

Industrial Management Studies
Vol(issue), PP..atu.ac.ir
DOI:

Analyzing the Capability-Attractiveness of Internet of Things Technology Applications in the Food Industry

**Bahareh
Deljoo** 

MSc Student in Industrial Management, Department of Production and Operations Management, Faculty of Industrial Management and Technology, college of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

**Rohollah
Ghasemi**  *

Assistant Professor, Department of Production and Operations Management, Faculty of Industrial Management and Technology, college of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

**Mohsen
Moradi
Moghaddam** 

PhD in Industrial Management, Department of Production and Operations Management, Faculty of Industrial Management and Technology, college of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

Ali Mohaghar 

Professor, Department of Production and Operations Management, Faculty of Industrial Management and Technology, college of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

* Corresponding Author: ghasemlr@ut.ac.ir

How to Cite: Deljoo, B., Ghasemi, R., Moradi Moghaddam, M., & Mohaghar, A. (2025). Analyzing the Capability-Attractiveness of Internet of Things Technology Applications in the Food Industry. *Industrial Management Studies*, Volume (Issue), PP.

The food industry has been transformed by the Fourth Industrial Revolution, particularly through the application of the Internet of Things (IoT). This technology enhances efficiency by connecting various components of the factory—both wired and wirelessly—and paves the way for smart factories aligned with sustainability goals. The aim of this research is to analyze the capability–attractiveness of IoT applications in the food industry based on sustainability indicators and the readiness of selected companies in the food industry of Tehran province to implement these technologies. First, a systematic literature review was conducted to identify relevant IoT applications in the food industry, along with sustainability-based attractiveness indicators and capability criteria. The case study are selected companies in the food industry of Tehran province and its subsidiaries, which are currently deploying IoT technologies across various areas. Using the Best-Worst Method (BWM), the weights of the indicators were determined. Then, decision matrices were developed separately for evaluating the applications based on attractiveness (sustainability) and capability indicators, and each application was scored accordingly. The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was then used to obtain final rankings. Based on the capability–attractiveness matrix, the most promising IoT applications identified for implementation in the company include “real-time data collection,” “inventory management and shelf replenishment,” “energy consumption management,” and “smart fire detection systems.” The findings offer valuable insights for identifying and adopting IoT applications in the food industry, considering the capacities and infrastructure of companies.

Introduction

the food industry, a fundamental sector for human needs, faces increasing demand, customer expectations, and intense competition. To ensure food safety and profitability, companies are adopting advanced technologies like the Internet of Things. IoT, through networks of sensors and smart devices, enables intelligent interaction between equipment, machinery, and information systems, enhancing efficiency, streamlining processes, and supporting sustainable development. The Iranian food industry faces challenges such as high food waste, weak



supply chain traceability, inefficient resource management, and ongoing quality concerns. IoT can effectively address these issues, yet many companies have not fully adopted it. This research provides a systematic approach to examine and prioritize IoT applications based on sustainability attractiveness and the capability of active companies in Tehran province. The main research question is: What is the implementation priority of IoT applications in active companies in Tehran province based on the attractiveness of each application and the companies' capability to acquire this technology?

Research Background

The Iranian food industry confronts significant challenges that threaten its sustainability and competitiveness, including extensive food waste during production, storage, and distribution, weak traceability in the supply chain, inefficient management of critical resources such as water and energy, and persistent product quality and safety risks. Lack of effective infrastructure for tracking and verifying food authenticity reduces consumer trust and enables food fraud. In this context, IoT technology emerges as a modern and efficient solution. By employing smart sensors to monitor storage and transportation, tracking systems in the supply chain, real-time monitoring of raw materials and products, and wearable devices to enhance worker safety, IoT can increase productivity, improve food safety, reduce waste, and strengthen consumer confidence. Targeted IoT adoption can address structural problems and enhance Iran's national and international food industry standing. Despite this potential, many companies have not yet fully embraced IoT. This research seeks to provide a systematic approach to examining and prioritizing IoT applications considering their sustainability benefits and internal company capabilities

Methodology

This applied research adopts a quantitative, descriptive-survey, and cross-sectional approach, utilizing both library and field methods for data collection. The initial phase involved a systematic literature review to identify IoT applications relevant to the food industry, along with sustainability-based attractiveness indicators and capability criteria. Through this process, twelve key IoT applications were identified, such

as real-time data collection, smart fire detection systems, and energy management. Additionally, nine sustainability indicators were defined across economic dimensions—including operational cost savings—social dimensions, such as customer satisfaction, and environmental dimensions, like waste reduction. Furthermore, eight capability indicators were established, covering areas such as platform development, security, and regulatory compliance.

The study targeted experts from the food industry in Tehran province, all with a minimum of five years of experience in IoT-related projects. A judgmental sampling method was employed, and data were collected from seven selected experts. To determine the weights of the attractiveness and capability indicators, the Best-Worst Method (BWM) was applied. The experts completed BWM questionnaires, and the final group weights were derived by calculating the arithmetic mean of their responses. Consistency ratios were also computed to verify the reliability of the comparisons.

Following this, separate decision matrices were constructed to evaluate the twelve IoT applications based on the weighted attractiveness and capability indicators. Each application was scored by the experts using a 10-point Likert scale. The TOPSIS method was subsequently employed to process these matrices, yielding final scores and rankings for the applications according to each dimension.

Finally, a Capability-Attractiveness Matrix (ACM) was developed. The TOPSIS scores for attractiveness, represented on the vertical axis, and capability, on the horizontal axis, were plotted for each application. The mean scores of all applications served as cutoff points, dividing the matrix into four distinct quadrants and thereby enabling strategic prioritization of the IoT applications.

Findings

The BWM analysis revealed the relative importance of the indicators. For attractiveness, the economic dimension was the most critical (0.725), followed by social (0.175) and environmental (0.100) dimensions. Among all sub-indicators, "operational cost savings"

(EC1) had the highest final weight (0.494), underscoring its paramount importance. For capability, "IoT platform development" (CAP3) was the most significant indicator (0.305), followed by "application development" (CAP4) and "security capability" (CAP5). All consistency ratios were within acceptable limits, confirming the reliability of the expert judgments.

The TOPSIS analysis provided separate rankings based on attractiveness and capability. Based on attractiveness (sustainability benefits), the top applications were "real-time data collection" (A1), "inventory management" (A10), and "energy consumption management" (A11). Based on capability (ease of implementation), the top applications were "smart fire detection" (A2), "real-time data collection" (A1), and "energy consumption management" (A11).

The integration of the TOPSIS results into the ACM yielded the final strategic prioritization. The applications were categorized into four quadrants: Quadrant 1 (High Attractiveness, High Capability) contained the most promising applications for immediate implementation: A1 (Real-Time Data Collection), A10 (Inventory Management), A11 (Energy Management), and A2 (Smart Fire Detection). These represent the first priority. Quadrant 2 (High Attractiveness, Low Capability) included applications A5 (Operational Cost Control), A4 (Process Automation), and A8 (Remote Facility Control). They are desirable but require capability-building efforts, marking them as a second priority. Quadrant 3 (Low Attractiveness, High Capability) contained applications A6 (Quality Monitoring) and A7 (Worker Health Monitoring). While companies have the capability, the perceived sustainability benefits are lower. These could be developed after Quadrant 1 applications. Quadrant 4 (Low Attractiveness, Low Capability) included applications A12 (Supplier Tracking), A3 (Worker Tracking), and A9 (Environmental Monitoring), indicating the lowest priority for implementation.

Discussion and conclusion

This study identified and prioritized IoT applications for the food industry in Tehran province using a structured Capability-Attractiveness framework. The findings indicate that the primary focus for companies should be on applications in Quadrant 1, which offer high sustainability benefits and align with existing organizational

capabilities. The prominence of real-time data collection, inventory management, and energy management aligns with global trends emphasizing operational efficiency and resource optimization.

The placement of environmental monitoring (A9) in the low-priority quadrant (4) contrasts with international research that emphasizes green technologies. This discrepancy may be attributed to weaker environmental regulations, lower technological infrastructure, or a primary focus on immediate economic gains within the Iranian context. The prioritization based on the ACM provides a more comprehensive strategy than ranking by attractiveness or capability alone. It allows decision-makers to select applications that not only offer high value but also have a lower implementation risk, considering their specific resources and infrastructure.

In conclusion, this research enhances our understanding of IoT as an emerging and transformative technology in the food industry. It assesses various applications from economic, social, and environmental perspectives while evaluating implementation feasibility. The results can serve as a valuable guide for decision-makers and policymakers in the Iranian food industry, enabling a more strategic and effective adoption of IoT technologies. A limitation of this study is the lack of a detailed technical-economic feasibility analysis for each application. Future research should conduct in-depth studies on the selected applications to identify implementation challenges and provide practical solutions.

Keywords: Internet of Things (IoT), Food industry, Best-Worst Method (BWM), TOPSIS, Capability–Attractiveness Analysis.

تحلیل توانمندی-جذابیت کاربردهای فناوری اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

بهاره دلجو 

استادیار، گروه مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

روح اله قاسمی * 

دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

محسن مرادی مقدم



استاد، گروه مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

علی محقر 

چکیده

صنعت مواد غذایی در انقلاب صنعتی چهارم به‌ویژه با فناوری اینترنت اشیا متحول شده است. این فناوری با اتصال اجزای مختلف کارخانه به صورت باسیم و بی‌سیم، کارایی را افزایش داده و زمینه‌ساز توسعه کارخانه‌های هوشمند و اهداف پایداری شده است. هدف این پژوهش تحلیل توانمندی و جذابیت کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی بر اساس شاخص‌های پایداری و قابلیت شرکت‌های فعال در صنعت مواد غذایی استان تهران در پیاده‌سازی این فناوری است. ابتدا با مرور نظام‌مند ادبیات، کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی و شاخص‌های جذابیت از منظر پایداری و توانمندی شناسایی شدند. خبرگان پژوهش متخصصان صنعت مواد غذایی استان تهران با سابقه مشارکت در پروژه‌های پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا هستند. با طراحی و توزیع پرسشنامه‌ها به روش بهترین-بدترین، وزن شاخص‌ها تعیین شد. سپس ماتریس‌های

تصمیم برای ارزیابی کاربردها بر اساس شاخص‌های جذابیت (پایداری) و توانمندی به صورت جداگانه تشکیل گردید و امتیاز هر کاربرد تعیین شد. با روش تاپسیس، امتیاز نهایی کاربردها استخراج و بر اساس ماتریس توانمندی-جذابیت، اولویت‌بندی انجام گرفت. نتایج نشان داد مهم‌ترین کاربردهای اینترنت اشیا با جذابیت و توانمندی بالا در شرکت‌های فعال در صنعت مواد غذایی استان تهران، شامل «جمع‌آوری داده در زمان واقعی»، «مدیریت موجودی مواد و بازپرسازی قفسه»، «مدیریت مصرف انرژی» و «سیستم هوشمند شناسایی حریق» است. یافته‌ها راهنمایی ارزشمند برای شناسایی و به کارگیری کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی در کشور با توجه به ظرفیت و زیرساخت شرکت‌های فعال ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، صنعت مواد غذایی، روش بهترین-بدترین، روش تاپسیس، تحلیل توانمندی-جذابیت.

