Journal of Industrial Innovations 2(2) (2024) 194– 211

Industrial Innovations

https://jii.araku.ac.ir

ISSN: 2980-8847

Presenting a Fuzzy Decision-Making Model for Determining Suitable Locations for Establishing Agricultural Waste Collection Centers based on Sustainability and Resilience Dimensions

Seyedeh Sara Asadi [a*], Mohsen Rezaei [a], Sina Nayeri [b]

[a] Department of Industrial Engineering, University of Science and Technology of Mazandaran, Behshahr, Iran.
[b]Department of Industrial Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Asadi S S, Rezaei M, Nayeri S. Presenting a Fuzzy Decision-Making Model for Determining Suitable Locations for Establishing Agricultural Waste Collection Centers based on Sustainability and Resilience Dimensions. Industrial Innovations. 2024;2(2):194-211.

https://doi.org/10.61186/jii.2.2.194

KEYWORDS

Waste Management;
Agricultural Industry;
Multi-Criteria Decision-Making.

ABSTRACT

In recent years, with the significant increase in population, the demand for agricultural products has considerably risen, leading to growth in this industry. Consequently, waste management in the agricultural sector has become one of the major challenges for managers. The selection of suitable locations for establishing agricultural waste treatment centers plays a crucial role in the efficiency of the waste management system. Therefore, this study examines the issue of selecting appropriate locations for the establishment of agricultural waste treatment facilities while considering sustainability and resilience criteria. These facilities include pigment production centers, compost production centers, and essential oil and extract production centers (specifically saffron). To achieve this goal, the study employs the Fuzzy Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (Fuzzy SWARA) and Fuzzy Evaluation Based on Distance from Average Solution (Fuzzy EDAS) methods to evaluate potential sites. The results indicate the score of each location, and by selecting higher-scoring sites, sustainability and resilience can be maximized. Additionally, the Fuzzy Measurement Alternatives and Ranking according to the Compromise Solution (Fuzzy MARCOS) method has been used to validate the calculations, demonstrating that the ranking results of the Fuzzy MARCOS and Fuzzy EDAS methods are highly similar, confirming the accuracy of the computational process. This also highlights the effectiveness of the model in identifying suitable locations for establishing agricultural waste treatment centers.

Extended Abstract

1. Introduction

This study underscores the pressing need to address challenges in saffron waste management within the broader framework of sustainability and resilience. Given saffron's status as a high-value crop—particularly in countries like Iran—the inefficient disposal of its agricultural waste raises significant environmental, economic, and social concerns. The introduction sets the stage for developing a comprehensive decision-making framework aimed at identifying sustainable and resilient locations for saffron waste collection centers. A critical review of existing literature reveals notable limitations in conventional approaches, especially in handling multi-criteria decision contexts. To bridge this gap, the study proposes an integrated model combining the FUCOM (Full Consistency Method) and EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) techniques to identify optimal sites based on robust sustainability and resilience criteria.

* Corresponding author.
E-mail address: mohsen.rezaei@mazust.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.61186/jii.2.2.194
Received: December 31, 2024; Received in revised form: March 11, 2025; Accepted: April 7, 2025.
Article type: Research Paper
©Author

2. Methodology

The research adopts a hybrid multi-criteria decision-making (MCDM) approach that synergistically integrates the fuzzy FUCOM and EDAS methods. FUCOM is employed to determine the fuzzy weights of criteria associated with sustainability and resilience, ensuring logical consistency and credibility in the weighting process. Subsequently, the EDAS method is applied to rank alternative locations based on the weighted criteria. The methodology incorporates both qualitative and quantitative factors, leveraging expert judgment through linguistic variables and fuzzy logic to effectively manage uncertainty. This comprehensive framework facilitates a holistic evaluation of candidate sites, balancing environmental protection, economic viability, and social acceptability in the context of saffron waste collection.

3. Results and Discussion

The results of the FUCOM–EDAS hybrid model application reveal the most suitable locations for establishing saffron waste collection centers. The analysis highlights the influence of key criteria, including land cost, ecological footprint, infrastructure availability, and site accessibility. A sensitivity analysis is conducted to examine the robustness of the proposed framework, revealing how variations in criteria weights may affect site rankings. The discussion interprets these findings through a practical lens, demonstrating the real-world applicability of the model and its potential to support informed, sustainable decisions. Overall, the results validate the utility of structured MCDM techniques in enhancing the planning and implementation of agricultural waste management systems.

4. Future Research

Building upon the current findings, future research could explore the integration of advanced metaheuristic algorithms with fuzzy MCDM methods to enhance decision accuracy. Developing dynamic models that incorporate temporal variations—such as changes in waste generation rates or evolving environmental regulations—would add further realism and adaptability to the decision-making process. Additionally, applying this framework to other agricultural products and comparing their location-selection profiles with that of saffron could support broader generalization. Engaging local stakeholders through participatory methods and conducting empirical field studies are also recommended to validate and refine the proposed model in real-world settings.

5. Practical Implications

The proposed framework offers valuable insights for supply chain managers, policymakers, and environmental planners. By enabling the identification of optimal sites for saffron waste collection, the model helps reduce operational costs while promoting environmental sustainability and resilience to disruptions. It can serve as a strategic tool for regional development initiatives and green infrastructure planning. Furthermore, municipalities and waste management authorities can utilize the model to design more effective, adaptive systems, ultimately contributing to resource conservation, improved waste handling efficiency, and enhanced livelihoods for saffron farmers.

نوآوری‌های صنعتی
شاپا: ۸۸۴۷-۲۹۸۰

ارائه مدل تصمیم‌گیری فازی به‌منظور تعیین مکان مناسب جهت احداث مراکز جمع‌آوری پسماند کشاورزی مبتنی بر ابعاد پایداری و تاب‌آوری

سیده سارا اسدی[الف]، محسن رضایی[الف*]، سینا نیری قادیکلایی[ب]

[الف] گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شیمی و صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران.
[ب] گروه مهندسی صنایع، دانشکده مکانیک و صنایع، دانشگاه نوشیروانی، بابل، ایران.

واژگان کلیدی

مدیریت پسماند؛
صنعت کشاورزی؛
تصمیم‌گیری چند معیاره

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

چکیده

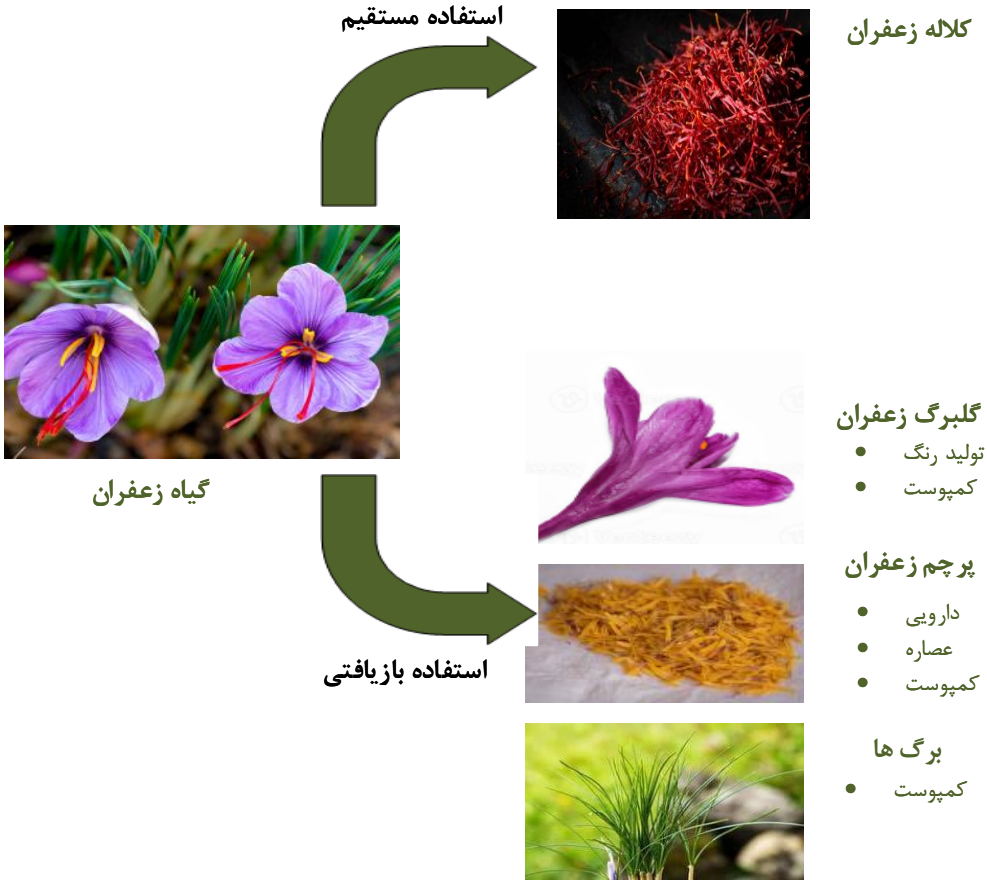
در سال‌های اخیر، با افزایش چشمگیر جمعیت، تقاضا برای محصولات کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی افزایش‌یافته که این امر به رشد تولید در این صنعت منجر شده است. درنتیجه مدیریت پسماند در صنعت کشاورزی به یکی از چالش‌های اساسی مدیران تبدیل‌شده است. انتخاب مکان مناسب برای احداث مراکز برخورد با پسماند کشاورزی نقش قابل‌توجهی در کارآمدی سیستم مدیریت پسماند دارد. ازاین‌رو، پژوهش حاضر به مطالعه مساله انتخاب مکان مناسب برای احداث مراکز برخورد با پسماند کشاورزی و ساخت تسهیلات با در نظر گرفتن معیارهای پایداری و تاب‌آوری پرداخته که تسهیلات آن شامل مراکز تولید رنگ، مراکز تولید کمپوست و مراکز تولید اسانس و عصاره (به‌طور خاص زعفران) می‌باشد. بدین منظور، این پژوهش از روش‌های فازی سوارا و فازی ایداس برای ارزیابی نقاط بالقوه استفاده کرده است. نتایج بیانگر آن است که هر مکان چه امتیازی دارد و با انتخاب مکان‌های با امتیاز بیشتر می‌توانیم پایداری و تاب‌آوری را به حداکثر برسانیم و برای صحت محاسبات از روش فازی مارکوس استفاده‌شده که نتایج حاصل از رتبه‌بندی روش فازی مارکوس و فازی ایداس بسیار مشابه است که خود نشان‌دهنده درست بودن فرایند محاسبات می‌باشد و همچنین کارایی مدل در تعیین نقاط مناسب برای احداث مراکز برخورد با پسماند را نشان می‌دهد.

