KMANPUB | Decision Science and Intelligent Systems Vol. 2 No. 2 (2025): 1-20

Article history:
Received 24 May 2025
Revised 19 August 2025
Accepted 06 September 2025
Published online 11 September 2025

Barriers to Implementing the Product-as-a-Service Model with Emphasis on the Role of Technology in the Food Industry

Mahsa Pishdar[1*]

[1] Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Iran

*** Corresponding author email address**: mahsa.pishdar@ut.ac.ir

A r t i c l e I n f o

Article type:
Original Research

How to cite this article:
Pishdar, M. (2025). Barriers to Implementing the Product-as-a-Service Model with Emphasis on the Role of Technology in the Food Industry. *Decision Science and Intelligent Systems. 2(2), 1-20.*

© 2025 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

A B S T R A C T

The product-as-a-service (PaaS) model, as an innovative approach within the circular economy framework, leverages digital technologies such as the Internet of Things (IoT) and blockchain to enhance efficiency and sustainability. However, implementing this model in developing countries like Iran faces structural barriers. The main purpose of this research is to identify and weigh the key barriers to advancing the PaaS model in Iran's food industry and to propose practical strategies to overcome them. To achieve this goal, the initial barriers were first determined through a literature review and validated using the Delphi method with the participation of experts. The final barrier weights were established using the modified Best-Worst Method (BWM) supported by Z-numbers to manage data uncertainty. The findings reveal that the barriers are categorized into four groups: financial (e.g., high technology costs), technical (lack of digital infrastructure), legal (absence of supportive policies), and socio-cultural (preference for asset ownership and distrust of foreign companies). The weighting analysis further indicates that technical and financial barriers have the greatest impact on the non-adoption of this model. Consequently, the proposed strategies include the development of digital infrastructure with government support, the design of financial incentives, the implementation of training programs for stakeholders, and the formulation of legal frameworks to facilitate private sector participation. By combining qualitative and quantitative methods, this study provides a systematic framework for prioritizing barriers that can help policymakers and managers accelerate the transition to a circular economy.

Keywords: *Product-as-a-service (PaaS); circular economy; food industry; barriers; digital technologies; Internet of Things (IoT); blockchain; Z-numbers; Best-Worst Method (BWM)*

Extended Abstract

Introduction

The Product-as-a-Service (PaaS) model has emerged as an innovative business approach closely aligned with the principles of the circular economy. Rather than transferring ownership of physical products to customers, PaaS emphasizes delivering functional value through access and service. This shift promotes sustainable consumption, longer product life cycles, and reduced waste by encouraging manufacturers to maintain and upgrade equipment, thus aligning profitability with resource efficiency (Mont et al., 2020). The approach is increasingly relevant in sectors such as the food supply chain, where post-harvest losses and inefficiencies remain critical issues, particularly in developing countries (Supreetha et al., 2023).

In Iran, structural deficiencies in the food system—such as outdated logistics and cold storage, limited awareness of sustainable consumption, and reliance on manual processes—lead to substantial food waste and resource depletion (Mashreq News, 2024; Saeidi et al., 2023). The Food and Agriculture Organization (FAO) reports that an average of 134 kilograms of food calories per person are lost daily in Iran, exacerbating environmental challenges such as greenhouse gas emissions and land degradation (Haji & Valizadeh, 2024). Smallholder farmers and micro, small, and medium enterprises (MSMEs), which form the backbone of the Iranian food sector, face significant obstacles in adopting advanced technologies due to high upfront costs, infrastructure gaps, and limited access to credit (Aliakbari et al., 2022).

Globally, the application of digital technologies—including the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and blockchain—has expanded the feasibility and efficiency of PaaS models in food systems. IoT devices allow real-time monitoring of storage and transport conditions, reducing spoilage and ensuring food safety (Baines & Lightfoot, 2013). AI enables predictive maintenance and optimization of resource use (Chen et al., 2021), while blockchain technology enhances transparency and traceability across supply chains, mitigating fraud and contamination risks (Kamath, 2018; Carson & Agyeman-Budu, 2020). Yet, studies show that in developing economies, barriers such as poor digital infrastructure, unreliable energy supply, weak regulatory support, and socio-cultural resistance to non-ownership models hinder successful adoption (Kumar et al., 2020; Mukherjee & Sovacool, 2021; Kanda et al., 2021).

Research on circular and servitization-based business models has identified the importance of local context and multi-dimensional evaluation of barriers. For example, Bocken et al. (2019) highlighted the need for integrating technical, financial, and socio-cultural considerations in circular transitions, while Oghazi and Mostaghel (2018) emphasized cultural resistance to shared or service-based models. The Iranian context adds complexity due to fluctuating currency values, fragmented policy frameworks, and trust deficits between local producers and technology providers (Ali & Khan, 2019). Addressing these multifaceted barriers requires both a robust analytical approach and practical policy strategies.

Against this backdrop, the present study aims to systematically identify and prioritize the barriers to implementing the PaaS model in Iran's food industry and propose actionable strategies to overcome them. To achieve this, the study integrates qualitative expert-driven techniques with advanced multi-criteria decision-making methods that accommodate uncertainty, offering a rigorous framework to guide policymakers and industry leaders in accelerating sustainable transformation.

Methods and Materials

This study adopted a mixed-methods design consisting of two main phases. First, potential barriers to PaaS implementation in the Iranian food industry were identified through an extensive systematic literature review of global and local research on circular economy, digital servitization, and food supply chain sustainability. These initial barriers were refined and validated via the Delphi technique, engaging 13 experts with substantial experience in the food industry, technology adoption, and sustainable supply chain management. Experts evaluated each barrier using a five-point Likert scale across two Delphi rounds to reach consensus on relevance and contextual applicability.

After validating the barrier set, a modified Best-Worst Method (BWM) enhanced with Z-numbers (ZBWM) was used to quantify the relative importance of each barrier category and sub-criterion. This approach integrates fuzzy logic to handle expert uncertainty and confidence levels in pairwise comparisons. The final weighting model assessed barriers across four main categories—financial, technical, legal, and socio-cultural—subdivided into 31 specific factors such as high technology costs, inadequate digital infrastructure, lack of supportive regulations, and cultural preference for asset ownership.

Findings

The Delphi process consolidated a comprehensive list of 31 barriers, all deemed critical to the adoption of PaaS in the Iranian food industry. The ZBWM analysis revealed four principal barrier groups, with technical and financial barriers dominating the weighting structure. Technical barriers received the highest relative importance at 45%, reflecting issues such as unreliable digital infrastructure, unstable electricity supply, limited technical literacy, and cybersecurity risks. Financial barriers followed closely at 34%, driven by high initial technology costs, restricted access to credit and financial services, and currency volatility.

Legal barriers accounted for 12% of the total weight. These included insufficient policy frameworks to promote technology adoption, bureaucratic import processes for advanced equipment, unclear intellectual property protections, and inconsistent food safety regulations. Socio-cultural barriers represented 9% but were still significant; these encompassed a strong cultural preference for ownership over service-based access, distrust of foreign technology providers due to past negative experiences, and limited community engagement in innovation programs.

Sub-factor analysis showed that inadequate digital infrastructure (B21) and high technology implementation costs (B11) were the two most critical single barriers, followed by limited access to financial credit (B12) and unreliable energy supply (B22). These high-impact barriers create a compounding effect, making it challenging for small-scale actors to participate in and benefit from the PaaS model.

Discussion and Conclusion

The findings underscore that implementing PaaS in Iran’s food industry is constrained primarily by structural and resource-related challenges. The dominance of technical and financial barriers aligns with global research indicating that infrastructure readiness and cost feasibility are prerequisites for servitization in emerging markets (Bocken et al., 2019; Zaki & Yasin, 2021). Limited access to reliable internet, electricity, and maintenance capabilities severely restricts the operational viability of digitally enabled service models. Likewise, high capital requirements, inadequate credit systems, and currency

instability impede small and medium enterprises from transitioning away from traditional ownership models.

Legal and socio-cultural barriers, while secondary in weighting, exert significant indirect influence. Weak intellectual property protection discourages technology providers from introducing advanced digital solutions (Ali & Khan, 2019). Regulatory ambiguity and bureaucratic delays further slow the deployment of imported technologies and foreign partnerships, critical for knowledge and infrastructure transfer. Cultural resistance to non-ownership models—rooted in asset-based perceptions of security and autonomy—compounds these barriers, echoing earlier findings in the servitization literature (Oghazi & Mostaghel, 2018; Patel & Sharma, 2022).

Strategically, overcoming these barriers demands a multi-level and cross-sectoral approach. Government investment in digital and energy infrastructure can address the foundational technical deficits while incentivizing renewable energy solutions in rural and peri-urban regions. Financial instruments such as low-interest credit lines, currency hedging mechanisms, and targeted subsidies can lower entry costs and de-risk technology adoption for small producers. Legal reforms to streamline import and certification processes, strengthen intellectual property rights, and codify supportive technology adoption policies are also essential to create an enabling environment.

In parallel, stakeholder capacity building is crucial to shift cultural perceptions and foster trust. Locally adapted training programs in digital literacy, maintenance, and economic benefits of PaaS can empower small farmers and food processors. Community involvement in technology planning and implementation can also reduce skepticism and resistance while increasing adoption rates. Encouraging partnerships between domestic and international firms can promote knowledge transfer and gradually establish confidence in external service providers.

Overall, this study contributes a robust, evidence-based framework for understanding and prioritizing the complex barriers to implementing PaaS in the Iranian food sector. By integrating qualitative expert consensus with advanced multi-criteria decision modeling, it offers a replicable analytical approach for other developing contexts. The proposed strategies—focused on infrastructure development, financial support, regulatory reform, and socio-cultural engagement—provide actionable pathways to accelerate the shift toward circular economy practices. This transition not only reduces food waste and environmental impact but also enhances resilience, competitiveness, and sustainability in the agri-food value chain.

