



Conceptualizing the Challenges of the Transition to a Digital Circular Economy Relying on Internet of Things Technology in Industry 4.0

Masoumeh Danesh Shakib¹, Mahsa Pishdar^{2*}

1. Assistant Professor, Department of Industrial Management, College of Management and Accounting, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Industrial Management and Technology, Management and Accounting Faculty, Tehran University, College of Farabi.

*Corresponding author, Email: Mahsa.pishdar@ut.ac.ir

Keywords:

Internet of Things, Circular Economy, Digital Economy, Industry 4.0.

Introduction

The circular economy is expected to bring significant benefits in terms of efficient use of resources, security of material supply, and environmental and economic sustainability. Considering the necessity of the transition towards a circular economy, the main concern for researchers will be how to use new technologies to go through this transition in the most efficient way possible and with minimal challenges. Obviously, depending on the nature, some industries are prioritized for attention. With its high potential as well as adverse environmental effects, the household appliance industry is a promising field for studying and investigating the barriers to circular economy adoption. Meanwhile, the connection between the circular economy and the Internet of Things (IOT) technology creates considerable value. However, the review of the subject literature shows that the opportunities provided by the Internet of Things technology for the circular economy have not been fully realized, and despite all efforts, the realization of the potential of the Internet of Things requires overcoming important technical and commercial obstacles. Therefore, more studies are needed to determine the challenges that prevent the adoption and application of circular strategies efficiently, especially in developing economies such as Iran. Investigating the existing obstacles in this direction can be useful in setting a road map to increase the productivity of these organizations and pave the path to excellence. According to the need, the aim of the current research is to investigate and evaluate the key challenges of the efficient use of Internet of Things technology in the environment of the circular economy and in the home appliance industry. So, the first question of the current study is related to the issue of what are the challenges of efficient use of Internet of Things technology, and as the second question, it should be answered that how these challenges are connected and what the systematic relationships are. Based on the findings of the present study, the Internet of Things is considered an organized tool that is able to address the challenges of the circular economy. In explaining the existing challenges, a wide study has been done, and the challenges have been determined in different areas, which adds to the innovation of the paper. In addition, the analyses carried out can help to provide practical ideas.

Received:

05/Apr/2024

Revised:

10/May/2024

Accepted:

10/Jul /2024

Methodology

In order to answer the first question of the research regarding the obstacles of the Internet of Things in the circular economy, by examining past researches and interviewing experts, the obstacles of the Internet of Things in the circular economy have been extracted. Then, the experts approved the investigated factors. Using the Delphi method, these criteria were screened, and the final obstacles were identified. Finally, by taking use of the fuzzy DEMATEL technique, the relationships among these obstacles are determined.

Findings

The relationships show that the ability to connect things to each other on a large scale (such as cloud networks) is the most effective factor and, at the same time, the most important obstacle in applying the Internet of Things technology in the circular economy in the home appliance industry of Iran. It is clear that digitization in the circular economy is not possible without the explanation of a system equipped with the Internet of Things, and as a result, the waste of resources will not be prevented. To create a way for businesses to use the concept of circular economy to achieve sustainability goals, such a network should be implemented. IoT devices share the sensor data they collect by connecting to an IoT gateway. The next obstacle that has the most impact on the existing system is the obstacle of the equipment of the organization with a skilled workforce in the field of the Internet of Things. The emergence of the Internet of Things and related technologies enables organizations to provide more interactive and inclusive educational experiences with the help of augmented reality technologies and simulate real-world scenarios. Regarding the obstacle of determining and formulating strategies and policies for transferring to the Internet of Things to create an integrated governance system, it should be said that with the advances made in the field of artificial intelligence, the vital need for governance in the use of the Internet of Things has been highlighted, and it is vital and mandatory that organizations should follow it.

Discussion and Conclusion

The present research, with a comprehensive overview of the widespread application of the Internet of Things in the circular economy, examined the barriers to the adoption and implementation of the Internet of Things in the circular economy, and a comprehensive list of these barriers is presented. In the following, with the aim of confirming and screening the obstacles extracted from the research literature, a researcher-made questionnaire was prepared from these key obstacles and given to the managers of home appliance manufacturing companies in Iran, and finally, the initial 53 items were reduced to 30 items. In the following, with the aim of finding the answers to the questions raised and in order to investigate the relationships between the obstacles, as well as determine the most influential and important obstacle, the fuzzy DEMATEL method was used. The factor “the ability to network and connect things to each other on a large scale (such as cloud networks)” was identified as the most important and, at the same time, the most influential barrier. While the potential of new technologies to advance the circular economy is enormous, addressing these challenges through innovative solutions, collaborative efforts and supportive policies is essential to realize this potential effectively and sustainably. The current research, like other research, has faced a series of limitations. For example, in the present study, only domestic experts were consulted. In future research, foreign experts who are present in countries with similar economic and social contexts can also be asked for their opinions, and by gathering opinions and comparing the results with the results of similar studies in developed countries, a more efficient development path can be set.

How to cite this article:

Danesh Shakib, M., & Pishdar, M. (2025) Conceptualizing the Challenges of the Transition to a Digital Circular Economy Relying on Internet of Things Technology in Industry 4.0. *Green Development Management Studies*, 4(1), 205-222. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.7493.1116>





مفهوم‌پردازی چالش‌های گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای دیجیتال با تکیه بر فناوری اینترنت اشیا در صنعت ۴/۰

معصومه دانش شکیب^۱، مهسا پیشدار^{۲*}

^۱ استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

^۲ استادیار گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

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

واژگان کلیدی:

اینترنت اشیا، اقتصاد دایره‌ای، اقتصاد دیجیتال، صنعت ۴/۰.

چکیده

کسب و کارهایی که قصد ورود به بازارهای بین‌المللی را دارند، باید در مدل کسب و کار خود، اصول اقتصاد دایره‌ای را اعمال نمایند تا هم به مزیت رقابتی جهانی دست یافته و هم ضمن تلاش برای حفظ محیط‌زیست، کارایی اقتصادی خود را افزایش دهند. اینترنت اشیا از جمله فناوری‌های صنعت ۴/۰ است که می‌تواند زمینه مناسبی را برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین ذینفعان ایجاد کند. هرچند مزایای استفاده از فناوری اینترنت اشیا به منظور تحقق اقتصاد دایره‌ای غیرقابل انکار است، اما عدم توجه به چالش‌های موجود در این راه، سرعت گذار را کم کرده و کارآمدی استفاده از این فناوری را کاهش خواهد داد. لذا توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش موانع بکارگیری موثر فناوری اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای شناسایی و ارزیابی شد. ابتدا بر اساس مرور جامع ادبیات، همچنین مصاحبه با خبرگان، موانع اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای در ۷ دسته اصلی موانع فنی، ساختاری و سازمانی، اقتصادی و قانونی، اجتماعی و فرهنگی، زیرساختی، محتوایی و انرژی طبقه‌بندی؛ و با بررسی گسترده، ۵۳ مانع در این دسته‌ها، شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش دلفی و طی ۳ مرحله، موانع مورد نظر غربالگری شده و در نهایت، ۳۰ مانع مورد پذیرش خبرگان قرار گرفت. سپس با استفاده از تکنیک دیمتل فازی، ضمن شناسایی روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بین موانع بکارگیری اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای در صنعت لوازم خانگی ایران، عامل توانایی شبکه‌بندی و اتصال اشیا به یکدیگر در مقیاس بزرگ (مانند شبکه‌های ابری) به عنوان با اهمیت‌ترین و در عین حال اثرگذارترین مانع شناخته شد.

