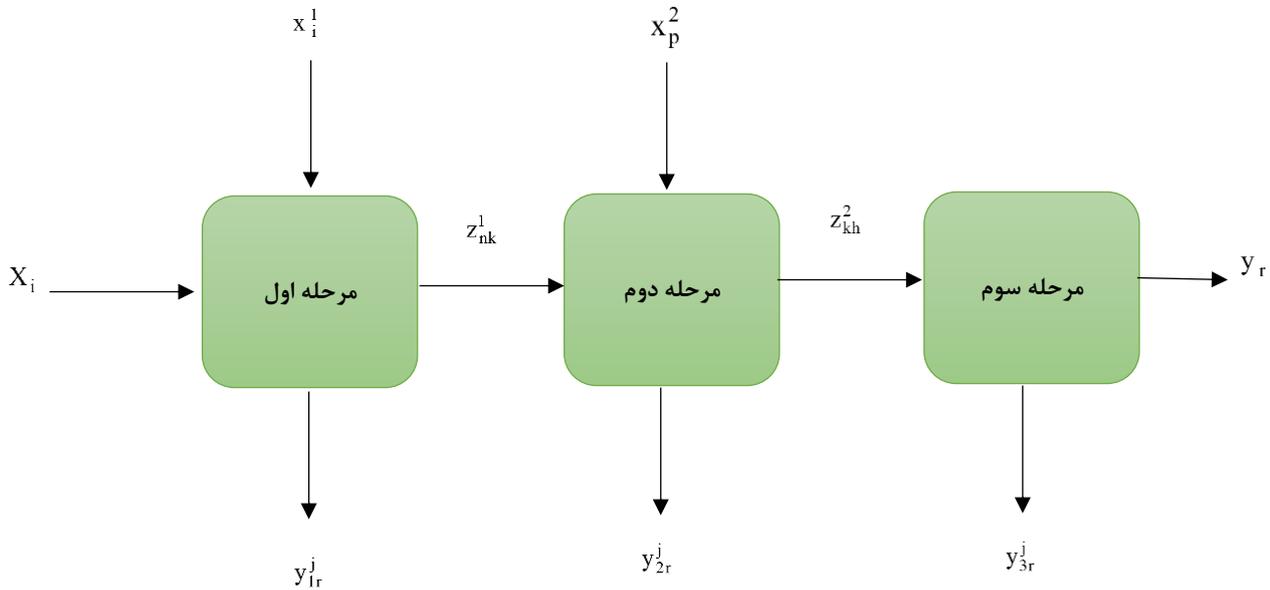
x_p^2 : بردار ورودی مرحله دوم که وزن آن با w'_{p} نشان داده می‌شود، $p = 1, \dots, P$

z_{nk}^1 : بردار خروجی که از مرحله اول خارج می‌شود و وارد مرحله دوم می‌شود. و وزن آن با η_n نشان داده می‌شود، $n = 1, \dots, N$

z_{kh}^2 : بردار خروجی که از مرحله دوم خارج می‌شود و وارد مرحله سوم می‌شود. و وزن آن با μ_k نشان داده می‌شود، $k = 1, \dots, K$

$y_{1r}^j, y_{2r}^j, y_{3r}^j$ خروجی‌های اختصاصی مراحل اول، دوم و سوم است که وزن آن‌ها با u'_r نشان داده می‌شود،

Y_r : بردار خروجی کلی زنجیره است که وزن آن با u_r نشان داده می‌شود، $r = 1, \dots, S$



سرانجام، مدل پیشنهادی به صورت مجموعه معادلات ۵ تا ۱۰ مطابق زیر تعریف می‌شود.

$$\max \theta = \sum_{r=1}^S u_r y_r + \sum_{k=1}^K \mu_k z_{kh}^2 + \sum_{n=1}^N \eta_n z_{nk}^1 + \sum_{r=1}^S u'_r y_{3r}^j + \sum_{r=1}^S u'_r y_{2r}^j + \sum_{r=1}^S u'_r y_{1r}^j \quad (5)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^I v_i x_i + \sum_{i'=1}^{I'} w_{i'} x_{i'}^1 + \sum_{p=1}^P w'_p x_p^2 + \sum_{k=1}^K \mu_k z_{kh}^2 + \sum_{n=1}^N \eta_n z_{nk}^1 = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^N \eta_n z_{nk}^1 + \sum_{r=1}^S u'_r y_{1r}^j - (\sum_{i=1}^I v_i x_i + \sum_{i'=1}^{I'} w_{i'} x_{i'}^1) \leq 0 \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^K \mu_k z_{kh}^2 + \sum_{r=1}^S u'_r y_{2r}^j - (\sum_{p=1}^P w'_p x_p^2 + \sum_{n=1}^N \eta_n z_{nk}^1) \leq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^S u_r y_r + \sum_{r=1}^S u'_r y_{3r}^j - \sum_{k=1}^K \mu_k z_{kh}^2 \leq 0 \quad (9)$$

$$u_r, v_i, \mu_k, \eta_n, u'_r, w_{i'}, w'_p \geq 0$$

(۱۰)

مدل (۵) قادر است امتیاز کارایی واحدهای تحت ارزیابی را محاسبه نماید. امتیاز کارایی محاسبه شده همواره بین صفر و یک قرار دارد. تابع هدف تضمین می‌کند که در زنجیره تأمین بیشترین خروجی ممکن محاسبه شود، محدودیت (۶) تضمین می‌کند که سطح ورودی‌ها افزایش پیدا نکند و ثابت نگه داشته شود. محدودیت‌های (۷) تا (۹) تضمین می‌کند که مقدار کارایی بیشتر از یک محاسبه نشود. رابطه (۱۰) با توجه به اینکه مدل سازی تحلیل پوششی داده‌ها جز برنامه ریزی خطی است، تضمین می‌کند که متغیرهای مسأله مثبت باشند. برای مدل ساخته شده دو مفهوم به شرح زیر تعریف می‌نماییم.

تعریف ۱: یک DMU مانند K را کارا می‌نامیم اگر و فقط اگر، تابع هدف θ برای مدل فوق دارای جواب بهینه برابر یک است. در

غیر اینصورت، ناکارا است.

تعریف ۲: اگر در مجموعه معادلات فوق همه متغیرها یک مقدار کاملاً مثبت داشته باشند، یا همه متغیرهای کمبود برابر صفر باشند، DMU تحت ارزیابی مانند K دارای جواب پارتو است.

برنامه ریزی آرمانی برای تعیین مقدار قابل قبول شاخص‌های قیمت گذاری

در این مرحله، آرمان‌های اولویت بندی شده بر اساس اهمیت آن‌ها که در مرحله قبل با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تعیین شده اند، در قالب یک مسأله برنامه ریزی چندهدفه برای اندازه گیری متغیرهای تصمیم فرمول بندی می‌شوند. برنامه‌ریزی آرمانی یکی از مهم ترین مدل‌های برنامه ریزی چندهدفه است که براساس آرمان‌هایی که یک سازمان درصدد نیل به آن‌ها است تعریف می‌شود. رویکرد برنامه ریزی آرمانی بر دو مشکل اصلی برنامه ریزی خطی فائق می‌آید اولاً، تک هدفه بودن و ثانیاً وجود محدودیت‌های صلب. بنابراین، برنامه ریزی آرمانی را می‌توان شکل توسعه یافته از مسائل برنامه ریزی خطی دانست. زیرا، در این نوع از برنامه ریزی علاوه بر در نظر گرفتن آرمان‌های مختلف؛ انحراف از آرمان‌ها مجاز است و از این رو انعطاف بیشتری در فرآیند تصمیم گیری ایجاد می‌کند. سرانجام، از این طریق این امکان را فراهم می‌کند که ترجیحات تصمیم گیرنده در مورد اهداف چندگانه و متضاد در نظر گرفته شود. برنامه ریزی آرمانی یک الگوی تصمیم گیری چند معیاره در حوزه جبرخطی است. این الگو به طور همزمان چند هدف را در بر می‌گیرد و بر اساس حداقل کردن انحراف از هدف‌ها تنظیم می‌شود. هنر اصلی برنامه ریزی آرمانی در نظر گرفتن محدودیت‌ها و آرمان‌ها همراه با متغیرهای تصمیم و همچنین از بین بردن و کم رنگ نمودن استدلال ضعیف انسانی در هنگام برنامه ریزی و تصمیم گیری است. روش برنامه ریزی آرمانی به منشور ارضا کردن نسبی اهداف است که این به معنی آن است که تصمیم گیرنده نمی‌تواند تمام اهداف را بصورت دلخواه ارضا کند. بدین دلیل در اینگونه تصمیمات تصمیم گیرنده سعی در بدست آوردن جوابی هر چه نزدیک تر به اهداف مورد نظر خود می‌کند. ساختار برنامه ریزی آرمانی عبارت است از:

الف) متغیرهای تصمیم: متغیرهای تصمیم مدل برنامه ریزی آرمانی همانند متغیرهای تصمیم مدل برنامه ریزی خطی هستند. متغیرهایی هستند که تصمیم گیرنده در صدد تعیین مقدار آن‌ها است.