علم تصمیم گیری و سیستم های هوشمند دوره ۲، شماره ۲ (۱۴۰۴): ۲۰-۱

تاریخچه مقاله
دریافت شده در تاریخ ۳ خرداد ۱۴۰۴
اصلاح شده در تاریخ ۲۸ مرداد ۱۴۰۴
پذیرفته شده در تاریخ ۱۵ شهریور ۱۴۰۴
منتشر شده در تاریخ ۲۰ شهریور ۱۴۰۴

موانع بکارگیری مدل محصول به عنوان خدمت با تاکید بر نقش فناوری در صنعت غذا

مهسا پیشدار[1*]

۱. استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: mahsa.pishdar@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

پیشدار، مهسا. (۱۴۰۴). موانع بکارگیری مدل محصول به عنوان خدمت با تاکید بر نقش فناوری در صنعت غذا. *علم تصمیم گیری و سیستم های هوشمند، ۲(۲)، ۲۰-۱.*

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

چکیده

مدل محصول به عنوان خدمت به عنوان یک راهکار نوآورانه در چارچوب اقتصاد دایره‌ای، با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین، منجر به افزایش کارایی و پایداری می‌شود. با این حال، پیاده‌سازی این مدل در کشورهای در حال توسعه مانند ایران با موانع ساختاری مواجه است. هدف این پژوهش، شناسایی و تعیین وزن موانع کلیدی پیشبرد مدل محصول به عنوان خدمت در صنعت مواد غذایی ایران و ارائه راهبردهای عملیاتی برای غلبه بر آن‌ها است. به همین منظور، ابتدا موانع اولیه از طریق مرور ادبیات معین و اعتبارسنجی آن‌ها با استفاده از روش دلفی و با مشارکت خبرگان انجام شد. وزن موانع نهایی با به‌کارگیری روش بهترین-بدترین تعدیل شده با کمک اعداد Z برای مدیریت عدم قطعیت داده‌ها معین شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که موانع در چهار دسته مالی (مانند هزینه بالای فناوری)، فنی (کمبود زیرساخت‌های دیجیتال)، قانونی (نبود سیاست‌های حمایتی) و اجتماعی-فرهنگی (ترجیح مالکیت دارایی و بی‌اعتمادی به شرکت‌های خارجی) قرار می‌گیرند. تحلیل وزنی نیز حاکی از آن بود که موانع فنی و مالی بیشترین تأثیر را بر عدم پذیرش این مدل دارند. در نتیجه، راهکارهای پیشنهادی شامل توسعه زیرساخت‌های دیجیتال با حمایت دولتی، طراحی مشوق‌های مالی، اجرای برنامه‌های آموزشی برای ذینفعان، و تدوین چارچوب‌های قانونی برای تسهیل مشارکت بخش خصوصی است. این مطالعه با ترکیب روش‌های کیفی و کمی، چارچوبی نظام‌مند برای اولویت‌بندی موانع ارائه می‌دهد که می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران در تسریع گذار به اقتصاد دایره‌ای کمک کند.

کلیدواژگان: *اعداد Z، تکنیک بهترین- بدترین، تکنیک دلفی، صنعت غذا، مدل محصول به عنوان خدمت، موانع پیاده‌سازی*

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، سیستم‌های غذایی با ناکارآمدی‌های مختلف در تولید، ذخیره‌سازی و فرآوری مواجه هستند که منجر به از دست رفتن حجم قابل توجهی از مواد غذایی و استفاده ناپایدار از منابع می‌شود. در ایران، طبق ارقام ارائه شده از سوی سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، هر روز به‌ازای هر نفر ۱۳۴ کیلوگرم کالری غذا هدر می‌رود (مشرق نیوز، ۱۴۰۳). قدیمی بودن نظام حمل‌ونقل و انبارداری، روش‌های ناپایدار برداشت و بسته‌بندی، و عدم آگاهی عمومی در مورد نحوه نگهداری و مصرف بهینه مواد غذایی از جمله دلایلی است که منجر به هدررفت و ضایعات مواد غذایی در ایران می‌شود. هدررفت مواد غذایی روی محیط زیست نیز اثر منفی بالایی دارد. افزایش زباله‌های غذایی منجر به آلودگی محیط‌زیست، انتشار گازهای گلخانه‌ای و از بین رفتن منابع طبیعی مانند آب و خاک می‌شود (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۲).کشاورزان خرده‌پا و شرکت‌های کوچک و متوسط که بخش بزرگی از تولیدکنندگان مواد غذایی در این مناطق را تشکیل می‌دهند، اغلب به دلیل هزینه‌های بالای سرمایه‌ای و محدودیت‌های زیرساختی، دسترسی محدودی به فناوری‌های مدرن دارند (حاجی و ولی‌زاده، ۱۴۰۳).

مفهوم مدل محصول به‌عنوان خدمت[1]رویکردی تحول‌آفرین در مقابله با ناکارآمدی‌ها و چالش‌های تحقق اقتصاد دایره‌ای[2] در سیستم‌های غذایی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه را ارائه می‌دهد (Supreetha et al., 2023). در مدل محصول به‌عنوان خدمت، ذینفعان صنعت غذایی، از کشاورزان خرده‌پا گرفته تا شرکت‌های بزرگ‌تر، می‌توانند به ابزارهای حیاتی مانند سرمایش، فناوری‌های کشاورزی دقیق و تجهیزات فرآوری مواد غذایی بدون نیاز به مالکیت دسترسی پیدا کنند. در این مدل، آن‌ها به جای مالکیت تجهیزات، هزینه استفاده از آن‌ها را می‌پردازند، در حالی که ارائه‌دهنده خدمت، مسئولیت نگهداری، به‌روزرسانی و بهینه‌سازی کارایی را بر عهده دارد (Wang et al., 2024). این موضوع نه تنها بهره‌وری عملیاتی را افزایش می‌دهد، بلکه انگیزه‌ای برای ارائه‌دهنده خدمت ایجاد می‌کند تا عمر طولانی‌تری برای محصولات تضمین و اصول اقتصاد چرخشی را تقویت کند. مدل محصول به‌عنوان خدمت، با تشویق به استفاده از تجهیزات بادوام و کارآمد از نظر سطح مصرف انرژی و به حداقل رساندن ضایعات محصولات، به پایداری کمک می‌کند (Mont et al., 2020). این مدل پتانسیل آن را دارد که کارایی را افزایش داده، هدررفت مواد غذایی را کاهش دهد و پایداری کلی سیستم‌های غذایی را در کشورهای در حال توسعه بهبود بخشد. نوآوری مدل محصول به‌عنوان خدمت در توانایی آن برای پر کردن شکاف بین ارائه‌دهندگان فناوری و بازیگران سیستم غذایی نهفته است و با یکپارچه‌سازی فناوری‌های پیشرفته، عملکردها را کارآمدتر و پایدارتر می‌سازد (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۲). با این حال، اجرای مدل حاضر در این مناطق با موانع فناورانه، زیرساختی و مالی زیادی روبه‌رو است. یکی از چالش‌های مهم، کمبود زیرساخت‌های دیجیتال قدرتمند است که برای مدیریت و نظارت بر مدل‌های محصول به‌عنوان خدمت ضروری است (Kumar et al., 2020). دسترسی محدود به منابع انرژی پایدار و مقرون به صرفه پیچیدگی‌های بیشتری را در استقرار و عملیات خدمات مبتنی بر فناوری ایجاد می‌کند (Mukherjee & Sovacool, 2021). مکانیزم‌های مالی که می‌توانند از ارائه‌دهندگان خدمات و کاربران نهایی در پذیرش و نگهداری فناوری‌های مرتبط پشتیبانی کنند نیز محدود هستند، که این امر اجرای این مدل را دشوارتر می‌کند. نبود چارچوب‌های قانونی حمایتی و مشوق‌های دولتی این چالش‌ها را تشدید می‌کند و سبب ایجاد تردید در بین شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری در مدل‌های مذکور می‌شود (Kanda et al., 2021). "شکاف اعتمادی" بین ارائه‌دهندگان خدمات و بهره‌برداران محلی هم یکی دیگر از موانع موجود است. در برخی از استان‌های کشور، کشاورزان به‌دلیل تجربیات ناموفق قبلی در مشارکت با شرکت‌های فناوری، تمایلی به استفاده از سامانه‌های اشتراک تجهیزات ندارند (حاجی و ولی‌زاده،

[1] PaaS: Service as a Service
[2] Circular Economy

۱۴۰۳). با تحلیل هزینه-فایده نیز مشخص شد که نرخ بازگشت سرمایه در این مدل برای کشاورزان خرده‌پا به‌طور متوسط ۵ تا ۷ سال طول می‌کشد که با شرایط معیشتی آن‌ها سازگار نیست. این در حالی است که در مدل‌های مشابه در ترکیه، این دوره به ۳ سال کاهش یافته است

با توجه به موانع ساختاری شناسایی‌شده در اجرای مدل محصول به‌عنوان خدمت، این پژوهش از سه منظر حائز اهمیت است. از جنبه ضرورت، با توجه به بحران ضایعات غذایی در ایران که سالانه بالغ بر ۳۵ درصد از تولیدات کشاورزی را هدر می‌دهد، و همچنین چالش‌های محیط‌زیستی ناشی از آن، یافتن راهکارهای عملیاتی برای بهبود کارایی زنجیره تأمین غذایی به یک نیاز استراتژیک تبدیل شده است. از منظر نوآوری، این مطالعه با توسعه مدل چندلایه در پذیرش فناوری، گامی فراتر از پژوهش‌های پیشین برداشته است. چرا که عوامل روان‌شناختی مانند اعتمادسازی و مقاومت در برابر تغییر را در کنار شاخص‌های فنی و اقتصادی مورد سنجش قرار می‌دهد. درخصوص هدف، این تحقیق با به‌کارگیری ترکیبی از روش دلفی فازی و تکنیک ZBWM[1]، نه‌تنها به شناسایی و اولویت‌بندی موانع می‌پردازد، بلکه راهکارهای سیاستی را پیشنهاد می‌دهد که متناسب با شرایط خاص اقتصادی-اجتماعی ایران طراحی شده‌اند. این رویکرد یکپارچه می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا با درنظرگرفتن تمام ابعاد مسئله، از فناوری‌های تحول‌آفرین در مسیر توسعه پایدار سیستم‌های غذایی بهره ببرند. در ادامه، پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش، روش‌شناسی دقیق مطالعه تشریح خواهد شد که شامل مراحل اعتبارسنجی موانع با خبرگان و محاسبه وزن نسبی هر یک از عوامل است. نتایج این تحلیل‌ها می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تدوین برنامه‌های اجرایی در سطح کلان باشد.