مقدمه

کشورها در راستای افزایش رقابت پذیری به طور مستمر در حال اکتساب فناوری های نوپهور و تحول آفرین هستند (Jafarnejad et al., 2013; Pourezzat et al., 2022). انقلاب صنعتی چهارم به عنوان ترکیبی از فناوری الکترونیک، اطلاعات، ارتباطات و دیجیتال تعریف می شود که علاوه بر نوآوری و افزایش بهره وری مقیاس و حجم تولیدات صنعتی را افزایش می دهد (Dadhaneeya, et al. 2023). ماهیت آن در صنایع تولیدی استفاده از محاسبات قدرتمند و کم هزینه است. در صنعت فناوری مواد غذایی، این انقلاب چهارم ادامه دارد (Jagtap, et al. 2021). صنایع تولیدی و فرآوری مواد غذایی یکی از نیازهای اساسی بشر را تأمین می کنند و با گذشت زمان این صنعت، با افزایش تقاضا و انتظارات مشتریان به همراه رقابت فزاینده روبه رو شده است (Kodan, et al. 2020)، این صنعت برای پاسخگویی به تقاضا، تولید مواد غذایی سالم و ایمن و حفظ هدف سازمان، مجبور است به سمت استفاده از فناوری های مانند «اینترنت اشیا» بروند (Dadhaneeya, et al. 2023). در این میان اینترنت اشیا به عنوان یکی از فناوری های نوین، با امکان اتصال و تعامل هوشمند بین تجهیزات، ماشین آلات، و سیستم های مختلف، به ابزاری قدرتمند برای ارتقای کارایی و اثربخشی و همچنین ساده سازی و بهبود فرآیندها و در این صنعت تبدیل شده است (Bello and Zeadally 2014)، (Atzori, et al. 2010). کاربرد های اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی می تواند راهگشای توسعه پایدار در این صنعت باشند (Kodan, Parmar et al. 2020, Dadhaneeya, et al. 2023). اینترنت اشیا با ایجاد اتصال بین تجهیزات، ماشین آلات با استفاده از حسگر ها و سنسور ها و شبکه های ارتباطی و اطلاعاتی یکی از فناوری های مهم و رو به رشد که می تواند با جمع آوری داده های دقیق و به موقع به هوشمند سازی و بهبود فرایندهای این صنعت و کمک شایانی کند (Jagtap, et al. 2021).

بسیاری از صنایع در ایران از جمله صنعت غذایی با چالش های متعددی در جریان های مواد، مالی و اطلاعات زنجیره تأمین مواجه هستند (Mohaghar et al., 2011) که استمرار

آنها می‌تواند پایداری و رقابت‌پذیری این صنعت را با تهدید جدی روبه‌رو سازد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به اتلاف گسترده مواد غذایی در مراحل تولید، انبارداری و توزیع، ضعف در ردیابی و شفافیت زنجیره تأمین، مدیریت ناکارآمد منابع حیاتی همچون آب و انرژی، و همچنین مخاطرات مرتبط با کیفیت و ایمنی محصولات اشاره کرد. اتلاف مواد غذایی و نگهداری نامناسب در زنجیره سرد نه تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود، بلکه فشار مضاعفی بر منابع طبیعی کشور وارد می‌سازد (Karimi, et al. 2022). افزون بر این، نبود زیرساخت‌های مؤثر برای رهگیری و تأیید اصالت محصولات غذایی، اعتماد مصرف‌کنندگان را کاهش داده و زمینه را برای بروز تقلب غذایی فراهم می‌کند. در کنار این موارد، استفاده غیربهبوده از آب و انرژی در فرآیندهای تولید و پردازش، چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را تشدید کرده است. همچنین، سلامت و ایمنی کارکنان و خطرات ناشی از آلودگی‌های میکروبی یا شیمیایی، همچنان از دغدغه‌های اصلی صنعت غذایی محسوب می‌شود (Esfandiari, et al. 2025). در چنین بستری، فناوری اینترنت اشیا به عنوان رویکردی نوین و کارآمد، ظرفیت بالایی در رفع این مشکلات دارد (Zamani, et al. 2018). این فناوری از طریق به کارگیری حسگرهای هوشمند برای پایش شرایط نگهداری و حمل‌ونقل، استفاده از سامانه‌های ردیابی مبتنی بر «شناسایی با امواج رادویی» و «سامانه موقعیت یاب جهانی» در زنجیره تأمین، نظارت بلادرنگ بر کیفیت مواد اولیه و محصولات، و به کارگیری ابزارهای پوشیدنی برای ارتقای سلامت کارکنان، می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری، بهبود ایمنی غذایی، کاهش ضایعات و تقویت اعتماد مصرف‌کنندگان ایفا کند (Mohaghar, et al. 2021). از این رو، بهره‌گیری هدفمند از اینترنت اشیا می‌تواند نه تنها به حل مشکلات ساختاری صنعت غذایی ایران کمک نماید، بلکه زمینه‌ساز ارتقای جایگاه این صنعت در سطح ملی و بین‌المللی نیز باشد (Yousefi, et al. 2024).

با وجود پتانسیل بالای اینترنت اشیا در بهینه‌سازی فرآیندهای مختلف، کمک به کاهش ریسک‌ها بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در صنعت مواد غذایی هنوز به طور کامل به این فناوری ورود نکرده‌اند (Wójcicki, et al. 2022) و (Jagtap, et al. 2021).

در این پژوهش تلاش می‌شود تا با ارائه رویکردی سیستماتیک به بررسی و رتبه‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا با توجه به میزان جذابیت‌شان بر اساس شاخص‌های پایداری در صنعت مواد غذایی و توانمندی شرکت‌های فعال در استان تهران برای اکتساب آن کاربرد پرداخته شود و به دنبال پاسخگویی به پرسش‌های زیر است:

پرسش اصلی: اولویت‌پیاپی‌سازی کاربردهای اینترنت اشیا در شرکت‌های فعال در استان تهران بر اساس میزان جذابیت هر کاربردها و توانمندی شرکت‌ها در اکتساب این فناوری چگونه است؟

پرسش فرعی ۱: اهمیت هر یک از ابعاد و شاخص‌های پایداری برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی برای شرکت‌های فعال در استان تهران چقدر است؟
پرسش فرعی ۲: اهمیت هر یک از ابعاد و شاخص‌های توانمندی برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا در شرکت‌های فعال در استان تهران چقدر است؟

پیشینه پژوهش

فناوری نوظهور و تحول آفرین اینترنت اشیا

اینترنت اشیا شامل دستگاه‌های هوشمند مبتنی بر وب است که از سیستم‌های ترکیبی مانند پردازنده‌ها، حسگرها و سخت‌افزار ارتباطی برای جمع‌آوری، ارسال و عمل بر روی داده‌هایی که به دست می‌آورند استفاده می‌کنند و در واقع شبکه‌ای از سنسورها، فرستنده‌ها و محرک‌هاست که از طریق اینترنت باهم ارتباط برقرار می‌کنند با گسترش کاربرد اینترنت اشیا امکان اتصال و ارتباط بین دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و سیستم‌های اطلاعاتی به طور بلادرنگ و هوشمند فراهم شده است و کاربردهای متنوعی در صنایع دارد (Mohagahr et al., 2023; Tien, 2017).

معماری لایه‌ای اینترنت اشیا^۱

اتحادیه بین المللی ارتباطات^۱ ساختار اینترنت اشیا را به عنوان یک چهارچوب متشکل از مجموعه‌ای از عناصر توصیف کرده است که تعامل و ارتباط میان دستگاه‌ها و سیستم‌ها را در بستر اینترنت ممکن می‌سازد این ساختار را چندین لایه شامل کاربردها (اپلیکیشن)^۲ پشتیبانی^۳ شبکه‌ها^۴ و وسیله‌ها^۵ بهره‌گیری از قابلیت‌های مدیریتی و قابلیت‌های امنیتی ارائه کرد (Ghasemi et al., 2016).

کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی

ابتدا با بررسی در مبانی نظری کاربردهای شناسایی شده اینترنت اشیا در حوزه صنعت مواد غذایی به شرح جدول (۱) به دست آمد:

جدول ۱. کاربرد های شناسایی شده اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی

کاربردها	توضیحات کاربرد	منابع
جمع‌آوری داده‌ها در زمان واقعی (A1)	حسگرها و دستگاه‌های متصل داده‌های لحظه‌ای از مراحل زنجیره تأمین، مانند موقعیت محصول، دما، رطوبت، موجودی انبار، عملکرد تجهیزات و وضعیت سفارش را جمع‌آوری کرده و با تحلیل ترافیک و مسیر، حمل‌ونقل را بهینه می‌کنند.	(Ben-Daya, et al. 2020), (Bhutta and Ahmad 2021), (Jagtap, et al. 2022) (Kineber 2024)
سیستم هوشمند شناسایی حریق (A2)	سیستم‌های هوشمند شناسایی حریق مبتنی بر اینترنت اشیا با استفاده از حسگرهای محیطی، داده‌هایی مانند دما، دود و گازهای خطرناک را به صورت مداوم رصد کرده و در صورت تشخیص خطر از طریق الگوریتم‌های هوشمند، هشدار لازم را به تیم ایمنی ارسال می‌کنند.	(Onibonoje 2021), (Morchid, et al. 2025)
ردیابی حضور فیزیکی کارگران (A3)	اینترنت اشیا با کمک حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی، حضور، غیاب و موقعیت کارکنان را به صورت لحظه‌ای ردیابی و ثبت می‌کند.	(Stanton and Stam 2006), (Al-Hitmi and Sherif 2018), (Nappi and de Campos Ribeiro 2020)

1. International Telecommunication Union (ITU)
2. Application layer
3. Service and application support layer
4. Network layer
5. Device layer

ادامهٔ جدول ۱. کاربرد های شناسایی شده اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی

کاربردها	توضیحات کاربرد	منابع
خودکار سازی فرآیندها (A4)	اینترنت اشیا با جمع‌آوری و تحلیل خودکار داده‌ها، فرآیندها را بدون دخالت انسانی اجرا کرده و با کاهش خطا، افزایش سرعت تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی منابع، کارایی را بهبود می‌بخشد.	(Wollschlaeger, et al. 2017), (Kiktev, et al. 2020) (Adeleke, et al. 2023)
کنترل هزینه های عملیاتی (ردیابی جریان مالی و بودجه های صرف شده) (A5)	اینترنت اشیا با ثبت خودکار داده‌های مصرف مواد، انرژی و منابع انسانی، هزینه‌ها را به‌دقت محاسبه کرده و با توقف تجهیزات غیرضروری و خودکارسازی فرآیندها، به کاهش هزینه و صرفه‌جویی منابع کمک می‌کند.	(Tamer and Gurul 2019), (Jiang 2022)
نظارت بر کیفیت (محصولات) (A6)	اینترنت اشیا با حسگرهای خود ویژگی‌های محصول را با استانداردها مقایسه کرده و در صورت مغایرت، به واحد کنترل اطلاع می‌دهد. همچنین با نظارت بر دما، رطوبت و شرایط محیطی، تولید استاندارد محصولات غذایی را تضمین می‌کند.	(Maksimović, et al. 2015), (Pizzarelli 2021), (Bougdira, et al. 2023)
نظارت بر سلامت کارگران (A7)	دستگاه‌های پوشیدنی اینترنت اشیا علائم حیاتی کارگران را پایش کرده و در صورت وضعیت غیرعادی هشدار می‌دهند. حسگرهای محیطی نیز شرایط کار را کنترل کرده و در مواقع خطر هشدار می‌دهند. همچنین با تجهیزات خودکار و کنترل دسترسی هوشمند، ایمنی در مناطق پرخطر کارخانه افزایش می‌یابد.	(Kremer 2022), (Paul and Singh 2023)
کنترل از راه دور تاسیسات (A8)	اینترنت اشیا با فراهم کردن امکان کنترل از راه دور تأسیسات، به مدیران اجازه می‌دهد بدون حضور فیزیکی وضعیت را بررسی و تجهیزات را مدیریت کنند؛ این امر موجب افزایش سرعت تصمیم‌گیری، صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه‌های جانبی می‌شود.	(Wollschlaeger, et al. 2017), (Bouzembrak, et al. 2019), (Ben-Daya, et al. 2020)