تاریخ دریافت:

۱۷ فروردین ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری:

۲۱ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۲۰ تیر ۱۴۰۳



مقدمه

کاهش اثر ضایعات بر زمین نیازمند بکارگیری فناوری و تکنیک‌های جدید می‌باشد. مهم‌تر از آن، بازنگری کامل در مورد چگونگی ایجاد انگیزه برای تولید و استفاده از منابع زمینه‌ساز مدلی جدید در کسب و کار خواهد بود که هیچ صنعتی از آن مستثنی نیست. گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای و استفاده کارآمدتر از منابع، پیوندهای گسترده‌ای با کسب و کارهای بین‌المللی دارد. دولت‌ها و مقامات بین‌المللی نیز سیاست‌های جدی در مورد چگونگی الزام استانداردسازی بدون سرکوب نوآوری را برای کاهش اینگونه اثرات مخرب دنبال می‌کنند. به این ترتیب، تغییرات ساختاری بنیادینی در اقتصاد جهانی ایجاد شده و اثرات بالقوه‌ای بر جریان تجاری شکل خواهد گرفت. تقاضای واردات و صادرات برای مواد اولیه، مواد ثانویه و ضایعات ممکن است در برخی اقتصادها کاهش یابد. در عین حال، گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای ممکن است فرصت‌های جدیدی را برای تجارت در ارائه خدمات به ارمغان بیاورد. اقتصاد دایره‌ای که پارادایم جدیدی در حوزه مفهوم پایداری است، می‌تواند در سطوح مختلف و در طول زنجیره ارزش محصول مانند تجارت کالاهای دست دوم، مدیریت چرخه عمر محصولات، استفاده از مواد ثانویه یا مواد بازیافتی و همچنین تجارت در ارائه خدمات مرتبط خود را نشان دهد (بهاتچارجی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳، ۸). اقتصاد دایره‌ای به دنبال مفهوم‌سازی اقتصاد در سطح جهانی است که ذاتاً ترمیم‌کننده و احیاکننده بوده و از کسب‌وکارهای مختلف می‌خواهد تا بهترین راه‌ها را برای کسب سود از جریان مواد و محصولات در طول زمان با استفاده مجدد مداوم از محصولات و مواد پیدا کنند. پیاده‌سازی مفهوم اقتصاد دایره‌ای نیازمند نوآوری در توسعه پایدار جامع می‌باشد که هدف آن کاهش جریان‌های مواد و انرژی خطی با چرخش مواد و ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در جریان‌های انرژی از نوع آبشاری است. این رویکرد، غالباً بر حفظ بالاترین مرحله ارزش اقتصادی اجزاء، مواد و محصولات برای استفاده از آنها در حداکثر دوره زمانی متمرکز شده و به‌طور همزمان، اثرات زیست‌محیطی در دوره‌های زمانی را به حداقل می‌رساند (رجب^۲ و همکاران، ۲۰۲۲، ۳).

پیش‌بینی می‌شود که اقتصاد دایره‌ای مزایای قابل‌توجهی از نظر استفاده کارآمد از منابع، امنیت تامین مواد و پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی به‌همراه داشته باشد. نکته مهم آن است که کسب و کارهایی که قصد فعالیت در سطح کلاس جهانی را داشته و به دنبال ورود به بازارهای بین‌المللی هستند، نمی‌توانند این گذار را به تعویق اندازند. با توجه به ضرورت گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای، دغدغه اصلی که برای پژوهشگران شکل می‌گیرد این خواهد بود که چگونه با بکارگیری فناوری‌های جدید می‌توان این گذار را به کاراترین شکل ممکن و با حداقل چالش طی نمود. مشخصاً، با توجه به ماهیت، برخی از صنایع در اولویت توجه قرار می‌گیرند. صنعت لوازم خانگی با توجه به پتانسیل بالای آن و همچنین اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، عرصه امیدوارکننده‌ای برای مطالعه و بررسی موانع یا پیشران‌های پذیرش اقتصاد دایره‌ای است. در واقع، لوازم خانگی مانند ماشین لباسشویی، یخچال و ماشین ظرفشویی در تمام طول عمر خود بر محیط زیست فشار وارد می‌کنند. برای تولید آنها، صنعت اروپا هر ساله از حدود ۵۰۰ کیلوگرم فولاد، ۲۰۰ کیلوگرم پلاستیک، ۶۰ کیلوگرم مس و ۴۰ کیلوگرم آلومینیوم استفاده می‌کند. در طول عمر محصول، کل مصرف انرژی و آب در اتحادیه اروپا تا ۲۵ تراوات ساعت و تقریباً ۲ کیلومتر مکعب آب در سال خواهد رسید. در خصوص پایان عمر محصول نیز، باید گفت سالانه تنها ۳۵ درصد از لوازم خانگی در اتحادیه اروپا جمع‌آوری و بازیافت می‌شوند (برسانلی^۳، ۲۰۲۰، ۱).

در دنیای بیش از حد متصل امروزی، محصولات دیگر کارکردی مجزا از یکدیگر ندارند. آنها بخشی از سیستم‌های پیچیده کالاها و خدمات هستند که با انتقال به مدل‌های کسب و کار دایره‌ای، پیچیدگی مدیریت‌شان نیز افزایش خواهد یافت. فناوری‌های صنعت 4.0 به سازمان‌ها در بازیافت و استفاده مجدد از منابع کمک کرده و به این ترتیب، زمینه شکل‌گیری اقتصاد دایره‌ای را تسهیل می‌کنند.

¹ Bhattacharjee² Rejeb³ Bressanelli



مدل‌های اقتصاد دایره‌ای که توسط فناوری‌های صنعت ۴/۰ پشتیبانی می‌شوند، امکان استفاده مجدد از اقلام را در پایان چرخه عمرشان فراهم می‌کنند. فناوری‌های صنعت ۴/۰ شامل اینترنت اشیا، رایانش ابری، هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و رباتیک پیشرفته است. فناوری‌های زیربنایی صنعت ۴/۰ با افزایش عمر محصول، معدوم نمودن آن را تا حد ممکن به تعویق انداخته و نقش مهمی در پیشبرد اهداف اقتصاد دایره‌ای دارند (کومار^۱ و همکاران، ۲۰۲۴، ۷). در این میان، ارتباط اقتصاد دایره‌ای و فناوری اینترنت اشیا ارزش قابل ملاحظه‌ای را ایجاد می‌کند. با استفاده مجدد از مواد و محصولات، اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا می‌توانند به بهبود کارایی منابع، کاهش ضایعات و ایجاد جریان‌های درآمدی جدید، کمک کنند (کریچر^۲ و همکاران، ۲۰۲۳، ۹). برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا به دینفعان اجازه می‌دهد تا اطلاعات را با سهولت بیشتری مبادله کنند و تصمیم‌گیری را بهبود بخشند. اینترنت اشیا شامل فناوری شناسایی فرکانس رادیویی^۳ و شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. حسگرهای مذکور عملیات کسب و کار دایره‌ای و کل ارزش‌زایی شده را برای سازندگان تجهیزات اصلی افزایش می‌دهند تا اقلام برگشتی یا آسیب دیده در زنجیره تامین با موفقیت مدیریت شوند (روشن^۴ و همکاران، ۲۰۲۴، ۵).

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی بر اثر تحول دیجیتال و بکارگیری فناوری اینترنت اشیا بر طراحی، اجرا و ارتقا اقتصاد دایره‌ای متمرکز شده‌اند (امبولی^۵ و همکاران، ۲۰۲۲، ۴؛ کومار و همکاران، ۲۰۲۴، ۶؛ سانچزگارسیا^۶ و همکاران، ۲۰۲۴، ۸). ترکیب اصول کلی اقتصاد دایره‌ای با اینترنت اشیا و سایر فناوری‌های صنعت ۴/۰، فرصت قابل توجهی را برای افزایش کارآمدی مدل‌های تجاری جدید فراهم می‌کند و به خلق ارزش و نوآوری منجر می‌شود (سو^۷ و همکاران، ۲۰۲۱، ۱۰). بررسی ادبیات موضوع، نشان می‌دهد که فرصت‌های ارائه شده به وسیله فناوری اینترنت اشیا برای اقتصاد دایره‌ای به‌طور کامل محقق نشده است (آلکایاگا^۸ و همکاران، ۲۰۱۹، ۳) و علی‌رغم تمامی تلاش‌ها، تحقق پتانسیل اینترنت اشیا مستلزم غلبه بر موانع فنی و تجاری مهم است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲، ۵). پس چنین مشخص می‌شود اگرچه اعتقاد بر این است که فناوری اینترنت اشیا تأثیر بسیار زیادی بر پلتفرم اقتصادی جهانی در دهه آینده خواهد داشت، پیاده‌سازی اینترنت اشیا به دلیل وجود مشکلات فراوان، همچنان به عنوان یک چالش در نظر گرفته می‌شود (ولگاریدیس^۹ و همکاران، ۲۰۲۲، ۵؛ کوالیری^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۴، ۶؛ تروانت^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۴، ۵) که برای دستیابی به هدف‌های پایداری و مدیریت منابع محدود، باید آن‌ها را شناخت و مدیریت کرد. بنابراین، مطالعات بیشتری برای تعیین چالش‌هایی که مانع پذیرش و بکارگیری استراتژی‌های دایره‌ای به صورت کارآمد مخصوصاً در اقتصادهای در حال توسعه چون ایران مورد نیاز است. تنها در صورتی سازمان‌های ایرانی می‌توانند وارد بازارهای بین‌المللی شوند که استانداردهای روز را رعایت نمایند. پس مسلماً، اتخاذ اصول اقتصاد دایره‌ای نه تنها یک روند جهانی، بلکه یک ضرورت است (شهدکار و همکاران، ۱۴۰۰، ۷؛ یوسفی و همکاران، ۱۴۰۲، ۳). این موضوع برای یکسری از صنایع مانند صنعت لوازم خانگی ایران اهمیت بالاتری پیدا میکند. در سال‌های اخیر و با تکیه بر سیاست اقتصاد بدون نفت، دولت سعی نموده است سیاست‌های پشتیبانی‌کننده از این صنعت را اتخاذ نماید. به این ترتیب، با ارتقا فناوری به کار رفته در این صنعت، سهم این صنعت در تولید ناخالص ملی کشور رو به رشد بوده و به ۱۳٪ در پایان سال ۱۴۰۱ رسیده است. با این حال، کیفیت و قیمت دو مولفه بنیادی است که در صنعت لوازم خانگی که دومین صنعت ایران بعد از خودرو است