ب) محدودیت‌های سیستمی: محدودیت‌های سیستمی مدل برنامه ریزی آرمانی همانند محدودیت‌های مدل LP است. یعنی امکان تخطی از چنین محدودیت‌هایی وجود ندارد و جواب مسأله باید در آن‌ها صدق کند.

ج) محدودیت‌های آرمانی: محدودیت‌های آرمانی، سطوح مورد نظر از هر هدف را نشان می‌دهند.

با لحاظ کردن موارد فوق الذکر، فرم کلی مدل برنامه ریزی آرمانی مطابق مسأله ۱۱ می‌باشد.

$$\min z = \sum_{i=1}^m (d_i^- + d_i^+) \quad (11)$$

$$s. t$$
$$\sum_{j=1}^n (a_{ij}x_j + d_i^- + d_i^+) = b_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

در مجموعه معادلات ۱۱، d_i^-, d_i^+ به ترتیب انحراف مطلوب و نامطلوب از هر یک از آرمان‌ها می‌باشد. x_j معیارهای تصمیم گیری می‌باشند و b_i بردار سمت راست در تصمیم گیری می‌باشد. تابع هدف تضمین می‌کند که انحراف نامطلوب از هر یک از آرمان‌ها مینیمم گردد.



محدودیت $\sum_{j=1}^n (a_{ij}x_j + d_i^- + d_i^+) = b_i$ ، تحقق آرمان i را تحقق می‌بخشد. همچنین، $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i$ محدودیت سیستمی برنامه ریزی خطی می‌باشد.

یافته‌ها

در این پژوهش از رویکرد دلفی فازی، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، روش تحلیل پوششی داده‌های فازی و برنامه ریزی آرمانی در یک مطالعه موردی به تعیین مقدار شاخص‌های تاثیر گذار در قیمت گذاری محصولات سبز با روش برنامه ریزی آرمانی پرداخته شده است. پس از بررسی‌های انجام شده در این تحقیق، اعضای پانل یا همان متخصصان و خبرگان که در دو بعد صنعت و دانشگاه به طور کلی طبقه بندی شده اند که پرسشنامه‌ها قرار است بین آن‌ها توزیع شود، شناسایی شده اند. خبرگان در طول این تحقیق به کسانی اطلاق می‌شود که در حوزه قیمت گذاری در حوزه لوازم خانگی تسلط کامل دارند که به وسیله روش نمونه‌گیری تصادفی تعیین شده اند. به طور کلی، ۲۰ نفر خبره شناسایی شده اند که در زمینه مورد مطالعه تخصص و تجربه داشتند، در گام بعدی فرمی طراحی شد که شامل موضوع پژوهش، هدف پژوهش و مدت زمان و تعداد دوره‌های تقریبی پژوهش بوده و این فرم در اختیار خبرگان شناسایی شده قرار داده شد و از آنان خواسته شد تا تمایل و موافقت خود را با مشارکت در این تحقیق اعلام دارند، هر ۲۰ خبره در مجموع تمایل و موافقت خود را برای پژوهش نشان دادند.

در این تحقیق با استفاده از مطالعات کائگ و همکاران (۲۰۲۱) و بارمان و همکاران (۲۰۲۱)، لیستی از عوامل و اقداماتی که در بحث قیمت گذاری محصول سبز مؤثر هستند شناسایی شدند. سپس یک غربال اولیه انجام شد و اقدامات تکراری یا مترادف حذف شدند که در نهایت مجموعاً تعداد ۱۵ عامل مؤثر بر قیمت گذاری شناسایی شده است. در جدول ۲، عوامل شناسایی شده برای مسأله نشان داده شده است. پس از شناسایی عوامل پژوهش به طراحی پرسشنامه و سؤالات پژوهش بر اساس بررسی انجام شده، اقدام شده است. پرسشنامه طراحی شده در این مرحله را پرسشنامه اولیه یا پرسشنامه دوره اول می‌نامند. به منظور تأیید روایی و پایایی پرسشنامه طراحی شده نسبت به محاسبه مقدار آلفای کرونباخ اقدام شده است. با توجه به اینکه مقدار آلفای کرونباخ ۰/۹۶۱ محاسبه شده است و بیشتر از ۰/۷ می‌باشد، بنابراین می‌توان اظهار داشت که پرسشنامه از پایایی بسیار خوبی برخوردار است.

در این مرحله ابتدا پرسشنامه‌های توزیع شده بین خبرگان (۲۰ خبره) جمع‌آوری گردید، پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های تکمیل شده که از ۲۰ پرسشنامه ارسالی، ۲۰ پرسشنامه بازگشت؛ دور اول تجمیع و مقدار امتیاز محاسبه شده هر یک از سؤالات محاسبه می‌شود و سپس بر اساس محاسبات انجام شده به تجزیه و تحلیل پرسشنامه اول پراخته شده است. در وهله اول تجمیع نظرات خبرگان را برای هر یک از سؤالات پرسشنامه به دست آورده شده است. جدول زیر نظرات ۲۰ خبره را برای پرسشنامه اول ارائه می‌کند. بعد از جمع‌آوری اطلاعات، مقدار امتیاز سؤالات پرسشنامه را برای ارزیابی میزان اهمیت هر یک از سؤالات محاسبه شده است. تا امکان مقایسه با شاخص آستانه مشخص شده ممکن گردد. در جدول ۴، مقدار فازی و دیفازی شده سؤالات پرسشنامه در مرحله اول نشان داده شده است. با توجه به جدول ۵، در ستون دیفازی به وسیله مقدار میانگین طیف، میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها مشخص شده است. در این تحقیق بر اساس نظرات خبرگان، سؤالاتی که مقدار دی فازی آن‌ها بیشتر از مقدار میانگین طیف (۳) باشد به عنوان سؤالات با اهمیت شناخته می‌شوند و سؤالاتی که مقدار دی فازی آن‌ها کمتر از مقدار میانگین طیف باشد به عنوان سؤالات (اقدامات) کم‌اهمیت تلقی می‌گردند.