ادامهٔ جدول ۱. کاربرد های شناسایی شده اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی

کاربردها	توضیحات کاربرد	منابع
نظارت بر مولفه های زیست محیطی (A9)	اینترنت اشیا با حسگرهای هوشمند کیفیت آب، خاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی صوتی و پسماندها را به صورت مداوم پایش کرده و در صورت خطر، هشدار می‌دهد؛ همچنین با نظارت هوشمند به کاهش هدررفت و بهبود بازیافت کمک می‌کند.	(Zhang, et al. 2018)، (Jagtap, et al. 2021)، (Popescu, et al. 2024)
مدیریت موجودی مواد و بازپرسازی قفسه (A10)	اینترنت اشیا با حسگرها و سیستم‌های ردیابی هوشمند، تعداد، مکان و مدت زمان نگهداری مواد اولیه و محصولات را ثبت و پایش می‌کند، که به بهبود مدیریت موجودی و پیش‌بینی نیازهای آینده کمک می‌کند.	(Mathaba, et al. 2017)، (Rażniewska 2018)، (Mashayekhy, et al. 2022)
مدیریت مصرف انرژی (A11)	حسگرهای متصل به تجهیزات مصرف انرژی را ثبت و الگوهای آن را شناسایی می‌کنند، با غیرفعال کردن خودکار تجهیزات غیرضروری و انتخاب مسیر بهینه در حمل و نقل، مصرف انرژی و سوخت را کاهش می‌دهند.	et al. (Shrouf 2015)، (Ahmad and Jagtap, 2021)، (Zhang 2021 et al. 2021)
ردیابی و پایش تامین کنندگان (A12)	اینترنت اشیا با تحلیل داده‌های مربوط به حمل و نقل، زمان تحویل و کیفیت مواد اولیه، تأمین کنندگان با عملکرد بهتر و هزینه کمتر را شناسایی کرده و به بهبود کارایی زنجیره تأمین کمک می‌کند.	(Han-jiang and Qin 2013)، (Agarwal, et al. 2019)

شاخص های پایداری

بر اساس ادبیات نظری پژوهش برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی با شاخص های پایداری در سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به شرح جدول (۲) شناسایی شدند:

جدول ۲. شاخص ها و زیرشاخص های پایداری برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا

ابعاد پایداری	شاخص های پایداری (کد)	منابع
اقتصاد	صرفه جویی در هزینه عملیاتی (EC1)	(Maksimović, et al. 2015), (Kodan, et al. 2020), (Dadhaneeya, et al. 2023)
	صرفه جویی در مواد مصرفی (EC2)	(Da Xu, et al. 2014), (Elijah, et al. 2018), (Jagtap, et al. 2019)
	صرفه جویی در زمان (EC3)	(Ben-Daya, et al. 2019), (Režek, et al. 2021), (Khan, et al. 2022)
اجتماعی	آسودگی خاطر سرپرستان و مدیران (SO1)	(Savio 2021), (Latheef and Sumimol 2023)
	رضایت مشتریان (SO2)	(Misra, et al. 2020), (Ben-Daya, et al. 2020), (Kodan, et al. 2020)
	ایمنی و رفاه کارکنان (SO3)	(Al-Hitmi and Sherif 2018), (Gorovei 2020), (Soori, et al. 2023); (Ghasemi et al., 2018:b)
زیست محیطی	کاهش میزان ضایعات (مواد مصرفی و محصولات معیوب) (EN1)	(Ostojić, et al. 2017), (Minaam, et al. 2018), (Jagtap, et al. 2019)
	کاهش آلودگی های زیست محیطی (مانند آب، هوا) (EN2)	(Saha, et al. 2017), (Jagtap, et al. 2019), (Dadhaneeya, et al. 2023)
	استفاده از قطعات و تجهیزات دوستدار محیط زیست (قابل بازیافت یا بی ضرر برای محیط زیست) (EN3)	(Seliger 2007)

شاخص های توانمندی

بر اساس ادبیات نظری شاخص های توانمندی به شرح جدول (۳) شناسایی شدند:

جدول ۳. شاخص‌های توانمندی برای به‌کارگیری هر یک از کاربردهای اینترنت اشیا

منابع	شاخص‌های توانمندی (کد)
(Beniwal and Singhrova 2022)، (de Hoz Diego, et al. 2024)	دسترسی به وسیله‌ها و درگاه‌ها (CAP1)
(Miorandi, et al. 2012)، (Da Xu, et al. 2014)، (Hardin IV, et al. 2022)	قابلیت شبکه‌سازی (باسیم و بی‌سیم) (CAP2)
(Ferrández-Pastor, et al. 2016)، (Li, et al. 2017)	توسعه پلتفرم (سکوواره) اینترنت اشیا (CAP3)
(Zeinab and Elmustafa 2017)، (Corradini, et al. 2023)	توسعه برنامه کاربردی (اپلیکیشن) اینترنت اشیا (CAP4)
(Tankard 2015)، (Bhattacharjya, et al. 2018) (Munirathinam 2020)	قابلیت امنیتی (CAP5)
(Ferrag, et al. 2020)، (Ahmad Tarmizi, et al. 2020)، (Dadhaneeya, et al. 2023)	حریم خصوصی (CAP6)
(HUIYAN and GHOSH 2023)، (Mu and Antwi-Afari 2024)	قابلیت مدیریتی (CAP7)
(Kamble, et al. 2019)، (Kumar, et al. 2022)	قوانین و مقررات (CAP8)

روش شناسی پژوهش

روش پژوهش

پژوهش از نظر ماهیت کمی، از نظر هدف کاربردی، از نظر نحوه‌ی گردآوری اطلاعات از نوع توصیفی (غیرآزمایشی) است و از نوع پیمایشی-تک مقطعی است.

ابزارهای گردآوری اطلاعات

در این پژوهش از روش کتابخانه‌ای برای ادبیات نظری و پیشینه پژوهش بررسی شد و ۱۲ کاربرد مطرح در زمینه اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی (مطابق جدول ۱) به همراه ۹ شاخص پایداری مطابق جدول (۲) شناسایی شدند. همچنین شاخص‌های ارزیابی توانمندی پیاده‌سازی هر یک از کاربردها مطابق جدول (۳) به دست آمد. همچنین در بخش میدانی

برای سنجش وزن به روش «بهترین-بدترین» چه برای شاخص های جذابیت با رویکرد پایداری و چه برای شاخص های توانمندی از پرسشنامه استفاده گردید. سپس بر اساس هر یک از شاخص های جذابیت و توانمندی یک ماتریس تصمیم تشکیل شد که با نظرسنجی از متخصصان، هر یک از پرسشنامه ها با نظر ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی و اینترنت اشیا در استان تهران تکمیل گردید و میانگین حسابی نظراتشان در نظر گرفته شد.

با بررسی روایی محتوا اطمینان حاصل می شود که هیچ کاربرد و شاخص بی ربطی در پرسشنامه روش بهترین-بدترین و ماتریس تصمیم وجود ندارد و هیچ شاخص و کاربرد مهم و مربوطی نادیده گرفته نشده است (Ghasemi, et al. 2018:a). پس از شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی و شناسایی شاخص های رویکرد پایداری برای ارزیابی جذابیت کاربردهای اینترنت اشیا و شاخص های توانمندی برای ارزیابی امکان پذیری فنی آن به دست آمده از ادبیات نظری، پرسشنامه «روش-بهترین بدترین» و پرسشنامه «ماتریس تصمیم برای روش تاپسیس» طراحی شده توسط ۷ نفر از خبرگان حوزه اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی در استان تهران (با حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در این حوزه)، روایی محتوا شاخص ها و کاربردهای احصا شده در پرسشنامه بررسی و تأیید شد.

مشخصات خبرگان

خبرگان پژوهش شامل متخصصان و فعالان صنعت مواد غذایی استان تهران با سابقه فعالیت حداقل ۵ ساله در حوزه فناوری اینترنت اشیا است که به عنوان کارفرما، مجری، یا پیمانکار کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی استان تهران سابقه همکاری داشتند. با توجه به محدود بودن تعداد خبرگان از روش نمونه گیری قضاوتی برای انتخاب افراد استفاده شد که در نهایت پرسشنامه های وزن دهی به شاخص ها با مشارکت ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی تکمیل گردید. در مرحله تشکیل ماتریس تصمیم نیز از همین خبرگان (با میانگین-حسابی نظرات به دست آمده) کمک گرفته شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای وزن‌دهی شاخص‌ها از روش «بهترین-بدترین» استفاده شد و برای اولویت‌بندی کاربردها بر اساس ماتریس تصمیم، از روش «تاپسیس» استفاده گردید که هر دو جزو روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه هستند. در نهایت با استفاده از تحلیل توانمندی-جذابیت اولویت‌بندی کاربردها در سطح صنعت مواد غذایی استان تهران ارائه شد.

الف) روش بهترین-بدترین

روش بهترین-بدترین یکی از رویکردهای نوین در وزن‌دهی معیارها در چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌شود که در سال ۲۰۱۵ توسط جعفر رضایی معرفی گردید. مراحل اجرای روش بهترین-بدترین به شرح زیر است (Rezaei 2015):

مرحله ۱- تعیین شاخص‌های تصمیم ($C_1, C_2, \dots, C_n$).

مرحله ۲- تعیین مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین شاخص: تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را مشخص می‌کند.

مرحله ۳- تعیین میزان اهمیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها: با استفاده از اعداد طیف لیکرت (اعداد بین ۱ تا ۹) تصمیم‌گیرنده میزان اهمیت بهترین شاخص را نسبت به بقیه شاخص‌ها مشخص می‌کند.

مرحله ۴- تعیین میزان اهمیت همه شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص: با استفاده از اعداد طیف لیکرت (اعداد بین ۱ تا ۹).

مرحله ۵- یافتن مقادیر بهینه برای شاخص‌ها ($w^* = (w^*_1, w^*_2, \dots, w^*_n)$): با استفاده از مدل ریاضی میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها محاسبه می‌شود. مدل بهترین-بدترین به صورت زیر فرموله می‌شود:

$Min \varepsilon$

s.t.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

رابطه (۱)

$$\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

مرحله ۶- محاسبه نرخ سازگاری: در این مرحله باتوجه به نتایج حاصل از حل مدل رابطه (۱) و مقدار بهینه ε نرخ سازگاری محاسبه می شود. نرخ سازگاری در بازه ی بین صفر تا یک است. هر چه مقدار بدست آمده نزدیک به صفر باشد نشان دهنده میزان سازگاری بالاتر و هر چه به یک نزدیک تر باشد نتایج از سازگاری کمتری برخوردار است. بررسی سازگاری نتایج با استفاده از رابطه (۲) و جدول (۴) بدست می آید (Rezaei 2015):

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{نرخ سازگاری} = \frac{\varepsilon}{\text{شاخص سازگاری}}$$

جدول ۴. شاخص سازگاری روش بهترین بدترین

C_{BW}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شاخص سازگاری	۰,۰۰	۰,۴۴	۱,۰۰	۱,۶۳	۲,۳۰	۳,۰۰	۳,۷۳	۴,۴۷	۵,۲۳

در این پژوهش از BWM گروهی استفاده شد. در این پژوهش پنج پرسشنامه «بهترین-بدترین» توسط ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی استان تهران تکمیل شد و در نهایت با میانگین حسابی گرفتن از وزن های به دست آمده از هر یک از خبرگان، وزن نهایی گروهی تعیین شد (Safarzadeh, et al. 2018)؛ (Wan, et al. 2024)؛ (Hashemi, et al. 2025). یک پرسشنامه با ۸ گویه برای مقایسات زوجی شاخص های توانمندی، و ۴ پرسشنامه در بخش جذابیت (برای مقایسات زوجی سه بعد پایداری بایکدیگر، ۳ شاخص اقتصادی بایکدیگر، ۳ شاخص اقتصادی بایکدیگر، و ۳ شاخص زیست محیطی بایکدیگر) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای ارزیابی پایایی ابزار سنجش در بخش مقایسات روش «بهترین-بدترین» از شاخص نرخ ناسازگاری مطابق مرحله (۶) روش بهترین-بدترین همانطور که در بالا گفته شد استفاده شد.