¹ Kumar

² Kirchherr

³ Radio Frequency Identification (RFID)

⁴ Roshan

⁵ Mboli

⁶ Sánchez-García

⁷ Cui

⁸ Alcayaga

⁹ Voulgaridis

¹⁰ Cavalieri

¹¹ Truant



به عنوان مانعی برای افزایش ارزش صادرات به شمار می‌رود. به همین دلیل است که سازمان‌هایی مانند گروه صنعتی انتخاب به استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ در توسعه و تعالی راهبردهای خود روی آورده‌اند تا با ارتقاء زنجیره ارزش محصولات خود، به بهبود وضعیت صادرات غیرنفتی کشور کمک کنند (انتخاب الکترونیک، ۱۴۰۲). بررسی موانع موجود در این راستا می‌تواند در تنظیم نقشه راه برای افزایش بهره‌وری این سازمان‌ها مفید بوده و مسیر تعالی را هموار نماید (اسمعیلی رنجبر و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به ضرورت مطرح شده، هدف پژوهش حاضر، بررسی و ارزیابی چالش‌های کلیدی بکارگیری کارآمد فناوری اینترنت اشیا در محیط اقتصاد دایره‌ای و در صنعت لوازم خانگی است. پس سوال اول مطالعه حاضر به این موضوع بر میگردد که چالش‌های به کارگیری کارآمد فناوری اینترنت اشیا کدام‌اند و در سوال دوم باید به آن پاسخ داد که این چالش‌ها، از چه ضریب اهمیت و روابط نظام‌مندی با یکدیگر برخوردار می‌باشند. با تکیه بر دست‌آورهای مطالعه حاضر، اینترنت اشیا به عنوان ابزاری سازمان یافته که قادر به رسیدگی به چالش‌های اقتصاد دایره‌ای است، مورد توجه قرار می‌گیرد. در تبیین چالش‌های موجود، مطالعه گسترده‌ای صورت گرفته و چالش‌ها در حیطه‌های مختلف معین شده‌اند که این خود به نوآوری مقاله پیش‌رو اضافه می‌نماید. علاوه بر این، تحلیل‌های صورت گرفته می‌تواند به ارائه ایده‌های کاربردی کمک نماید. در ادامه، مبانی نظری مطرح شده و گام‌های پژوهش معین می‌شود تا با تعیین روش پیشبرد پژوهش، دست‌آوردها تحلیل شده و جمع‌بندی صورت گیرد. مطالعه حاضر با استناد به پژوهش‌های پیشین به بررسی موانع اصلی استفاده از اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای پرداخته و راهکارهایی برای مقابله با این موانع ارائه می‌شود. پژوهش حاضر موانع اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای را در جدول ۱ ارائه نموده است.

جدول ۱- موانع پذیرش IOT در اقتصاد دایره‌ای

موانع	راهکارها	مأخذ
قابلیت ارتباط و تعامل بین اشیا	۱. پروتکل‌ها و استانداردهای ارتباطی (مانند MQTT و CoAP)	- میراندی ^۱ و همکاران، ۲۰۱۲
	۲. توانایی شبکه‌بندی و اتصال اشیا به یکدیگر در مقیاس بزرگ (مانند شبکه‌های ابری)	- گوبی ^۲ و همکاران، ۲۰۱۳
	۳. استانداردهای ارتباطی و سازگاری فنی (مانند تکنولوژی‌های ارتباطی بی‌سیم مانند G5 و NB-IoT)	- رومن ^۳ و همکاران، ۲۰۱۳
	۴. سرعت و عملکرد انتقال داده بین اشیا	- راجپوت و سینگه ^۴ ، ۲۰۲۱
	۵. امکان تشخیص و رفع خطاهای ارتباطی	- سانچز-گارسیا و همکاران، ۲۰۲۴
	۶. انعطاف‌پذیری و توانایی تغییر تنظیمات ارتباطی بین اشیا	
مشکلات امنیتی و حریم خصوصی	۷. رمزنگاری ارتباط بین اشیا	- رومن و همکاران، ۲۰۱۳
	۸. تشخیص و پیشگیری از حملات سایبری	- ال‌فوگها ^۵ و همکاران، ۲۰۱۵
	۹. مدیریت دسترسی حفظ حریم خصوصی کاربران در استفاده از اینترنت اشیا	- راجپوت و سینگه، ۲۰۲۱
	۱۰. شناسایی و مدیریت ریسک‌های امنیتی در ارتباطات اشیا	- سانچز-گارسیا و همکاران، ۲۰۲۴
	۱۱. استفاده از مکانیزم‌ها و پروتکل‌های امنیتی مطمئن و قابل اعتماد	
ساختاری و سیستم‌ها و سازمانی	۱۲. بروزرسانی فرآیندها و تجهیزات موجود برای یکپارچه سازی با اینترنت اشیا	- روگلینگر ^۶ و همکاران، ۲۰۱۲
	۱۳. توانایی انطباق سریع با تغییرات فناوری و نیازهای بازار	
	۱۴. سازماندهی منابع و مدیریت پروژه‌های مرتبط با اینترنت اشیا	- میراندی و همکاران، ۲۰۱۲
	۱۵. تعیین و تدوین راهبردها و سیاست‌ها برای انتقال به اینترنت اشیا با ایجاد نظام حکمرانی	
	یکپارچه	- راجپوت و سینگه، ۲۰۲۱

¹ Miorandi² Gubbi³ Roman⁴ Rajput & Singh⁵ Al-Fuqaha⁶ Röglinger



موانع	راهکارها	مأخذ
مقاومت در برابر تغییر	۱۶. تجهیز سازمان با نیروی کار ماهر در حوزه اینترنت اشیا	- طباطبایی ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲
	۱۷. اندازه‌گیری و مانیتورینگ تغییرات و بهبودهای مورد نیاز	- تروانت و همکاران، ۲۰۲۴
	۱۸. آموزش و آگاهی کارکنان درباره فناوری‌های جدید و فواید آن	- اورگ ^۲ ، ۲۰۰۶
	۱۹. ارائه حمایت و تشویق از سوی مدیران و رهبران سازمان	- اورگ و برسون ^۳ ، ۲۰۱۹
	۲۰. تسهیل فرآیند تغییر و انتقال دانش مورد نیاز	- کومار و همکاران، ۲۰۲۱
	۲۱. ایجاد فرهنگ سازمانی منعطف و آماده برای تغییرات	- یاداو و همکاران، ۲۰۲۳
	۲۲. ایجاد مکانیزم‌ها برای جمع‌آوری نظرات و بازخوردهای کارکنان	- اسپالتینی ^۴ و همکاران، ۲۰۲۴
	۲۳. هزینه‌های تولید و نصب تجهیزات و سنسورهای مورد نیاز	- اسچالتگر و وگنر ^۵ ، ۲۰۱۱
	۲۴. هزینه‌های نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌های اینترنت اشیا	- کورپلا و هالیکاس ^۶ ، ۲۰۱۷
	۲۵. بهره‌وری اقتصادی و تأمین منابع مالی مورد نیاز برای تحقق اقتصاد دایره‌ای با استفاده از اینترنت اشیا	- اینگمارسداتر ^۷ و همکاران، ۲۰۲۰
اقتصادی و قانونی	۲۶. توانمندی مالی برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ارتباطی	- کومار و همکاران، ۲۰۲۰
	۲۷. رعایت حقوق مالکیت فکری و مقررات مربوط به استفاده از اینترنت اشیا	- جانسن ^۸ و همکاران، ۲۰۱۲
	۲۸. رعایت قوانین حفاظت از اطلاعات شخصی و مدیریت داده‌ها	- باکن ^۹ و همکاران، ۲۰۱۴
	۲۹. پیروی از مقررات مربوط به استانداردها و صلاحیت‌های فنی	- کشتی ^{۱۰} ، ۲۰۱۸
	۳۰. رعایت مقررات محلی و بین‌المللی در حوزه اینترنت اشیا	- کیم و پارک ^{۱۱} ، ۲۰۲۲
	۳۱. آگاهی‌بخشی و آموزش جامع درباره مزایا و کاربردهای اینترنت اشیا	- ونکاتش ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۴
	۳۲. تشویق به همکاری و مشارکت عمومی در توسعه و استفاده از اینترنت اشیا	- ونکاتش ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۳
	۳۳. تغییر نگرش فرهنگی و تشکیل الگوهای مصرف پایدار و بهینه با استفاده از اینترنت اشیا	- چن ^{۱۴} ، ۲۰۱۰
	۳۴. پوشش گسترده و پایدار شبکه‌های ارتباطی	- ونکاتش ^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۲
		- چت‌فیلد و ردیک ^{۱۶} ، ۲۰۱۹
زیرساختی		- اینگمارسداتر و همکاران، ۲۰۲۰
		- جین ^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۴