جدول ۴

تجمیع نظرات خبرگان برای پرسشنامه دور اول

ردیف	اقدامات	۱ (بسیار کم)	۲ (کم)	۳ (متوسط)	۴ (زیاد)	۵ (بسیار زیاد)
۱	عوامل تأثیرگذار بر قیمت گذاری محصول سبز					
۱	درجه سبز بودن	۱	۴	۵	۱۰	
۲	قیمت فروش به بازار برای استفاده مجدد از محصول	۴	۲		۶	۸
۳	قیمت فروش محصول به بازار برای احیای انرژی	۶		۶	۱	۷
۴	هزینه تبلیغات		۲	۴	۴	۱۰
۵	ارزش بازیافت محصول			۲	۱۱	۷
۶	هزینه تامین قطعات سبز	۵	۶	۸	۱	
۷	هزینه‌های مدیریت زیست محیطی	۵	۹	۶		
۸	حداکثر کردن سود محصول سبز			۵	۱۳	۲
۹	هزینه برند سازی محصول سبز		۶	۸	۶	
۱۰	هزینه طراحی سبز	۴	۴	۴	۸	
۱۱	هزینه سفارش دهی محصول سبز		۶		۴	۱۰
۱۲	هزینه نوآوری سبز		۸		۲	۱۰
۱۳	تعداد محصولات که تامین کننده برای کارخانجات تهیه می‌کند		۳		۸	۹
۱۴	هزینه توزیع سبز		۱		۱۳	۶
۱۵	تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه				۱۹	۱

جدول ۵

ارزش فازی و مقدار دی فازی سؤالات پرسشنامه اول

سؤال	L	M	U	مقدار دی فازی	وضعیت سؤالات
۱	۳	۴/۱۳۹۴۷	۵	۴/۰۷	تأیید شده
۲	۱	۲/۰۳۹۶۵	۴	۲/۲۷	عدم تأیید
۳	۳	۴/۱۳۹۴۷	۵	۴/۰۷	تأیید شده
۴	۳	۴/۵۳۱۶۴	۵	۴/۲۷	تأیید شده
۵	۱	۲/۹۰۹۹۶	۵	۲/۹۳	عدم تأیید
۶	۴	۴/۳۰۸۸۷	۵	۴/۴۰	تأیید شده
۷	۳	۴/۳۴۲۷۸	۵	۴/۱۷	تأیید شده
۸	۴	۴/۳۰۸۸۷	۵	۴/۴۰	تأیید شده
۹	۳	۴/۲۰۶۸	۵	۴/۱۰	تأیید شده
۱۰	۳	۴/۵۳۱۶۴	۵	۴/۲۷	تأیید شده
۱۱	۱	۲/۹۰۹۹۴	۵	۲/۹۵	عدم تأیید
۱۲	۳	۴/۳۴۲۷۸	۵	۴/۱۷	تأیید شده
۱۳	۳	۴/۱۳۹۴۷	۵	۴/۰۷	تأیید شده
۱۴	۴	۴/۳۰۸۸۷	۵	۴/۴۰	تأیید شده
۱۵	۳	۴/۱۳۹۴۷	۵	۴/۰۷	تأیید شده



با توجه به نتایج حاصل شده از دور اول، به طراحی پرسشنامه دور دوم پرداخته شده است. با توجه به مقدار دی فازی به دست آمده برای هر یک از سؤالات پژوهش مشاهده می‌شود که از بین ۱۵ سؤال طرح شده در قیمت گذاری محصول سبز، مجموعاً ۳ سؤال که شامل (۱). قیمت فروش به بازار برای استفاده مجدد از محصول براساس سوال دوم)، (۲. ارزش بازیافت محصول براساس پنجم) و (۳. هزینه سفارش دهی محصول سبز بر اساس سوال یازدهم) دارای مقدار دی فازی کمتر از میانگین طیف (مقدار ۳) می‌باشند؛ بنابراین این مقولات به عنوان سؤالات کم‌اهمیت تلقی شده که در پژوهش از آنها صرف نظر می‌شود. همچنین خبرگان در سؤال باز پرسشنامه مبنی بر اضافه کردن اقدام جدید در قیمت گذاری محصول سبز، مورد جدیدی در این مرحله اضافه نکردند.

در این گام پرسشنامه طراحی شده در دور دوم را برای خبرگان ارسال شد و پس از جمع‌آوری ۲۰ پرسشنامه، همانند گام قبلی، با جمع و میانگین نظرات خبرگان به تجزیه و تحلیل داده‌های جمعی مطابق با جدول ۶ پرداخته شده است. در جدول ۷، مقدار دی‌فازی شده هر یک از عوامل نشان داده شده است.

جدول ۶

تجمع نظرات خبرگان برای پرسشنامه دور دوم

ردیف	اقدامات	۱ (بسیار کم)	۲ (کم)	۳ (متوسط)	۴ (زیاد)	۵ (بسیار زیاد)
عوامل تأثیرگذار بر قیمت گذاری محصول سبز						
۱	درجه سبز بودن	۲	۶	۲	۱۰	
۲	قیمت فروش محصول به بازار برای احیای انرژی			۱	۶	۱۳
۳	هزینه تبلیغات		۲	۴	۴	۱۰
۴	هزینه تامین قطعات سبز			۵	۹	۶
۵	هزینه‌های مدیریت زیست محیطی	۱	۷	۸	۴	
۶	حداکثر کردن سود محصول سبز				۱۵	۵
۷	هزینه برند سازی محصول سبز				۱۳	۷
۸	هزینه طراحی سبز	۶	۴	۱۰		
۹	هزینه نوآوری سبز	۴	۱۰	۶		
۱۰	تعداد محصولاتی که تامین کننده برای کارخانجات تهیه می‌کند			۷	۸	۵
۱۱	هزینه توزیع سبز		۶	۴	۱۰	
۱۲	تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه				۱۹	۱

جدول ۷

ارزش فازی و مقدار دی فازی سؤالات پرسشنامه دوم

سؤال	L	M	U	مقدار دی فازی	وضعیت سؤالات
۱	۱	۱/۹۰۹۸۳	۵	۲/۶۳	عدم تأیید
۲	۱	۲/۹۰۹۹۶	۵	۲/۹۳	عدم تأیید
۳	۱	۲/۸۵۸۰۱	۵	۲/۹۵	عدم تأیید
۴	۳	۴/۵۳۱۶۴	۵	۴/۲۷	تأیید شده
۵	۳	۴/۴۴۸۱۵	۵	۴/۲۲	تأیید شده
۶	۱	۲/۰۲۵۳۱	۴	۲/۳۴	عدم تأیید

عدم تأیید	۲/۷۷	۵	۲/۳۳۳۲	۳	۷
تأیید شده	۴/۴۰	۵	۴/۳۰۸۸۷	۴	۸
تأیید شده	۴/۱۰	۵	۴/۲۰۶۸	۳	۹
تأیید شده	۴/۲۷	۵	۴/۵۳۱۶۴	۳	۱۰
تأیید شده	۴/۲۲	۵	۴/۴۸۱۵	۳	۱۱

با توجه به نتایج حاصل شده از دور دوم، به طراحی پرسشنامه دور سوم پرداخته شده است. با توجه به مقدار دی فازی به دست آمده برای هر یک از سؤالات پژوهش مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ سؤال طرح شده در قیمت گذاری محصول سبز، مجموعاً ۵ سؤال که شامل (۱). درجه سبز بودن براساس سوال اول)، (۲). قیمت فروش محصول به بازار برای احیای انرژی براساس دوم)، (۳). هزینه تبلیغات بر اساس سوال سوم)، (۴). حداکثر کردن سود محصول سبز بر اساس سوال ششم) و (۵). هزینه برند سازی محصول سبز بر اساس سوال هفتم) دارای مقدار دی فازی کمتر از میانگین طیف (مقدار ۳) می‌باشند؛ بنابراین این مقولات به عنوان سؤالات کم‌اهمیت تلقی شده که در پژوهش از آن‌ها صرف نظر می‌شود. همچنین خبرگان در سؤال باز پرسشنامه مبنی بر اضافه کردن اقدام جدید در قیمت گذاری محصول سبز، مورد جدیدی در این مرحله اضافه نکردند.

در این گام پرسشنامه طراحی شده در دور سوم را برای خبرگان ارسال شد و پس از جمع‌آوری ۲۰ پرسشنامه، همانند گام قبلی، با تجمیع و میانگین نظرات خبرگان به تجزیه و تحلیل داده‌های جمعی مطابق با جدول ۸ پرداخته شده است. در جدول ۹، مقدار دیفازی شده هر یک از عوامل نشان داده شده است.