ب (روش تاپسیس^۱

روش تاپسیس یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و از آن، استفاده زیادی می‌شود، در این روش گزینه‌های تصمیم بر اساس شاخص‌های از قبل تعریف شده با اوزان مشخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک، براین مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض براین است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی (Lai, et al. 1994). حل مساله با این روش، مستلزم طی شش گام زیر است:

مرحله ۱- کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس سازی نورم استفاده می‌شود.

مرحله ۲- به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن ها ($W_{n \times n}$) ضرب می‌کنیم، یعنی:

$$V = N * W(n * n) \quad \text{رابطه (۳)}$$

مرحله ۳- تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی: راه حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی به گونه زیر تعریف می‌شوند:

$$[V_j^+] = \text{بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس } V = \text{راه حل ایده آل مثبت } (V_j^+)$$

$$[V_j^-] = \text{بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس } V = \text{راه حل ایده آل منفی } (V_j^-)$$

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است و «بدترین» برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

مرحله ۴- به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل‌های مثبت و منفی: فاصله ی اقلیدسی هر کاربرد از ایده آل مثبت (d_i^+) و فاصله هر کاربرد تا ایده آل منفی (d_i^-)، براساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله ۵- تعیین نزدیکی نسبی (CL) به راه حل ایده آل :

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad \text{رابطه (۶)}$$

مرحله ۶- رتبه بندی گزینه ها: گزینه ای که (CL) آن بزرگتر باشد مطلوب تر است (Ciardiello & Genovese, 2023).

ج) ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی (ACM)

ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی، ابزاری مؤثر برای شناسایی اولویت های فناورانه و تدوین راهبردهای مناسب در این زمینه به شمار می رود. (Mohaghegh and Shirazi 2017). در واقع، بهره گیری از نتایج به دست آمده از ارزیابی جذابیت و توانمندی، به شناسایی فناوری های کلیدی و تعیین جایگاه راهبردی آنها کمک می کند (Ghazinoory, et al. 2009)؛ (Doitsidis, et al. 2017). با بهره گیری از نمودار جذابیت-توانمندی، می توان تحلیل های گوناگونی را انجام داد. یک رویکرد استراتژیک می تواند برای هر یک از کاربردها در این چهار حوزه به کار گرفت:

منطقه ۱: جذابیت بالا و توانمندی بالا- استراتژی پیشنهادی برای این کاربردها، تمرکز بر اولویت بندی آنها جهت بهره برداری بالقوه و دستیابی به آنها با تکیه بر تخصیص سازمان از طریق فعالیت های تحقیق و توسعه داخلی یا مشارکتی است.

منطقه ۲: جذابیت بالا و توانمندی پایین- برای مواجهه با این وضعیت، می توان دو رویکرد راهبردی را در نظر گرفت: ۱) ایجاد همکاری و مشارکت با شرکت هایی که در این حوزه

دارای موفقیت هستند، یا ۲) تمرکز بر تقویت و توسعه قابلیت‌های داخلی سازمان در این زمینه.

منطقه ۳: جذابیت پایین و توانمندی بالا- با توجه به تخصص موجود در این حوزه‌ها، رویکرد مناسب می‌تواند شامل واگذاری این کاربردها به سایر شرکت‌ها یا بهره‌گیری از آن‌ها در توسعه محصولات دیگر باشد.

منطقه ۴: جذابیت پایین و توانمندی پایین- این فناوری‌ها عموماً غیر ضروری به شمار می‌روند و استراتژی مناسب برای شرکت‌های فعال در صنعت مواد غذایی می‌تواند شامل واگذاری آن‌ها به سایر شرکت‌ها یا کنار گذاشتن آن‌ها از اولویت‌های اجرایی باشد
برای سنجش میزان جذابیت و توانمندی مرتبط با هر کاربرد، از رویکردی با مراحل مشخص به شرح زیر بهره گرفته می‌شود (Nasrollahi, et al. 2022):

گام ۱: در ابتدا وزن هر یک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها به «روش بهترین-بدترین» محاسبه می‌گردد.

گام ۲: امتیاز و رتبه‌ی هر یک از کاربردها به وسیله‌ی تاپسیس مورد محاسبه قرار می‌گیرد.
*در هر دو گام بالا از طریق پرسشنامه نظر خبرگان گردآوری و میانگین نظراتشان درماتریس تصمیم تکمیل شد.

گام ۳: نقطه‌ی برش با توجه به میانگین مقدار امتیاز کاربرد‌ها در روش تاپسیس بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی تعیین می‌گردد. باید توجه داشت که در اینجا شاخص جذابیت محور عمودی و شاخص توانمندی محور افقی مدنظر قرار داده شده است.
گام ۴: امتیاز هر کاربرد را با توجه به نقطه‌ی برش بر روی نمودار رسم می‌شود.

یافته های پژوهش

یافته‌های روش بهترین-بدترین

در پاسخ به پرسش فرعی اول، بعد از شناسایی شاخص‌های پایداری در پیشینه پژوهش، اهمیت هر یک از ابعاد پایداری و هر یک از زیرشاخص‌های آن بعد از توزیع پرسشنامه‌ها

بین ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی استان تهران و تلفیق آنها با روش میانگین حسابی به دست آمد و مبنای تحلیل قرار گرفت. نتایج روش بهترین-بدترین به شرح جدول (۵) الی (۹) به دست آمد:

جدول ۵. وزن ابعاد پایداری برای ارزیابی جذابیت کاربردهای اینترنت اشیا

اولین	وزن نهایی شاخص	وزن به دست آمده از نظر خبرگان							رتبه
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
۱	۰,۷۲۵۲	۰,۷۰۲۷	۰,۷۵۲۲	۰,۷۶۱۹	۰,۷۱۴۳	۰,۷۳۰۲	۰,۷۴۲۶	۰,۶۷۲۷	اقتصادی
۲	۰,۱۷۴۸	۰,۱۸۹۲	۰,۱۵۹۳	۰,۱۵۴۸	۰,۱۶۶۷	۰,۱۵۸۷	۰,۱۵۸۴	۰,۲۳۶۴	اجتماعی
۳	۰,۱	۰,۱۰۸۱	۰,۰۸۸۵	۰,۰۸۳۳	۰,۱۱۹۰	۰,۱۱۱۱	۰,۰۹۹۰	۰,۰۹۰۹	زیست محیطی
-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جمع

جدول ۶. وزن زیرشاخص های بُعد اقتصادی

اولین	وزن نهایی شاخص	وزن به دست آمده از نظر خبرگان							شاخص ها
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
۱	۰,۶۸۱۴	۰,۶۴۷۱	۰,۶۲۷۹	۰,۷۱۶۷	۰,۷۳۰۲	۰,۶۲۵۰	۰,۷۳۵۸	۰,۶۸۷۵	صرفه جویی در هزینه عملیاتی
۲	۰,۱۹۹۸	۰,۲۳۵۳	۰,۲۳۲۶	۰,۱۸۳۳	۰,۱۵۸۷	۰,۲۵	۰,۱۵۰۹	۰,۱۸۷۵	صرفه جویی در مواد زمان
۳	۰,۱۱۸۸	۰,۱۱۷۶	۰,۱۳۹۵	۰,۱	۰,۱۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۱۳۲	۰,۱۲۵	صرفه جویی در مواد مصرفی
-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جمع

جدول ۷. وزن زیرشاخص های بُعد اجتماعی

اولی	وزن	وزن به دست آمده از نظر خبرگان	رتبه
------	-----	-------------------------------	------

		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۰,۶۹۸۴	۰,۶۷۵۷	۰,۶۹۶۲	۰,۶۸۵۷	۰,۷۴۲۶	۰,۷۶۲۵	۰,۶۲۲۶	۰,۷۰۳۷	رضایت مشتریان
۲	۰,۱۸۷۴	۰,۱۸۹۲	۰,۱۷۷۲	۰,۲	۰,۱۵۸۴	۰,۱۳۷۵	۰,۲۶۴۲	۰,۱۸۵۲	آسودگی خاطر سرپرستان و مدیران
۳	۰,۱۱۴۲	۰,۱۳۵۱	۰,۱۲۶۶	۰,۱۱۴۳	۰,۰۹۹۰	۰,۱	۰,۱۱۳۲	۰,۱۱۱۱	ایمنی و رفاه کارکنان
-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جمع

جدول ۸. وزن زیرشاخص های بُعد زیست محیطی

اولین	وزن نهایی شاخص	وزن به دست آمده از نظر خبرگان							ثالث
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
۱	۰,۶۴۸۰	۰,۶۸۴۲	۰,۶۹۶۲	۰,۶۶۶۷	۰,۶۱۱۱	۰,۶۲۷۹	۰,۶۸۷۵	۰,۵۶۲۵	کاهش میزان ضایعات
۲	۰,۲۲۸۳	۰,۲۱۰۵	۰,۱۷۷۲	۰,۲	۰,۲۷۷۸	۰,۲۳۲۶	۰,۱۸۷۵	۰,۳۱۲۵	کاهش آلودگی های زیست محیطی
۳	۰,۱۲۳۷	۰,۱۰۵۳	۰,۱۲۶۶	۰,۱۳۳۳	۰,۱۱۱۱	۰,۱۳۹۵	۰,۱۲۵۰	۰,۱۲۵۰	استفاده از قطعات و تجهیزات دوستدار محیط زیست
-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جمع

جدول ۹. وزن شاخص های پایداری برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا

رتبه کلی زیرشاخص	وزن نهایی زیرشاخص ها	رتبه زیرشاخص در هر بُعد	وزن تلفیقی زیرشاخص در هر بُعد	زیر شاخص ها	رتبه ابعاد	وزن تلفیقی ابعاد	ابعاد پایداری
۱	۰,۴۹۴۲	۱	۰,۶۸۱۴	صرفه جویی در هزینه عملیاتی	۱	۰,۷۲۵۲	اقتصادی
۲	۰,۱۴۴۹	۲	۰,۱۹۹۸	صرفه جویی در زمان			
۴	۰,۰۸۶۲	۳	۰,۱۱۸۸	صرفه جویی در مواد مصرفی			
۳	۰,۱۲۲۱	۱	۰,۶۹۸۴	رضایت مشتریان	۲	۰,۱۷۴۸	اجتماعی
۶	۰,۰۳۲۸	۲	۰,۱۸۷۴	آسودگی خاطر سرپرستان و مدیران			
۸	۰,۰۲	۳	۰,۱۱۴۲	ایمنی و رفاه کارکنان			
۵	۰,۰۶۵	۱	۰,۶۴۸۰	کاهش میزان ضایعات	۳	۰,۱	زیست محیطی
۷	۰,۰۲۳	۲	۰,۲۲۸۳	کاهش آلودگی های زیست محیطی			

۹	۰,۰۱۲	۳	۰,۱۲۳۷	استفاده از قطعات و تجهیزات دوستدار محیط زیست			
-	۱	-	-	-	-	۱	جمع

بر اساس جدول (۹) بیشترین وزن مربوط به شاخص «صرفه جویی در هزینه عملیاتی» با وزن ۱۲,۲۱٪ و «صرفه جویی در زمان» با وزن ۱۴,۴۹٪ و «رضایت مشتری» با وزن ۱۲,۲۱٪ هستند و «استفاده از قطعات دوستدار محیط زیست» با وزن ۰,۱۲٪ کمترین وزن را بین شاخص‌ها کسب کرد.