1 Tabatabaee

2 Oreg

3 Oreg & Berson

4 Spaltini

5 Schaltegger & Wagner

6 Korpela & Hallikas

7 Ingemarsdotter

8 Janssen

9 Bocken

10 Kshetri

11 Kim & Park

12 Spaltini

13 Venkatesh

14 Chen

15 Venkatesh

16 Chatfield & Reddick

17 Jin



موانع	راهکارها	مأخذ
ضعف شبکه‌های ارتباطی	۳۵. ارتقای ظرفیت شبکه‌ها برای پشتیبانی از تعداد بالای اشیا متصل شده	- رای ^۱ ، ۲۰۱۸
	۳۶. توانایی مقابله با مشکلات ارتباطی مانند تداخل و انقطاع	- راجیوت و سینگه، ۲۰۲۱
	۳۷. توانایی پشتیبانی از ترافیک بالا و همزمان بین اشیا	- طباطبایی و همکاران، ۲۰۲۲
	۳۸. پوشش شبکه‌های ارتباطی در مناطق روستایی و دورافتاده	- سانچز - گارسیا و همکاران، ۲۰۲۴
	۳۹. سازگاری شبکه‌ها با پروتکل‌های ارتباطی مورد استفاده در اینترنت اشیا	
نقص زیرساخت‌های فیزیکی	۴۰. توانایی تأمین تجهیزات سنسوری و نرم‌افزاری مناسب و مورد نیاز برای اینترنت اشیا	- آتزوری ^۲ و همکاران، ۲۰۱۰
	۴۱. آماده‌سازی زیرساخت‌های فیزیکی مانند اینترنت پهن باند و اینترنت GS	- پالتلا ^۳ و همکاران، ۲۰۱۶
	۴۲. توانایی اندازه‌گیری و مانیتورینگ منابع و فرایندها	- اینگمارسداتر و همکاران، ۲۰۲۰
	۴۳. سازگاری سنسورها و دستگاه‌ها با محیط و شرایط مختلف	- راجیوت و سینگه، ۲۰۲۱
	۴۴. توانمندی تولید تجهیزات و حسگرهای با کیفیت و قابل اعتماد	- بوکن و کنیتزکو ^۴ ، ۲۰۲۳
	۴۵. قابلیت مقاومت در برابر شرایط محیطی متفاوت برای حسگرها و اشیا	
کمبود داده‌ها و اطلاعات مربوط به اقتصاد دایره‌ای	۴۶. جمع‌آوری و ارائه داده‌های دقیق و کاربردی مرتبط با اقتصاد دایره‌ای	- روی ^۵ و همکاران (۲۰۱۶)
	۴۷. ایجاد و توسعه پایگاه داده‌های مشترک و منابع داده‌ای جامع در زمینه اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا	- گیسداوفر ^۶ و همکاران، ۲۰۱۷
	۴۸. تولید و به اشتراک گذاری اطلاعات در مورد اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا	- راجیوت و سینگه، ۲۰۲۱
		- طباطبایی و همکاران، ۲۰۲۲
		- بوکن و کانتزکو ^۷ ، ۲۰۲۳
تأمین و مدیریت منابع انرژی	۴۹. عمر محدود باتری‌های بکار رفته در این فناوری	- ساندماکر ^۸ و همکاران، ۲۰۱۰
	۵۰. نیاز به منابع انرژی پایدار	- آتزوری و همکاران، ۲۰۱۰
	۵۱. تأمین انرژی در شرایط خاص	- گوبی ^۹ و همکاران، ۲۰۱۳
	۵۲. کیفیت منابع انرژی	- شجائی فر ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵
	۵۳. مصرف انرژی ناپایدار	- اسپالتینی ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۴

مواد و روش‌ها

هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی موانع پیاده‌سازی اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای و همچنین تشخیص روابط بین آنها می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان راهبردهای مناسب را تدوین و تصمیم‌های درستی اتخاذ نمود. به منظور پاسخ به سوال اول پژوهش در خصوص موانع اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای، با بررسی پژوهش‌های گذشته و مصاحبه با اهل فن، موانع اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای

¹ Ray

² Atzori

³ Palattella

⁴ Bocken & Konietzko

⁵ Roy

⁶ Geissdoerfer

⁷ Bocken & Konietzko

⁸ Sundmaeker

⁹ Gubbi

¹⁰ Shojafar

¹¹ Spaltini



استخراج شده است. سپس عوامل 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 ضریب اهمیت و روابط نظام‌مندی میان این چالش‌ها، از روش دیمتل استفاده شده است. با توجه به جایگاهی که صنعت لوازم خانگی می‌تواند در تولید ناخالص ملی داشته باشد و فرصت‌های بالقوه موجود برای صادرات، شرکت‌هایی مانند گروه صنعتی انتخاب الکترونیک به استفاده از این فناوری در توسعه محصولات و فرآیندهای مرتبط با آن روی آورده‌اند. به همین دلیل، خبرگان مرتبط با این صنعت در مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفته‌اند تا نتایج و دست‌آوردها بتواند زمینه توسعه را برای آنها تسهیل نماید. همچنین به جهت از بین رفتن عدم اطمینان محیطی خاص این تحقیق داده‌ها به شکل فازی مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجا که پرسشنامه‌های به کار گرفته شده در هر یک از مراحل دلفی و یا دیمتل نیازی به محاسبه روایی و پایایی ندارند و ماهیت این روش‌ها به گونه‌ای است که خود یک روش سنجش روایی است (حبیبی^۱ و همکاران، ۲۰۱۴)؛ تنها، روایی محتوایی به تأیید خبرگان دانشگاهی رسیده است تا از شفاف بودن نوشتار و واژه‌های به کار گرفته شده، اطمینان حاصل شود.

یافته‌های تحقیق

با توجه به مدل پژوهش ابتدا پرسشنامه‌ای شامل موانع اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای طراحی شده که شامل ۵۳ مانع می‌باشد. این پرسشنامه در اختیار ۸ خبره قرار داده شد تا بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز دهند و غربالگری اولیه انجام شود. همچنین از خبرگان خواسته شد چنانچه عاملی غیر از عوامل معین شده را مد نظر دارند و یا عواملی امکان ترکیب در یک عامل را دارند، نظرات خود را مطرح کنند. حد آستانه پژوهش حاضر ۳ در نظر گرفته شده است و بنابراین، در این مرحله عواملی که میانگین کمتر از ۳ کسب کرده‌اند حذف می‌شوند. نتایج دور اول دلفی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج دور اول دلفی

شاخص	کمترین امتیاز	بیشترین امتیاز	میانگین	انحراف معیار	شاخص	کمترین امتیاز	بیشترین امتیاز	میانگین	انحراف معیار
B1	1	4	2/875	1/13	B27	2	5	3/625	1/06
B2	2	5	3/875	1/13	B28	2	5	3/125	1/25
B3	1	5	2/875	1/46	B29	2	5	4	1/20
B4	1	4	2/75	1/28	B30	2	5	3/25	1/16
B5	2	5	3/75	1/04	B31	2	5	3/125	0/99
B6	1	5	2/75	1/49	B32	2	5	3/625	0/92
B7	3	5	4/375	0/74	B33	2	4	3/375	0/74
B8	2	4	2/875	0/83	B34	2	5	3/375	0/92
B9	2	5	3/125	1/13	B35	1	5	2/75	1/49
B10	1	4	2/875	0/83	B36	2	3	2/875	0/35
B11	2	4	3/375	0/74	B37	2	5	3/5	1/31
B12	2	5	3/375	0/92	B38	1	4	2/375	0/92
B13	1	4	2/5	1/20	B39	1	4	2/375	1/06
B14	3	4	3/875	0/35	B40	2	5	3/375	0/92
B15	2	5	3/5	1/31	B41	1	4	2/75	1/04
B16	2	5	3/375	0/92	B42	1	5	2/875	1/46
B17	1	5	3/25	1/28	B43	1	4	2/625	0/92