جدول ۸

تجمیع نظرات خبرگان برای پرسشنامه دور سوم

ردیف	اقدامات	۱ (بسیار کم)	۲ (کم)	۳ (متوسط)	۴ (زیاد)	۵ (بسیار زیاد)
	عوامل تأثیرگذار بر قیمت گذاری محصول سبز					
۱	هزینه تامین قطعات سبز			۸	۲	۱۰
۲	هزینه‌های مدیریت زیست محیطی			۳	۸	۹
۳	هزینه طراحی سبز		۲	۴	۴	۱۰
۴	هزینه نوآوری سبز			۱	۱۳	۶
۵	تعداد محصولاتی که تامین کننده برای کارخانجات تهیه می‌کند			۲	۱۰	۳
۶	هزینه توزیع سبز	۴	۵	۹	۲	
۷	تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه				۱۹	۱

جدول ۹

ارزش فازی و مقدار دی فازی سؤالات پرسشنامه سوم

سؤال	L	M	U	مقدار دی فازی	وضعیت سؤالات
۱	۳	۴/۳۴۲۷۸	۵	۴/۱۷	تأیید شده
۲	۴	۴/۳۰۸۸۷	۵	۴/۴۰	تأیید شده
۳	۳	۴/۲۰۶۸	۵	۴/۱۰	تأیید شده
۴	۳	۴/۵۳۱۶۴	۵	۴/۲۷	تأیید شده
۵	۳	۴/۴۸۱۵	۵	۴/۲۲	تأیید شده
۶	۳	۴/۳۴۲۷۸	۵	۴/۱۷	تأیید شده



۷	۴	۴/۳۰۸۸۷	۵	۴/۴۰	تأیید شده
---	---	---------	---	------	-----------

نتایج حاصل از محاسبات پرسشنامه دور سوم در جدول ۹ ارائه شده است و نشان می‌دهد که مقدار دی فازی تمام سؤالات یا مقولات پژوهش بیشتر از مقدار میانگین طیف (۳) می‌باشد؛ بنابراین همه اقدامات یا سؤالات پرسشنامه دوم، مهم و تأثیرگذار هستند و از طرف دیگر به مانند دور قبل هیچ مورد جدیدی توسط خبرگان پیشنهاد نشد. پس بر اساس این نتایج این تحقیق به یکی از اهداف پژوهش که شناسایی و بومی‌سازی مقولات تأثیرگذار بر قیمت گذاری محصول سبز آن‌ها بوده است، رسیده است.

در مرحله قبل عوامل پژوهش شناسایی و تایید شدند. در این گام ابتدا مقایسات زوجی معیارها تشکیل می‌شود و در اختیار ۲۰ پاسخ‌دهنده قرار داده شد. بعد از پاسخگویی به مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری جداول محاسبه شد که همگی از ۰/۱ کوچکتر بود که نشان دهنده این است که ثبات و قابلیت اطمینان مقایسات زوجی در حد قابل قبولی است سپس با استفاده از روش میانگین هندسی پاسخ‌ها ادغام شد و در قالب مقایسات زوجی ادغام شد که در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰

مقایسات زوجی معیارها (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۵)

	A	B	C	D	E	F	G
A	(1,1,1)	(0.409,0.529,0.708)	(0.856,1.061,1.273)	(0.595,0.737,0.965)	(0.709,0.917,1.116)	(0.474,0.605,0.777)	(0.61,0.74,0.899)
B	(1.413,1.889,2.447)	(1,1,1)	(0.515,0.623,0.743)	(0.689,0.832,1.007)	(2.114,2.703,3.262)	(1.026,1.232,1.431)	(1.05,1.335,1.629)
C	(0.786,0.944,1.168)	(1.347,1.606,1.943)	(1,1,1)	(0.848,1.032,1.301)	(0.815,0.98,1.216)	(0.899,1.203,1.63)	(0.494,0.571,0.709)
D	(1.036,1.357,1.681)	(0.993,1.203,1.452)	(0.769,0.969,1.179)	(1,1,1)	(0.428,0.549,0.678)	(1.553,1.969,2.461)	(0.716,0.883,1.128)
E	(0.896,1.09,1.41)	(0.307,0.37,0.473)	(0.822,1.02,1.227)	(1.475,1.821,2.335)	(1,1,1)	(1.403,1.722,2.196)	(0.914,1.087,1.326)
F	(1.287,1.653,2.108)	(0.699,0.812,0.965)	(0.614,0.831,1.113)	(0.406,0.508,0.644)	(0.455,0.581,0.713)	(1,1,1)	(1.009,1.178,1.372)
G	(1.113,1.352,1.639)	(0.614,0.749,0.952)	(1.411,1.751,2.025)	(0.887,1.122,1.397)	(0.754,0.92,1.094)	(0.729,0.849,0.991)	(1,1,1)

در این گام بر اساس رابطه ۲ و ۳ ابتدا میانگین هندسی اعداد فازی هر سطر جداول ۱۰ محاسبه و سپس هر میانگین هندسی حاصل بر مجموع میانگین‌های هندسی تقسیم می‌شود تا وزن فازی حاصل شود سپس هر وزن فازی را با استفاده از رابطه ۴ غیرفازی می‌شود. برای نرمال سازی هر وزن غیرفازی بر مجموع وزن‌های غیرفازی تقسیم می‌گردد. به عنوان مثال برای معیار A در جدول ۱۰ محاسبات به صورت زیر است:

ابتدا میانگین هندسی درایه‌های سطرهای جدول ۱۰ را محاسبه می‌شود که به صورت زیر می‌باشد.

میانگین هندسی سطر اول

$$= [(1,1,1) \times (0.409,0.529,0.708) \times (0.856,1.061,1.273) \times (0.595,0.737,0.965) \times (0.709,0.917,1.116) \times (0.474,0.605,0.777) \times (0.61,0.74,0.899)]^{\frac{1}{7}} = (0.637,0.776,0.946)$$

به طریق مشابه برای سطرهای دیگر نیز این محاسبات صورت می‌گیرد که نتایج در ستون دوم جدول ۱۱ برای کلیه سطرهای آورده شده است. سپس مجموع تمامی این میانگین‌های هندسی را بدست می‌آوریم که برابر با (۵.۸۸۵,۷.۰۶۷,۸.۴۸۱) می‌شود سپس وزن فازی هر معیار برابر با میانگین هندسی سطر آن معیار تقسیم بر مجموع میانگین‌های هندسی. به عنوان مثال برای معیار A وزن فازی به صورت زیر می‌شود.

$$\text{وزن فازی } A = \frac{(0.637, 0.776, 0.946)}{(5.885, 7.067, 8.481)} = (0.075, 0.11, 0.161)$$

برای کلیه معیارهای نیز عملیات مشابه صورت می‌گیرد که وزن‌های فازی در ستون سوم جدول ۱۱ آورده شده است. سپس برای غیرفازی کردن هر وزن فازی به طریق زیر انجام می‌شود.

$$\text{وزن فازی } A = (0.075, 0.11, 0.161) \Rightarrow \text{وزن غیر فازی } A = \frac{0.075 + 2 \times 0.11 + 0.161}{4} = 0.1139$$

برای کلیه معیارها نیز این فرایند صورت می‌گیرد که نتایج در ستون چهارم جدول ۱۱ آورده شده است سپس برای نرمال سازی هر وزن غیر فازی به طریق زیر عمل می‌کنیم.

$$\text{وزن غیر فازی } A = 0.1139 \Rightarrow \text{وزن نرمال } A = \frac{0.1139}{0.1139 + 0.1792 + 0.1484 + 0.1548 + 0.1546 + 0.1278 + 0.155} = 0.1102$$