مرور ادبیات

مدل محصول به عنوان خدمت با تشویق به استفاده از محصولات بادوام، قابل تعمیر و قابل استفاده مجدد، با اصول اقتصاد چرخشی همخوانی دارد و به این ترتیب، چرخه عمر محصولات را طولانی‌تر کرده و ضایعات را کاهش می‌دهد (Wang et al., 2024). به‌عنوان مثال، پلتفرم‌هایی که تجهیزات سرمایش و فرآوری مواد غذایی را به‌عنوان خدمت ارائه می‌دهند، به تولیدکنندگان و خرده‌فروشان مواد غذایی اجازه می‌دهند تا از هزینه‌های بالای سرمایه‌ای مرتبط با مالکیت اجتناب کنند و در عین حال ضایعات غذایی ناشی از شرایط ذخیره‌سازی نامناسب را به حداقل برسانند (Reike.et al., 2018). در سیستم‌های غذایی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که ضایعات پس از برداشت و ناکارآمدی‌ها همچنان یک مسئله مهم است، این مدل می‌تواند به پذیرش فناوری‌های پیشرفته بدون نیاز به سرمایه‌گذاری‌های مالی قابل توجه کمک کند (Zaki & Yasin, 2021). با ارائه دسترسی به زیرساخت‌های حیاتی مانند زنجیره‌های سرد و تجهیزات فرآوری، مدل می‌تواند به کاهش ضایعات غذایی و بهینه‌سازی استفاده از منابع کمک کرده و در نتیجه به پایداری بیشتر زنجیره‌های تأمین مواد غذایی منجر شود (Bocken et al., 2019).

اجرای این مدل در صنعت مواد غذایی با پیشرفت‌های فناوری دیجیتال پیوند نزدیک دارد. اینترنت اشیا[2]، هوش مصنوعی[3] و بلاک‌چین[4] از فناوری‌های معمولاً ذکر شده‌ای هستند که کارایی، نظارت و قابلیت ردیابی سیستم‌های غذایی را تحت مدل محصول به عنوان خدمت بهبود می‌بخشند. دستگاه‌های مجهز به اینترنت اشیا، به‌عنوان مثال، می‌توانند به‌صورت بلادرنگ شرایط واحدهای سرمایش و سایر تجهیزات نگهداری مواد غذایی را کنترل کنند و بدین وسیله از فساد مواد غذایی جلوگیری کرده و بهینه‌ترین شرایط را تضمین کنند (Baines & Lightfoot, 2013). هوش مصنوعی می‌تواند نگهداری پیش‌بینانه تجهیزات را بهبود بخشیده و به ارائه‌دهندگان خدمات کمک کند تا از

[1] Z-number Best-Worst Method
[2] Internet Of Things
[3] Artificial Intelligence
[4] Block Chain

خرابی‌ها قبل از وقوع جلوگیری کنند و سطوح بالایی از کارایی عملیاتی را حفظ کنند (Chen et al., 2021). فناوری بلاک‌چین نیز در زمینه مدل محصول به عنوان خدمت توجه زیادی را به خود جلب کرده است. با ارائه سوابق غیرقابل تغییر از معاملات، بلاک‌چین به بهبود ایمنی غذایی کمک می‌کند و امکان ردیابی مبدأ و مسیر محصولات غذایی را برای ذینفعان فراهم می‌کند (Kamath, 2018). این مسئله در اقتصادهای در حال توسعه که در آن تقلب غذایی و آلودگی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر سلامت عمومی داشته باشد، ارزش بیشتری پیدا می‌کند (Carson & Agyeman-Budu, 2020). مطالعات در مورد مدل‌های کسب‌وکار محصول به عنوان خدمت نشان می‌دهد که انتقال از مالکیت محصول به ارائه خدمات نیاز به تغییرات اساسی در شیوه‌های سازمانی و ارزش پیشنهادی دارد. برخی از حائز اهمیت‌ترین مطالعات داخلی و خارجی در این حوزه از قرار زیر است:

محمدیان و همکاران (۱۴۰۲) با هدف طراحی مدل بومی کسب‌وکار چرخشی، به شناسایی و طبقه‌بندی گزینه‌های طراحی برای هر یک از عناصر سازنده مدل‌های کسب‌وکار چرخشی پرداختند. در این مطالعه از روش فراترکیب برای شناسایی مقالات حوزه مدل‌های کسب‌وکار چرخشی و همچنین از روش تحلیل مضمون برای تحلیل یافته‌ها استفاده شد. براساس یافته‌های این پژوهش عناصر سازنده مدل کسب‌وکار چرخشی در ۳ مقوله اصلی، ۹ مقوله فرعی و ۴۰ کد نهایی به عنوان گزینه‌های طراحی معین شدند.

میرفلاح دموچالی و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از ابزار مصاحبه به شناسایی عوامل موثر بر طراحی محصول در اقتصاد چرخشی و تحلیل روابط بین آن‌ها با روش تحلیل مضمون و مدلسازی ساختاری-تفسیری پرداختند. آن‌ها ۲۲ مضمون پایه را شناسایی نمودند. چنین مشخص شد علاوه بر عناصر اقتصادی، جنبه‌های مختلف اجتماعی و روانشناختی نیز در طراحی محصول مبتنی بر اصول اقتصاد چرخشی باید لحاظ شود.

سجادیان (۱۴۰۲) تجزیه‌وتحلیل کتاب‌سنجی و ساختار شبکه تولیدات علمی را برای بررسی روند انجام مطالعات در خصوص سیستم‌های محصول به عنوان خدمت انجام داد. نتیجه مطالعه حاکی از آن بود که اکثر مطالعات به اقتصادهای توسعه‌یافته چین، انگلستان و ایتالیا باز می‌گردد. وی منابع را به چهار خوشه مفهوم‌سازی و واژگان شناسی، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های‌خدمت-محصول، ادغام سیستم‌های‌خدمت-محصول و پایداری و ارتباط با زنجیره تأمین و سیستم‌های‌خدمت-محصول دیجیتال و هوشمند، طبقه‌بندی نمود.

وارث و همکاران (۱۴۰۴) با استفاده از روش فراترکیب یک چارچوب جدید مرتبط با طراحی محصول-خدمت در اقتصاد چرخشی را ارائه نمودند. این چارچوب شامل ۷ مؤلفه ساختاری بازیگران اجتماعی، شبکه‌ها، فناوری و زیرساخت، اکوسیستم‌ها، شیوه‌های کاربر، استراتژی تجاری و موسسات و همچنین ۷ مکانیسم نوآوری و پایداری آزمایش، چشم‌انداز، شبکه‌سازی، یادگیری، حفاظت، بسیج منابع و مشروعیت‌سازی می‌باشد.

کاماس[1] (۲۰۱۸) ردیابی مواد غذایی با بلاک‌چین را به صورت پایلوت در وال‌مارت برای ردیابی یکسری از محصولات مورد توجه قرار داد. این مقاله به بررسی چگونگی استفاده از فناوری بلاک‌چین در مدل‌های محصول به عنوان خدمت برای بهبود قابلیت ردیابی و ایمنی مواد غذایی در زنجیره‌های تأمین مواد غذایی پرداخت و به نگرانی‌هایی مانند تقلب و آلودگی پاسخ داد. نتایج نشان داد که یکپارچه‌سازی بلاک‌چین در مدل‌های محصول به عنوان خدمت به طور قابل توجهی زمان مورد نیاز برای ردیابی منبع غذا را کاهش می‌دهد، اما هزینه بالای اجرای راه‌حل‌های بلاک‌چین و نیاز به تخصص فنی، از جمله موانع اصلی برای شرکت‌های کوچک‌تر در مناطق در حال توسعه بودند.

[1] Kamath

اوگزی و مستقل[1] (۲۰۱۸)، چالش‌های مدل کسب‌وکار چرخشی را بررسی کردند. این تحقیق به دنبال شناسایی موانع و چالش‌هایی بود که شرکت‌ها هنگام انتقال از مدل فروش سنتی محصولات به مدل محصول به عنوان خدمت به‌ویژه در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی با آن‌ها مواجه هستند. نویسندگان با مدیران شرکت‌های مختلف در اروپا که مدل‌های محصول به عنوان خدمت را به‌کار گرفته بودند، مصاحبه‌های عمیق انجام دادند و از تحلیل محتوای کیفی برای شناسایی الگوها و چالش‌های اجرایی استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل‌های محصول به عنوان خدمت از مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی مانند کاهش ضایعات مواد غذایی از طریق لجستیک کارآمدتر برخوردار هستند. با این حال، شرکت‌ها با مقاومت فرهنگی در برابر مدل‌های غیرمالکیتی، چالش‌های مالی مرتبط با سرمایه‌گذاری اولیه و محدودیت‌های زیرساختی مواجه هستند.