۱- مقدمه

در مقیاس جهانی، افزایش سریع جمعیت منجر به تولید روزانه مقادیر قابل‌توجهی پسماند کشاورزی شده است [۱]. افزایش تقاضای جهانی برای محصولات کشاورزی و نگرانی‌های روزافزون زیست‌محیطی، اهمیت مدیریت پسماند کشاورزی در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای آشکارشده است. تحقیقات نشان می‌دهد که به‌طور متوسط کشورهای توسعه‌یافته سالانه حدود ۵۲۱.۹۵ تا ۷۵۹.۲ کیلوگرم پسماند به ازای هر نفر تولید می‌کنند، درحالی‌که این مقدار در کشورهای درحال‌توسعه معمولاً بین ۱۰۹.۵ تا ۵۲۵.۶ کیلوگرم به ازای هر نفر است [۲]. پسماند کشاورزی می‌تواند به‌طور مؤثری در فعالیت‌های کشاورزی و فرآیندهای صنعتی مختلف استفاده شود. بااین‌حال، سوزاندن باقی‌مانده محصولات زراعی چالش‌های زیست‌محیطی قابل‌توجهی ایجاد می‌کند. مدیریت مؤثر پسماند کشاورزی برای مقابله با مسائل عمده زیست‌محیطی و اقتصادی ضروری است. مدیریت مناسب

* نویسنده مسئول؛
آدرس پست الکترونیک: mohsen.rezaei@mazust.ac.ir

نه‌تنها منابع طبیعی را حفظ می‌کند، بلکه آلودگی را کاهش داده و بهره‌وری کشاورزی را افزایش می‌دهد. در طول زمان، این رویکرد مدیریتی با اطمینان از استفاده بهینه از منابع، کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و تقویت امنیت غذایی، به پایداری کمک می‌کند [۳-۵]. زعفران ادویه‌ای بسیار ارزشمند است که به‌طور انحصاری از کلاله‌های خشک‌شده گیاه زعفران به دست می‌آید و به‌عنوان گران‌ترین ادویه جهان شناخته می‌شود. کاربردهای آن متنوع بوده و شامل صنایع غذایی، نوشیدنی، دارویی و آرایشی می‌شود [۶]. وضعیت کشت زعفران به دلیل پسماند زیاد آن را ازنظر زیست‌توده کم سودتر می‌کند و ضرورت یافتن روش‌هایی برای کاهش پسماند و بهبود مدیریت کشت را افزایش می‌دهد. این بهبود باهدف بهینه‌سازی استفاده از سایر قسمت‌های گیاه برای ویژگی‌های ارگانولپتیک و عملکردهای زیستی آن صورت می‌گیرد [۷]. شکل ۱ استفاده از قسمت‌های مختلف گیاه زعفران را نشان می‌دهد. کلاله زعفران به‌طور مستقیم در صنایع غذایی استفاده می‌شود و سایر قسمت‌های گیاه مانند گلبرگ، پرچم‌ها و برگ‌ها از طریق بازیافت برای تولید رنگ و تهیه کمپوست به کار گرفته می‌شوند. پرچم‌ها عمدتاً در عصاره‌های دارویی و تهیه کمپوست استفاده می‌شوند. برگ‌ها نیز عمدتاً برای تهیه کمپوست به کار می‌روند و بر رویکرد بدون پسماند در تولید زعفران تأکیددارند.



شکل ۱ اجزای مختلف گیاه زعفران

امروزه، جامعه جهانی با چالش‌های فزاینده‌ای در تطبیق رشد اقتصادی با کاهش منابع طبیعی و شرایط زیست‌محیطی رو به وخامت مواجه است. در پاسخ به این مسائل، پژوهشگران و سیاست‌گذاران بر اصل توسعه پایدار که به‌طور گسترده‌ای پذیرفته‌شده است، تأکید بیشتری دارند. پایداری به‌عنوان مفهومی برجسته در فضای کسب‌وکار معاصر، اهمیت تأمین نیازهای کنونی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآورده کردن نیازهای خود را برجسته می‌کند [۹،۸]. امروزه، با افزایش قابل‌توجه نگرانی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، گنجاندن ارکان پایداری در مسئله مدیریت پسماند ضروری به نظر

می‌رسد. پایداری با ارتقای استفاده بهینه از منابع، جلوگیری از تخریب زیست‌محیطی و مقابله با تغییرات اقلیمی، تعادل لازم را میان نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برقرار می‌کند. علاوه‌بر این، پایداری برای حفظ تنوع زیستی، مهار جنگل‌زدایی، کاهش آلودگی هوا و آب، و تأمین امنیت غذایی و انرژی اهمیت حیاتی دارد [۱۰]. از سوی دیگر، اخیراً و به‌ویژه پس از شیوع ویروس کرونا، یکی از چالش‌های اصلی مدیران عملیاتی، مقابله با اختلالات بوده است. در این راستا، یکی از راهبردهای رایج، تاب‌آوری است که به توانایی یک سیستم برای مقابله با ریسک‌ها و اختلالات اشاره دارد. مفهوم تاب‌آوری در مدیریت پسماند کشاورزی نیز اهمیت زیادی دارد زیرا بر توانایی این سیستم در سازگاری و بازیابی از اختلالات ناشی از بلایای طبیعی و انسانی تأکید دارد [۱۱, ۱۲].