جدول ۱۱

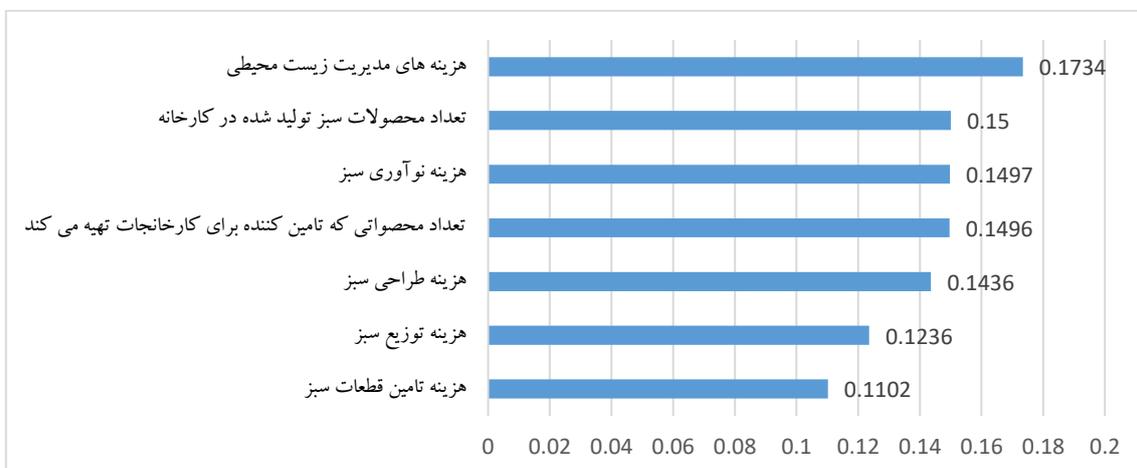
وزن فازی و غیرفازی معیارها

وزن نرمال	وزن غیرفازی	وزن فازی (\bar{W})	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n}$	نام معیار
۰.۱۱۰۲	۰.۱۱۳۹	(۰.۰۷۵, ۰.۱۱, ۰.۱۶۱)	(۰.۶۳۷, ۰.۷۷۶, ۰.۹۴۶)	A
۰.۱۷۳۴	۰.۱۷۹۲	(۰.۱۲, ۰.۱۷۵, ۰.۲۴۷)	(۱.۰۲۱, ۱.۲۳۴, ۱.۴۵۷)	B
۰.۱۴۳۶	۰.۱۴۸۴	(۰.۱, ۰.۱۴۳, ۰.۲۰۸)	(۰.۸۵۱, ۱.۰۰۷, ۱.۲۲۵)	C
۰.۱۴۹۷	۰.۱۵۴۸	(۰.۱۰۳, ۰.۱۵, ۰.۲۱۶)	(۰.۸۷, ۱.۰۶۱, ۱.۲۷۳)	D
۰.۱۴۹۶	۰.۱۵۴۶	(۰.۱۰۴, ۰.۱۴۹, ۰.۲۱۷)	(۰.۸۸۶, ۱.۰۵, ۱.۲۷۸)	E
۰.۱۲۳۶	۰.۱۲۷۸	(۰.۰۸۵, ۰.۱۲۴, ۰.۱۷۹)	(۰.۷۲۳, ۰.۸۷۳, ۱.۰۵۲)	F
۰.۱۵۰۰	۰.۱۵۵۰	(۰.۱۰۶, ۰.۱۵۱, ۰.۲۱۳)	(۰.۸۹۸, ۱.۰۶۶, ۱.۲۵۱)	G

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n}$$

شکل ۳

اوزان معیارهای اصلی



با توجه به شکل ۳، معیار هزینه‌های مدیریت زیست محیطی با وزن $0/1734$ رتبه اول را کسب کرده است. معیار تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه با وزن $0/15$ رتبه دوم و معیار هزینه نوآوری سبز با وزن $0/1497$ رتبه سوم را کسب کرده است. در این بخش، یک زنجیره تأمین سبز برای ۹ شرکت تولید کننده لوازم خانگی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در جدول ۱۲، فاکتورها و نمادهایی که در نظر گرفته شده است، نشان داده شده است. فاکتورها، از طریق پرسشنامه و جمع آوری اطلاعات از خبرگان فعال در حوزه تولیدکنندگان لوازم خانگی تعیین شده است. ساختار زنجیره تأمین در شکل ۴ نشان داده شده است. طبق این ساختار، یک زنجیره تأمین چندگانه وجود دارد که شامل تامین کننده (مرحله اول)، تولیدکننده (مرحله دوم) و توزیع کننده (مرحله سوم) است. ورودی‌های مرحله اول هزینه‌های مدیریت زیست محیطی و هزینه‌های تأمین قطعات سبز هستند. ورودی‌های مرحله اول، به عنوان ورودی کلی زنجیره نیز در نظر گرفته می‌شوند. در ساختار در نظر گرفته شده ورودی‌هایی که وارد مرحله اول می‌شوند را با x_i^1 برای $i = 1, 2$ نشان می‌دهیم. Z_1^1 خروجی است که از مرحله اول خارج و به مرحله دوم وارد می‌شود. برای $i = 1, 2$ ورودی‌های اختصاصی مرحله دوم است که عبارت اند از طراحی سبز و نوآوری سبز. این متغیرها به صورت کیفی در نظر گرفته شده اند که برای انجام محاسبات با استفاده از مقیاس دو قطبی فاصله‌ای به مقادیر کمی تبدیل شده اند. Z_1^2 خروجی است که از مرحله دوم خارج و به مرحله سوم وارد می‌شود. سرانجام، Y خروجی مرحله سوم است. توجه نمایید که خروجی مرحله آخر، به عنوان خروجی کلی زنجیره در نظر گرفته می‌شود. داده‌های جمع آوری شده مربوط به بازه زمانی ۱۴۰۲-۱۳۹۹ است که در جدول ۱۳ نشان داده شده است. همچنین، ساختار شبکه در نظر گرفته شده از طریق مصاحبه خبرگان با شرکت‌های تولید کننده لوازم خانگی به دست آمده‌اند.

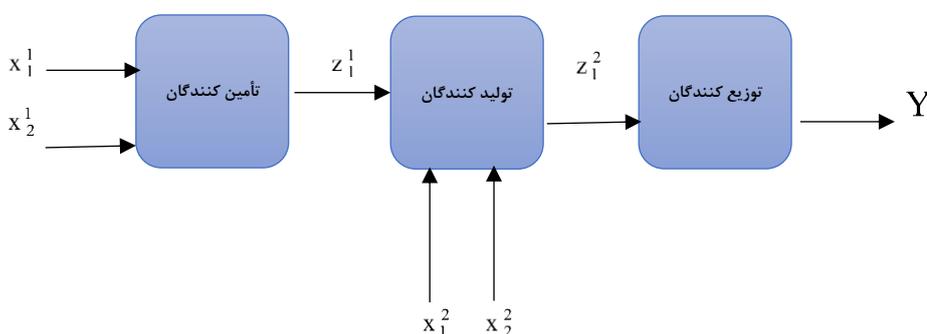
جدول ۱۲

فاکتورهای استفاده شده در ارزیابی زنجیره تأمین سبز

مرحله	نماد	تعریف
تامین کننده	x_1^1	هزینه‌های مدیریت زیست محیطی
	x_2^1	هزینه‌های تأمین قطعات سبز
تولیدکننده	x_1^2	طراحی سبز
	x_2^2	نوآوری سبز
توزیع کننده	Y	توزیع سبز
میانی	Z_1^1	تعداد محصولات سبزی که تأمین کننده برای کارخانجات تهیه می‌کند
	Z_1^2	تعداد محصولات سبز ساخته شده در کارخانجات

شکل ۴

ساختار زنجیره تأمین



جدول ۱۳

داده‌ها

DMUs	نام شرکت	ورودی‌ها		میانی‌ها			خروجی	
		x_1^1	x_2^1	x_1^2	x_2^2	z_1^1	z_1^2	Y
۱	آ	۴۰۰	۳۰	۹	۹	۳۲۰	۳۱۵	۹
۲	ب	۳۶۰	۶۰	۷	۷	۲۹۵	۲۹۰	۵
۳	پ	۳۳۰	۵۵	۷	۷	۲۹۰	۲۸۲	۷
۴	ت	۴۵۵	۲۵	۵	۵	۳۱۰	۳۱۲	۵
۵	ج	۳۷۰	۳۷	۹	۹	۲۸۰	۲۷۰	۷
۶	چ	۳۳۲	۸۰	۵	۵	۲۱۰	۲۰۰	۵
۷	ح	۳۵۵	۸۷	۷	۷	۲۳۵	۲۲۰	۵
۸	خ	۳۰۰	۹۵	۷	۷	۲۵۵	۲۳۵	۵
۹	د	۲۹۵	۵۰	۹	۹	۳۱۵	۳۱۸	۹