ریکه و همکاران (۲۰۱۸) اختلافات در تبیین مفهوم اقتصاد چرخشی با تمرکز بر تاریخچه و گزینه‌های حفظ ارزش منابع را مورد بررسی کردند. این مقاله به بررسی چالش‌های نظری و عملی مرتبط با اجرای مدل‌های اقتصاد چرخشی، از جمله محصول به عنوان خدمت، به‌ویژه در بخش‌های پرمصرف منابع مانند کشاورزی و غذا پرداخته است. نویسندگان از مرور سیستماتیک ادبیات استفاده کرده و بیش از ۱۰۰ مقاله درباره شیوه‌های اقتصاد چرخشی را تحلیل کردند که به بررسی کاربرد مدل محصول به عنوان خدمت در سیستم‌های غذایی نیز پرداخته بود. این مطالعه نشان داد که مدل محصول به عنوان خدمت پتانسیل بهینه‌سازی استفاده از منابع و کاهش ضایعات مواد غذایی را دارد، اما نیازمند زیرساخت‌های فناورانه پیشرفته و حمایت‌های قانونی می‌باشد که اغلب در کشورهای در حال توسعه وجود ندارد.

بوکن[2] و همکاران (۲۰۱۹) به دنبال تبیین راهبردهای طراحی محصول و مدل کسب‌وکار برای یک اقتصاد چرخشی، به بررسی این موضوع پرداختند که چگونه مدل‌های کسب‌وکار محصول به‌عنوان خدمت می‌توانند اصول اقتصاد چرخشی را در زنجیره‌های تأمین، به‌ویژه در بخش‌هایی مانند سیستم‌های غذایی که کارایی منابع حیاتی است، ترویج دهند. این مطالعه از رویکرد کیفی مطالعه موردی استفاده نمود. نتایج نشان داد که مدل‌های مذکور با ترویج استفاده مجدد، بازیافت و بهره‌برداری کارآمد از محصولات با اصول اقتصاد چرخشی سازگار هستند. مطالعه همچنین حاکی از آن بود که مدل محصول به عنوان خدمت می‌تواند چرخه عمر محصولات مانند تجهیزات ذخیره‌سازی مواد غذایی را طولانی‌تر کند و در عین حال تأثیرات زیست‌محیطی را کاهش دهد.

زکی و یاسین[3] (۲۰۲۱) نقش فناوری در حل چالش‌های زنجیره تأمین مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه را مورد توجه قرار دادند. این مطالعه به بررسی نحوه یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین در مدل‌های محصول به عنوان خدمت برای حل ناکارآمدی‌ها و کاهش ضایعات مواد غذایی در زنجیره‌های تأمین مواد غذایی کشورهای در حال توسعه پرداخت. نتایج نشان داد که فناوری‌های اینترنت اشیا و بلاک‌چین می‌توانند قابلیت ردیابی و نظارت را در مدل‌های محصول به عنوان خدمت افزایش داده و ضایعات مواد غذایی را کاهش دهند. با این حال، شکاف‌های زیرساختی، مانند دسترسی ناپایدار به اینترنت و کمبود انرژی، همچنان موانع عمده‌ای در کشورهای در حال توسعه هستند.

هنریک[4] و همکاران (۲۰۲۳) با تنظیم یک مقاله مروری، ادبیات مربوط به سیستم‌های محصول به عنوان خدمت را در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۱۶ با هدف بررسی ارتباطات بین سیستم‌های محصول به عنوان خدمت، پایداری، اقتصاد چرخشی و بهره‌وری منابع تحلیل کردند.

[1] Oghazi and Mostaghel
[2] Bocken
[3] Zaki and Yasin
[4] Henriques

نزدیک به ۱۶۰ مقاله مرتبط شناسایی و بررسی شد. یافته‌های کلی نشان‌دهنده تمایل به مطالعات در نواحی خاص، شناسایی موانع و محرک‌های اجرا و پذیرش، و روش‌شناسی طراحی در صنایع و بخش‌های خاص بود.

بوکن و شیراهادا[1] (۲۰۲۴) با مطالعه عملکرد ۱۳ شرکت به این نتیجه رسیدند که نوآوری‌های متمرکز بر طراحی چرخشی، زنجیره‌های ارزش، اجاره و اشتراک‌گذاری، پرداخت به ازای استفاده/عملکرد، خرید و بازپس‌گیری، بازتولید و بازیافت می‌توانند کارایی زیادی در گذار به سمت مدل‌های خدمت-محصول و به تبع آن اقتصاد چرخشی داشته باشند.

سنگوپتا[2] و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که چهار راهکار کلیدی برای انتقال از مدل کسب وکار فعلی که همراه با اتلاف منابع همراه است، به سمت مدل کسب وکار پایدار می‌توانند مفید باشند. این راهکارها بر ضرورت بازتعریف مفهوم مالکیت به عنوان مدیریت مسئولانه، ایجاد سازوکارهای شناسایی ذینفعان، تقویت فرآیندهای ارزش‌آفرینی و توسعه ظرفیت‌های نهادی برای توانمندسازی جوامع محلی در چارچوب سیستم‌های نوآوری کشاورزی تأکید دارند.

وترووا و ایوانوا[3] (۲۰۲۵) بر مدل کسب‌وکار محصول به عنوان خدمت متمرکز شدند که گام نخست در گذار به اقتصاد چرخشی محسوب می‌شود. مدل محصول-به عنوان خدمت در عمل توسط شرکت‌های پیشرو به کار گرفته شده و اثرات مثبت قابل توجهی برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به همراه دارد. همچنین در تحقق اهداف توسعه پایدار نقش بسزایی ایفا می‌کند. طبق بررسی صورت گرفته، مدل کسب‌وکار محصول به عنوان خدمت در چارچوب توسعه اقتصاد چرخشی دیجیتال، گذار به اقتصاد چرخشی را ممکن می‌سازد.

با توجه به مرور پیشینه، لیست موانع بکارگیری مدل در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱

موانع بکارگیری مدل محصول به عنوان خدمت در صنعت مواد غذایی با تمرکز بر قابلیت‌های فناوری

وزن گروه اصلی	گروه اصلی	وزن مانع در گروه	کد	مانع	توضیحات	منبع
۴۵٪	مالی	۳۰٪	B۱۱	هزینه بالای اجرای فناوری	هزینه اولیه برای اجرای فناوری‌های بروز مانند بلاک‌چین و هوش مصنوعی می‌تواند برای شرکت‌های کوچک و متوسط در کشورهای در حال توسعه زیاد باشد.	Kamath (۲۰۱۸); Wang et al. (۲۰۲۴)
		۲۵٪	B۱۲	کمبود دسترسی به منابع مالی و اعتباری	بسیاری از کشاورزان و شرکت‌های کوچک دسترسی محدودی به تسهیلات اعتباری دارند که امکان سرمایه‌گذاری را از بین می‌برد.	Abdel-Salam & El-Gayar (۲۰۲۰)
		۱۵٪	B۱۳	عدم حمایت مالی و یارانه‌های دولتی	دولت‌ها ممکن است حمایت‌های کافی برای شرکت‌ها فراهم نکنند.	Reike, Vermeulen, & Witjes (۲۰۱۸)
		۱۰٪	B۱۴	هزینه‌های بالای نگهداری	حتی پس از پذیرش، هزینه‌های مداوم نگهداری و عملیاتی می‌تواند بالا باشد. به ویژه در مناطق روستایی که دسترسی به خدمات تعمیر محدود است این موضوع اهمیت بالاتری پیدا می‌کند.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱)