در ادامه، به بیان پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود. با توجه به مطالعات گذشته حسولی و همکاران [۱۳] با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره، فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی فازی به ارزیابی و شناسایی مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد مزرعه‌های خورشیدی در بریتانیا پرداختند. له ماس و همکاران [۷] به ارزیابی امکان‌پذیری ارزش‌گذاری زیستی محصولات جانبی زعفران از طریق بررسی محتوای فنولیک در عصاره‌های الکلی و اتیل‌استات از پنج بخش مختلف شامل برگ‌ها، گلبرگ‌ها، پرچم‌ها، پیاز و پوست پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که ترکیبات موجود در محصولات جانبی زعفران، به‌ویژه برگ‌ها و پرچم‌ها، می‌توانند برای ارزش‌گذاری غذایی مفید باشند و به دلیل تأثیرات ضد پیری و ضد سرطانی بالقوه، نیاز به تحقیقات بیشتر دارند. جباری و همکاران [۱۴] نشان دادند که گلبرگ‌های زعفران، که غنی از ترکیبات زیست فعال بوده و به‌راحتی با هزینه کم در دسترس هستند، جایگزین مناسبی برای کلاله‌های گران‌تر جهت استخراج این ترکیبات ارزشمند هستند. نویسندگان فرایند استخراج ترکیبات زیست فعال از گلبرگ‌های زعفران خشک‌شده تحت خلأ را با استفاده از یک حلال اتانولی اسیدی شده بهینه کردند. اوفیتیکیرزی و همکاران [۱۵] به تبدیل پسماندهای کشاورزی به منابع انرژی زیستی پرداخته‌اند. آن‌ها فناوری‌های بیوشیمیایی و ترموشیمیایی این تبدیل را بررسی کرده و به مزایای زیست‌محیطی این فرایند و چالش‌های بهینه‌سازی مراحل پیش‌تولید اشاره کردند. کانگ و همکاران [۱۶] به انتخاب مکان بهینه دفن زباله در شهر کینشاسا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. هاس [۱۷] روش‌های مختلف بازیافت پسماندهای کشاورزی را بررسی کرده و با ارائه یک تحلیل هزینه-فایده، مقرون به‌صرفه‌ترین روش‌های بازیافت را ارزیابی و مقایسه کرد. همچنین، نویسنده روش‌های مقرون‌به‌صرفه‌ای را برای بازیافت پسماند کشاورزی در تایوان پیشنهاد کرد. برویتمن و همکاران [۱۸] به تحلیل حساسیت سیستم‌های مدیریت پسماند گیاهی را نسبت به نوسانات قیمت محصولات نهایی انجام داده و روش‌هایی برای ارزیابی قابلیت اجرایی و سودآوری فناوری‌های مختلف بر اساس دیدگاه‌های بدون ریسک و ریسک‌پذیر ارائه کردند. هدف تحقیق آن‌ها ایجاد راه‌حل‌های بهینه برای مدیریت پسماند با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی قیمت‌ها بود. ترن و همکاران [۱۹] مسئله مدیریت پسماند کشاورزی در کشورهای درحال‌توسعه را با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای تصمیم‌گیری در مورد شبکه‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند مطالعه کردند. هدف این مدل جلوگیری از سوزاندن پسماندها و استفاده از آن‌ها برای تولید کود بی ارگانیک بود. لازم به ذکر است که نویسندگان یک مطالعه موردی واقعی در ویتنام را در نظر گرفتند. سومیاتی و همکاران [۲۰] تأثیرات زیست‌محیطی بازیافت پسماند کشاورزی را با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بررسی کردند. آن‌ها مراحل مختلف بازیافت و مدیریت پسماند کشاورزی و اثرات آن بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی و سلامت اکوسیستم را مطالعه کرده و درنهایت فناوری‌های نوآورانه و مزایای آن‌ها را در مدیریت پسماند و دستیابی به توسعه پایدار معرفی کردند. پریک [۲۱] به بررسی چالش‌های مرتبط با مدیریت پسماند کشاورزی پرداخته و رویکردهای نوآورانه‌ای نظیر استفاده از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات همراه با شیوه‌های مدیریت مدرن و بهترین روش‌ها را برای مقابله با این چالش‌ها پیشنهاد داده است. با تحلیل مطالعات موردی و نمونه‌های موفق از مناطق مختلف، نویسنده به پتانسیل فناوری‌های مدرن و روش‌های پایدار برای تبدیل پسماند کشاورزی به منابع ارزشمند پرداخته است. آناند و همکاران [۲۲] عوامل کلیدی منجر به پسماند پس از برداشت سبزیجات و میوه‌ها را تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی کردند. آن‌ها پنج مسئله عملیاتی اصلی مانند برداشت ناکارآمد، برنامه‌ریزی تولید، پیش‌بینی تقاضا و حمل‌ونقل را موردبررسی قراردادند. برای تحلیل این عوامل، از روش دیمتل فازی[1] استفاده

[1] Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

کردند که به محققان امکان شناسایی روابط علت و معلولی بین عوامل و تعیین مؤثرترین آن‌ها را می‌دهد. نیکولتی و همکاران [۲۳] بر ادغام مسیرهای تبدیل پسماند کشاورزی به انرژی در یک شبکه محصول و فرآیند زیست‌توده تمرکز کردند. هدف آن‌ها بهینه‌سازی شبکه برای افزایش بازگشت سرمایه بود. آن‌ها از یک روش بهینه‌سازی مقاوم مبتنی برداده استفاده کرده و دو مطالعه موردی انجام دادند که نشان داد پسماندهای زیستی و مواد اولیه کشاورزی می‌توانند تقاضای بازار را برآورده کنند. چاوز و همکاران [۲۴] یک مدل چندهدفه برای طراحی تولید سوخت زیستی مبتنی بر پسماند کشاورزی ارائه کردند که شامل تصمیمات مربوط به مکان‌یابی، موجودی و مسیریابی می‌شود. این مدل به تصمیم‌گیرندگان در تعیین تعداد و مکان مراکز جمع‌آوری و پالایشگاه‌های زیستی، و همچنین جریان مواد مناسب کمک کرد. رهبری و همکاران [۲۵] بر بهینه‌سازی و تحلیل یک شبکه زنجیره تأمین پایدار و چندهدفه برای محصولات کشاورزی، با تأکید بر صنایع کنسرو مواد غذایی در شرایط عدم قطعیت، تمرکز کردند. ساگناک و همکاران [۲۶] از روش‌های فازی تاپسیس و روش بهترین- بدترین برای محاسبه وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها جهت انتخاب مکان بهینه برای جمع‌آوری پسماند الکترونیکی پایدار استفاده کردند. دادا و همکاران [۵] بر مدیریت پسماند و تأثیرات آن بر جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی تمرکز داشتند. آن‌ها اصول اقتصاد دایره‌ای و مشارکت جامعه را مورد تأکید قرار داده و نیاز به هماهنگی قوانین با زمینه‌های اجتماعی و اقتصادی و چالش‌های پیش رو در این حوزه را بررسی کردند. اقبال و همکاران [۲۷] یک مدل نوآورانه برای مدیریت و کاهش پسماند غذایی را بررسی کردند. هدف آن‌ها کاهش این پسماند با استفاده از مکانیزم‌های مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا[1] بود. این استراتژی به‌طور مؤثری ماندگاری محصولات غذایی و چرخه موجودی را افزایش داده و به کنترل علل ایجاد پسماند غذایی کمک کرد. درنهایت، با ارائه یک مدل تصمیم‌گیری، آن‌ها تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین غذا را بهینه‌سازی کرده و به اهداف پایداری دست یافتند. وانگسا و همکاران [۲۸] زنجیره تأمین مواد غذایی تازه در تجارت الکترونیک را با تمرکز بر کاهش انتشار کربن و پسماند غذایی موردبررسی قراردادند. آن‌ها برای بهینه‌سازی هزینه‌های کلی شامل خرید، بازرسی، پسماند غذایی، بسته‌بندی، نگهداری در سردخانه، حمل‌ونقل و انتشار کربن، از برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط استفاده کردند. این رویکرد به آن‌ها امکان داد پایداری و کارایی بیشتری را در زنجیره تأمین به دست آورند و تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل برسانند. ونانی و همکاران [۲۹] زنجیره تأمین پایدار غذا را با پیشنهاد یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای کاهش هزینه‌ها، انتشار کربن و پسماند غذایی بررسی کردند. این مدل از طریق یک مطالعه موردی در جاوای غربی اندونزی تأیید شد. نیکولیچ و همکاران [۳۰] بر کاهش پسماند در صنعت لبنیات از طریق پیکربندی یک سیستم مدیریت موجودی کارآمد تمرکز کردند. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت هماهنگ موجودی می‌تواند پایداری صنعت غذایی را افزایش دهد و این بهبود را در صنعت لبنیات به‌دقت اندازه‌گیری کند. علی و همکاران [۳۱] ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین غذا و ارتباط آن‌ها با پسماند غذایی را برای توسعه یک چارچوب پایدار به‌منظور کاهش پسماند غذایی موردبررسی قراردادند. با استفاده از تحلیل پارتو و مدل ترکیبی دیمتل[2]، آن‌ها ریسک‌های اولویت‌دار را شناسایی و استراتژی‌های کاهش ریسک پیشنهاد کردند. مدل پیشنهادی در شرکت‌های فرآوری غذا در بنگلادش به کار گرفته شد و نتایج به مدیران در توسعه استراتژی‌های تاب‌آور برای کاهش ریسک‌ها و پسماند غذایی کمک کرد. در مطالعه‌ای توسط آموس و همکاران [۳۲] مدیریت پسماند در ایالت لاگوس با تمرکز بر تأثیرات اولویت‌بندی دولت، کمک‌های منطقه‌ای، سیستم قضایی و مشارکت عمومی بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که علی‌رغم برخی توصیه‌ها برای دفع پسماند، همچنان تولید پسماند در حال افزایش است و نیاز به تفکیک برای تسهیل تصفیه فاضلاب وجود دارد. گرچون و همکاران [۳۳] یک زنجیره بزرگ بیمارستانی بین‌المللی در ترکیه را بررسی کردند تا راه‌حل‌های منطقی و مناسب برای ارزیابی و انتخاب بهترین ارائه‌دهندگان خدمات دفع و لجستیک پسماندهای پزشکی ارائه دهند. آن‌ها یک روش یکپارچه قدرتمند بر اساس ارزیابی تناسب پیچیده تناسب[3]، تحلیل نسبت وزن گام‌به‌گام[4]، و مجموعه‌های فازی فرمتیان با مقادیر بازه‌ای[5] توسعه