در زنجیره در نظر گرفته شده در شکل ۴، هزینه‌های زیست محیطی به‌عنوان هزینه‌های مربوط به تأمین قطعات سبز و مدیریت زیست محیطی با ارزش طبیعی از طریق فعالیت‌های اقتصادی تعیین می‌شود. بنابراین، این هزینه‌ها به‌عنوان ورودی مرحله اول در نظر گرفته شده است. ورودی/خروجی‌های میانی شامل مرحله دوم و سوم است. ورودی/خروجی میانی در بین مرحله تأمین کننده و تولید کننده تعداد محصولات است که از تأمین کننده به تولید کننده منتقل می‌شود. همچنین، ورودی/خروجی میانی در بین تولید کننده و توزیع کننده تعداد محصولات سبز است. برای ارزیابی کارایی زنجیره تأمین سبز، هر زنجیره تأمین به‌عنوان DMU در مدل ۵ تا ۱۰ در نظر گرفته می‌شود تا امتیاز کارایی برای هر یک از آن‌ها محاسبه شود. با بکارگیری مدل مذکور، مرز کارایی و ماکزیمم امتیاز کارایی واحدهای تحت ارزیابی قابل محاسبه است. برای اندازه‌گیری کارایی کلی و سرانجام رتبه بندی زنجیره‌های تأمین واحدهای تحت ارزیابی از رابطه $e_o = \theta_o^* / \sum_{j=1}^n \theta_j^{*2}$ محاسبه می‌شود. در جدول ۱۴، امتیاز کارایی برای DMU1 و DMU7 به ترتیب برابر ۱ و ۰/۶۹ است که به ترتیب بهترین و بدترین زنجیره تأمین سبز است.

جدول ۱۴

محاسبه امتیاز کارایی زنجیره طبق مدل پیشنهادی

کارایی زنجیره	DMU
۱	۱
۰/۷۳	۲
۰/۸۰	۳
۰/۷۹	۴



۰/۸۲	۵
۰/۷۱	۶
۰/۶۹	۷
۰/۷۵	۸
۰/۸۸	۹

همچنین، در جدول ۱۵، کارایی کلی زنجیره‌های تأمین محاسبه شده با استفاده از رابطه e_0 نشان داده شده است. در محاسبه کارایی کلی، فعل و انفعالات درون زنجیره در نظر گرفته نمی‌شود، تنها ورودی و خروجی وارد شده و خارج شده از زنجیره در نظر گرفته می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود، DMU1 بهترین امتیاز کارایی را دارد. به عبارت دیگر سبزترین زنجیره تأمین است. توجه شود بدلیل اینکه در محاسبه امتیاز کارایی فعل و انفعالات درونی زنجیره در نظر گرفته نمی‌شود، امتیاز کارایی کاهش می‌یابد. دیگر نکته قابل ذکر در خصوص مدل ارائه شده این است که، هیچگونه تساوی بین امتیاز بدست آمده برای DMUها وجود ندارد و مدل ما می‌تواند DMUها را به‌طور کامل رتبه بندی کند. این به معنای قدرت بالای تفکیک DMUها در رویکرد پیشنهادی ارائه شده است. اما برای اندازه گیری امتیاز رتبه زنجیره‌های تأمین از رابطه $e_0 = \theta_0^* / \sum_{j=1}^n \theta_j^{*2}$ استفاده می‌نماییم. طبق این رابطه نتایج امتیاز بندی واحدهای تحت ارزیابی مطابق جدول ۱۵ محاسبه می‌شود. که در صورت مرتب کردن افزایشی به ترتیب مرتب می‌شوند.

جدول ۱۵

محاسبه امتیاز رتبه بندی

رتبه	کارایی زنجیره	DMU
۱	۰/۳۸	۱
۷	۰/۳۱	۲
۴	۰/۳۴	۳
۵	۰/۳۳	۴
۳	۰/۳۵	۵
۸	۰/۳۰	۶
۹	۰/۲۹	۷
۶	۰/۳۲	۸
۲	۰/۳۷	۹

نکته قابل تأمل در خصوص مدل پیشنهاد شده در مقایسه با مدل‌های تصمیم گیری این است که، مدل پیشنهادی ضمن اینکه قادر به رتبه بندی واحدهای تحت ارزیابی است، برای رتبه بندی امتیاز اختصاص می‌دهد. بنابراین، چارچوب پیشنهادی می‌تواند در زمره روش‌های ترتیبی (اوردینال) و هم امتیازی (کاردینال) قرار بگیرد.

در این بخش از تحقیق، با تعیین اهمیت شاخص‌ها که توسط روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و اهمیت آرمان‌های شرکت‌های لوازم خانگی که توسط روش تحلیل پوششی داده‌های فازی تعیین شده است. مسأله برنامه ریزی آرمانی را با در نظر گرفتن یک آرمان مشترک در شرکت لوازم خانگی آ به صورت معادلات ۱۲ تشکیل می‌شود. آرمان در نظر گرفته شده برای بررسی بدین شکل است که فرآیند قیمت گذاری برای تولید محصول سبز در هر شرکت حداقل ۵۰۰ واحد پولی هزینه در پی داشته باشد. قابل ذکر است با توجه به مقادیر سمت راست

محدودیت می‌توان برای هر شرکت مقادیر رضایت بخش را محاسبه نمود که به علت حجیم شدن مسئله و نداشتن داده صرف نظر شده است. براین اساس مطابق با معادلات در نظر گرفته شده اقدام شده است.

برنامه‌ریزی آرمانی به عنوان یک روش بهینه‌سازی چندهدفه، به‌ویژه در شرایطی که اهداف متعارض وجود دارد، کاربرد دارد. این روش به طور خاص به اندازه‌گیری انحرافات مطلوب و نامطلوب می‌پردازد و هدف اصلی آن حداقل‌سازی انحرافات نامطلوب است. در این تحقیق، با توجه به اینکه هزینه به عنوان یک معیار کلیدی در نظر گرفته شده است، انحرافات مثبت به عنوان انحرافات نامطلوب شناسایی می‌شوند و باید به حداقل برسند. در این راستا، مقدار قابل قبول شاخص‌ها برای شرکت "آ" تعیین می‌شود. این مقدار به‌منظور ارزیابی کارایی و عملکرد شرکت "آ" در مقایسه با ۸ شرکت دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی، می‌توان انحرافات مثبت را شناسایی و تحلیل کرد و به این ترتیب، بهینه‌سازی هزینه‌ها و بهبود عملکرد شرکت "آ" را تسهیل نمود. این مقایسه به پژوهشگران و مدیران کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف شرکت "آ" را نسبت به سایر رقبا شناسایی کنند و استراتژی‌های بهینه‌سازی را برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی اتخاذ نمایند. به‌علاوه، این روش امکان تحلیل حساسیت را فراهم می‌آورد تا تأثیر تغییرات در شاخص‌ها و هزینه‌ها بر روی عملکرد کلی شرکت بررسی شود. در نهایت، نتایج این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از برنامه‌ریزی آرمانی، به بهبود مستمر عملکرد و کاهش هزینه‌ها در شرکت "آ" دست یابند. این رویکرد علمی و سیستماتیک به ارتقاء کارایی و رقابت‌پذیری شرکت‌ها در بازار کمک خواهد کرد.