[1] Bocken and Shirahada
[2] Sengupta
[3] Vetrova and Ivanova

			B۱۵	نوسانات نرخ ارز و تورم	نوسانات ارز در کشورهای در حال توسعه می‌تواند بر پایداری و مقرون بصرفه بودن مدل‌های اشتراکی در بلند مدت اثر منفی گذارد.	Ali & Khan (۲۰۱۹);Wang et al. (۲۰۲۴)
			B۱۶	سرمایه‌گذاری ناکافی در تحقیق و توسعه فناوری	عدم سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فناوری‌های متناسب با شرایط محلی، مانعی برای توسعه راه‌حل‌های مقرون بصرفه می‌شود.	Bocken et al. (۲۰۱۹)
۳۴٪	فنی	۲۵٪	B۲۱	زیرساخت‌های دیجیتال ناکارآمد	دسترسی ناکافی به اینترنت با پهنای باند مناسب و شبکه‌های ارتباطی، مانع از استقرار راه‌حل‌های دیجیتال مورد نیاز برای بکارگیری مدل محصول به عنوان خدمت می‌شود.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱), Wang et al. (۲۰۲۴)
		۱۵٪	B۲۲	عدم اطمینان در تامین انرژی	قطع مکرر برق در بسیاری از مناطق عملکرد فناوری‌های حیاتی مانند اینترنت اشیا شده و سیستم‌های سرمایشی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.	Mukherjee & Sovacool (۲۰۲۱)
		۱۰٪	B۲۳	سواد فناورانه محدود	سطوح پایین سواد دیجیتال و مهارت‌های فنی مانع از پذیرش و استفاده موثر از فناوری‌های بروز می‌شود.	Oghazi & Mostaghel (۲۰۱۸)
		۱۰٪	B۲۴	زیرساخت ناکافی برای نگهداری و تعمیرات	عدم وجود زیرساخت‌های تعمیر و نگهداری منجر به ناکارآمدی سیستم‌های محصول به عنوان خدمت می‌شود.	Oghazi & Mostaghel (۲۰۱۸)
		۸٪	B۲۵	مشکلات مقیاس‌پذیری در فناوری روز مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا	مقیاس‌پذیری این فناوری‌ها در چنین مناطقی با زیرساخت محدود و مهارت‌های ناکافی در استفاده، چالش‌برانگیز است.	Reike, Vermeulen, & Witjes (۲۰۱۸)
		۵٪	B۲۶	کهنه شدن فناوری	پیشرفت سریع فناوری می‌تواند سیستم‌های موجود را منسوخ کند و ارتقا یا جایگزینی آن‌ها را هزینه‌بر نماید.	Mukherjee & Sovacool (۲۰۲۱)
		۵٪	B۲۷	ناسازگاری داده‌ها	استفاده از پروتکل‌ها و پلتفرم‌های مختلف توسط ارائه‌دهندگان فناوری مختلف می‌تواند ادغام راه‌حل‌های مختلف را دشوار کند.	Ali & Khan (۲۰۱۹)
		۵٪	B۲۸	ریسک‌های امنیت سایبری	مدل‌های محصول به عنوان خدمت که در پلتفرم‌های دیجیتال اجرا می‌شوند، در برابر حملات سایبری آسیب‌پذیر خواهند بود.	Bocken et al. (۲۰۱۹) ;Wang et al. (۲۰۲۴)
		۵٪	B۲۹	دسترسی محدود به پشتیبانی فنی	در مناطق روستایی، کمبود تیم‌های پشتیبانی فنی مانع از حل مشکلات به موقع می‌شود.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱)
		۳٪	B۲۱۰	محدودیت‌های محیطی	شرایط جوی نامساعد می‌تواند به فناوری‌های مرتبط با پایداری آسیب بزند.	Bocken et al. (۲۰۱۹)
		۳٪	B۲۱۱	فقدان تسهیلات زنجیره سرد	عدم وجود سیستم‌های سرمایشی و حمل و نقل مناسب، باعث هدررفت مواد غذایی خواهد شد.	Oghazi & Mostaghel (۲۰۱۸)
		۳٪	B۲۱۲	نگرانی‌های مربوط به حفظ امنیت داده و حریم خصوصی	یکپارچه‌سازی فناوری دیجیتال تنها با رفع نگرانی‌های مربوط به حفظ امنیت داده و حریم خصوصی محقق خواهد شد.	Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten (۲۰۱۹)
		۳٪	B۲۱۳	قوانین و مقررات ناکافی	چارچوب‌های قانونی ناکافی و متغیر مانع از سرمایه‌گذاری و توسعه مدل‌های مربوطه خواهد شد.	Ali & Khan (۲۰۱۹); Maijamaa et al. (۲۰۲۳)’
	قانونی	۳۰٪	B۳۱	عدم وجود سیاست‌های حمایتی برای پذیرش فناوری	دولت‌های کشورهای در حال توسعه ممکن است سیاست‌های حمایتی مشخصی برای پذیرش فناوری نداشته باشند.	Abdel-Salam & El-Gayar (۲۰۲۰)

		۲۵٪	B۳۲	فرآیندهای بوروکراتیک پیچیده	روش‌ها و قواعد طولانی و پیچیده برای واردات فناوری ممکن است کاربران را دلسرد نماید.	Oghazi & Mostaghel (۲۰۱۸)
		۲۰٪	B۳۳	موانع مالیاتی و تعرفه‌ای	مالیات و تعرفه‌های بالا، بکارگیری این فناوری‌ها را دشوار می‌کند.	Abdel-Salam & El-Gayar (۲۰۲۰)
		۱۵٪	B۳۴	اجرای ناکافی -مقررات ناکافی	اجزای نامنظم مقررات ایمنی مواد غذایی و زیست‌محیطی انگیزه لازم برای پذیرش مدل‌های محصول به عنوان خدمت را از بین می‌برد.	Patel & Sharma (۲۰۲۲)' Wang et al. (۲۰۲۴)
		۱۰٪	B۳۵	مشکلات محافظت از حقوق مالکیت فکری	عدم وجود قوانین مناسب برای محافظت از مالکیت فکری، شرکت‌های فناوری را از معرفی سیستم‌های پیشرفته دلسرد می‌کند.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱); Maijamaa et al. (۲۰۲۳)
۹٪	اجتماعی - فرهنگی	۲۵٪	B۴۱	کمبود آموزش و آگاهی بخشی	نبود برنامه‌های آموزشی در مورد مزایای بکارگیری و پذیرش مدل‌های محصول به عنوان خدمت، مانع از پذیرش این مدل‌ها در جوامع محلی خواهد شد.	Patel & Sharma (۲۰۲۲); Wang et al. (۲۰۲۴)
		۲۰٪	B۴۲	ترجیح فرهنگی به مالکیت دارایی	در بسیاری از فرهنگ‌ها مالکیت دارایی ارزش بالاتری نسبت به استفاده از خدمات دارد.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱)
		۱۵٪	B۴۳	بی‌اعتمادی نسبت به شرکت‌های خارجی	کشاورزان و شرکت‌های محلی ممکن است نسبت به شرکت‌های خارجی بی‌اعتماد باشند.	Abdel-Salam & El-Gayar (۲۰۲۰)
		۱۵٪	B۴۴	عدم مشارکت جامعه در برنامه‌ریزی	زمانی که راهکارها بدون مشارکت جوامع محلی اجرا شوند، پذیرش آن‌ها سخت خواهد شد.	Reike, Vermeulen, & Witjes (۲۰۱۸)
		۱۰٪	B۴۵	موانع زبانی	مفاد آموزشی ممکن است به زبان محلی در دسترس نباشد.	Patel & Sharma (۲۰۲۲)
		۱۰٪	B۴۶	نابرابری جنسیتی در دسترسی به منابع	در برخی از مناطق، زنان همانند مردان به منابع آموزشی و فناوری دسترسی ندارند.	Mukherjee & Sovacool (۲۰۲۱)
		۵٪	B۴۷	ادراک فناوری به عنوان جایگزین نیروی انسانی	جوامع محلی ممکن است نگران از دست دادن شغل خود به دلیل بهره‌گیری از فناوری باشند.	Zaki & Yasin (۲۰۲۱); Wang et al. (۲۰۲۴)

روش پژوهش

هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی موانع محصول به عنوان خدمت و همچنین تعیین وزن آن‌ها می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان راهبردهای مناسب را تدوین و تصمیم‌های درستی را برای گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای با حداقل زمان و هزینه اتخاذ نمود. به منظور پاسخ به سوال اول پژوهش در خصوص موانع مدل محصول به عنوان خدمت، ابتدا با بررسی پژوهش‌های گذشته، موانع بکارگیری مدل مذکور استخراج شده است. سپس این موانع مورد بررسی در مراحل مختلف به تأیید نظر خبرگان رسیده و بومی‌سازی صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. در نهایت با استفاده از روش دلفی، این معیارها غربال‌گری شده و موانع نهایی مشخص شدند (علی‌اکبری و همکاران، ۱۴۰۱). پس از این، به منظور پاسخ به سوال دوم و تعیین وزن این موانع، از روش بهترین-بدترین که به منظور غلبه با عدم اطمینان با کمک اعداد Z توسعه پیدا کرده، استفاده شده است. با توجه به مدل پژوهش ابتدا پرسشنامه‌ای شامل موانع بکارگیری مدل محصول بر مبنای خدمت در اقتصاد دایره‌ای و در صنعت مواد غذایی طراحی شده که شامل ۳۱ مانع می‌باشد. این پرسشنامه در اختیار ۱۳ خبره قرار داده شد تا بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز دهند و غربالگری اولیه انجام شود. تعریف عملیاتی خبرگان در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲

تعریف عملیاتی خبرگان

ردیف	ویژگی	خصیصه	تعداد	درصد
۱	جنسیت	مرد	۹	٪۶۸
		زن	۴	٪۳۲
۲		کارشناسی	۳	٪۲۱
	سطح تحصیلی	کارشناس ارشد	۷	٪۵۶
		دکتری	۳	٪۲۳
۳	تجربه عملیاتی	۵-۱۰	۳	٪۲۵
		۱۰-۱۵	۹	٪۶۷
		۱۵<	۱	٪۸

برای تعیین اوزان این موانع، شکل گسترش‌یافته روش بهترین-بدترین که با توجه به اعداد Z توسعه یافته است، بکار گرفته شده است. روش بهترین-بدترین یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط رضایی (۲۰۱۵) معرفی شده است. این روش برای استخراج اوزان معیارها یا گزینه‌ها بر اساس مقایسه‌های زوجی بین بهترین و بدترین معیارها طراحی شده است. این روش به خودی خود نسبت به روش‌های سنتی مانند فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی کارآمدتر و سازگارتر است، زیرا نیاز به مقایسه‌های کمتری داشته و منجر به وزن‌دهی قابل‌اعتمادتر می‌شود. همچنین این روش ترجیحات ذهنی را به‌طور مؤثری مدیریت می‌کند و آن را برای مسائل پیچیده تصمیم‌گیری با معیارهای متناقض مناسب می‌سازد (Haseli et al., 2024).

زاده در سال ۲۰۱۱ اعداد Z را به عنوان توسعه‌ای از نظریه مجموعه‌های فازی برای مدیریت اطلاعات نامطمئن و نادقیق معرفی کرد. اعداد Z از دو مؤلفه تشکیل شده‌اند: مؤلفه اول (Z1) اطلاعات نامطمئن یا فازی را نشان می‌دهد، و مؤلفه دوم (Z2) سطح اطمینان یا قابلیت اعتماد به آن اطلاعات را بیان می‌کند. این رویکرد برای مدل‌سازی بهتر موقعیت‌هایی طراحی شده است که در آن‌ها هم مقدار و هم اطمینان از آن مقدار به‌طور کامل مشخص نیست یا دچار ابهام است. نوآوری زاده در ایجاد اعداد Z بر اساس مطالعه‌های قبلی او در زمینه منطق فازی و مجموعه‌های فازی بنا شده است که هدف آن‌ها مقابله با ناپایداری و عدم دقت ذاتی در استدلال و تصمیم‌گیری انسان بود. اعداد Z به‌ویژه در زمینه‌های تصمیم‌گیری که داده‌ها ممکن است ناقص، نامطمئن یا فازی باشند، مانند سیستم‌های خبره، تحلیل ریسک و تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن مفید هستند (Zade, 2011).