[1] IoT
[2] Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory
[3] COmplex PRoportional ASsessment
[4] Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
[5] Interval-Valued Fermatean Fuzzy Sets

دادند. سیف و همکاران [۳۴] یک مدل ریاضی برای پیکربندی زنجیره تأمین غذا با در نظر گرفتن اصول پایداری پیشنهاد کردند. نویسندگان از رویکرد اپسیلن-محدودیت برای حل مدل پیشنهادی استفاده کردند. کریشنان و همکاران [۳۵] بر بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین پایدار غذا با در نظر گرفتن ارزش افزایی پسماند غذایی و عدم قطعیت تأمین تمرکز داشتند. هدف اصلی این مطالعه ارائه مدلی بود که بتواند تمام ارکان پایداری، شامل جنبه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی را در طراحی زنجیره تأمین غذا بهینه‌سازی کند. آن‌ها از داده‌های مکانی مختلف برای شناسایی مناطق مناسب و نامناسب دفن زباله استفاده کردند و اهمیت تحلیل‌های دقیق‌تر برای انتخاب مکان‌های آینده را تأکید کردند. شفیع و همکارانش [۳۶] از دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، روش رتبه‌بندی تاپسیس و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای انتخاب مکان مناسب برای ساخت نیروگاه هسته‌ای در اندونزی استفاده کردند و مکان کالیمانتان غربی را به‌عنوان بهترین گزینه شناسایی کردند. دهنوی و همکاران [۳۷] از روش‌های تاپسیس و مسئله پوشش با ظرفیت وزنی حداکثری با شعاع برای انتخاب و تخصیص پناهگاه‌های اضطراری پس از زلزله استفاده کرده‌اند.

در جدول ۱ موارد کلیدی مرور ادبیات آورده شده است. با توجه به اهمیت مدیریت پسماند کشاورزی و چالش‌های مرتبط با آن، به‌ویژه در زمینه مکان‌یابی مراکز برخورد با پسماند، شکاف‌های تحقیقاتی بسیاری در این حوزه وجود دارد. یکی از مهم‌ترین شکاف‌ها، عدم توجه کافی به ابعاد تاب‌آوری و پایداری به طور همزمان در فرآیند انتخاب مکان‌های بهینه برای احداث تسهیلات زنجیره پسماند است. همچنین، بیشتر روش‌های موجود به مدیریت عدم قطعیت‌ها و تغییرات محیطی و اقتصادی به‌طور کامل نپرداخته‌اند. هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر پایداری و تاب‌آوری در مکان‌یابی تسهیلات مدیریت پسماند زعفران، توسعه یک مدل تصمیم‌گیری ترکیبی مبتنی بر روش‌های فازی سوارا و فازی ایداس برای ارزیابی و رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه احداث تسهیلات، ارزیابی تأثیر شرایط عدم قطعیت بر فرآیند تصمیم‌گیری و ارائه راهکارهایی برای مدیریت این عدم قطعیت‌ها و ارائه توصیه‌های کاربردی برای بهبود فرآیند مکان‌یابی تسهیلات مدیریت پسماند کشاورزی با تأکید بر پسماندهای زعفران می‌باشد. نوآوری این پژوهش در نظرگرفتن همزمان ابعاد پایداری و تاب‌آوری در حالت عدم قطعیت در انتخاب مکان‌های بهینه برای احداث تسهیلات زنجیره پسماند بوده که به‌طور خاص در صنعت پسماند زعفران مورد بررسی قرارگرفته است.

جدول ۱ مروری بر پیشینه تحقیق

مقاله	پایداری	تاب آوری	عدم قطعیت	مطالعه موردی	روش	مطالعه موردبررسی
حسولی و همکاران [۱۳]	✓		✓	بریتانیا	تحلیل سلسه مراتبی فازی	مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد مزرعه‌های خورشیدی
کانگ و همکاران [۱۶]	✓			کینشاسا	تحلیل سلسله‌مراتبی	انتخاب مکان بهینه دفن زباله
شفیع و همکارانش [۳۶]			✓	اندونزی	تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی	ساخت نیروگاه هسته‌ای
دهنوی و همکاران [۳۷]	✓	✓			تاپسیس، مسئله پوشش با ظرفیت وزنی حداکثری با شعاع	انتخاب و تخصیص پناهگاه‌های اضطراری پس از زلزله
گرچون و همکاران [۳۳]			✓	ترکیه	فازی کپراس، فازی سوارا، فازی فرمتیان	ارزیابی و انتخاب بهترین ارائه‌دهندگان خدمات دفع و لجستیک پسماندهای پزشکی
آناند و همکاران[۲۲]	✓				روش دیمتل فازی	تجزیه‌وتحلیل عوامل کلیدی منجر به پسماند پس از برداشت سبزیجات و میوه‌ها
ترن و همکاران [۱۹]	✓			ویتنام	مدل برنامه‌ریزی غیرخطی	تصمیم‌گیری در مورد شبکه‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند

مقاله	پایداری	تاب آوری	عدم قطعیت	مطالعه موردی	روش	مطالعه موردبررسی
ساگناک و همکاران [۲۶]			✓		فازی تاپسیس، روش بهترین-بدترین	انتخاب مکان بهینه برای جمع‌آوری پسماند الکترونیکی پایدار
پژوهش حاضر	✓	✓	✓	ایران	روش‌های فازی سوارا و فازی ایداس	انتخاب مکان مناسب برای احداث تسهیلات پسماند کشاورزی

۲- روش تحقیق

۲-۱- مطالعه موردی شاخص‌ها

در این بخش، ابتدا مطالعه موردی انتخاب‌شده توضیح داده می‌شود و سپس شاخص‌ها شناسایی می‌شوند. همان‌طور که ذکر شد، مدیریت پسماند کشاورزی برای جامعه از اهمیت زیادی برخوردار است. زعفران که به‌عنوان ارزشمندترین ادویه جهان شناخته می‌شود، نه‌تنها به دلیل قیمت بالای خود بلکه به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردش موردتوجه است. این ادویه توانایی افزودن رنگ، طعم و عطر به غذا را دارد، به همین دلیل در آشپزی‌های مختلف به‌طور گسترده استفاده می‌شود. علاوه بر این، زعفران به‌عنوان رنگ در منسوجات، محصولات آرایشی و همچنین برای کاهش علائم بیماری‌های مختلف انسانی استفاده می‌شود. زعفران همچنین به‌عنوان یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها شناخته می‌شود که می‌تواند سلامت کلی بدن را بهبود بخشد و طول عمر را افزایش دهد. به همین دلیل، استفاده بهینه از این گیاه و پسماندهای آن از اهمیت بالایی برخوردار است. این مطالعه موردی بر روی مزارع کشت زعفران در شهرستان نیشابور واقع در استان خراسان متمرکز است. نیشابور به دلیل شرایط مناسب خاک و اقلیم، به‌عنوان یکی از مناطق مستعد برای کشت زعفران شناخته می‌شود. در شکل۳، مزارع کشت زعفران در سه مکان مختلف قابل‌مشاهده هستند. علاوه بر این، مراکز جمع‌آوری برای جمع‌آوری پسماندها در چهار نقطه روی نقشه شناسایی‌شده‌اند. همان‌طور که در شکل۲ مشاهده می‌شود، سه مکان مختلف برای کارخانه تولید اسانس و عصاره زعفران، کارخانه تولید رنگ و کارخانه تولید کمپوست در نظر گرفته‌شده‌اند.