در پاسخ به پرسش فرعی دوم، بعد از شناسایی شاخص‌های توانمندی در پیشینه پژوهش، اهمیت هر یک از شاخص‌های توانمندی بعد از توزیع پرسشنامه توانمندی بین ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی استان تهران و تلفیق آنها به روش میانگین حسابی به دست آمد و مبنای تحلیل قرار گرفت وزن شاخص‌های توانمندی به عنوان ورودی روش تاپسیس برای تعیین امتیاز توانمندی هر یک از کاربردها استفاده شد. نتایج روش بهترین-بدترین به شرح جدول (۱۰) به دست آمد:

جدول ۱۰. وزن شاخص‌های توانمندی برای ارزیابی کاربردهای اینترنت اشیا

ردیف	وزن شاخص	وزن به دست آمده از نظر خبرگان							شاخص‌ها
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
۴	۰,۱۰۸۸	۰,۰۸۱۹	۰,۱۱۷۲	۰,۱۱۲۱	۰,۱۴۶۵	۰,۰۸۶۵	۰,۱۰۵۰	۰,۱۱۲۲	دسترسی به وسیله‌ها و درگاه‌ها
۸	۰,۰۳۱۵	۰,۰۲۸۵	۰,۰۳۰۶	۰,۰۳۲۷	۰,۰۸۲	۰,۰۳۲۹	۰,۰۲۸۰	۰,۰۲۹۷	قابلیت شبکه‌سازی
۱	۰,۳۰۵۰	۰,۲۹۲۲	۰,۳۱۳۳	۰,۲۸۵۰	۰,۳۲۴۸	۰,۳۲۱۳	۰,۳۰۱۱	۰,۲۹۷۱	توسعه پلتفرم اینترنت اشیا
۲	۰,۱۵۳۶	۰,۰۹۲۶	۰,۱۷۵۸	۰,۱۱۲۱	۰,۱۷۸۳	۰,۱۷۳۰	۰,۱۷۵۰	۰,۱۶۸۴	توسعه برنامه کاربردی اینترنت اشیا
۳	۰,۱۲۵۴	۰,۱۶۳۹	۰,۱۱۷۲	۰,۱۱۶۸	۰,۱۱۸۹	۰,۱۱۵۳	۰,۱۱۶۷	۰,۱۲۸۸	قابلیت امنیتی
۵	۰,۱۰۲۷	۰,۱۰۹۳	۰,۰۸۷۹	۰,۱۱۶۸	۰,۰۸۹۲	۰,۰۸۶۵	۰,۱۱۶۷	۰,۱۱۲۲	حریم خصوصی

قابلیت مدیریتی	۰,۰۶۷۳	۰,۰۷۰۰	۰,۰۶۹۲	۰,۰۴۴۶	۰,۱۱۲۱	۰,۰۷۰۳	۰,۰۸۱۹	۰,۰۷۳۶	۷
قوانین و مقررات	۰,۰۸۴۲	۰,۰۸۷۵	۰,۱۱۵۳	۰,۰۵۹۴	۰,۱۱۲۱	۰,۰۸۷۹	۰,۱۴۹۶	۰,۰۹۹۴	۶
جمع	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	-

بر اساس جدول (۱۰) بیشترین وزن مربوط به شاخص «توسعه پلتفرم اینترنت اشیا» با وزن ۳۰,۵ درصد، «توسعه برنامه کاربردی اینترنت اشیا» با وزن ۱۵,۳۶ درصد، و «قابلیت امنیتی» با وزن ۱۲,۵۴ درصد هستند و «قابلیت شبکه سازی (باسیم وبی سیم)» با وزن ۳,۱۵ درصد کمترین وزن را بین شاخص ها کسب کرد. در روش بهترین - بدترین، نرخ سازگاری هر یک از شاخص ها و زیر شاخص های جذابیت و پرسشنامه توانمندی با استفاده از رابطه (۲) مورد ارزیابی قرار گرفت و پایایی پرسشنامه روش بهترین - بدترین بدین وسیله بررسی شد. نتایج جدول (۱۱) سازگاری بالای خبرگان در چهار پرسشنامه های تکمیل شده برای وزن - دهی را نشان می دهد:

جدول (۱۱). نرخ سازگاری پرسشنامه های تکمیل شده توسط خبرگان

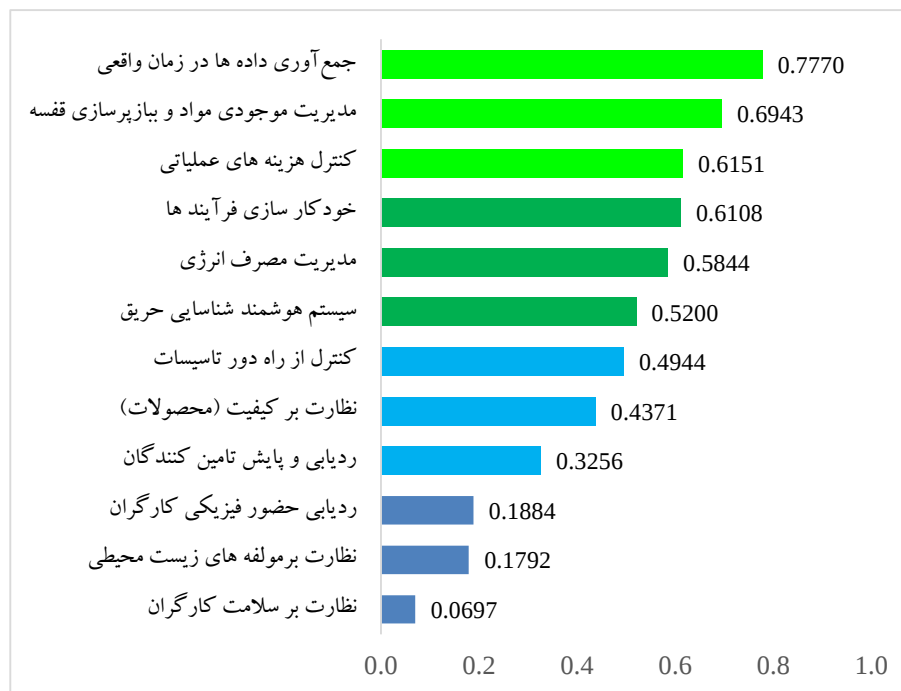
شاخص های توانمندی (۸ شاخص)	پرسشنامه ابعاد و شاخص های جذابیت				پرسشنامه خبرگان
	شاخص های زیست محیطی (۳ شاخص)	شاخص های اجتماعی (۳ شاخص)	شاخص های اقتصادی (۳ شاخص)	ابعاد پایداری (۳ بعد)	
۰,۰۶۹۴	۰,۰۵	۰,۰۶۶۷	۰,۰۶۶۷	۰,۰۴۷۶	خبره ۱
۰,۰۹۷۲	۰,۰۶۶۷	۰,۰۷۱۴	۰,۰۷۱۴	۰,۰۷۱۴	خبره ۲
۰,۰۴۱۶	۰,۰۵	۰,۰۷۱۴	۰,۱	۰,۰۷۱۴	خبره ۳
۰,۰۹۷۲	۰,۰۶۶۷	۰,۰۳۵۷	۰,۰۷۱۴	۰,۰۷۱۴	خبره ۴
۰,۰۸۳۳	۰,۰۶۶۷	۰,۰۴۷۶	۰,۰۲۳۸	۰,۰۱۴	خبره ۵
۰,۰۹۷۲	۰,۰۷۱۴	۰,۰۷۱۴	۰,۰۵	۰,۰۳۶	خبره ۶
۰,۰۶۹۴	۰,۰۵۳۶	۰,۰۹۵۲	۰,۰۳۳۳	۰,۰۲۴	خبره ۷

نتایج روش تاپسیس برای تعیین امتیاز کاربردها

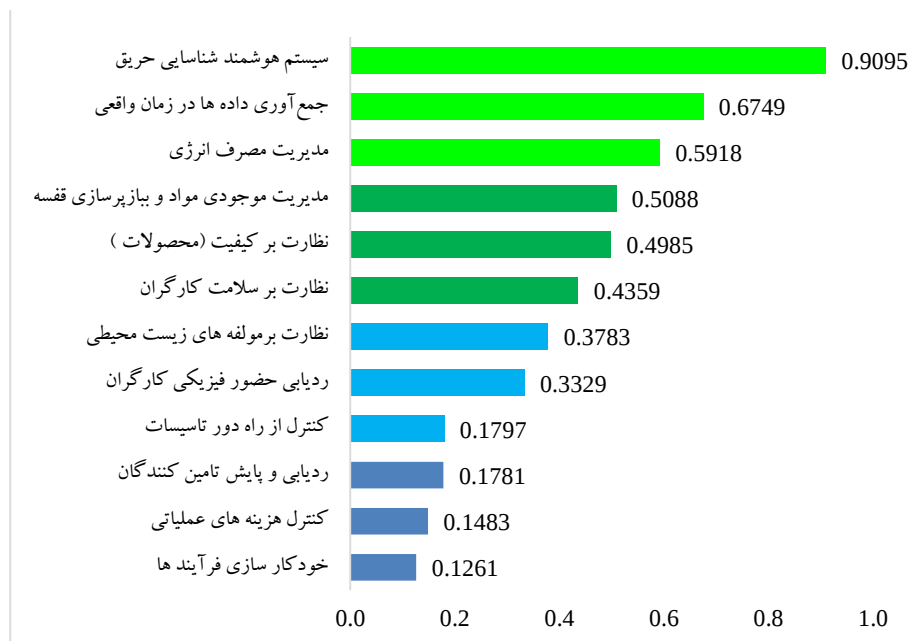
برای رسیدن به امتیاز کاربردها بر اساس شاخص های جذابیت و توانمندی به طور جداگانه و قراردادن آن به عنوان ورودی روش تحلیل توانمندی - جذابیت، ماتریس تصمیم بر اساس میانگین داده های به دست آمده از ۷ نفر از خبرگان صنعت مواد غذایی استان تهران تشکیل

شد، و با استفاده از طیف لیکرت ۱۰ تایی (از ۱: فوق العاده کم تا ۱۰: فوق العاده زیاد) کاربردها بر اساس شاخص های جذابیت (پایداری) امتیازدهی شدند. سپس با لحاظ وزن به دست آمده از بهترین-بدترین جدول (۹) و رابطه های روش تاپسیس بر اساس گزینه های ایده آل مثبت و منفی، امتیاز کاربردها و اولویت آنها بر اساس امتیاز تاپسیس (مقادیر بیشتر مطلوب ترند) به شرح نمودار (۱) به دست آمد:

آماده انتشار



نمودار ۱. نتایج روش تاپسیس برای کاربردهای اینترنت اشیا بر اساس شاخص های جذابیت برای رسیدن به امتیاز کاربردها بر اساس شاخص های توانمندی به طور جداگانه و قراردادن آن به عنوان ورودی روش تحلیل توانمندی-جذابیت، توسط ۷ نفر خبرگان صنعت مواد غذایی استان تهران تشکیل شد، و با استفاده از طیف لیکرت ۱۰ تایی (از ۱: فوق العاده کم تا ۱۰: فوق العاده زیاد) (Dawes 2008) امتیازدهی کاربردها بر اساس شاخص های توانمندی انجام شد. سپس با لحاظ وزن به دست آمده از بهترین-بدترین جدول (۱۰) و رابطه های روش تاپسیس بر اساس گزینه های ایده آل مثبت و منفی، امتیاز کاربردها و اولویت آن ها به شرح نمودار (۲) به دست آمد:

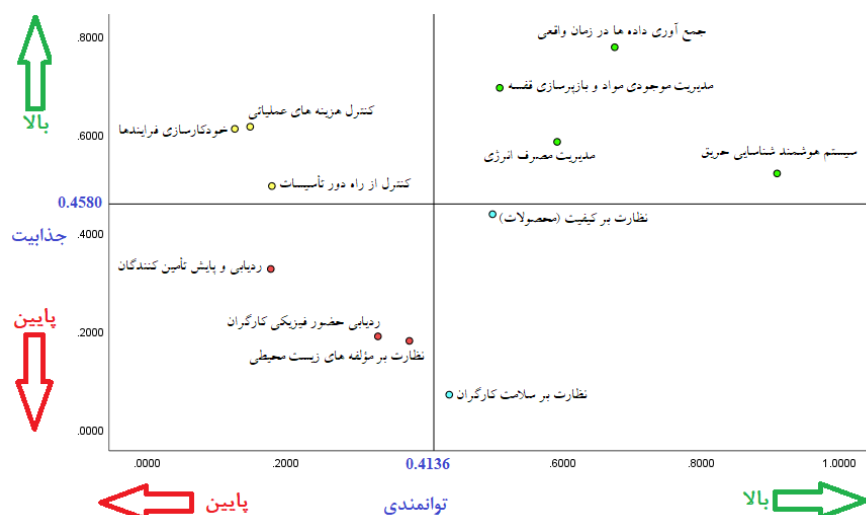


نمودار ۲. نتایج روش تاپسیس برای کاربردهای اینترنت اشیاء بر اساس شاخص‌های توانمندی
بر اساس نتایج روش تاپسیس در نمودار (۲)، از بین ۱۲ کاربرد شناسایی شده بر اساس شاخص
های توانمندی به ترتیب کاربردهای «سیستم هوشمند شناسایی حریق»، «جمع‌آوری داده‌ها
در زمان واقعی»، و «مدیریت مصرف انرژی» هستند. بقیه کاربردها نیز به ترتیب اولویت در
نمودار نمایش داده شدند.

تحلیل توانمندی-جذابیت

در این مرحله در پاسخ به پرسش اصلی پژوهش، با استفاده از اعداد به‌دست آمده در روش
تاپسیس، میزان جذابیت و توانمندی هر یک از کاربردها را به‌دست آورده و بر روی شکل
مشخص می‌شود. برای تعیین نقطه‌ی برش، ابتدا امتیاز کاربردها بر اساس امتیازشان در روش
تاپسیس بر اساس شاخص‌های جذابیت، و امتیاز کاربردها بر اساس امتیازشان در روش
تاپسیس بر اساس شاخص‌های توانمندی و جذابیت بر اساس اعداد نمودارهای (۱) و (۲)
وارد شد و میانگین حسابی آنها به عنوان نقطه برش در نظر گرفته شد. میانگین برای امتیاز
کاربردها بر اساس شاخص‌های جذابیت برابر با ۰,۴۵۸۰ به دست آمد که این عدد نقطه‌ی

برش بر روی محور جذابیت (محور عمودی) نمودار است و میانگین برای امتیاز کاربردها بر اساس شاخص های توانمندی برابر با ۰,۴۱۳۶ به دست آمد که این عدد نقطه‌ی برش بر روی محور جذابیت (محور افقی) نمودار است. سپس این نقاط را بر روی نمودار (۳) تعیین شد:



نمودار ۳- ماتریس جذابیت-توانمندی

بحث و نتیجه گیری

هدف این پژوهش شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی و اولویت بندی این کاربردها بر اساس شاخص های جذابیت- توانمندی برای صنعت مواد غذایی کشور بوده است. برای این کار ابتدا پس از مرور ادبیات پژوهش ۱۲ کاربرد اینترنت اشیا شناسایی گردید. بر اساس یافته‌های جدول (۱) این کاربردها شامل: «جمع آوری داده ها در زمان واقعی، سیستم هوشمند شناسایی حریق، ردیابی حضور فیزیکی کارگران، خودکار سازی فرآیندها، کنترل هزینه‌های عملیاتی (ردیابی جریان مالی و بودجه‌های صرف شده)، نظارت بر کیفیت (محصولات)، نظارت بر سلامت کارگران، کنترل از راه دور تأسیسات، نظارت بر مؤلفه‌های زیست محیطی، مدیریت موجودی مواد و بازپرسازی قفسه، مدیریت مصرف انرژی، ردیابی و پایش تأمین کنندگان» شناسایی شدند.

سپس بر اساس ادبیات نظری مطابق جدول (۲) در سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه پایدار، ۹ شاخص شناسایی شدند. که در برگزیده ۳ شاخص اقتصادی:

«صرفه‌جویی در هزینه عملیاتی، صرفه‌جویی در مواد مصرفی، صرفه‌جویی در زمان»، ۳ شاخص اجتماعی «آسودگی خاطر سرپرستان و مدیران، رضایت مشتریان، ایمنی و رفاه کارکنان»، و ۳ شاخص زیست‌محیطی «کاهش میزان ضایعات (مواد مصرفی و محصولات معیوب)، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی (مانند آب، هوا)، استفاده از قطعات و تجهیزات دوستدار محیط زیست (قابل بازیافت یا بی‌ضرر برای محیط زیست)» به دست آمدند.

در ادامه براساس ادبیات نظری مطابق جدول (۳)، هشت شاخص توانمندی شامل: «دسترسی به وسیله‌ها و درگاه‌ها، قابلیت شبکه‌سازی (باسیم و بی‌سیم)، توسعه پلتفرم (سکوواره) اینترنت اشیا، توسعه برنامه کاربردی (اپلیکیشن) اینترنت اشیا، قابلیت امنیتی، حریم خصوصی، قابلیت مدیریتی، و قوانین و مقررات» شناسایی شدند.

بعد از تعیین اوزان شاخص‌ها، تشکیل ماتریس‌های تصمیم جداگانه و تعیین امتیاز هر کاربرد بر اساس روش تاپسیس با استفاده از تحلیل توانمندی - جذابیت مطابق نمودار (۳) کاربرد‌ها در چهار اولویت زیر بدست آمدند:

در ناحیه ۱ ماتریس کاربردهای «جمع‌آوری داده‌ها در زمان واقعی، مدیریت موجودی مواد و بیزاپرسازی قفسه، مدیریت مصرف انرژی، سیستم هوشمند شناسایی حریق» قرار دارند که نشان دهنده‌ی بالا بودن جذابیت و همچنین توانمندی این کاربردهاست و اولویت اول صنعت مواد غذایی استان تهران تمرکز بر پیاده‌سازی این کاربردهاست. که با نتایج پژوهش (Jagtap, et al. 2022)؛ (Ben-Daya, et al. 2020)؛ (Morchid, et al. 2025)

در ناحیه ۲، کاربردهای «کنترل هزینه‌های عملیاتی، خودکار سازی فرآیندها، و کنترل از راه دور تأسیسات» قرار دارند که نشان‌دهنده‌ی جذابیت بالا اما توانمندی پایین این کاربردهاست. صنعت مواد غذایی استان تهران در برنامه‌های توسعه‌ی هوشمند سازی کارخانه می‌تواند بر افزایش توانمندی‌ها تمرکز کند و این کاربرد‌ها را نیز در اولویت دوم پیاده‌سازی کند.

در ناحیه ۳، کاربردهای «نظارت بر کیفیت (محصولات)، و نظارت بر سلامت کارگران» قرار دارند که نشان‌دهنده‌ی توانمندی بالا اما جذابیت پایین این کاربردها هستند. با این با توجه به اهمیت بالای هر دوحوزه در زنجیره ارزش شرکت های فعال در صنعت مواد غذایی استان تهران می‌توان انتظار داشت در صورتی که کاربرد های دوناحیه اول پیاده سازی شد، انتظار می‌رود شرکت‌ها روی توسعه این کاربردها تمرکز کند.

در ناحیه ۴، کاربردهای «ردیابی و پایش تامین کنندگان، ردیابی حضور فیزیکی کارگران، نظارت بر مولفه های زیست محیطی» قرار دارند که نشان دهنده جذابیت و توانمندی پایین این کاربردها هستند. این کاربردها هر چند جذابیت پایینی دارند، با این حال در فهرست مهم ترین کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت مواد غذایی قرار دارند و می‌توان با عنوان اولویت چهارم شرکت‌های فعال در صنعت مواد غذایی، برای پیاده سازی در نظر گرفته شوند. که این نتایج کمی بآنتایجی که بر پیاده سازی کاربردهای دوستدار محیط زیست که توسط (Sun and Wang 2022) و (Yang, et al. 2023) مورد تأکید قرار گرفت، افتراق دارد که این موضوع می‌تواند به کم توجهی صنایع مواد غذایی کشور و نظارت های زیست محیطی ضعیف حکمرانان و زیرساخت های فناورانه پایین برگردد.

نتایج اولویت بندی براساس تحلیل توانمندی- جذابیت بسیار کامل تر از اولویت‌بندی کاربردها براساس شاخص های جذابیت یا شاخص های توانمندی به صورت جداگانه است؛ چرا که در این اولویت‌بندی شرکت‌های فعال در صنعت مواد غذایی استان تهران می‌تواند با توجه به امکانات و زیر ساخت‌های در اختیار و براساس قابلیت‌هایی که برای پیاده‌سازی هر یک از کاربردها دارند، کاربردهایی را به‌گزین کنند که جذابیت بیشتر و با ریسک پیاده‌سازی کمتر را برگزینند.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش آگاهی ما را نسبت به کاربردهای اینترنت اشیا به عنوان یک فناوری نوظهور و تحول آفرین را در صنعت مواد غذایی افزایش داد و وضعیت هر کدام از کاربردها را از نظر مزایای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و همچنین قابلیت پیاده‌سازی

آن‌ها را بررسی نمود و می‌تواند چراغ راه تصمیم‌گیرندگان و خط‌مشی‌گذاران حوزه صنعت مواد غذایی قرار گیرد.