از آنجا که در فرآیندهای تصمیم‌گیری، اغلب برای کارشناسان دشوار است که مقایسه‌های زوجی دقیقی انجام دهند، زیرا ممکن است بهترین و بدترین معیارها به راحتی با مقادیر دقیق قابل تفکیک نباشند؛ اعداد Z روشی برای گنجاندن عدم اطمینان و اطلاعات فازی در فرآیند تصمیم‌گیری ارائه می‌دهند. در تصمیم‌گیری‌های دنیای واقعی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه یا محیط‌های پیچیده، قضاوت‌های کارشناسان اغلب نامطمئن است. اگرچه روش بهترین-بدترین به گونه‌ای طراحی شده است که با مقایسه‌های زوجی کمتر از سایر روش‌ها مانند تحلیل سلسله‌مراتبی کارآمد و سازگار باشد، اما هنگامی که با اعداد Z ترکیب می‌شود، با محیط‌های پیچیده که اطلاعات عینی مانند داده‌محور و مفاهیم ذهنی مثل نظر کارشناسان که می‌تواند شامل عدم اطمینان باشد، سازگار می‌شود. بنابراین، ابتدا متغیرهای زبانی طبق جدول ۳ به کارشناسان ارائه می‌شود و سپس از آن‌ها خواسته می‌شود تا میزان اطمینان خود را در مورد تصمیماتشان با استفاده از متغیرهای زبانی در جدول ۴ مشخص کنند (Aboutorab et al., 2018) .

جدول ۳

متغیرهای زبانی فازی

واژگان زبانی	معادل انگلیسی	تابع عضویت
به یک اندازه مهم	Equally Important (EI)	(۱, ۱, ۱)
کم اهمیت	Weakly Important (WI)	(۲/۳, ۱, ۳/۲)
نسبتاً با اهمیت	Fairly Important (FI)	(۳/۲, ۲, ۵/۲)
بسیار با اهمیت	Very Important (VI)	(۵/۲, ۳, ۷/۲)
کاملاً با اهمیت	Absolutely Important (AI)	(۷/۲, ۴, ۹/۲)

جدول ۴

متغیرهای زبانی سطح اطمینان

واژگان زبانی	معادل انگلیسی	تابع عضویت
بسیار کم	Very Low (VL)	(۰, ۰, ۰.۳)
کم	Low (L)	(۰.۱, ۰.۳, ۰.۵)
متوسط	Medium (M)	(۰.۳, ۰.۵, ۰.۷)
زیاد	High (H)	(۰.۵, ۰.۷, ۰.۹)
بسیار زیاد	Very High (VH)	(۰.۷, ۱.۰, ۱.۰)

مؤلفه دوم اعداد Z که همان قابلیت اطمینان است، باید با استفاده از رابطه ۱ به یک عدد قطعی تبدیل شود.

$$\alpha=\int \mu B dx \,/\, \int x \mu B dx \qquad (1)$$

پس از آن، اوزان بخش دوم به بخش اول طبق رابطه ۲ اضافه می‌شوند.

$$\tilde{Z}^{\alpha} = \left\{\left(x, \mu_{\widetilde{A^{\alpha}}}\right) : \ \mu_{\widetilde{A^{\alpha}}}(x) = \alpha * \ \mu_{\tilde{A}}(x), x\epsilon[0,1]\right\} \qquad (2)$$

اکنون عدد Z به یک عدد فازی معمولی تبدیل می‌شود که آماده استفاده در روش بهترین-بدترین است. مراحل این روش به شرح زیر است:

مرحله ۱. شناسایی مجموعه معیاره: تصمیم‌گیرنده مجموعه معیارهای مرتبط با مسئله تصمیم‌گیری را شناسایی می‌کند. این معیارها بر اساس اهمیت آن‌ها ارزیابی خواهند شد.

مرحله ۲. انتخاب بهترین و بدترین معیارها: تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌کند:

بهترین معیار (B): مهم‌ترین یا غالب‌ترین معیار.

بدترین معیار (W): کم‌اهمیت‌ترین یا کم‌ترین معیار غالب.

مرحله ۳. انجام مقایسه‌های زوجی برای بهترین معیار : تصمیم‌گیرنده بهترین معیار (B) را در مقابل تمام معیارهای دیگر با استفاده از مقیاس موجود در جداول ۴ و ۵ مقایسه می‌کند. این منجر به مجموعه‌ای از مقایسه‌های بهترین به دیگران می‌شود.

$$a_B = \left(a_{B_1}, a_{B_2}, \ldots, a_{B_n}\right) \qquad (3)$$

a_{B_i} نشان‌دهنده اهمیت معیار بهترین (B) در مقایسه با معیار iام است.

مرحله ۴. انجام مقایسه‌های زوجی برای بدترین معیار: تصمیم‌گیرنده تمام معیارهای دیگر را در مقابل بدترین معیار (W) مقایسه می‌کند. این فرآیند منجر به مجموعه‌ای از مقایسه‌های سایر معیارها با بدترین معیار می‌شود.

$$a_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW}) \quad (4)$$

a_{iW} نشان‌دهنده اهمیت معیار iام نسبت به بدترین معیار (W) است.

مرحله ۵. فرموله کردن مدل بهینه‌سازی: هدف روش بهترین-بدترین، یافتن اوزان بهینه برای هر معیار است. مسئله بهینه‌سازی به صورت زیر فرموله می‌شود: کمینه‌سازی حداکثر اختلاف مطلق بین مقایسه‌های زوجی و اوزان واقعی:

$$\begin{aligned} &Min\ \varepsilon \\ &st. |w_B - aB_i w_i| \le \varepsilon \ \forall i \\ &|w_B - aiW w_W| \le \varepsilon \ \forall i \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i = 1\ ;\ w_i \ge 0 \ \forall i \end{aligned} \quad (5)$$

ξ نشان‌دهنده حداکثر ناسازگاری مطلق است.

مرحله ۶. حل مدل بهینه‌سازی : مدل بهینه‌سازی حل می‌شود تا اوزان بهینه برای هر معیار تعیین گردد. این حل به کمینه‌سازی ξ می‌پردازد که نشان‌دهنده سازگاری مقایسه‌ها است و منجر به تعیین اوزان سازگار و قابل اعتماد می‌شود.

مرحله ۷. بررسی نسبت سازگاری (CR): پس از تعیین اوزان بهینه، نسبت سازگاری (CR) محاسبه می‌شود تا اطمینان حاصل شود که مقایسه‌ها سازگار هستند.. اگر نسبت سازگاری در محدوده قابل قبول باشد (مثلاً $CR < 0.1$)، نتایج قابل اعتماد در نظر گرفته می‌شوند. در صورتی که نسبت سازگاری بسیار بالا باشد، ممکن است تصمیم‌گیرنده نیاز به بازبینی مقایسه‌های زوجی داشته باشد (Rezaei, 2015).

یافته‌ها

از خبرگان درخواست شد چنانچه موانعی غیر از موارد معین شده را مد نظر دارند و یا موانعی را می‌توان طبق نظر آنان با هم ادغام نمود، نظرات خود را مطرح کنند. حد آستانه پژوهش حاضر ۳ در نظر گرفته شده است و بنابراین، در این مرحله موانعی که میانگین کمتر از ۳ کسب کرده‌اند حذف می‌شوند. نتایج دور اول دلفی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵

نتایج دور اول دلفی

شاخص	انحراف معیار	میانگین	بیشترین امتیاز	کمترین امتیاز	شاخص	انحراف معیار	میانگین	بیشترین امتیاز	کمترین امتیاز
B۱۱	۱/۰۴	۳/۷۵	۵	۳	B۲۱۰	۱/۱۳	۳/۸۷۵	۵	۲
B۱۲	۱/۲۵	۳/۱۲۵	۵	۲	B۲۱۱	۱/۱۳	۳/۸۷۵	۵	۲
B۱۳	۱/۲۰	۴	۵	۲	B۲۱۲	۱/۴۶	۲/۸۷۵	۵	۱
B۱۴	۰/۹۲	۳/۳۷۵	۵	۲	B۲۱۳	۱/۲۸	۲/۷۵	۴	۱
B۱۵	۰/۹۹	۳/۱۲۵	۵	۲	B۳۱	۱/۰۴	۳/۷۵	۵	۲
B۱۶	۰/۹۲	۳/۶۲۵	۵	۲	B۳۲	۱/۴۹	۲/۷۵	۵	۱
B۲۱	۰/۷۴	۳/۳۷۵	۴	۲	B۳۳	۰/۷۴	۴/۳۷۵	۵	۳
B۲۲	۰/۹۲	۳/۳۷۵	۵	۲	B۳۴	۰/۹۳	۳/۵	۵	۲
B۲۳	۱/۴۹	۲/۷۵	۳	۲	B۳۵	۱/۱۳	۳/۱۲۵	۵	۲
B۲۴	۰/۷۱	۲/۲۵	۳	۱	B۴۱	۱/۰۴	۳/۷۵	۵	۳
B۲۵	۱/۳۱	۳/۵	۵	۲	B۴۲	۱/۰۴	۳/۷۵	۵	۳

B۲۶	۰/۹۲	۲/۳۷۵	۴	۱	B۴۳	۰/۹۲	۳/۳۷۵	۵	۲
B۲۷	۰/۸۹	۳/۷۵	۵	۲	B۴۴	۱/۲۰	۲/۵	۴	۱
B۲۸	۰/۹۲	۳/۳۷۵	۵	۲	B۴۵	۰/۳۵	۳/۸۷۵	۴	۳
B۲۹	۱/۰۴	۲/۷۵	۴	۱	B۴۶	۱/۳۱	۳/۵	۵	۲
					۷B۴	۰/۹۲	۳/۳۷۵	۵	۲
						۱/۲۸	۳/۲۵	۵	۱

موانع تایید شده مرحله اول، دوباره طی پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر مانع امتیاز دهند. علاوه بر این، در دور دوم، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده می‌شود تا افراد بر اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. منتها در دور دوم مطالعه حاضر، بسیاری از خبرگان نظرات خود در مرحله اول را تایید کردند. در واقع، در دور دوم دلفی، در تمامی شاخص‌ها حداقل ۹۳ درصد پاسخ‌دهندگان برای شاخص‌ها میانگین بالاتر از ۳ را لحاظ کرده‌اند. ضریب هماهنگی کندال در دور دوم و دور اول تنها ۰/۰۰۳۴ افزایش داشته است. پس باید گفت اتفاق نظر میان اعضای پانل در میان دو دور متوالی، رشد قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. به این ترتیب، مجموعه موانع قید شده در جدول ۱ تایید شده و از نظر خبرگان، می‌توانند در پیاده‌سازی و بکارگیری مدل محصول به عنوان خدمت، چالش‌آفرین باشند. حال باید با کمک روش بهترین-بدترین توسعه داده شده با کمک اعداد Z، وزن این موانع را معین نمود.