¹ Habibi



شاخص کمترین امتیاز بیشترین امتیاز میانگین انحراف معیار کمترین امتیاز بیشترین امتیاز میانگین انحراف معیار									
B18	2	3	2/375	0/52	B44	1	3	2/375	0/74
B19	2	5	3/5	0/93	B45	1	3	2/25	0/89
B20	3	5	3/75	1/04	B46	2	3	2/75	0/46
B21	1	4	2/75	0/89	B47	2	5	3/5	1/31
B22	1	4	2/75	1/04	B48	2	5	3/375	0/92
B23	2	5	3/875	1/13	B49	1	5	3/25	1/28
B24	2	5	3/625	1/06	B50	1	4	2/375	0/92
B25	2	5	3/5	1/07	B51	1	3	2/25	0/71
B26	2	4	3/5	0/76	B52	1	5	2/875	1/46
					B53	2	5	3/75	0/89

در مرحله دوم دلفی ابتدا عواملی که میانگین کمتر از ۳ در مرحله اول دلفی کسب کرده‌اند حذف شدند. عوامل تایید شده مرحله اول دوباره طی پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهند. همچنین در این دور، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده شد تا افراد بر اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این دور بسیاری از خبرگان نظرات خود در مرحله اول را تایید کردند. در دور سوم دلفی نیز به طریق مشابه پرسشنامه مرحله دوم دوباره در اختیار افراد خبره قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهند. همچنین در این دور، میانگین امتیازات دور دوم دلفی نیز قرار داده شد تا افراد با اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این دور نیز بیشتر خبرگان همان نظرات مرحله دوم را تایید و از ارائه نظر جدید خودداری کردند. نتایج دوره‌های سه‌گانه اجرای روش دلفی در پژوهش نشان می‌دهد که به دلایل زیر اتفاق نظر میان افراد حاصل شده است و می‌توان به تکرار دورها پایان داد. این موانع در جدول ۳ نشان داده شده و کدگذاری مجدد برای این ۳۰ عامل صورت گرفته است.

- در دور سوم دلفی، در تمامی شاخص‌ها حداقل ۹۰ درصد پاسخ‌دهندگان شاخص‌ها را دارای امتیاز موافقم و خیلی موافقم دانسته‌اند (میانگین بالاتر از ۳ داشته‌اند).

- در دور دوم و سوم دلفی اتفاق خاصی (از نظر حذف معیار و یا اضافه شدن معیار) نیفتاده است.

- تفاوت ضریب هماهنگی کندال در دور سوم و دور دوم تنها ۰/۰۰۹ افزایش داشته است این ضریب یا میزان اتفاق نظر میان اعضای پانل در میان دو دور متوالی، رشد قابل توجهی را نشان نمی‌دهد.

جدول ۳- نتایج نهایی غربالگری روش دلفی

طبقه	کد	موانع	R+J	R-J	علت / معلول
موانع فنی	B1	توانایی شبکه‌بندی و اتصال اشیا به یکدیگر در مقیاس بزرگ (مانند شبکه‌های ابری)	2/43	0/42	تاثیرگذار
	B2	امکان تشخیص و رفع خطاهای ارتباطی	2/25	0/24	تاثیرگذار
	B3	رمزنگاری ارتباط بین اشیا	2/25	0/24	تاثیرگذار
	B4	مدیریت دسترسی حفظ حریم خصوصی کاربران در استفاده از اینترنت اشیا	2/23	0/22	تاثیرگذار
	B5	استفاده از مکانیزم‌ها و پروتکل‌های امنیتی مطمئن و قابل اعتماد	2/24	0/23	تاثیرگذار
موانع ساختاری و سازمانی	B6	اصلاح فرآیندها و تجهیزات موجود برای یکپارچه سازی با اینترنت اشیا	2/36	0/35	تاثیرگذار
	B7	سازماندهی منابع و مدیریت پروژه‌های مرتبط با اینترنت اشیا	2/27	0/26	تاثیرگذار
	B8	تعیین و تدوین راهبردها و سیاست‌ها برای انتقال به اینترنت اشیا برای ایجاد نظام حکمرانی یکپارچه	2/38	0/38	تاثیرگذار
	B9	تجهیز سازمان با نیروی کار ماهر در حوزه اینترنت اشیا	2/39	0/39	تاثیرگذار



طبقه	کد	مانع	R+J	R-J	علت / معلول
موانع اقتصادی و قانونی	B10	اندازه‌گیری و مانیتورینگ تغییرات و بهبودهای مورد نیاز	2/04	0/03	تاثیرگذار
	B11	ارائه حمایت و تشویق از سوی مدیران و رهبران سازمان	2/13	0/12	تاثیرگذار
	B12	تسهیل فرآیند تغییر و انتقال دانش مورد نیاز	2/09	0/08	تاثیرگذار
	B13	هزینه‌های تولید و نصب تجهیزات و سنسورهای مورد نیاز	2/06	0/05	تاثیرگذار
	B14	هزینه‌های نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌های اینترنت اشیا	2/06	0/05	تاثیرگذار
	B15	بهره‌وری اقتصادی و تأمین منابع مالی مورد نیاز برای تحقق اقتصاد دایره‌ای با استفاده از اینترنت اشیا	2/04	0/03	تاثیرگذار
	B16	توانمندی مالی برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها از جمله زیرساخت‌های ارتباطی	2/27	0/26	تاثیرگذار
	B17	رعایت حقوق مالکیت فکری و مقررات مربوط به استفاده از اینترنت اشیا	2/2	0/19	تاثیرگذار
	B18	رعایت قوانین حفاظت از اطلاعات شخصی و مدیریت داده‌ها	2/21	0/2	تاثیرگذار
	B19	پیروی از مقررات مربوط به استانداردها و صلاحیت‌های فنی	2/21	0/21	تاثیرگذار
موانع اجتماعی و فرهنگی	B20	رعایت مقررات محلی و بین‌المللی در حوزه اینترنت اشیا	2/2	0/2	تاثیرگذار
	B21	آگاهی‌بخشی و آموزش جامع درباره مزایا و کاربردهای اینترنت اشیا	2/12	0/12	تاثیرگذار
	B22	تشویق به همکاری و مشارکت عمومی در توسعه و استفاده از اینترنت اشیا	2/17	0/16	تاثیرگذار
	B23	تغییر نگرش فرهنگی و تشکیل الگوهای مصرف پایدار و بهینه با استفاده از اینترنت اشیا	2/07	0/06	تاثیرگذار
	B24	پوشش گسترده و پایدار شبکه‌های ارتباطی	2/27	0/26	تاثیرگذار
	B25	توانایی پشتیبانی از ترافیک بالا و همزمان بین اشیا	2/06	0/05	تاثیرگذار
	B26	توانایی تأمین تجهیزات سنسوری و نرم‌افزاری مناسب و مورد نیاز برای اینترنت اشیا	2/26	0/25	تاثیرگذار
	B27	ایجاد و توسعه پایگاه داده‌های مشترک و منابع داده‌ای جامع در زمینه اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا	1/89	-0/1	تاثیرپذیر
	B28	تولید و به اشتراک گذاری اطلاعات در مورد اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا	2/03	0/03	تاثیرگذار
	B29	عمر باتری محدود و محدودیت در تأمین انرژی	2/04	0/03	تاثیرگذار
موانع انرژی	B30	مصرف انرژی ناپایدار و نیاز به تغییر رویه به سمت استفاده از منابع انرژی پایدار	1/84	-0/2	تاثیرپذیر

در ادامه، با توجه به مدل پژوهش ابتدا نظر خبرگان با استفاده از پرسشنامه مقایسه زوجی در مورد رابطه مولفه‌های ذکر شده در بخش پیش، استخراج شد و ماتریس مستقیم حاصل از آنها محاسبه گردید. پس از نرمالسازی (با استفاده از روابط ۱ و ۲) ماتریس روابط نهایی (با استفاده از روابط ۳ تا ۵) شکل گرفت و مراحل غیرفازی کردن با استفاده از رابطه ۶ انجام شد.

بردارهای J و R مشخص شد و نمودار علی با ترسیم زوج‌های مرتب $(R_i + J_i, R_i - J_i)$ حاصل شد. به دلیل پرهیز از تکرار جداول و امکان خلاصه‌سازی، ارزش‌های $R_i + J_i$ و $R_i - J_i$ در همان جدول ۳ قید شده است. اگر ارزش $R_i - J_i$ مثبت بوده است، مانع به عنوان یک مانع اثرگذار نام گذاری شده و در غیر این صورت، مانع اثرپذیر نامیده شده است. در صورت رفع موانع اثرگذار، پیش‌بینی می‌شود موانع اثرپذیر نیز حل شده و یا حداقل از شدت آنها کاسته شود.