شکل ۲ یک طرح شماتیک از مطالعه موردی موردبررسی

در این پژوهش، گام نخست شامل شناسایی شاخص‌های بالقوه از منابع موجود در ادبیات تحقیق بود. در ادامه، مرتبط‌ترین شاخص‌ها بر اساس نظرات کارشناسان که تعداد آنها ۵ نفر بوده و اطلاعات کارشناسان در جدول ۲ قرار دارد انتخاب شدند. مجموعه شاخص‌ها شامل سه معیار اصلی و ۱۷ زیر معیار مرتبط است که در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

جدول ۲ اطلاعات کارشناسان

شماره	۱	۲	۳	۴	۵
تحصیلات	کارشناس ارشد مدیریت ریسک	کارشناس ارشد مدیریت محیط‌زیست	دکتری در مدیریت زنجیره تأمین	کارشناس ارشد مهندسی صنایع	دکتری در اقتصاد
سابقه کاری	۵	۹	۶	۱۲	۱۰

جدول ۳ معیارهای موردبررسی

معیار اصلی	زیر معیار	تعریف	مرجع
عمومی	مالیات	مالیاتی که به‌طور قانونی توسط دولت اخذ می‌شود	[۳۸], [۳۹], [۴۰]
	هزینه‌های زمین	هزینه‌های مرتبط مانند هزینه زمین، مالیات، هزینه نیروی کار و غیره	[۴۱], [۴۲]
	فاصله تا تسهیلات بالادستی	متوسط فاصله با مراکز بالادستی مانند نقاط تولید پسماند	[۴۲], [۴۳]
	فاصله تا تسهیلات پایین‌دستی	متوسط فاصله با مراکز بالادستی مانند مراکز فراوری	[۴۲], [۴۳]
	هزینه انرژی	هزینه مصرف منابع انرژی	[۴۰], [۴۴]
	خدمات	در دسترس بودن خدماتی مانند انبارداری و خدمات حمل‌ونقل که باید نزدیک به مرکز توزیع باشد	[۴۱], [۴۵]
پایداری	تأثیر بر منظر اکولوژیکی	حفظ منظر طبیعی بدون تخریب منابع آب و پوشش گیاهی اصلی	[۴۶], [۴۷]
	سطح حفاظت محیط‌زیست	کاهش آلودگی شهری و حفاظت از محیط‌زیست طبیعی	[۴۷], [۴۸]
	انتشار گازهای گلخانه‌ای	انتشار گازهای گلخانه‌ای به جو که منجر به تغییرات اقلیمی می‌شود	[۳۸], [۴۹], [۵۰]
	ایمنی کاری	حفاظت از کارکنان در محیط کار	[۵۰]
	توسعه محلی	بهبود شرایط اقتصادی منطقه	[۴۷]
	ایجاد فرصت‌های شغلی	ایجاد شرایط برای استخدام افراد در مشاغل مختلف	[۴۰], [۵۰], [۵۱], [۵۲]
تاب‌آوری	امنیت	امنیت محل از حوادث و وقایع	[۴۲]
	گسترش ظرفیت	قابلیت گسترش ظرفیت مرکز توزیع برای برآورده کردن تقاضا	[۴۲], [۴۳]

معیار اصلی	زیر معیار	تعریف	مرجع
	زیرساخت هوشمند سازی مراکز توزیع	وجود زیرساخت برای استفاده از رویکردهایی مانند زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته، کنترل و ارتباطات پیشرفته، انبارداری هوشمند و غیره	[۵۳]
	قابلیت انطباق	توانایی سازگاری با شرایط و چالش‌های جدید	گروه تحقیقاتی ما
	انعطاف‌پذیری	شرایط نقطه بالقوه برای نگهداری و حمل محصولات مختلف (مانند محصولات فاسدشدنی، مواد غذایی، داروها، محصولات بزرگ و غیره)	گروه تحقیقاتی ما

۲-۲- فازی سوارا

در این پژوهش از روش فازی سوارا استفاده شده که از مزایای روش فازی سوارا کاهش مقایسات زوجی بوده که برخلاف روش‌هایی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، نیازی به انجام مقایسات زوجی بین تمام معیارها نیست. این ویژگی باعث کاهش پیچیدگی فرآیند تصمیم‌گیری و افزایش کارایی آن می‌شود و این روش امکان ارزیابی مستقیم نظرات خبرگان در مورد اهمیت معیارها را فراهم می‌کند، که به تعیین دقیق‌تر اوزان معیارها منجر می‌شود که با ترکیب منطق فازی، روش سوارا می‌تواند عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در نظرات خبرگان را مدیریت کرده و به نتایج قابل‌اعتمادتری دست یابد. در نسخه فازی سوارا، از اعداد فازی (مانند اعداد فازی مثلثی یا ذوزنقه‌ای) برای مدل‌سازی قضاوت‌های زبانی استفاده می‌شود [۵۴].

مراحل روش فازی سوارا

گام اول: رتبه‌بندی معیارها

معیارها بر اساس اولویت و اهمیت توسط کارشناسان رتبه‌بندی می‌شوند. این رتبه‌بندی پایه محاسبات وزن‌ها را فراهم می‌کند.

گام دوم: محاسبه اهمیت معیار *j* نسبت به معیار قبلی *j-1*

در این مرحله، میزان اهمیت هر معیار نسبت به معیار قبلی توسط کارشناسان ارزیابی می‌شود و به‌صورت نسبی مشخص می‌گردد.

گام سوم: ضریب کاهش وزن k_j بر اساس رابطه ۱ تعیین می‌شود.

$$\tilde{k}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \tilde{s}_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (۱)$$

گام چهارم: q_j با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$q_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \frac{\tilde{q}_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (۲)$$

گام پنجم: تعیین وزن‌های نهایی

وزن‌های نهایی معیارها w_j با نرمال‌سازی وزن‌های اولیه به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌شوند.

$$\widetilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^{n} \tilde{q}_k} \quad (۳)$$

این مراحل به‌طور کامل فرآیند محاسبه وزن‌ها در روش فازی سوارا را توضیح می‌دهند [۵۵].

۲-۳- فازی ایداس

روش فازی ایداس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که با ترکیب نظریه مجموعه‌های فازی، امکان مدیریت عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها را فراهم می‌کند. از مزایای روش فازی ایداس ارزیابی گزینه‌ها بر اساس فاصله آن‌ها از راه‌حل میانگین صورت می‌گیرد، که نیاز به تعیین مقدار ایده‌آل مطلق را برطرف می‌کند و باعث پایداری و دقت بالاتر در ارزیابی گزینه‌ها می‌شود و روش ایداس به دلیل ساختار ساده و قابل‌فهم خود، به‌راحتی قابل پیاده‌سازی است و برای تصمیم‌گیرندگانی که دانش تخصصی در زمینه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ندارند، مناسب است [۵۶].

مراحل روش فازی ایداس

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری با توجه به رابطه ۴ صورت می‌گیرد.

$$\left[\tilde{x}_{ij}\right]_{m\times n} \quad (۴)$$

گام دوم: محاسبه میانگین گزینه‌ها با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$\Psi\widetilde{av}_j = \frac{1}{n}\bigoplus_{i=1}^{n} x_{ij} \quad (۵)$$

گام سوم: محاسبه فواصل مثبت و فواصل منفی از میانگین با توجه به رابطه ۶ محاسبه می‌گردد.

$$\widetilde{pda}_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\Psi\left(\tilde{x}_{ij} - \widetilde{av}_j\right)}{k\left(\widetilde{av}_j\right)} & j \in \text{شاخص‌مثبت} \\ \dfrac{\Psi\left(\widetilde{av}_j - \tilde{x}_{ij}\right)}{k\left(\widetilde{av}_j\right)} & j \in \text{شاخص منفی} \end{cases}$$

$$\widetilde{nda}_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\Psi\left(\widetilde{av}_j - \tilde{x}_{ij}\right)}{k\left(\widetilde{av}_j\right)} & j \in \text{مثبتشاخص} \\ \dfrac{\Psi\left(\tilde{x}_{ij} - \widetilde{av}_j\right)}{k\left(\widetilde{av}_j\right)} & j \in \text{شاخص منفی} \end{cases} \quad (۶)$$

معیار مثبت معیاری است که در آن مقادیر بالاتر ترجیح داده شده و بهتر در نظر گرفته می‌شوند. برعکس، معیار منفی معیاری است که در آن مقادیر پایین‌تر ترجیح داده‌شده و بهتر محسوب می‌شوند.

گام چهارم: محاسبه مجموع وزنی فواصل مثبت و منفی برای تمامی گزینه‌ها با استفاده از رابطه ۷ محاسبه می‌شود.

$$\tilde{s}_{pi=}\bigoplus_{i=1}^{m}\left(w_j \otimes \widetilde{pda}_{ij}\right)$$

$$\tilde{s}_{ni=}\bigoplus_{i=1}^{m}\left(w_j \otimes \widetilde{nda}_{ij}\right) \quad (۷)$$

گام پنجم: نرمال‌سازی مقادیر $\tilde{s}_{pi}$ و $\tilde{s}_{ni}$ به‌وسیله رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

$$\widetilde{nspi} = \frac{\widetilde{sp}_i}{max\left(k(\widetilde{sp}_i)\right)}$$

$$\widetilde{nsni} = 1 - \frac{\widetilde{sn}_i}{max\left(k(\widetilde{sn}_i)\right)} \quad (۸)$$

گام ششم: محاسبه امتیاز ارزیابی به‌وسیله رابطه ۹ انجام می‌شود.

$$\widetilde{as}_i = \frac{1}{2}(\widetilde{nsp}_i \oplus \widetilde{nsn}_i) \quad (۹)$$

۳- نتایج

۳-۱- نتایج روش فازی سوارا

در روش فازی سوارا ابتدا پرسش‌نامه‌ای برای وزن دهی معیارها که در جدول ۳ قابل مشاهده است در اختیار خبرگان قرار گرفت و در ادامه متغیرهای کیفی آن به اعداد فازی مثلثی تبدیل گردید و در نهایت اولویت‌بندی با استفاده از روش فازی سوارا انجام گردید و میانگین نظر خبرگان در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴ نتایج فازی سوارا