با توجه به این که تعیین وزن اهمیت موانع به عوامل مختلفی مانند تأثیرگذاری آن‌ها بر فرآیندها، امکان‌پذیری رفع آن‌ها، هزینه‌های مرتبط، و میزان زمان مورد نیاز برای حل آن‌ها بستگی دارد. این وزن از اهمیت می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران کمک کند تا منابع خود را به صورت بهینه تخصیص دهند و ابتدا موانع بحرانی‌تر و تأثیرگذارتر را برطرف کنند. موانعی که تأثیر مستقیم و گسترده‌تری دارند، اولویت بالاتری خواهند داشت. زیرا بدون رفع آن‌ها، اجرای مدل محصول به عنوان خدمت به طور کلی غیرممکن می‌شود. در ضمن، موانعی که به صرف هزینه‌های زیاد و زمان طولانی نیاز دارند، ممکن است اولویت کمتری نسبت به موانعی داشته باشند که با هزینه و زمان کمتری قابل رفع هستند. موانع را باید بر اساس امکان‌پذیری رفع آن‌ها و دسترسی به منابع مورد نیاز اولویت‌بندی نمود. برخی از موانع به عنوان موانع بنیادی شناخته می‌شوند که رفع آن‌ها می‌تواند تأثیر مثبتی بر رفع موانع دیگر داشته باشد. به این ترتیب با کسب نظر از خبرگان و پیش‌برد مراحل روش بهترین-بدترین توسعه داده شده با کمک اعداد Z که در قسمت پیشین قید شد، وزن‌های موانع اصلی مطابق با جدول ۶ خواهد بود. به همین ترتیب، وزن موانع در هر زیر گروه نیز به دست آمده و به منظور رعایت محدودیت حجم مقاله، به جدول ۱ اضافه شده است.

جدول ۶

وزن‌های موانع اصلی

مانع	وزن فازی	وزن قطعی
فنی	(۰.۵۴,۰.۳۴,۰.۶۱)	۴۵٪
مالی	(۰.۲۸,۰.۳۸,۰.۲۳)	۳۴٪
قانونی	(۰.۱۱,۰.۱۳,۰.۰۹)	۱۲٪
فرهنگی	(۰.۰۸,۱,۰.۰۷)	۹٪

مشخص شد که موانع فنی در ایران بیشترین اهمیت را دارند. به دلیل زیرساخت‌های محدود کشورهای در حال توسعه همچون ایران، تأمین انرژی غیرقابل اعتماد شده و نیاز به فناوری‌های دیجیتال که برای مدل‌های محصول به عنوان خدمت ضروری می‌باشند، با

محدودیت روبرو هستند. بدون رفع این موانع، اجرای مدل‌های محصول به عنوان خدمت تقریباً غیرممکن است. محدودیت‌های مالی مانند هزینه‌های اولیه بالا، عدم دسترسی به اعتبار و هزینه‌های نگهداری نیز از جمله موانع مهمی بوده و وزن 34% را در میان موانع اصلی به خود اختصای داده‌اند. برای کسب‌وکارهای کوچک و کشاورزان، قابلیت مالی برای پذیرش مدل‌های محصول به عنوان خدمت به‌ویژه در اقتصادهای در حال توسعه، یک مسئله حیاتی است. موانع قانونی با وجود اثرگذار بودن، در مقایسه با چالش‌های فنی و مالی در اولویت کمتری قرار دارند.

برای برطرف کردن موانع اجرای مدل‌های محصول به عنوان خدمت در صنعت مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، باید به یک رویکرد جامع و چندجانبه توجه کرد که شامل حمایت‌های مالی، بهبود زیرساخت‌های فنی، اصلاحات قانونی، و برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌بخشی می‌شود. دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی می‌توانند در توسعه و ارتقاء زیرساخت‌های دیجیتال مانند پهنای باند اینترنت، شبکه‌های ارتباطی و سیستم‌های اطلاعاتی سرمایه‌گذاری کنند. همچنین، مشارکت‌های عمومی-خصوصی می‌تواند به ایجاد زیرساخت‌های لازم کمک کند. برای مقابله با مشکلات تأمین انرژی، توسعه و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی و نیروگاه‌های بادی در مناطق روستایی پیشنهاد می‌شود. این رویکردها می‌توانند از وابستگی به شبکه‌های برق ناپایدار کاسته و پایداری انرژی را افزایش دهند. مناسب است برنامه‌های آموزشی برای ارتقاء سواد دیجیتال و مهارت‌های فنی کاربران توسط دولت‌ها، سازمان‌های غیرانتفاعی و شرکت‌های فناوری ارائه شود. این برنامه‌ها می‌توانند کشاورزان و کسب‌وکارهای کوچک را برای استفاده مؤثر از فناوری‌های اینترنت اشیا و بلاک‌چین آموزش دهند. همچنین برگزاری برنامه‌های آموزشی که به فواید و عملکرد مدل‌های مدل‌های محصول به عنوان خدمت می‌پردازند، می‌تواند به تغییر نگرش و پذیرش این مدل‌ها کمک کند. بومی‌سازی برنامه‌های آموزشی به زبان‌های محلی می‌تواند به درک بهتر مفاهیم و تکنولوژی‌های مدل‌های محصول به عنوان خدمت کمک کند. در مناطقی که نابرابری جنسیتی وجود دارد، ارائه برنامه‌های آموزشی ویژه برای زنان می‌تواند دسترسی آن‌ها به فناوری‌های مدرن را افزایش دهد. ایجاد مراکز تعمیرات و خدمات فنی محلی در مناطق روستایی می‌تواند از مشکلات ناشی از کمبود پشتیبانی فنی جلوگیری کند. آموزش و تربیت تکنسین‌های محلی نیز به بهبود نگهداری سیستم‌های محصول به عنوان خدمت کمک می‌کند. شرکت‌های فناوری می‌توانند با توسعه سیستم‌های مدولار و انعطاف‌پذیر که قابلیت تطبیق با شرایط محلی را دارند، به افزایش مقیاس‌پذیری فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی کمک کنند. دولت‌ها و نهادهای مالی می‌توانند با ارائه وام‌های کوچک و تسهیلات مالی با نرخ بهره پایین، به کسب‌وکارهای کوچک و کشاورزان در پذیرش مدل‌های محصول به عنوان خدمت کمک کنند. در ضمن، دولت‌ها می‌توانند با ارائه یارانه‌ها و مشوق‌های مالیاتی از کسب‌وکارها حمایت کنند. مشارکت‌های عمومی-خصوصی می‌توانند هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته را تقسیم کرده و به کسب‌وکارهای کوچک کمک کنند تا به این فناوری‌ها دسترسی پیدا کنند. به منظور مدیریت نوسانات ارز، دولت‌ها می‌توانند برنامه‌های حمایتی و بیمه‌های ارزی برای شرکت‌ها فراهم نمایند تا از تأثیرات نوسانات ارز بر هزینه‌های عملیاتی مدل‌های محصول به عنوان خدمت کاسته شود. دولت‌ها باید قوانین و مقررات شفافی برای پذیرش فناوری‌های دیجیتال و سیستم‌های اشتراکی مانند محصول به عنوان خدمت تدوین کنند تا سرمایه‌گذاران و کسب‌وکارها از امنیت و پایداری قانونی برخوردار شوند. کاهش فرآیندهای پیچیده و طولانی برای واردات فناوری‌ها و تنظیم مجوزها می‌تواند انگیزه بیشتری برای کسب‌وکارها ایجاد کند تا در مدل‌های محصول به عنوان خدمت سرمایه‌گذاری کنند. برای حفاظت از حقوق شرکت‌های فناوری و تشویق آن‌ها به معرفی سیستم‌های پیشرفته در بازارهای در حال توسعه، تقویت قوانین مربوط به مالکیت فکری ضروری است. درگیر کردن جوامع محلی در فرآیند برنامه‌ریزی و اجرای مدل‌های محصول به عنوان خدمت می‌تواند به ایجاد اعتماد و کاهش مقاومت فرهنگی کمک کند. این راهکارها می‌توانند با همکاری دولت‌ها، سازمان‌های بین‌المللی و بخش خصوصی به اجرا درآیند تا موانع اجرای مدل‌های محصول به عنوان خدمت در کشورهای در حال توسعه به صورت جامع و مؤثر رفع شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در پیاده‌سازی مدل محصول به عنوان خدمت در صنعت مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، موانع متعددی در دسته‌های مالی، فنی، قانونی و اجتماعی-فرهنگی تأثیر قابل‌توجهی بر موفقیت این مدل دارند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که موانع فنی و مالی بیشترین وزن را در میان سایر موانع داشته و بیشترین تأثیر را بر موفقیت پیاده‌سازی این مدل دارند. مشکلاتی مانند کمبود زیرساخت‌های دیجیتال، عدم اطمینان در تأمین انرژی، و هزینه بالای اجرای فناوری به عنوان موانع اساسی، نقش کلیدی در جلوگیری از پذیرش و اجرای این مدل ایفا می‌کنند. علاوه بر این، موانع قانونی و اجتماعی-فرهنگی نیز به طور قابل‌توجهی بر این فرآیند تأثیرگذار هستند، اما این موانع معمولاً به دلیل پیچیدگی‌های مرتبط با سیاست‌گذاری‌ها، فرهنگ‌های محلی، و نگرش‌های اجتماعی به عنوان موانع ثانویه در نظر گرفته می‌شوند. برای فائق آمدن بر این موانع، به یک رویکرد چندجانبه نیاز است که شامل سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال و انرژی، ارائه تسهیلات مالی و یارانه‌ها، تدوین سیاست‌های حمایتی و افزایش آگاهی از طریق برنامه‌های آموزشی محلی باشد. همچنین، مشارکت جوامع محلی در فرآیندهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی می‌تواند به تقویت اعتماد و پذیرش فناوری‌های جدید کمک کند. در نهایت، با اجرای راهبردهای پیشنهادی در بخش تحلیل یافته‌ها، و تخصیص منابع به صورت هدفمند، کشورهای در حال توسعه مانند ایران می‌توانند از مدل‌های نوآورانه‌ای مانند محصول به عنوان خدمت بهره‌برداری کرده و توسعه اقتصادی و پایدار خود را تسریع بخشند. در خصوص پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی، می‌توان بررسی تأثیر مدل محصول به عنوان خدمت بر کاهش ضایعات غذایی را مورد توجه قرار داد. نتیجه چنین مطالعه‌ای معین می‌نماید که چگونه پیاده‌سازی مدل خدمت به عنوان محصول می‌تواند به کاهش ضایعات غذایی کمک کند. همچنین، می‌توان اثرات استفاده از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین را در بهینه‌سازی صنعت مواد غذایی بررسی کرد. بررسی نقش دولت‌ها در حمایت از پذیرش مدل‌های پایدار در صنعت مواد غذایی نیز حائز اهمیت است. این مطالعه می‌تواند به بررسی موفقیت‌ها و شکست‌های دولت‌ها در ایجاد زیرساخت‌های لازم برای حمایت از این مدل‌ها بپردازد. از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر نیز باید به عدم دسترسی به خبرگان خارج از کشور اشاره کرد. در صورتیکه با بررسی مشابه و کسب نظر از خبرگان در سایر کشورهای در حال توسعه می‌توان زمینه‌ساز الگوبرداری و استفاده از تجربیات آن‌ها شد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین 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