یکی از محدودیت‌های پژوهش عدم بررسی امکان‌سنجی فنی-اقتصادی برای پیاده‌سازی این کاربردها در کشور است. مطمئناً پیاده‌سازی این کاربردها با چالش‌های فنی، قانونی، تنظیم مقرراتی، حقوقی، فرهنگی و مانند آن‌ها همراه است که بدون توجه به آن‌ها این اولویت‌بندی‌ها از دقت بسیار بالایی برخوردار نیست. بنابراین توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی برای هر یک از کاربردهای منتخب مطالعات عمیق صورت گیرد و چالش‌های پیاده‌سازی آن به دقت بررسی و راهکارهای عملیاتی برای پیاده‌سازی آن‌ها در صنعت مواد غذایی کشور ارائه گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پژوهشی با عنوان «شناسایی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت مدیریت پروژه چابک در پروژه‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیا با چارچوب اسکرام» با شماره: ۴۳۰۵۰۲۰۱۷ مصوب در دانشکده‌گان مدیریت دانشگاه تهران است.

منابع

1. Adeleke, I., Nwulu, N., & Adebo, O. A. (2023). Internet of Things (IoT) in the food fermentation process: A bibliometric review. *Journal of Food Process Engineering*, 46(5), e14321. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14321>
2. Agarwal, S., Sharma, V., & Pughat, A. (2019). Supplier selection problem in IoT solutions. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 15(1), 16-19. <https://doi.org/10.1108/IJPC-C-D-18-00022>
3. Ahmad Tarmizi, H., Kamarulzaman, N. H., Abd Rahman, A., & Atan, R. (2020). Adoption of internet of things among Malaysian halal agro-food SMEs and its challenges. *Food Research*, 4(1), 256-265. Retrieved from: <https://pdfs.semanticscholar.org/c6e4>
4. Ahmad, T., & Zhang, D. (2021). Using the internet of things in smart energy systems and networks. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102783. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102783>

5. Al-Hitmi, M., & Sherif, K. (2018). Employee perceptions of fairness toward IoT monitoring. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 48(4), 504-516. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-01-2018-0007>
6. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
7. Bello, O., & Zeadally, S. (2014). Intelligent device-to-device communication in the internet of things. *IEEE Systems Journal*, 10(3), 1172-1182. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2014.2298837>
8. Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International journal of production research*, 57(15-16), 4719-4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
9. Ben-Daya, M., Hassini, E., Bahroun, Z., & Banimfreg, B. H. (2020). The role of internet of things in food supply chain quality management: A review. *Quality management journal*, 28(1), 17-40. <https://doi.org/10.1080/10686967.2020.1838978>
10. Beniwal, G., & Singhrova, A. (2022). A systematic literature review on IoT gateways. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(10), 9541-9563. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.11.007>
11. Bhattacharjya, A., Zhong, X., Wang, J., & Li, X. (2019). Security challenges and concerns of Internet of Things (IoT). *Cyber-Physical Systems: architecture, security and application*, 153-185 https://doi.org/10.1007/978-3-319-92564-6_7
12. Bhutta, M. N. M., & Ahmad, M. (2021). Secure identification, traceability and real-time tracking of agricultural food supply during transportation using internet of things. *IEEE Access*, 9, 65660-65675. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3076373](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3076373)
13. Bougdira, A., Akharraz, I., & Ahaitouf, A. (2023). A computer-aided system for monitoring quality using traceable information. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 18(1-3), 19-38. <https://doi.org/10.1504/IJCAET.2023.127784>
14. Bouzembrak, Y., Klüche, M., Gavai, A., & Marvin, H. J. (2019). Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 54-64 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.002>
15. Chatterjee, S., & Kar, A. K. (2018). Regulation and governance of the Internet of Things in India. *Digital Policy, Regulation and*

- Governance, 20(5), 399-412 <https://doi.org/10.1108/DPRG-04-2018-0017>.
16. Ciardiello, F., & Genovese, A. (2023). A comparison between TOPSIS and SAW methods. *Annals of Operations Research*, 325(2), 967-994. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05339-w>
 17. Corradini, F., Fedeli, A., Fornari, F., Polini, A., Re, B., & Ruschioni, L. (2023). X-IoT: a model-driven approach to support IoT application portability across IoT platforms. *Computing*, 105(9), 1981-2005. <https://doi.org/10.1007/s00607-023-01155-z>
 18. Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243. DOI: [10.1109/TII.2014.2300753](https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753)
 19. Dadhaneeya, H., Nema, P. K., & Arora, V. K. (2023). Internet of Things in food processing and its potential in Industry 4.0 era: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 139, 104109, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>
 20. Dawes, J. (2008). Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International journal of market research*, 50(1), 61-104. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00607-023-01155-z>
 21. de Hoz Diego, J. D., Madi, T., & Konstantinou, C. (2024). CMXsafe: A Proxy Layer for Securing Internet-of-Things Communications. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. DOI: [10.1109/TIFS.2024.3404258](https://doi.org/10.1109/TIFS.2024.3404258)
 22. Doitsidis, L., Fouskitakis, G. N., Varikou, K. N., Rigakis, I. I., Chatzichristofis, S. A., Papafilippaki, A. K., & Birouraki, A. E. (2017). Remote monitoring of the *Bactrocera oleae* (Gmelin)(Diptera: Tephritidae) population using an automated McPhail trap. *Computers and Electronics in Agriculture*, 137, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.014>
 23. Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of things Journal*, 5(5), 3758-3773 <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
 24. Esfandiari, Z., Mansouripour, S., Baba, F. V., Fakhri, Y., Rostami, M., & Szumny, A. (2025). National Regulations and Management Systems for Implementation and Monitoring of Food Safety in Iran: A Narrative Review of Literature. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 14(1), 2. DOI: [10.4103/ijehe.ijehe.39.24](https://doi.org/10.4103/ijehe.ijehe.39.24)

25. Ferrag, M. A., Shu, L., Yang, X., Derhab, A., & Maglaras, L. (2020). Security and privacy for green IoT-based agriculture: Review, blockchain solutions, and challenges. *IEEE access*, 8, 32031-32053. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973178>
26. Ferrández-Pastor, F. J., García-Chamizo, J. M., Nieto-Hidalgo, M., Mora-Pascual, J., & Mora-Martínez, J. (2016). Developing ubiquitous sensor network platform using internet of things: Application in precision agriculture. *Sensors*, 16(7), 1141 <https://doi.org/10.3390/s16071141>
27. Ghasemi, R., Alidoosti, A., Hosnavi, R., & Norouzian Reikandeh, J. (2018:a). Identifying and Prioritizing Humanitarian Supply Chain Practices to Supply Food before an Earthquake. *Industrial Management Journal*, 10(1), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.22059/imj.2018.234645.1007246>
28. Ghasemi, R., Mahbanooui, B., & Beigi, R. G. (2018: b). The relationship between labor market efficiency and innovation. In *Proceeding of 11th International Seminar on Industrial Engineering & Management (ISIEM)*(Nov. 27-29, 2018 Makassar, Indonesia) (pp. 142-149). Retrieved from: https://isiem.net/wp-content/uploads/2019/08/11th_ISIEM_2018_paper_126.pdf
29. Ghasemi, R., Mohaghar, A., Safari, H., & Akbari Jokar, M. R. (2016). Prioritizing the applications of internet of things technology in the healthcare sector in Iran: A driver for sustainable development. *Journal of information technology management*, 8(1), 155-176. Doi: <https://doi.org/10.22059/jitm.2016.55760>
30. Ghazinoory, S., Divsalar, A., & Soofi, A. S. (2009). A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 835-848. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.004>
31. Gorovei, A. (2020). Internet of Things and Employee Happiness in the Digital Era. In *Strategica: International Academic Conference* (pp. 486-494). Retrieved from: <publication/345730256>
32. Han-jiang, Z., & Qin, C. (2013, July). Comprehensive evaluation of the auto parts supplier selection under the environment of things networking. In *Proceedings of 2013 IEEE international conference on service operations and logistics, and informatics* (pp. 540-545). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/SOLI.2013.6611473>
33. Hardin IV, R. G., Barnes, E. M., Delhom, C. D., Wanjura, J. D., & Ward, J. K. (2022). Internet of things: Cotton harvesting and processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 202, 107294. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107294>

34. Hashemi Petrudi, S. H., & Sharifpour Arabi, H. (2025). Barriers to product return in a circular supply chain: a case from a retailing industry. *Annals of Operations Research*, 1-35. retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-025-06464-4>
35. HUIYAN, L., & GHOSH, A. (2023). How strategic knowledge management and the Internet of Things (iot) affect the performance and innovation of Chinese manufacturing businesses. *Journal of Management and Architecture Research*, 5(11), 01-13. retrieved from: <https://jomaar.com/index.php/jomaar/article/view/25>
36. Jafarnejad, A., Ghasemi, R., Abdollahi, B., & Esmailzadeh, A. (2013). Relationship between macroeconomic environment and technological readiness: A secondary analysis of countries global competitiveness. *International Journal of Management Perspective*, 1(2), 1-13 . Retrieved from: <publication/315573973>
37. Jagtap, S. (2019). Utilising the Internet of Things concepts to improve the resource efficiency of food manufacturing. Doctor of Thesis, Wolfson School of Mechanical, Electrical and Manufacturing Engineering, Loughborough University. (Sep. 2019). Retrieved from: <https://repository.lboro.ac.uk/articles/thesis11180456/19771535.pdf>
38. Jagtap, S., Bhatt, C., Thik, J., & Rahimifard, S. (2019). Monitoring potato waste in food manufacturing using image processing and internet of things approach. *Sustainability*, 11(11), 3173. <https://doi.org/10.3390/su11113173>
39. Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., & Rahimifard, S. (2021). Optimisation of the resource efficiency of food manufacturing via the Internet of Things. *Computers in Industry*, 127, 103397. <https://doi.org/10.3390/su11113173>
40. Jagtap, S., Rahimifard, S., & Duong, L. N. (2022). Real-time data collection to improve energy efficiency: A case study of food manufacturer. *Journal of food processing and preservation*, 46(8), e14338 retrieved from; <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jfpp.14338>
41. Jagtap, S., Saxena, P., & Salonitis, K. (2021). Food 4.0: implementation of the augmented reality systems in the food industry. *Procedia CIRP*, 104, 1137-1142. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.191>
42. Jiang, Y. (2022). Project cost accounting based on internet of things technology. *Journal of Interconnection Networks*, 22(03), 2145012. <https://doi.org/10.1142/S0219265921450122>
43. Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., & Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply

- chains. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 48, 154-168.
<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.02.020>
44. Kaupins, G., & Coco, M. (2017). Perceptions of internet-of-things surveillance by human resource managers. *SAM Advanced Management Journal*, 82(2), 53-64. Retrieved from: <https://search.proquest.com/openview/192099e2d647fee2a30cbb7b53b91258/1?pq-origsite=gscholar&cbl=40946>
 45. Khan, Y., Su'ud, M. B. M., Alam, M. M., Ahmad, S. F., Ahmad, A. Y. B., & Khan, N. (2022). Application of internet of things (iot) in sustainable supply chain management. *Sustainability*, 15(1), 694. ; <https://doi.org/10.3390/su15010694>
 46. Kiktev, N. A., Lendiel, T., & Osypenko, V. (2020, December). Application of the Internet of Things Technology in the Automation of the Production of Compound Feed and Premixes. In *IT&I* (pp. 124-133). Retrieved from: https://ceur-ws.org/Vol-2833/Paper_12.pdf
 47. Kineber, A. F. (2024). Identifying the Internet of Things (IoT) implementation benefits for sustainable construction project. *HBRC Journal*, 20(1), 700-766. <https://doi.org/10.1080/16874048.2024.2369462>
 48. Kodan, R., Parmar, P., & Pathania, S. (2020). Internet of things for food sector: Status quo and projected potential. *Food Reviews International*, 36(6), 584-600. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1657442>
 49. Kumar, S., Raut, R. D., Priyadarshinee, P., Mangla, S. K., Awan, U., & Narkhede, B. E. (2022). The impact of IoT on the performance of vaccine supply chain distribution in the COVID-19 context. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3157625>
 50. Lai, Y. J., Liu, T. Y., & Hwang, C. L. (1994). Topsis for MODM. *European journal of operational research*, 76(3), 486-500 . [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)90282-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90282-8)
 51. Latheef, S., & Sumimol, L. (2023, March). Wearable smart gadget for child monitoring based on the internet of things. In *2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)* (Vol. 1, pp. 1827-1831). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10113009>
 52. Li, Z., Liu, G., Liu, L., Lai, X., & Xu, G. (2017). IoT-based tracking and tracing platform for prepackaged food supply chain. *Industrial Management & Data Systems*, 117(9), 1906-1916. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2016-0489>
 53. Maksimović, M., Vujović, V., & Omanović-Miklić anin, E. (2015). Application of internet of things in food packaging and