(۱۲)

$$\min z = 0.38d_1^+ + 0.31d_2^+ + 0.34d_3^+ + 0.33d_3^+ + 0.35d_4^+ + 0.33d_5^+ + 0.29d_6^+ + 0.32d_8^+ + 0.37d_9^+$$

s. t

$$0.1734x_1 + 0.15x_2 + 0.1497x_3 + 0.1496x_4 + 0.1436x_5 + 0.1236x_6 + 0.1102x_7 + d_i^- + d_i^+ = 500$$

for $i = 1, \dots, 9$

$$x_j \geq 0 \text{ for } j = 1, \dots, 7$$

از طریق حل مسأله فوق مقدار رضایت بخش متغیرهای تصمیم که همان شاخص‌های تأثیرگذار بر روی قیمت‌گذاری سبز در شرکت‌های لوازم خانگی می‌باشد. تعیین شد. بنابراین، با تعیین مقدار هر یک از آن‌ها مشخص می‌شود که شرکت لوازم خانگی آ برای قیمت‌گذاری تا چه حد باید در هر یک از شاخص‌ها سرمایه‌گذاری نماید. در جدول ۱۶ نتایج مربوط به حل مدل ارائه شده است.

جدول ۱۶

مقدار رضایت بخش در مسأله برنامه‌ریزی آرمانی

نماد شاخص	نام متغیر	مقدار شاخص
x_1	هزینه‌های مدیریت زیست محیطی	۳۵
x_2	تعداد محصولات سبز تولید شده در کارخانه	۱۲۵
x_3	هزینه نوآوری سبز	۱۲
x_4	تعداد محصولاتی که تامین‌کننده برای کارخانجات تهیه می‌کند	۲۰۰
x_5	هزینه طراحی سبز	۲۲
x_6	هزینه توزیع سبز	۴۷
x_7	هزینه تأمین قطعات سبز	۴۶



بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که از میان شاخص‌های بررسی شده برای قیمت‌گذاری محصولات سبز، «هزینه‌های مدیریت زیست‌محیطی» با وزن ۰.۱۷۳۴ بیشترین اهمیت را دارد. پس از آن، «تعداد محصولات سبز تولیدشده در کارخانه» با وزن ۰.۱۵ و «هزینه نوآوری سبز» با وزن ۰.۱۴۹۷ در رده‌های دوم و سوم قرار گرفتند. همچنین ارزیابی آرمان‌های شرکت‌های لوازم‌خانگی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی نشان داد که شرکت «آ» با امتیاز کارایی ۱ دارای بهترین زنجیره تأمین سبز و شرکت «ح» با امتیاز ۰.۶۹ دارای ضعیف‌ترین عملکرد بود. این نتایج، ضمن تأیید تفاوت سطح عملکرد شرکت‌ها در ابعاد زیست‌محیطی، لزوم توجه به بهینه‌سازی شاخص‌های کلیدی را نیز برجسته می‌سازد.

اهمیت بالای «هزینه‌های مدیریت زیست‌محیطی» در تصمیم‌گیری برای قیمت‌گذاری، با یافته‌های پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد. برای نمونه، مطالعه Beidat و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که تخصیص منابع مناسب به مدیریت محیط‌زیستی درون‌سازمانی می‌تواند به بهبود عملکرد سازمان و ارتقای جایگاه برند سبز بینجامد (Beidat et al., 2020). همچنین Zaid و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تجربی خود تأکید کردند که هماهنگی میان منابع انسانی سبز و سیاست‌های زنجیره تأمین، نقش مؤثری در ارتقای عملکرد پایدار ایفا می‌کند (Zaid et al., 2018).

در همین راستا، وزن بالای «تعداد محصولات سبز تولیدشده در کارخانه» نیز نشان از نقش کلیدی تولید سبز در تصویر برند و پذیرش بازار دارد. این یافته با مطالعات Luthra و همکاران (۲۰۱۶) همسو است که بر اهمیت پیاده‌سازی موفق سازوکارهای تولید سبز در صنایع رقابتی تأکید دارند (Luthra et al., 2016). از سوی دیگر، پژوهش Tseng و همکاران (۲۰۱۹) با مرور نظام‌مند ادبیات زنجیره تأمین سبز، به این نتیجه رسیدند که توسعه فرآیندهای تولید سبز باید هم‌زمان با معیارهای کارایی و سودآوری انجام شود (Tseng et al., 2019).

«هزینه نوآوری سبز» به‌عنوان سومین شاخص مهم، نشان‌دهنده آن است که سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های تکنولوژیک و طراحی‌های پایدار می‌تواند بر قیمت نهایی محصول اثرگذار باشد. این نتیجه هم‌راستا با پژوهش Li و همکاران (۲۰۲۳) است که استراتژی‌های تبلیغ و قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین سبز را در قالب کانال‌های دوگانه بررسی کرده‌اند و نقش حمایت‌های مالی از نوآوری سبز را کلیدی دانسته‌اند (Li & Shan, 2023). همچنین مطالعه Hou و همکاران (۲۰۲۳) تأکید کرده که رفتار ریسک‌گریز تولیدکنندگان بر سیاست‌های تبلیغی محصولات سبز تأثیر می‌گذارد و هزینه‌های نوآورانه باید با ترجیحات ریسک‌بازیرگان زنجیره هماهنگ شود (Hou et al., 2023).

ارزیابی کارایی شرکت‌های نمونه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی نشان داد که شرکت‌هایی با رویکرد سبزتر در عملکرد زنجیره تأمین، در تحلیل کارایی نیز رتبه‌های بالاتری کسب کردند. این مسئله با یافته‌های Abdullah و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد که در بررسی خود از شرکت‌های کوچک و متوسط، دریافتند پیاده‌سازی هم‌زمان تولید ناب، انعطاف‌پذیر، سبز و هوشمند منجر به ارتقای کارایی نهایی شرکت‌ها می‌شود (Abdullah et al., 2023). از سوی دیگر، پژوهش Mokhlesabadi و همکاران (۲۰۲۲) که مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی را در زنجیره‌های بسته سبز توسعه دادند، بر قابلیت این رویکرد در اولویت‌بندی اهداف چندگانه و بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأکید کرده‌اند (Mokhlesabadi & Hashemi Gohar, 2022).

در تبیین تفاوت‌های مشاهده‌شده میان شرکت‌های مختلف از منظر کارایی سبز، می‌توان به عوامل بیرونی و درونی متعددی اشاره کرد. برای نمونه، پژوهش Kalina و همکاران (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که ساختارهای نهادی، قوانین زیست‌محیطی و تجربه مدیریتی در صنایع مختلف می‌تواند بر سطح رعایت الزامات سبز تأثیرگذار باشد (Kalina et al., 2022). همچنین، پژوهش Gao و همکاران (۲۰۲۱) در

زنجیره‌های دوکاناله نشان داده که حضور سیاست‌های اکولبیل می‌تواند به صورت معناداری هماهنگی و رقابت‌پذیری میان اعضای زنجیره را افزایش دهد (Gao et al., 2021).

در بخش نهایی پژوهش، با استفاده از اطلاعات حاصل از FAHP و FDEA، مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای شرکت نمونه «آ» پیاده‌سازی شد. استفاده از این رویکرد ترکیبی، امکان در نظر گرفتن اهداف چندگانه و اولویت‌بندی شاخص‌ها را فراهم ساخت. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن یک آرمان مشترک در خصوص پایداری، می‌توان سطح سرمایه‌گذاری مطلوب برای هر شاخص را به گونه‌ای تعیین کرد که اهداف سازمانی نیز محقق شود. این یافته با نتایج پژوهش Atabaki و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد که از الگوریتم فایرفلای برای طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز با تقاضای حساس به قیمت استفاده کردند و رویکردهای برنامه‌ریزی هدفمند را مؤثر دانستند (Atabaki et al., 2019).