معیارها	میانگین وزن معیارها از ۵ خبره		
هزینه زمین	۰.۱۹۹	۰.۲۲۲	۰.۲۵۳
نزدیکی به سطح پایین‌دستی	۰.۱۲۴	۰.۱۴۵	۰.۱۷۱
نزدیکی به سطح بالادستی	۰.۰۷۵	۰.۰۹۵	۰.۱۱۹
هزینه انرژی	۰.۰۸۵	۰.۱۰۷	۰.۱۳۲
مالیات	۰.۰۸۸	۰.۱۰۹	۰.۱۳۵
خدمات	۰.۰۵۷	۰.۰۷۵	۰.۰۹۷
امنیت	۰.۰۲۸	۰.۰۴۱	۰.۰۵۷
انعطاف‌پذیری	۰.۰۲۳	۰.۰۳۵	۰.۰۵
قابلیت انطباق	۰.۰۲۸	۰.۰۴۱	۰.۰۵۷
قابلیت بازسازی	۰.۰۱۸	۰.۰۲۷	۰.۰۳۹
تأثیر بر منظر اکولوژی	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	۰.۰۲۴
سطح حفاظت محیط‌زیست	۰.۰۱۶	۰.۰۲۶	۰.۰۳۸
انتشار گاز گلخانه‌ای	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	۰.۰۲۳
ایمنی کار	۰.۰۰۷	۰.۰۱۲	۰.۰۱۹
ایجاد فرصت شغلی	۰.۰۰۶	۰.۰۱۱	۰.۰۱۸
توسعه صنعتی	۰.۰۰۹	۰.۰۱۶	۰.۰۲۴

۳-۲- نتایج فازی ایداس

در این مرحله نیز، پرسشنامه‌ای برای ارزیابی هریک از مکان‌ها بر اساس معیارها توسط خبرگان تکمیل گردید و متغیرهای کیفی به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند و با استفاده از اهمیت معیارها که در بخش قبل، قسمت فازی سوارا به‌دست‌آمده بود، نتایج حاصل از فازی ایداس که نشان‌دهنده اولویت ساخت هریک از تسهیلات با توجه به معیارهای پایداری و تاب‌آوری می‌باشد در جداول زیر برای ساخت مراکز جمع‌آوری پسماند، مراکز تولید رنگ، مراکز تولید کمپوست و مراکز تولید اسانس و عصاره محاسبه‌گردید.

با توجه به جدول ۵، مرکز جمع‌آوری ۱ نسبت به مراکز جمع‌آوری دیگر با در نظر گرفتن معیارها گزینه بهتری برای احداث بوده و مرکز ۴ نسبت به بقیه گزینه نامناسب‌تری است.

جدول ۵ نتایج محاسبات امتیاز مراکز جمع‌آوری پسماند با روش فازی ایداس

	as			k(as)
مرکز جمع‌آوری پسماند ۱	-۰.۲۴۹	۰.۵۰۸	۱.۲۴۹	۰.۵۰۳
مرکز جمع‌آوری پسماند ۲	۰.۲۹۰	۰.۵۸۹	۰.۸۷۹	۰.۵۸۶
مرکز جمع‌آوری پسماند ۳	-۰.۱۹۰	۰.۴۴۴	۱.۱۱۵	۰.۴۵۶
مرکز جمع‌آوری پسماند ۴	-۰.۱۸۰	۰.۴۸۳	۰.۹۵۴	۰.۴۱۹

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۶ بهترین مکان برای احداث مرکز تولید رنگ، مرکز ۱ و نامناسب‌ترین حالت مرکز شماره ۳ می‌باشد که به نسبت دارای اختلاف زیادی هستند.

جدول ۶ نتایج محاسبات امتیازات مراکز تولید رنگ با روش فازی ایداس

	as			k(as)
مرکز تولید رنگ ۱	-۰.۱۴۹	۰.۶۲۸	۱.۲۴۹	۰.۵۷۶
مرکز تولید رنگ ۲	۰.۱۵۰	۰.۳۸۹	۰.۶۰۹	۰.۳۸۳
مرکز تولید رنگ ۳	-۰.۱۹۰	۰.۲۴۴	۰.۵۵۰	۰.۲۰۱

نتایج جدول ۷ بیانگر این است که مرکز ۲ دارای امتیاز بیشتری بوده و مرکز ۱ کمترین امتیاز برای احداث مرکز تولید کمپوست را دارا می‌باشد.

جدول ۷ نتایج محاسبات امتیازات مراکز تولید کمپوست با روش فازی ایداس

	as			k(as)
مرکز تولید کمپوست ۱	-۰.۲۴۹	۰.۳۰۸	۱.۰۴۹	۰.۳۶۹
مرکز تولید کمپوست ۲	۰.۲۰۱	۰.۵۸۲	۰.۹۷۹	۰.۵۸۷
مرکز تولید کمپوست ۳	-۰.۱۶۰	۰.۳۴۴	۱.۱۰۰	۰.۴۲۸

نتایج حاصل از جدول امتیازات مراکز تولید اسانس و عصاره در جدول ۸ نشان می‌دهد مرکز ۱ دارای امتیاز بیشتر و گزینه مناسب‌تر برای احداث و مرکز ۲ دارای امتیاز کمتری با توجه به معیارها می‌باشد.

جدول ۸ نتایج امتیازات مراکز تولید عصاره و اسانس با روش فازی ایداس

	as			k(as)
مرکز تولید عصاره و اسانس ۱	-۰.۲۴۹	۰.۵۰۸	۱.۲۴۹	۰.۵۰۳
مرکز تولید عصاره و اسانس ۲	-۰.۲۸۱	۰.۲۹۹	۰.۶۷۹	۰.۲۲۶
مرکز تولید عصاره و اسانس ۳	-۰.۱۹۰	۰.۳۴۴	۰.۸۱۵	۰.۳۲۳

۳-۳- نتایج فازی مارکوس

در جداول زیر رتبه‌بندی فازی مارکوس[۵۷] برای مکان‌های مراکز جمع‌آوری، مراکز تولید رنگ، مراکز تولید کمپوست و مراکز تولید اسانس و عصاره را به ترتیب در جداول ۹ و ۱۰و ۱۱ و۱۲ نشان می‌دهد.

جدول ۹ نتایج امتیازات مراکز جمع‌آوری پسماند با روش فازی مارکوس

مراکز	مرکز جمع‌آوری پسماند ۱	مرکز جمع‌آوری پسماند ۲	مرکز جمع‌آوری پسماند ۳	مرکز جمع‌آوری پسماند ۴
k	۰,۴۲۶	۰,۶۸۶	۰,۴۸۳	۰,۳۷۹

جدول ۱۰ نتایج امتیازات مراکز تولید رنگ با روش فازی مارکوس

مراکز	مرکز تولید رنگ ۱	مرکز تولید رنگ ۲	مرکز تولید رنگ ۳
k	۰,۶۳۲	۰,۴۲۵	۰,۴۹۸

جدول ۱۱ نتایج محاسبات امتیازات مراکز تولید کمپوست با روش فازی مارکوس

مراکز	مرکز تولید کمپوست ۱	مرکز تولید کمپوست ۲	مرکز تولید کمپوست ۳
k	۰,۲۹۴	۰,۳۹۲	۰,۲۶۶

جدول ۱۲ نتایج امتیازات مراکز تولید عصاره و اسانس با روش فازی مارکوس

مراکز	مرکز تولید عصاره و اسانس ۱	مرکز تولید عصاره و اسانس ۲	مرکز تولید عصاره و اسانس ۳
k	۰,۷۲۱	۰,۶۰۴	۰,۶۹۹

۴-۳ مقایسه نتایج فازی ایداس با فازی مارکوس

همان‌طور که در جدول ۱۳ مشاهده می‌کنید مرکز جمع‌آوری پسماند ۲، مرکز تولید رنگ ۱، مرکز تولید کمپوست ۲ و مرکز تولید اسانس و عصاره ۱ در هر دو روش فازی ایداس و فازی مارکوس دارای بیشترین امتیاز بوده که نشان‌دهنده صحت فرایند کار می‌باشد.