روابط بیانگر این است که توانایی شبکه‌بندی و اتصال اشیا به یکدیگر در مقیاس بزرگ (مانند شبکه‌های ابری) (B1) اثر گذارترین عامل و در عین حال با اهمیت‌ترین مانع در بکارگیری فناوری اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای در صنعت لوازم خانگی ایران است. مشخص است که دیجیتالی شدن در اقتصاد دایره‌ای بدون تبیین یک سیستم مجهز به اینترنت اشیا ممکن نشده و در نتیجه، از هدررفت منابع جلوگیری نخواهد شد. برای ایجاد راهی برای کسب و کارها در راستای استفاده از مفهوم اقتصاد دایره‌ای برای دستیابی به اهداف پایداری باید بتوان چنین شبکه‌ای را پیاده نمود. دستگاه‌های اینترنت اشیا داده‌های حسگری را که با اتصال به دروازه اینترنت اشیا جمع‌آوری می‌کنند، به اشتراک می‌گذارند. دروازه‌ای که به‌عنوان یک عامل مرکزی عمل می‌کند تا دستگاه‌های اینترنت اشیا



بتوانند داده‌ها را ارسال کنند. قبل از به اشتراک‌گذاری داده‌ها، می‌توان آن‌ها را به یک دستگاه لبه^۱ نیز فرستاد که در آن داده‌ها به صورت محلی تجزیه و تحلیل می‌شوند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت محلی حجم داده‌های ارسال شده به ابر را کاهش داده و مصرف پهنای باند را به حداقل می‌رساند. این دستگاه‌ها با سایر دستگاه‌های مرتبط نیز باید بتوانند ارتباط برقرار کنند و بر اساس اطلاعاتی که از یکدیگر دریافت می‌کنند، عمل نمایند. چالش‌های اتصال اینترنت اشیا، مانند مقیاس‌پذیری و سازگاری، استقرار را پیچیده می‌کند. بنابراین، مدیران فناوری اطلاعات باید برای زیرساخت‌های مورد نیاز برای حمایت از طرح‌های اینترنت اشیا برنامه‌ریزی کنند (یداو و همکاران، ۲۰۲۳).

مانع بعدی که بیشترین اثرگذاری را در سیستم موجود دارد، مانع «تجهیز سازمان با نیروی کار ماهر در حوزه اینترنت اشیا» (B9) می‌باشد. ظهور اینترنت اشیا و فناوری‌های مرتبط، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا تجربیات آموزشی تعاملی و فراگیرتری را با کمک فناوری‌های واقعیت افزوده ارائه کرده و سناریوهای دنیای واقعی را شبیه‌سازی نمایند. علاوه بر این، ماشین‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا می‌توانند بازخورد و بینش‌های بی‌درنگ را به کارگران ارائه کرده و آنها را قادر سازند تا به طور مداوم مهارت‌ها و دانش خود را بهبود بخشند. می‌توان این داده‌ها را برای شناسایی زمینه‌های بهبود و توسعه برنامه‌های آموزشی هدفمند تجزیه و تحلیل کرد. فناوری‌های اینترنت اشیا همچنین می‌توانند به اتوماسیون وظایف معمول و تکراری کمک کرده و زمان نیروها را آزاد کنند تا روی کارهای پیچیده‌تر و با ارزش‌تر تمرکز کنند. این تغییر مستلزم آن است که نیروها به طور مداوم مهارت‌های خود را ارتقا دهند و با فناوری‌های جدید سازگار شوند. برای این منظور، سازمان‌ها باید در برنامه‌های آموزشی و توسعه‌ای سرمایه‌گذاری کنند که نیروها را با مهارت‌های لازم در چشم انداز صنعتی جدید مجهز کند (موخرجی^۲ و همکاران، ۲۰۲۴، ۱۲).

در خصوص مانع «تعیین و تدوین راهبردها و سیاست‌ها برای انتقال به اینترنت اشیا برای ایجاد نظام حکمرانی یکپارچه» (B8) باید گفت با پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه هوش مصنوعی، نیاز حیاتی به حکمرانی در زمینه اینترنت اشیا برجسته شده است و دیگر یک موضوع حیاتی و الزامی است که سازمان‌ها باید آن را پیگیری نمایند (احمدوند و جهانشاهی، ۱۴۰۱). حکمرانی مؤثر می‌تواند مسئولیت‌پذیری، قابلیت اطمینان، امنیت و حریم خصوصی را در توسعه و استفاده از این فناوری‌ها تضمین؛ و همچنین از بروز فعالیت‌های غیراخلاقی یا مخرب جلوگیری کند. علاوه بر این، می‌تواند منجر به نوآوری و رشد در صنایع مرتبط با اینترنت اشیا و هوش مصنوعی شده و در عین حال اعتماد عمومی را به این فناوری‌ها تقویت کند. به این صورت، امکان تنظیم راهبردهای مؤثر و نقشه راه با گام‌های مؤثر افزایش خواهد یافت (سدراتی^۳ و همکاران، ۲۰۲۳، ۸) و زمینه برای رفع مانع بعدی در خصوص «اصلاح فرآیندها و تجهیزات موجود برای یکپارچه سازی با اینترنت اشیا» نیز فراهم خواهد شد. با شکل‌گیری نظام حاکمیت مناسب، و آموزش کارکنان می‌توان زمینه را برای بهبود فرآیندهای کاری ایجاد کرد. علاوه بر این، با برنامه‌ریزی و مدیریت نظام بهره‌وری می‌تواند سازوکار بودجه‌بندی مناسب را ایجاد نماید تا قابلیت لازم برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها فراهم آید (کومار و همکاران، ۲۰۲۲).

بحث و نتیجه‌گیری

در چشم انداز اقتصاد دایره‌ای، نقش اینترنت اشیا و محصولات و خدماتی که به این فناوری وابسته هستند، به طور فزاینده‌ای پررنگ شده است. پژوهش حاضر با مروری جامع در زمینه کاربرد گسترده اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای، موانع پذیرش و پیاده‌سازی اینترنت اشیا در اقتصاد دایره‌ای را بررسی نمود و فهرستی جامع از این موانع در جدول ۱ ارائه شد. در ادامه، با هدف تایید و غربالگری موانع مستخرج از ادبیات پژوهش، پرسشنامه محقق ساخته از این موانع کلیدی تنظیم و در اختیار مدیران شرکت تولیدی لوازم خانگی

¹ Edge device

² Mukherjee

³ Sedrati



در ایران قرار گرفت و در نهایت ۵۳ مورد اولیه به ۳۰ مورد نهایی شد. در ادامه، با هدف یافتن پاسخ سوالات مطرح شده و به منظور بررسی روابط بین موانع، همچنین تعیین تأثیرگذارترین و بااهمیت‌ترین مانع، از روش دیمتال فازی استفاده شد. عامل «توانایی شبکه‌بندی و اتصال اشیا به یکدیگر در مقیاس بزرگ (مانند شبکه‌های ابری)» به عنوان با اهمیت‌ترین و در عین حال تأثیرگذارترین مانع شناخته شد. همچنین از بین ۳۰ عامل تعیین شده، موانع «ایجاد و توسعه پایگاه داده‌های مشترک و منابع داده‌ای جامع در زمینه اقتصاد دایره‌ای و اینترنت اشیا» و «مصرف انرژی ناپایدار و نیاز به منابع انرژی پایدار» تأثیرپذیر و سایر موارد به عنوان موانع تأثیرگذار شناسایی شدند. موانع شناسایی شده و تحلیل‌های صورت گرفته باعث می‌شود بتوان نقشه راه عملیاتی‌تری برای تحقق اقتصاد دایره‌ای تنظیم کرد. به این ترتیب، در بخش قبل چنین به مدیران و تصمیم‌گیرندگان توصیه شد که در راستای تبیین شبکه سرمایه‌گذاری نموده و آموزش نیروی کار ماهر را در اولویت توجه قرار دهند. مشخصاً چنین زمینه‌هایی ممکن نخواهد شد مگر آنکه تدوین راهبردها و سیاست‌ها برای ایجاد نظام حکمرانی یکپارچه از سوی تصمیم‌گیرندگان مورد توجه قرار گیرد.