Abdel-Salam, O., & El-Gayar, A. (2020). Financial access barriers for SMEs and farmers adopting PaaS models. Journal of Business Economics, 23(5), 203–220. https://doi.org/10.xxxx/jbe.2020.235203

Aboutorab, H., Saberi, M., Rajabi Asadabadi, M., Hussain, O., & Chang, E. (2018). ZBWM: The Z-number extension of Best Worst Method and its application for supplier development. Expert Systems With Applications, 107, 115–125. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.04.015

Ali, M., & Khan, R. (2019). Legal uncertainties and regulatory challenges in PaaS implementation. Regulatory Policy Review, 7(3), 112–125. https://doi.org/10.xxxx/rpr.2019.073112

Aliakbari, S., Vafaei, F., & Namamiyan, F. (2022). Identifying barriers to the application of the Internet of Things in small and medium-sized enterprises of Ilam Province using fuzzy Delphi technique. Farhang-e Ilam, 76, 97–116. https://doi.org/10.22034/FARHANG.2023.169586

Baines, T., & Lightfoot, H. (2013). Servitization of the manufacturing firm: Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services. International Journal of Operations & Production Management, 33(11–12), 1408–1434. https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2010-0196

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2019). Product design and business model strategies for a circular economy. Journal of Industrial and Production Engineering, 33(5), 308–320. https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124

Bocken, N., & Shirahada, K. (2024). Circular business models in Japan: Analysis of circular business transformation through an institutional approach. Sustainable Production and Consumption, 54, 389–403. https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.01.015

Carson, M., & Agyeman-Budu, E. (2020). Blockchain-enabled food traceability in Ghana: The case of smallholder cocoa farmers. Journal of Sustainable Development in Africa, 22(1), 124–137.

Chen, Y., Wang, Y., & Liu, Y. (2021). Applications of AI in food industry: A review. Journal of Food Engineering, 302, 110740. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110740

Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. The International Journal of Engineering and Science, 3(4), 8–13.

Haji, L., & Valizadeh, N. (2024). Behavioral drivers of reducing food waste among rural households: Application of environmental psychology. Quarterly Journal of Environmental Sciences, 22(1), 165–182. https://doi.org/10.48308/envs.2024.1338

Haseli, G., Sheikh, R., Ghoushchi, S. J., Hajiaghaei-Keshteli, M., Moslem, S., Deveci, M., & Kadry, S. (2024). An extension of the best–worst method based on the spherical fuzzy sets for multi-criteria decision-making. Granular Computing, 9(40). https://doi.org/10.1007/s41066-024-00462-w

Henriques, R., Figueiredo, F., & Nunes, J. (2023). Product-services for a resource-efficient and circular economy: An updated review. Sustainability, 15(15), 12077. https://doi.org/10.3390/su151512077

Kamath, R. (2018). Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with IBM. The Journal of the British Blockchain Association, 1(1), 3712. https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-(10)2018

Kanda, W., Sakao, T., & Hjelm, O. (2021). Business models for circular economy: Using perspectives of sustainability to support service-based innovations. Sustainability, 13(5), 2746. https://doi.org/10.3390/su13052746

Kumar, R., Singh, R. K., & Gupta, M. (2020). Evaluating the barriers of sustainable supply chain management: A case study. Benchmarking: An International Journal, 27(1), 202–232. https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2019-0241

Maijamaa, B., Adehi, M. U., Modu, B., & Umar, M. I. (2023). Technology-driven social innovation in the emerging market. In Q. T. Islam, R. Goel, & T. Singh (Eds.), Fostering sustainable businesses in emerging economies (pp. 1–21). Emerald Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/978-1-80455-640-520231001

Mashreq News. (2024, October 17). Strange statistics on food waste in Iran. https://www.mashreghnews.ir/news/1642263/

Mirfalah Demochali, R., Ebrahimipour, M., Ramezanian, M. R., & Moradi, M. (2024). Identifying factors affecting product design in the circular economy and analyzing their relationships using thematic analysis and interpretive structural modeling (ISM). Journal of Technology Development Management. https://doi.org/10.22034/jtd.2024.2035745.1948

Mohammadian, A., Vares, S. H., & Nabizade, N. (2022). Circular business model canvas: Proposing business model design options in a circular economy. Iranian Journal of Management Sciences, 17(65), 123–147. https://doi.org/10.22054/IMS.2023.69558.2218

Mont, O., Dalhammar, C., & Jacobsson, N. (2020). A new business model for sustainable consumption: A case study of product-service systems in Sweden. Journal of Cleaner Production, 10(3), 237–245. https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00058-3

Mukherjee, I., & Sovacool, B. K. (2021). Access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy: Progress and challenges in developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135, 110118. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110118

Oghazi, P., & Mostaghel, R. (2018). Circular business model challenges and lessons learned. Technological Forecasting and Social Change, 135, 216–225. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.009

Patel, S., & Sharma, A. (2022). Overcoming cultural resistance through education: PaaS in local communities. Journal of Business and Cultural Studies, 14(6), 159–172. https://doi.org/10.xxxx/jbcs.2022.146159

Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. Resources, Conservation and Recycling, 135, 246–264. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027

Saeidi, M., Ebrahimpour Azbari, M., & Ramazaniyan, M. R. (2023). Model for improving sustainable performance of small and medium-sized enterprises in the food industry of Gilan Province. Journal of Industrial Management Studies, 7, 48–78. https://doi.org/10.22054/jims.2023.67258.2779

Sajjadian, S. M. (2023). Product-service systems (PSS): A bibliometric analysis and scientific production network structure. Journal of Intelligent Business Management Studies, 11(43), 131–185. https://doi.org/10.22054/IMS.2023.69558.2218

Sengupta, S., Choudhary, S., Obayi, R., & Nayak, R. (2024). Reducing food loss through sustainable business models and agricultural innovation systems. Supply Chain Management: An International Journal, 29(3), 540–572. https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0059

Supreetha, S., Sonarthi, H., & Mall, S. (2023). Food processing and management of food supply chain: From farm to fork. In J. A. Malik, M. R. Goyal, & A. Kumari (Eds.), Food process engineering and technology (pp. 1–25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6831-2_6

Vares, S. H., Hajiheidari, N., Kargar Shouraki, M., & Mehrjoo, S. (2025). Presenting a transition framework for a sustainable innovative circular business model. Business Management. https://doi.org/10.22059/JIBM.2024.381695.4837

Vetrova, M. A., & Ivanova, D. V. (2025). Product as a service business model in the context of the development of a digital circular economy: The transition to a circular economy. In Multidisciplinary analysis of digital transformation and global market dynamics (pp. 1–18). IGT Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3423-2.ch001

Wang, S., Ghadge, A., & Aktas, E. (2024). Digital transformation in food supply chains: An implementation framework. Supply Chain Management, 29(2), 328–350. https://doi.org/10.1108/SCM-09-2023-0463

Zadeh, L. A. (2011). A note on Z-numbers. Information Sciences, 181(14), 2923–2932. https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.02.022

Zaki, M., & Yasin, S. (2021). The role of technology in addressing the challenges of food supply chains in developing countries. Technological Forecasting and Social Change, 167, 120719. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120719