جدول ۱۳ نتایج رتبه‌بندی روش‌های فازی ایداس و فازی مارکوس

روش	جمع آوری ۱	جمع آوری ۲	جمع آوری ۳	جمع آوری ۴	رنگ ۱	رنگ ۲	رنگ ۳	کمپوست ۱	کمپوست ۲	کمپوست ۳	اسانس ۱	اسانس ۲	اسانس ۳
فازی ایداس	۲	۱	۳	۴	۱	۲	۳	۳	۱	۲	۱	۳	۲
فازی مارکوس	۳	۱	۲	۴	۱	۳	۲	۲	۱	۳	۱	۳	۲

۴- نتیجه‌گیری

مدیریت پسماند کشاورزی برای کاهش آلودگی محیط‌زیست، حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از هدر رفت مواد ارزشمند ضروری است. این فرآیند همچنین به تولید انرژی پاک و بهبود بهره‌وری در سیستم‌های کشاورزی کمک می‌کند. در بعضی از موارد پسماندهای کشاورزی می‌تواند به‌عنوان مواد اولیه در صنایع دیگر استفاده گردد. با توجه به اهمیت مدیریت پسماند، در این تحقیق به مکان‌یابی بهترین نقاط برای احداث مراکز جمع‌آوری پسماند و همچنین احداث مراکز تولید رنگ و تولید کمپوست و تولید اسانس و عصاره که در مطالعه موردی برای زعفران در نظر گرفته‌ایم پرداخته‌شده است که با استفاده از روش‌های فازی سوارا و فازی ایداس، مکان‌های مناسب با توجه به معیارهای پایداری و تاب‌آوری انتخاب شدند و در ادامه فرایند برای صحت محاسبات از روش فازی مارکوس استفاده نموده‌ایم که نتایج حاصل، تشابه رتبه‌بندی حاصل از روش فازی مارکوس و فازی ایداس را در محاسبات نشان می‌دهد. نتایج بیانگر این است که هر مکان چه امتیازی دارد و با انتخاب مکان‌های با رتبه بیشتر می‌توانیم پایداری و تاب‌آوری را به حداکثر برسانیم. نتایج حاصل از مطالعه موردی مربوطه برای مکان‌یابی تسهیلات و مراکز پسماند زعفران نشان می‌دهد، در مراکز جمع‌آوری پسماند مرکز شماره ۱، برای تسهیلات رنگ، کمپوست، اسانس و عصاره به ترتیب مکان‌های شماره ۱ و ۲ و ۱ دارای بیشترین امتیاز است. نتیجه این پژوهش می‌تواند ابزارهای کارآمدی را برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان در حوزه مدیریت پسماند کشاورزی فراهم کند. این نتایج می‌تواند به آن‌ها در انتخاب بهترین مکان

برای احداث مراکز بازیافت پسماند کمک کند و درعین‌حال هزینه‌های لجستیکی را کاهش دهد و کارایی سیستم را افزایش دهد. علاوه بر این، این تحقیق با ارائه رویکردی جامع برای اولویت‌بندی بر اساس معیارهای پایداری و تاب‌آوری، موجب کاهش آلودگی محیط‌زیست و ارتقای استفاده مجدد از ضایعات کشاورزی می‌شود. به‌طور خاص، با توجه به چالش‌های محیطی و اقتصادی موجود، این پژوهش می‌تواند راهکارهایی ارائه دهد که نه تنها به کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی کمک کند، بلکه در راستای حفاظت از منابع طبیعی و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های مدیریت پسماند نیز مؤثر باشد. همچنین، رویکردهای پیشنهادی می‌توانند به بهبود کیفیت محیط‌زیست از طریق کاهش تولید زباله و بهینه‌سازی فرآیندهای استفاده از ضایعات کشاورزی کمک نمایند و به تحقق اهداف توسعه پایدار و ارتقاء تاب‌آوری جوامع در برابر بحران‌های زیست‌محیطی و اقتصادی کمک کنند. برای مطالعات آینده، برای بهبود مدیریت پسماند کشاورزی و افزایش پایداری و تاب‌آوری سیستم‌های کشاورزی، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده به ابعاد چابکی و دیجیتال‌سازی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و سیستم‌های اطلاعاتی، می‌توان فرآیندهای مدیریت پسماند را بهبود بخشید و واکنش‌پذیری سیستم را در برابر تغییرات افزایش داد و بررسی محیط‌های عدم قطعیت ترکیبی که با تحلیل و مدل‌سازی شرایط عدم قطعیت در محیط‌های ترکیبی، می‌توان تصمیم‌گیری‌های بهتری در مدیریت پسماند اتخاذ کرد و همچنین توسعه سیستم‌های هوشمند پیش‌بینی تولید پسماند و بهینه‌سازی فرآیندهای بازیافت که با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، می‌توان تولید پسماند را پیش‌بینی کرده و فرآیندهای بازیافت را بهینه‌سازی نمود توجه شود.

۵- مراجع

[1] Koul B, Yakoob M, Shah MP. Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. Environ Res 2022;206:112285.

[2] Karak T, Bhagat RM, Bhattacharyya P. Municipal Solid Waste Generation, Composition, and Management: The World Scenario. Crit Rev Environ Sci Technol 2012;42:1509–630.

[3] Shekhawat P, Shrivastava S, Shrivastava N. Agricultural Waste Utilization in Sustainable and Resilient Construction. Advances in Waste Management 2019:385–93.

[4] Zargaran Khouzani MR, Dehghani Ghahfarokhi Z. Evaluation of Agricultural Waste Management Mechanism in Iran. Industrial and Domestic Waste Management 2022;2:113–24.

[5] Ayorinde Dada M, Obaigbena A, Tega Majemite M, Sunday Oliha J, Winston Biu P, Author C. INNOVATIVE APPROACHES TO WASTE RESOURCE MANAGEMENT: IMPLICATIONS FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND POLICY. Engineering Science & Technology Journal 2024;5:115–27.

[6] Marrone G, Urciuoli S, Lauro M Di, Nutrients KC-, 2024 undefined. Saffron (Crocus sativus L.) and Its By-Products: Healthy Effects in Internal Medicine. MdpiComG Marrone, S Urciuoli, M Di Lauro, K Cornali, G Montalto, C Masci, G Vanni, M TesauroNutrients, 2024•mdpiCom 2024.

[7] Lahmass I, Lamkami T, Delporte C, Sikdar S, Van Antwerpen P, Saalaoui E, et al. The waste of saffron crop, a cheap source of bioactive compounds. J Funct Foods 2017;35:341–51.

[8] Feinstein NW, Kirchgasler KL. Sustainability in Science Education? How the Next Generation Science Standards Approach Sustainability, and Why It Matters. Sci Educ 2015;99:121–44.

[9] Agbedahin AV. Sustainable development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, efficacy, eminence, and future. Sustainable Development 2019;27:669–80.

[10] Nayeri S, Sazvar Z, Heydari J. A global-responsive supply chain considering sustainability and resiliency: Application in the medical devices industry. Socioecon Plann Sci 2022;82.

[11] Cariappa AA, Acharya KK, Adhav CA, Sendhil R, Ramasundaram P. COVID-19 induced lockdown effects on agricultural commodity prices and consumer behaviour in India – Implications for food loss and waste management. Socioecon Plann Sci 2022;82.

[12] Nayeri S, Sazvar Z, Heydari J. A global-responsive supply chain considering sustainability and resiliency: Application in the medical devices industry. Socioecon Plann Sci 2022;82.

[13] Hosouli S, Engineering RH-R in, 2024 undefined. Application of multi-criteria decision making (MCDM) model for solar plant location selection. ElsevierS Hosouli, RA HassaniResults in Engineering, 2024•Elsevier n.d.

[14] Jabbari N, Goli M, Shahi S. Optimization of Bioactive Compound Extraction from Saffron Petals Using Ultrasound-Assisted Acidified Ethanol Solvent: Adding Value to Food Waste. Foods 2024;13.

[15] Ufitikirezi J de DM, Filip M, Ghorbani M, Zoubek T, Olšan P, Bumbálek R, et al. Agricultural Waste Valorization: Exploring Environmentally Friendly Approaches to Bioenergy Conversion. Sustainability 2024, Vol 16, Page 3617 2024;16:3617.

[16] Kang Y, Yabar H, Mizunoya T, Challenges YH-E, 2024 undefined. Optimal landfill site selection using arcgis multi-criteria decision-making (mcdm) and analytic hierarchy process (ahp) for kinshasa city. ElsevierYO Kang, H Yabar, T Mizunoya, Y HiganoEnvironmental Challenges, 2024•Elsevier n.d.

[17] Hsu E. Cost-benefit analysis for recycling of agricultural wastes in Taiwan. Waste Management 2021;120:424–32.

[18] Broitman D, Raviv O, Ayalon O, Kan I. Absorbing shocks: Designing an agriculture vegetative waste management system resilient to final product price fluctuations 2017.

[19] Tran TH, Nguyen TBT, Le HST, Phung DC. Formulation and solution technique for agricultural waste collection and transport network design. Eur J Oper Res 2024;313:1152–69.

[20] Sumiyati S, Samadikun BP, Widiyanti A, Budihardjo MA, Al Qadar S, Puspita AS. Global Journal of Environmental Science and Management Life cycle assessment of agricultural waste recycling for sustainable environmental impact ARTICLE INFO Podcasts. Global J Environ Sci Manage 2024;10:907–38.