- transportation. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 1(4), 333-350
<https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2015.075053>
54. Maksimovic, M., Vujovic, V., & Omanovic-Miklicanin, E. (2015, September). A Low Cost Internet of Things Solution for Traceability and Monitoring Food Safety During Transportation. In *HAICTA* (pp. 583-593). Retrieved from: [publication/285055479](https://doi.org/10.1109/HAICTA.2015.7455479)
 55. Mashayekhy, Y., Babaei, A., Yuan, X. M., & Xue, A. (2022). Impact of Internet of Things (IoT) on inventory management: A literature survey. *Logistics*, 6(2), 33. <https://doi.org/10.3390/logistics6020033>
 56. Mathaba, S., Adigun, M., Oladosu, J., & Oki, O. (2017). On the use of the Internet of Things and Web 2.0 in inventory management. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 32(4), 3091-3101. DOI: [10.3233/JIFS-169252](https://doi.org/10.3233/JIFS-169252)
 57. Minaam, D. S. A., Abd-ELfattah, M., & Ali, M. A. (2018). Design of an Internet of Things (IoT) network system for kitchen food waste management. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 18(5), 130-138. Retrieved from: [76061375/20180518](https://doi.org/10.1109/IJCSNS.2018.83518)
 58. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*, 10(7), 1497-1516.
<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
 59. Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., & Martynenko, A. (2020). IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry. *IEEE Internet of things Journal*, 9(9), 6305-6324. DOI: [10.1109/JIOT.2020.2998584](https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2998584)
 60. Mohaghar, A., Ghasemi, R., Abdullahi, B., Esfandi, N., & Jamalain, A. (2011). Canonical correlation analysis between supply chain relationship quality and cooperative strategy: a case study in the Iranian automotive industry. *European Journal of Social Sciences*, 26(1), 132-145. Retrieved from: [publication/287383939](https://doi.org/10.1109/EJSS.2011.5839399)
 61. Mohaghar, A., Heydarzadeh Moghaddam, H., & Ghasemi, R. (2023). Developing a Model to Optimize Maximum Coverage of Roadside Units Placement in Vehicular Ad-hoc Network for Intelligent Transportation System. *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(2), 211-240. Doi: <https://doi.org/10.48308/jimp.13.2.211>
 62. Mohaghar, A., Sadeghi Moghadam, M. R., Ghourchi Beigi, R., & Ghasemi, R. (2021). IoT-based services in the banking industry using a business continuity management approach. *Journal of Information*

Technology Management, 13(4), 16–38.
Doi: [10.22059/jitm.2021.314908.2666](https://doi.org/10.22059/jitm.2021.314908.2666)

63. Mohaghegh, M., & Shirazi, B. (2017). Strategic assessment of power smart grid technology capabilities and attractiveness: A case study on Iran Power Distribution Company. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14(03), 1750010. <https://doi.org/10.1142/S0219877017500109>
64. Morchid, A., Alblushi, I. G. M., Khalid, H. M., El Alami, R., Said, Z., Qjidaa, H., ... & Jamil, M. O. (2025). Fire Detection and Anti-Fire System to Enhance Food Security: A Concept of Smart Agriculture Systems-Based IoT and Embedded Systems with Machine-to-Machine Protocol. *Scientific African*, e02559. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02559>
65. Mu, X., & Antwi-Afari, M. F. (2024). The applications of Internet of Things (IoT) in industrial management: a science mapping review. *International Journal of Production Research*, 62(5), 1928-1952. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2290229>
66. Munirathinam, S. (2020). Industry 4.0: Industrial internet of things (IIOT). In *Advances in computers*, 117(1), 129-164). Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2019.10.010>
67. Nappi, I., & de Campos Ribeiro, G. (2020). Internet of Things technology applications in the workplace environment: A critical review. *Journal of Corporate Real Estate*, 22(1), 71-90. <https://doi.org/10.1108/JCRE-06-2019-0028>
68. Nasrollahi, M., Ghadikolaei, A. S., Ghasemi, R., Sheykhizadeh, M., & Abdi, M. (2022). Identification and prioritization of connected vehicle technologies for sustainable development in Iran. *Technology in Society*, 68, 101829. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101829>
69. Onibonoje, M. O. (2021). Sensor Networks and Internet of Things in Agri-Food. In *Internet of Things* (pp. 177-194). CRC Press. Retrieved from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003140443-13/sensor-networks-internet-things-agri-food-moses-oluwafemi-onibonoje>
70. Ostojić, G., Stankovski, S., Tegeltija, S., Đukić, N., & Tejić, B. (2017, October). Implementation of IoT for food wastage minimisation. In *XVII International Scientific Conference on Industrial Systems, Novi Sad, Serbia* (pp. 116-121). Retrieved from: <https://www.iim.ftn.uns.ac.rs/is17/papers/21.pdf>
71. Paul, P., & Singh, B. (2023). Healthcare employee engagement using the internet of things: a systematic overview. *The Adoption and Effect*

- of Artificial Intelligence on Human Resources Management, Part A, 71-97. <https://doi.org/10.1108/978-1-80382-027-920231004>
72. Pizzarelli, D. A. (2021). The role of technology as enabler of short food supply chains. Retrieved from: <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/211909>
 73. Popescu, S. M., Mansoor, S., Wani, O. A., Kumar, S. S., Sharma, V., Sharma, A., ... & Chung, Y. S. (2024). Artificial intelligence and IoT driven technologies for environmental pollution monitoring and management. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1336088. Retrieved from: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1336088/full>
 74. Pourezzat, A.A., Mahbanooui, B., Ghasemi, R., Rafiei, S. (2022). Governance Performance Evaluation System, University of Tehran Press:, Retrieved from: https://press.ut.ac.ir/book_3670.html
 75. Rażniewska, M. (2018). Meeting the Challenges of Food Sector using Supplier Relationship Management. In *8th International Conference on Management, Economics and Humanities, Barcelona* (pp. 99-109). Retrieved from: [84577909/icmeh-8-53-173](https://doi.org/10.1016/j.icmeh.2018.08.011)
 76. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
 77. Režek Jambrak, A., Nutrizio, M., Djekić, I., Pleslić, S., & Chemat, F. (2021). Internet of nonthermal food processing technologies (Iontp): Food industry 4.0 and sustainability. *Applied Sciences*, 11(2), 686. <https://doi.org/10.3390/app11020686>
 78. Safarzadeh, S., Khansefid, S., & Rasti-Barzoki, M. (2018). A group multi-criteria decision-making based on best-worst method. *Computers & Industrial Engineering*, 126, 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.011>
 79. Saha, H. N., Auddy, S., Chatterjee, A., Pal, S., Pandey, S., Singh, R., ... & Maity, A. (2017, August). Pollution control using internet of things (IoT). In *2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON)* (pp. 65-68). IEEE. DOI: [10.1109/IEMECON.2017.8079563](https://doi.org/10.1109/IEMECON.2017.8079563)
 80. Savio, R. (2021). Latest Project Management Trends and Challenges with COVID-19. *Eximia*, 2(1), 8-11. Retrieved from: <https://ideas.repec.org/a/tec/eximia/v2y2021i1p8-11.html>
 81. Seliger, G. (Ed.). (2007). Sustainability in manufacturing: recovery of resources in product and material cycles. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. (pp 217–311), https://doi.org/10.1007/978-3-540-49871-1_5
 82. Shrouf, F., & Miragliotta, G. (2015). Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in

- production management. *Journal of Cleaner Production*, 100, 235-246. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.055>
83. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
 84. Stanton, J. M., & Stam, K. R. (2006). *The visible employee: using workplace monitoring and surveillance to protect information assets-without compromising employee privacy or trust*. Information Today, Inc..Retrieved from: [hlfalridfYXKRxuTHIcC&oi7](https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006)
 85. Sun, X., & Wang, X. (2022). Modeling and analyzing the impact of the Internet of Things-based Industry 4.0 on circular economy practices for sustainable development: Evidence from the food processing industry of China. *Frontiers in Psychology*, 13, 866361. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.866361>
 86. Tamer, G., & Gurul, B. (2019). Project Cost Control in Industry 4.0. In *Agile Approaches for Successfully Managing and Executing Projects in the Fourth Industrial Revolution* (pp. 64-79). IGI Global. DOI: [10.4018/978-1-5225-7865-9.ch004](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7865-9.ch004)
 87. Tankard, C. (2015). The security issues of the Internet of Things. *Computer Fraud & Security*, 2015(9), 11-14. [https://doi.org/10.1016/S1361-3723\(15\)30084-1](https://doi.org/10.1016/S1361-3723(15)30084-1)
 88. Tien, J. M. (2017). Internet of things, real-time decision making, and artificial intelligence. *Annals of Data Science*, 4, 149-178. <https://doi.org/10.1007/s40745-017-0112-5>
 89. Wan, S. P., Dong, J. Y., & Chen, S. M. (2024). A novel intuitionistic fuzzy best-worst method for group decision making with intuitionistic fuzzy preference relations. *Information Sciences*, 666, 120404. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.120404>
 90. Wójcicki, K., Biegańska, M., Paliwoda, B., & Górna, J. (2022). Internet of things in industry: Research profiling, application, challenges and opportunities—a review. *Energies*, 15(5), 1806. <https://doi.org/10.3390/en15051806>
 91. Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE industrial electronics magazine*, 11(1), 17-27. DOI: [10.1109/MIE.2017.2649104](https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104)
 92. Yang, Z., Wang, Q., & Jia, M. (2023). Integrating Industry 4.0 and the Internet of Things (IoT) for eco-friendly manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12331-y>

93. Yousefi, D., Yousefi, J., Ghasemi, R., & Mohaghar, A. (2024). Key success factors to implement IoT in the food supply chain. *Journal of Information Technology Management*, 16(3), 61-91. Doi: [10.22059/jitm.2024.372404.3618](https://doi.org/10.22059/jitm.2024.372404.3618)
94. Zamani, M., Ghorchibeigi, R., & Ghasemi, R. (2018). Identifying the requirements and applications of Internet of things (IoT) in the banking industry based on international experience. In *7th National Conference on Electronic Banking and Payment Systems, Tehran, Iran*. Doi: [publication/346910535](https://doi.org/publication/346910535)
95. Zeinab, K. A. M., & Elmustafa, S. A. A. (2017). Internet of things applications, challenges and related future technologies. *World Scientific News*, 67(2), 126-148. Retrieved from: [publication/313651150](https://doi.org/publication/313651150)
96. Zhang, J., Qu, X., & Sangaiah, A. K. (2018). A study of green development mode and total factor productivity of the food industry based on the industrial internet of things. *IEEE Communications Magazine*, 56(5), 72-78. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700789>