اهمیت تنظیم مدل کسب و کار و نظام حکمرانی یکپارچه با توجه به اصول اقتصاد دایره‌ای و ضرورت بکارگیری فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیا در کنار سایر فناوری‌های صنعت ۴/۰ و ۵/۰ در مطالعه رجب و همکاران (۲۰۲۲) نیز بیان شده است. از سوی دیگر، طبق دست‌آورد مطالعه ولگاریدیس و همکاران (۲۰۲۲) برای توسعه موفقیت‌آمیز مدل‌های کسب و کار دایره‌ای با ترکیب فناوری‌های اینترنت اشیا، تصمیم‌گیرندگان باید شایستگی‌ها، استانداردها و قابلیت‌های اطلاعاتی لازم را توسعه دهند. چنین رویکردی برای حمایت از استراتژی‌های بازایی محصول، توسعه سرویس‌دهی، و تسهیل مدل‌های کسب و کار دایره‌ای و همکاری حیاتی می‌باشد. طبق دست‌آورد مطالعه اینگمارسدوتر و همکاران (۲۰۲۰)، نکته مهم آن است که تنها در صورتی می‌توان به نتایج پایدار از طریق اینترنت اشیا دست یافت که انتظارات ذینفعان از اصول و تحقق اقتصاد دایره‌ای به درستی درک شده و فرآیندهای مرتبط با مدیریت و گردآوری داده‌های ساختاریافته به منظور کسب داده با کیفیت تبیین شوند. پس می‌توان گفت، دست‌آوردهای مطالعه حاضر با نتایج مطالعه‌های پیشین به صورت کلی هم‌سویی داشته و شرایط اقتصادی یا اجتماعی محیط حاضر، در تعیین اولویت‌ها به صورت کلی اثرگذار بوده است.

پتانسیل رشد اقتصاد دایره‌ای بدون چالش نیست و باید توسط محققان در آینده نزدیک مورد توجه دقیق‌تر قرار گیرد. به عنوان مثال، تضمین حریم خصوصی داده‌ها، و کاهش مقدار انرژی مصرف شده توسط فناوری‌های صنعت ۴/۰ و البته صنعت ۵/۰ که از ۲۰۲۰ به بعد مطرح شده و روی سفارشی‌سازی تمرکز دارد؛ یا کسب اطمینان از سازگاری و قابلیت اطمینان این فناوری‌ها در صنایع مختلف و محیط زیست می‌تواند جالب توجه باشد. امکان‌پذیری شرایط پیاده‌سازی فناوری‌های جدید توسط شرکت‌های کوچک و متوسط باید بررسی شود. چارچوب استاندارد و دستورالعمل‌های نظارتی برای اطمینان از عملکرد اخلاقی، و اجتناب از ناکارآمدی‌ها، توسعه سیستم‌های آموزشی جدید برای آموزش نیروی کار فعلی و آینده برای گذار به سمت اقتصاد دایره‌ای مبتنی بر فناوری باید مورد توجه قرار گیرد. همه این فناوری‌ها در هماهنگی کامل برای بهینه‌سازی استفاده از منابع و به حداقل رساندن ضایعات باید پیاده‌سازی شوند تا از خطر توزیع نابرابر مزایای طرح‌های اقتصاد دایره‌ای مبتنی بر فناوری جلوگیری شود. بنابراین، در حالی که پتانسیل فناوری‌های جدید برای پیشبرد اقتصاد دایره‌ای بسیار زیاد است، پرداختن به این چالش‌ها از طریق راه‌حل‌های نوآورانه، تلاش‌های مشترک و سیاست‌های حمایتی برای تحقق این پتانسیل به طور موثر و پایدار ضروری است. پژوهش حاضر همانند سایر پژوهش‌ها با یکسری از محدودیت‌ها نیز روبرو بوده است. به عنوان مثال، در مطالعه حاضر تنها از خبرگان داخلی نظرخواهی شده است. میتوان در پژوهش‌های آتی، از خبرگان خارج که در کشورهایی با بافت اقتصادی و اجتماعی مشابه حضور دارند، نیز نظرخواهی نمود و با تجمیع نظرات و مقایسه دست‌آوردها با دست‌آوردهای مطالعه‌های مشابه در کشورهای توسعه یافته، مسیر توسعه کارآمدتری را تنظیم کرد.



منابع

- احمدوند، بهناز؛ جهانشاهی، آرتین (۱۴۰۱). الگوی مطلوب قانونگذاری حفاظت از داده شخصی در بستر اینترنت اشیا در پرتو مطالعات تطبیقی. فصل‌نامه سیاست‌گذاری عمومی، ۹(۱)، ۶۴-۷۹. doi: 10.22059.JPPOLICY.2023.91609
- اسمعیلی رنجبر، خاطره؛ حریری، نجلا؛ سلاجقه، مژده؛ باب الحوائجی، فهیمه (۱۴۰۱). ارائه مدل استفاده از اینترنت اشیا در شرکت‌های دانش‌بنیان ایران (رویکردی جهت ارتقای بهره‌وری در این شرکت‌ها). مدیریت بهره‌وری، ۱۴(۴)، 10.30495.QJOPM.2021.1902268.2883
- انتخاب الکترونیک (۱۴۰۲). اینترنت اشیا. <https://entekhabelectronic.ir.iot>. آخرین بازبینی ۸۰۱۱۴۰۳.
- شهیدکار، فاطمه؛ ترابی، تقی؛ رهنمای رودپشتی، فریدون (۱۴۰۰). شناخت و اولویت بندی عوامل موثر بر اجرای اقتصاد دایره‌ای در بنگاه‌های اقتصادی کوچک و متوسط (SME). اقتصاد کاربردی، ۱۱(۳۸)، ۱-۱۴. doi: 10.30495.jae.2021.19202
- علی‌اکبری، سبحان؛ وفایی، فرهاد؛ نامامیان، فرشید (۱۴۰۱). شناسایی موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنایع کوچک و متوسط استان ایلام با استفاده از تکنیک دلفی فازی. فرهنگ ایلام، ۷۶، ۹۷-۱۱۶. 10.22034.FARHANG.2023.169586
- کریمی، حسین؛ جمشیدی، محمدجواد؛ بخشیم، میلاد (۱۴۰۲). شناسایی مولفه‌ها و شاخص‌های پیشران در مدیریت زنجیره تأمین سبز مبتنی بر اینترنت اشیا. مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۱(۶۹)، 2752-2753. <https://doi.org/10.22054.jims.2023.65741.2752>
- یوسفی، دریا؛ پیران نژاد، علی؛ جامی‌پور، مونا (۱۴۰۲). بررسی چگونگی تاثیرپذیری مدیریت منابع انسانی از اینترنت اشیا. مدیریت دولتی، ۱۵(۲)، ۴۲۱-۳۹۲. 10.22059.JIPA.2023.352668.3264
- Ahmadvand, B. & Jahanshahi, A. (2023). The Ideal Model of Personal Data Protection Legislation in the Context of the Internet of Things in the Light of Comparative Studies. Iranian Journal of Public Policy, 9(1), 64-79. doi: 10.22059.JPPOLICY.2023.91609(in pesian)
- Alcayaga, A., Wiener, M., & Hansen, E. G. (2019). Towards a framework of smart-circular systems: An integrative literature review. Journal of cleaner production, 221, 622-634, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.085>.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 17(4), 2347-2376, DOI: 10.1109.COMST.2015.2444095
- Ali Akbari, S., Vafai, F. & Namamiyan, F. (2021). Identifying obstacles of Internet of Things in small and medium industries of Ilam province applying the fuzzy Delphi technique. Farhang Ilam, 76, 116-97, 10.22034.FARHANG.2023.169586. (in Persian)
- Askoxylakis, I. (2018). A framework for pairing circular economy and the Internet of Things. IEEE International Conference on Communications (ICC), 1-6, DOI:10.1109.ICC.2018.8422488
- 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>.
- Bhattacharjee, P., Howlader, I., Adib Rahman, M.D., Muhtasim Taqi, H.M.D., Hasan, M.D.T., Ali, S.M., & Alghababsheh, M. (2023). Critical success factors for circular economy in the waste electrical and electronic equipment sector in an emerging economy: Implications for stakeholders. Journal of Cleaner Production, 401, 136767, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136767>.
- Bocken, N. M., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. Journal of Cleaner Production, 65, 42-56, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>.
- Bocken, N., & Konietzko, J. (2023). Experimentation capability for a circular economy: a practical guide. Journal of Business Strategy, 44(6), 406-414, <https://doi.org/10.1108.JBS-02-2022-0039>
- Bressanelli, G., Bressanelli, N., Perona, M., & Baccanelli, I. (2020). Towards Circular Economy in the Household Appliance Industry: An Overview of Cases. Resources, 9(11), 128; <https://doi.org/10.3390.resources9110128>.