[21] Pareek S. Enhancing growth and nutrient uptake in boufegous date palm variety with seaweed extracts and AMF/PGPR combination in the field 2024;40. https://doi.org/10.35248/0970-1907.24.40.1229-1231.

[22] Anand S, Barua MK. Modeling the key factors leading to post-harvest loss and waste of fruits and vegetables in the agri-fresh produce supply chain. Comput Electron Agric 2022;198:106936.

[23] Nicoletti J, Ning C, You F. Incorporating Agricultural Waste-to-Energy Pathways into Biomass Product and Process Network through Data-Driven Nonlinear Adaptive Robust Optimization. 2019.

[24] Morales Chavez MM, Costa Y, Sarache W. A three-objective stochastic location-inventory-routing model for agricultural waste-based biofuel supply chain. Comput Ind Eng 2021;162.

[25] Rahbari M, Khamseh AA, Mohammadi M. A Multi-objective Robust Scenario-based Stochastic Chance Constrained Programming Model for Sustainable Closed-loop Agri-food Supply Chain. Comput Chem Eng 2024:108914.

[26] Sagnak M, Berberoglu Y, Memis İ, Yazgan O. Sustainable collection center location selection in emerging economy for electronic waste with fuzzy Best-Worst and fuzzy TOPSIS. Waste Management 2021;127:37–47.

[27] Iqbal M, Production YK-J of C, 2024 undefined. Circular economy of food: A secondary supply chain model on food waste management incorporating IoT based technology. ElsevierMW Iqbal, Y KangJournal of Cleaner Production, 2024•Elsevier 2024.

[28] Wangsa ID, Vanany I, Siswanto N. An optimization model for fresh-food electronic commerce supply chain with carbon emissions and food waste. Journal of Industrial and Production Engineering 2023;40:1–21.

[29] Vanany I, Wangsa ID, Jeremi NA. A Multi-objective Mixed-Integer Linear Model for Sustainable Dairy Supply Chain with Food Waste and Environmental Pollutants. Process Integration and Optimization for Sustainability 2024;8:723–40.

[30] Nikolicic S, Kilibarda M, Maslaric M, Mircetic D, Bojic S. Reducing food waste in the retail supply chains by improving efficiency of logistics operations. Sustainability (Switzerland) 2021;13.

[31] Mithun Ali S, Moktadir MA, Kabir G, Chakma J, Rumi MJU, Islam MT. Framework for evaluating risks in food supply chain: Implications in food wastage reduction. J Clean Prod 2019;228:786–800.

[32] Amos O, Abiodun O, Olalekan O, Tolulope O. Evaluating urban service delivery in Lagos State Nigeria: A bid to enhance sustainable waste management 2024.

[33] Görçün Ö, Aytekin A, … SK-J of C, 2023 undefined. Evaluating and selecting sustainable logistics service providers for medical waste disposal treatment in the healthcare industry. ElsevierÖF Görçün, A Aytekin, S Korucuk, EB TirkolaeeJournal of Cleaner Production, 2023•Elsevier 2023.

[34] Seif M, Yaghoubi S, Khodoomi MR. Optimization of food-energy-water-waste nexus in a sustainable food supply chain under the COVID-19 pandemic: a case study in Iran. Environ Dev Sustain 2024;26:7163–97.

[35] Krishnan R, Arshinder K, Agarwal R. Robust optimization of sustainable food supply chain network considering food waste valorization and supply uncertainty. Comput Ind Eng 2022;171:108499.

[36] Mahmudah R, Putri D, … AA-CE, 2024 undefined. Developing a Multi-Criteria Decision-Making model for nuclear power plant location selection using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Fuzzy VIKOR. ElsevierRSN Mahmudah, DI Putri, AG Abdullah, MA Shafii, DL Hakim, T SetiadipuraCleaner Engineering and Technology, 2024•Elsevier n.d.

[37] Eelagh M, Journal RA-DA, 2024 undefined. A location-allocation optimization model for post-earthquake emergency shelters using network-based multi-criteria decision-making. Elsevier n.d.

[38] Kannan G, … AH-IJ of, 2008 undefined. An application of the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process in the selection of collecting centre location for the reverse logistics. InderscienceonlineComG Kannan, AN Haq, P SasikumarInternational Journal of Management and Decision Making, 2008•inderscienceonlineCom 2008.

[39] Malik S, Kumari A, Proceedings SA-MT, 2015 undefined. Selection of locations of collection centers for reverse logistics using GTMA. ElsevierS Malik, A Kumari, S AgrawalMaterials Today: Proceedings, 2015•Elsevier 2015.

[40] Kumar A, Wasan P, Luthra S, Production GD-J of C, 2020 undefined. Development of a framework for selecting a sustainable location of waste electrical and electronic equipment recycling plant in emerging economies. ElsevierA Kumar, P Wasan, S Luthra, G DixitJournal of Cleaner Production, 2020•Elsevier 2020.

[41] Liao H, Qin R, Wu D, Yazdani M, Zavadskas EK. Pythagorean fuzzy combined compromise solution method integrating the cumulative prospect theory and combined weights for cold chain logistics distribution center selection. International Journal of Intelligent Systems 2020;35:2009–31.

[42] Agrebi M, Abed M. Decision-making from multiple uncertain experts: case of distribution center location selection. Soft Comput 2021;25:4525–44. https://doi.org/10.1007/S00500-020-05461-Y/METRICS.

[43] Nong TNM. A hybrid model for distribution center location selection. The Asian Journal of Shipping and Logistics 2022;38:40–9.

[44] Queiruga D, Walther G, management JG-B-W, 2008 undefined. Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. ElsevierD Queiruga, G Walther, J Gonzalez-Benito, T SpenglerWaste Management, 2008•Elsevier 2008.

[45] Logistics TN-TAJ of S and, 2022 undefined. A hybrid model for distribution center location selection. ElsevierTNM NongThe Asian Journal of Shipping and Logistics, 2022•Elsevier n.d.

[46] Guo S, Energy HZ-A, 2015 undefined. Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. ElsevierS Guo, H ZhaoApplied Energy, 2015•Elsevier 2015.

[47] He Y, Wang X, Lin Y, Zhou F, D LZ-TRP, 2017 undefined. Sustainable decision making for joint distribution center location choice. ElsevierY He, X Wang, Y Lin, F Zhou, L ZhouTransportation Research Part D: Transport and Environment, 2017•Elsevier 2017.

[48] Chauhan A, Production AS-J of C, 2016 undefined. A hybrid multi-criteria decision making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. ElsevierA Chauhan, A SinghJournal of Cleaner Production, 2016•Elsevier 2016.

[49] Agrawal S, Singh R, Resources QM-, Recycling C and, 2016 undefined. Outsourcing decisions in reverse logistics: Sustainable balanced scorecard and graph theoretic approach. ElsevierS Agrawal, RK Singh, Q MurtazaResources, Conservation and Recycling, 2016•Elsevier 2016.

[50] Kheybari S, Kazemi M, energy JR-A, 2019 undefined. Bioethanol facility location selection using best-worst method. ElsevierS Kheybari, M Kazemi, J RezaeiApplied Energy, 2019•Elsevier 2019.

[51] Santibañez-Aguilar J, … JG-C-J of cleaner, 2014 undefined. Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives. ElsevierJE Santibañez-Aguilar, JB González-Campos, JM Ponce-Ortega, M Serna-GonzálezJournal of Cleaner Production, 2014•Elsevier 2014.

[52] Özceylan E, Çetinkaya C, Erbaş M, Part MK-TR, 2016 undefined. Logistic performance evaluation of provinces in Turkey: A GIS-based multi-criteria decision analysis. ElsevierE Özceylan, C Çetinkaya, M Erbaş, M KabakTransportation Research Part A: Policy and Practice, 2016•Elsevier 2016.

[53] Xu Y, Liu C, … KS-2015 IP&, 2015 undefined. Toward a resilient distribution system. IeeexploreIeeeOrgY Xu, CC Liu, KP Schneider, DT Ton2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2015•ieeexploreIeeeOrg 2015.

[54] Kardani Malekinezhad M, Rahimnia F, Eslami G, Farahi MM. Human resource analytics adoption: a framework-based analysis, fuzzy Delphi method and fuzzy SWARA. Journal of Advances in Management Research 2025;ahead-of-print.

[55] Kamali Saraji M, Streimikiene D, Ciegis R. A novel Pythagorean fuzzy-SWARA-TOPSIS framework for evaluating the EU progress towards sustainable energy development. Environ Monit Assess 2022;194.

[56] Kurtay KG. Selection of Military Armored Vehicle Using Fuzzy EDAS method. Computer and Decision Making: An International Journal 2024;1:134–50.

[57] Stanković M, Stević Ž, Das DK, Subotić M, Pamučar D. A New Fuzzy MARCOS Method for Road Traffic Risk Analysis. Mathematics 2020, Vol 8, Page 457 2020;8:457.