مطالعه حاضر همچنین از منظر روش‌شناختی دارای نوآوری‌هایی است. استفاده هم‌زمان از دلفی فازی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌های فازی، به گونه‌ای طراحی شده که از نظرات خبرگان بهره برده، شاخص‌ها را اولویت‌بندی کرده و عملکرد شرکت‌ها را ارزیابی کند. این تلفیق، باعث افزایش دقت مدل در تعیین مقادیر بهینه برای شاخص‌های تأثیرگذار بر قیمت‌گذاری شده است. این رویکرد ترکیبی در ادبیات به ندرت استفاده شده و مطالعه حاضر گامی مؤثر در پر کردن این خلأ به شمار می‌رود (Dai & Ye, 2022; Hou et al., 2019; Torkashvand et al., 2023).

مطالعه حاضر با وجود یافته‌های ارزشمند، دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. نخست، حجم نمونه محدود به ۲۰ نفر از مدیران و خبرگان صنعت لوازم‌خانگی ممکن است تعمیم نتایج به سایر صنایع را با چالش مواجه کند. همچنین، تمرکز تحقیق بر بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۳ ممکن است اثرگذاری برخی متغیرهای کلان مانند نوسانات اقتصادی یا تغییرات سیاستی را نادیده گرفته باشد. محدودیت دیگر، مربوط به مدل‌سازی آرمان‌هاست که بر اساس داده‌های شرکت «آ» انجام شده و ممکن است در سایر شرکت‌ها نیاز به تعدیل مدل وجود داشته باشد. با توجه به محدودیت‌های فوق، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده با نمونه‌گیری گسترده‌تر از صنایع مختلف و مناطق جغرافیایی متفاوت انجام گیرد تا قابلیت تعمیم مدل افزایش یابد. همچنین، می‌توان شاخص‌های دیگری مانند رضایت مشتری، سهم بازار و بازخورد زیست‌محیطی را به مدل اضافه نمود. از سوی دیگر، استفاده از رویکردهای نوین مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی یا الگوریتم‌های ژنتیک برای بهینه‌سازی هم‌زمان چند شاخص می‌تواند زمینه‌ساز پیشرفت‌های تحلیلی در این حوزه باشد. در نهایت، تحلیل پویای اثرات سیاست‌های دولتی در حوزه محیط‌زیست بر مدل قیمت‌گذاری سبز نیز می‌تواند موضوعی ارزشمند برای مطالعات آینده باشد.

شرکت‌های فعال در حوزه تولید لوازم‌خانگی می‌توانند از نتایج این تحقیق برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌های زیست‌محیطی خود استفاده کنند. همچنین، استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی می‌تواند به مدیران در اتخاذ تصمیمات راهبردی در خصوص قیمت‌گذاری محصولات سبز کمک کند. این مدل، با توجه به وزن‌دهی شاخص‌ها، امکان برنامه‌ریزی بهتر منابع و کاهش ریسک‌های اقتصادی را فراهم می‌سازد. همچنین پیشنهاد می‌شود شرکت‌هایی با عملکرد ضعیف‌تر، از تجربه شرکت‌های موفق در پیاده‌سازی شاخص‌های سبز الگو بگیرند و برنامه‌های اصلاحی تدوین کنند. آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی در زمینه استانداردهای محیط‌زیستی نیز باید در دستور کار مدیران قرار گیرد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.



مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازن اخلاقی

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

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

- Abaku, E. A., & Odimarha, A. C. (2024). Sustainable supply chain management in the medical industry: a theoretical and practical examination. *International Medical Science Research Journal*, 4(3), 319-340. <https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i3.931>
- Abbasi, S., & Choukolaei, H. A. (2023). A systematic review of green supply chain network design literature focusing on carbon policy. *Decision Analytics Journal*, 6, 100189. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100189>
- Abdullah, A., Saraswat, S., & Talib, F. (2023). Impact of smart, green, resilient, and lean manufacturing system on SMEs' performance: A Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Sustainability*, 15(2), 1379. <https://doi.org/10.3390/su15021379>
- Atabaki, M. S., Khamseh, A. A., & Mohammadi, M. (2019). A priority-based firefly algorithm for network design of a closed-loop supply chain with price-sensitive demand. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 814-837. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.054>
- Barman, A., Das, R., & De, P. K. (2022). An analysis of optimal pricing strategy and inventory scheduling policy for a non-instantaneous deteriorating item in a two-layer supply chain. *Applied Intelligence*, 52(4), 4626-4650. <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02646-2>
- Beidat, S. M., Al Bakri, A. A., & Elbanna, S. (2020). Leveraging "green" human resource practices to enable environmental and organizational performance: Evidence from the Qatari oil and gas industry. *Journal of Business Ethics*, 164(2), 371-388. <https://doi.org/10.1007/s10551-018-4075-z>
- Dai, Z., & Ye, C. (2022). Analysis and evaluation of key elements of optimal regulation of green supply chain from the perspective of low carbon. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2022/8196756>
- Gao, J., Xiao, Z., & Wei, H. (2021). Competition and coordination in a dual-channel green supply chain with an eco-label policy. *Computers & Industrial Engineering*, 153, 107057. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107057>
- Gosling, J., Jia, F., Gong, Y., & Brown, S. (2016). The role of supply chain leadership in the learning of sustainable practice: toward an integrated framework. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1458-1469. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.029>
- Hou, G., Wang, Y., & Xin, B. (2019). A coordinated strategy for sustainable supply chain management with product sustainability, environmental effect and social reputation. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1143-1156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.096>
- Hou, P., Wang, J., Zhang, Q., & Zhang, S. (2023). Implications of risk aversion behavior on the green product promotion strategy under manufacturer encroachment. *Applied Mathematics and Computation*, 447, 127911. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.127911>
- Kalina, I., Novykov, D., Leszczynski, V., Lavrukchina, K., Kukhta, P., & Nitsenko, V. (2022). Entrepreneurial Structures Of The Extractive Industry: Foreign Experience In Environmental Protection. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 37(5). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-5/136>

- Kang, K., Gao, S., Gao, T., & Zhang, J. (2021). Pricing and Financing Strategies for a Green Supply Chain With a Risk-Averse Supplier. *IEEE Access*, 9, 9250-9261. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050130>
- Li, M., & Shan, M. (2023). Pricing and green promotion effort strategies in dual-channel green supply chain: considering e-commerce platform financing and free-riding. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 38(11), 2310-2323. <https://doi.org/10.1108/JBIM-07-2022-0303>
- Liao, F., Hu, Y., Chen, M., & Xu, S. (2024). Digital transformation and corporate green supply chain efficiency: Evidence from China. *Economic Analysis and Policy*, 81, 195-207. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.11.033>
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2016). The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: An empirical investigation of Indian automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 121, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.095>
- Mokhlesabadi, S., & Hashemi Gohar, M. (2022). Designing a fuzzy goal programming (FGP) model in green supply network closed loop (GSNCL). *Journal of Decisions and Operations Research*, 6(Special Issue), 1-30. <https://doi.org/10.22105/dmor.2021.296381.145>
- Shoga, M., Hoseinzadeh Lotfi, F., & Rashidi Komijan, A. (2020). Efficiency of 4 stage supply chain in presence of non discretionary, undesirable and negative factors Using SBM model in DEA. *Economic Modeling*, 51(14), 73-98. <https://doi.org/10.30495/eco.2020.1899015.2357>
- Torkashvand, T., Saghafi, F., DarvishMotevali, M. H., & Pilevari, N. (2023). A hybrid model of network data envelopment analysis and data mining to predict efficiency in the green supply chain of the poultry industry. *Journal of Development & Evolution Management*, 53(15), 55-71. https://journals.iaui.ir/article_705866.html
- Tseng, M. L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., & Afrin, S. (2019). A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 145-162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.009>
- Zaid, A. A., Jaaron, A. A., & Bon, A. T. (2018). The impact of green human resource management and green supply chain management practices on sustainable performance: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, 204, 965-979. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.062>
- Zhang, R., Liu, J., & Qian, Y. (2023). Wholesale-price vs cost-sharing contracts in a green supply chain with reference price effect under different power structures. *Kybernetes*, 52(5), 1879-1902. <https://doi.org/10.1108/K-11-2021-1096>