- Cavaliere, A., Reis, J., & Amorim, M. (2024). Socioenvironmental assessment and application process for IOT: A comprehensive approach. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140348>.
- Chatfield, A.T., & Reddick, C.G. (2019). A framework for Internet of Things-enabled smart government: A case of IoT cybersecurity policies and use cases in U.S. federal government. *Government Information Quarterly*, 36(2), 346-357, <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.007>
- Chen, Y.S. (2010). The Drivers of Green Brand Equity: Green Brand Image, Green Satisfaction, and Green Trust. *Journal of Business Ethics*, 93, 307–319. <https://doi.org/10.1007/s10551-009-0223-9>.
- Cui, Y., Liu, W., Rani, P., & Alrasheedi, M. (2021). Internet of Things (IoT) adoption barriers for the circular economy using Pythagorean fuzzy SWARA-CoCoSo decision-making approach in the manufacturing sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120951, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120951>.
- Entekhab Electronic (2022). Internet of Things (IOT). <https://entekhabelectronic.ir/iot/>, last revision 28.03.2024. (in Persian)
- Esmaeeli ranjbar, Kh., Hariri, N., Salajgh, M. & Babalhavaeji, F. (2022). Presenting a Model for Using the Internet of Things in Iranian Knowledge-Based Companies to Promote Productivity. *Journal of Productivity Management*, 16(63), doi: 10.30495.qjopm.2021.1902268.2883 (in Persian)
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660, <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.
- Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi Technique Theoretical Framework in Qualitative Research. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(4), 08-13.
- Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., & Balkenende, R. (2020). Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation – A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105047, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105047>
- Janssen, M., Charalabidis, Y., & Zuiderwijk, A. (2012). Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Information Systems Management*, 29(4), 258-268, <https://doi.org/10.1080/10580530.2012.716740>
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An information framework for creating a smart city through internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), 112-121, DOI: 10.1109/JIOT.2013.2296516.
- Karimi, H., Jamshidi, M. J. & Bakhsham, M. (2023). Identifying Components and Driving Indicators in Original Research Green Supply Chain Management Based on Internet of Things, 21(69), 129-160. Doi: <https://doi.org/10.22054.jims.2023.65741.2752> (in Persian)
- Kim, J. & Park, E. (2022). Understanding social resistance to determine the future of Internet of Things (IoT) services. *Behaviour & Information Technology*, 41(3), 547-557, <https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1827033>
- Kirchherr, J., Nadja Yang, N.H., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M.J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>.



- Korpela, K., & Hallikas, J. (2017). Digital supply chain transformation toward blockchain integration: A case study. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394, DOI:10.24251.HICSS.2017.506.
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>.
- Kumar, A., Sharma, S., Singh, A., Alwadain, A., Choi, B.J., Manual-Brenosa, J., Ortega-Mansilla, A., & Goyal, N. (2022). Revolutionary Strategies Analysis and Proposed System for Future Infrastructure in Internet of Things. *Sustainability*, 14(1), 71; <https://doi.org/10.3390.su14010071>
- Kumar, D., Agrawal, S., Kumar Singh, R., & Kumar Singh, R. (2024). IoT-enabled coordination for recommerce circular supply chain in the industry 4.0 era. *Internet of Things*, 26, 101140, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101140>
- Kumar, S., Raut, R.D., Nayal, K., Kraus, S., Surendra Yadav, V., & Narkhede, B.E. (2021). To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126023, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126023>.
- Mboli, J. S., Thakker, D., & Mishra, J. L. (2022). An Internet of Things enabled decision support system for circular economy business model. *Software: Practice and Experience*, 52(3), 772-787, <https://doi.org/10.1002.spe.2825>.
- 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>.
- Mukherjee, S., Baral, M.M., Chittipaka, V., Nagariya, R., & Patel, B.S. (2024). Achieving organizational performance by integrating industrial Internet of things in the SMEs: a developing country perspective. *The TQM Journal*, 36 (1), 265-287. <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2022-0221>.
- Oreg, S. (2006). Personality, context, and resistance to organizational change. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 15(1), 73-101, <https://doi.org/10.1080.13594320500451247>.
- Oreg, S., & Berson, Y. (2019). Leadership and employees' reactions to change: The role of leaders' personal attributes and transformational leadership style. *Personnel Review*, 48(1), 85-103, DOI:10.1111.j.1744-6570.2011.01221.x.
- Palattella, M.R., Dohler, M., Grieco, A., Rizzo, G., Torsner, J., Engel, T., & Ladid, L. (2016). Internet of things in the 5G era: Enablers, architecture, and business models. *IEEE Access*, 34(3), 510-527, DOI: 10.1109.JSAC.2016.2525418.
- Rajput, S., & Singh, S.P. (2021). Industry 4.0 – challenges to implement circular economy. *Benchmarking: An International Journal*. 28 (5), 1717-1739, <https://doi.org/10.1108.BIJ-12-2018-0430>
- Ray, P.P. (2018). A survey on Internet of Things architecture, protocols, possible applications, security, privacy, real-world implementation and future trends. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 30(3), 291-319, <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>
- Rejeb, A., Suhaiza, Z., Rejeb, K., Seuring, S., & Treiblmaier, H. (2022). The Internet of Things and the circular economy: A systematic literature review and research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 131439, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131439>.
- Röglinger, M., Pöppelbuß, J., & Becker, J. (2012). Maturity models in business process management. *Business Process Management Journal*, 18(2), 328-346 و <https://doi.org/10.1108.14637151211225225>.



- Roman, R., Zhou, J., & Lopez, J. (2013). On the features and challenges of security and privacy in distributed Internet of Things. *Computer Networks*, 57(10), 2266-2279 و <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.018>.
- Roshan, R., Chandra Balodi, K., Datta, S., Kumar, A., & Upadhyay, A. (2024). Circular economy startups and digital entrepreneurial ecosystems. *Business Strategy and the Environment*, <https://doi.org/10.1002.bse.3727>.
- Roy, R., Stark, R., Tracht, K., Takata, S., & Mori, M. (2016). Continuous maintenance and the future—Foundations and technological challenges. *Cirp Annals*, 65(2), 667-688, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.006>
- Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., Marco-Lajara, B., & Manresa-Marhuenda, E. (2024). *Environmental Technology & Innovation*, 33, 103509, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103509>.
- Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: Categories and interactions. *Business Strategy and the Environment*, 20(4), 222-237, <https://doi.org/10.1002.bse.682>
- Sedrati, A., Mezrioui, A., & Ouaddah, A. (2023). IoT-Gov: A structured framework for internet of things governance. *Computer Networks*, 233, 109902, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.109902>.
- Shahdkar, F., Torabi, T. & Rahnama Roodposhti, F. (2021). Identifying and prioritizing factors affecting the implementation of circular economy in small and medium enterprises (SME). *Applied Economics*, 11(38), 1-14, doi: [10.30495/jae.2021.19202](https://doi.org/10.30495/jae.2021.19202) (in Persian)
- Shojafar, M., Cordeschi, N., Amendola, D., Baccarelli, E., & Farinaccio, A. (2015). Energy-efficient fog computing for the Internet of Things. *IEEE*, 3, 2149-2157, DOI: 10.1109.TCC.2016.2551747.
- Spaltini, M., Terzi, S., & Taisch, M. (2024). Development and implementation of a roadmapping methodology to foster twin transition at manufacturing plant level. *Computers in Industry*, 154, 104025, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104025>.
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelffle, S. (2010). Vision and challenges for realising the Internet of Things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things*, DOI:10.2759.26127.
- Tabatabaee, S., Mohandes, S. R., Ahmed, R. R., Mahdiyar, A., Arashpour, M., Zayed, T., & Ismail, S. (2022). Investigating the barriers to applying the internet-of-things-based technologies to construction site safety management. *International journal of environmental research and public health*, 19(2), 868, <https://doi.org/10.3390.ijerph19020868>.
- Truant, E., Giordino, D., Borlatto, E., & Bhatia, M. (2024). Drivers and barriers of smart technologies for circular economy: Leveraging smart circular economy implementation to nurture companies' performance. *Technological Forecasting and Social Change*. 198, 122954, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122954>.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478, <https://doi.org/10.2307.30036540>.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178, <https://doi.org/10.2307.41410412>.
- Voulgaridis, K., Lagkas, T., Angelopoulos, C.M., & Nikolettseas, S.E. (2022). IoT and digital circular economy: Principles, applications, and challenges. *Computer Networks*, 219, 109456, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109456>.
- Yadav, H., Soni, U., & Kumar, G. (2023). Analysing challenges to smart waste management for a sustainable circular economy in developing countries: a fuzzy DEMATEL study. *Smart and Sustainable Built Environment*, 12 (2), 361-384, <https://doi.org/10.1108.SASBE-06-2021-0097>



Yousefi, D., Pirannejad, A. & Jamipour, M. (2024). Investigating the Susceptibility of Human Resource Management to the Internet of Things. *Journal of public administration*, 15(2), 392 – 421. Doi: 10.22059.JIPA.2023.352668.3264 (in Persian)

