Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329
Vol. 15, Issue 3, No. 38, Autumn 2024
https://doi.org/10.22108/pom.2025.143160.1588

(Research paper)

Analysing IoT Adoption Barriers in the Oil and Gas Industry Using Content Analysis and Fuzzy Cognitive Mapping

Ehsan Bakhshi khordeh bolagh
Department of Industrial Management, Faculty of Administrative sciences and economics, University of Vali E Asr University, Rafsanjan, Iran, e.bakhshi@stu.vru.ac.ir
Salim Karimi takalo*
Department of Industrial Management, Faculty of Administrative sciences and economics, University of Vali E Asr University, Rafsanjan, Iran, s.karimi@vru.ac.ir

Purpose: The Internet of Things (IoT) is considered a modern concept in the production industry, based on which the physical and digital worlds are connected using the potential of the Internet. Since this technology is new, its acceptance and implementation in the oil and gas industry are associated with barriers. Therefore, this study aims to identify and analyze such barriers.

Design/methodology/approach: This study has been performed with a mixed approach in two phases. The qualitative phase was conducted to identify the barriers to using the Internet of Things in the oil and gas industry, and the quantitative phase was conducted to model and analyze the scenario. To identify and extract the barriers to using IoT in the oil and gas industry, it is identified through a literature review and content analysis method. In this research, 58 articles were analyzed and 10 industrial and academic experts analysed extracted barriers by using the Fuzzy cognitive mapping method. To analyze the scenarios, two categories of backward and forward scenarios have been designed. FCMapper software has been used for scenario design.

Findings: The results of the content analysis showed 10 barriers, which are subcategories of four aspects. The barriers identified are "limited coordination and collaboration" "lack of automation in organizations", "insufficient leadership support", "weak staff knowledge and abilities", "limited scalability", "opposition to change", "lack of Certain rules and standards for the adoption of the IoT", "the cost of data storage and analysis", "the high cost of implementation and maintenance", "security and confidentiality issues". Finally, these barriers were categorized into four main subcategories:

* Corresponding author, 0000-0002-4833-4873… ….. 2981-0329 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

"Organizational", "Integration", "Economic" and "Technical". The results of the fuzzy cognitive mapping method indicate that the barrier "security and confidentiality issues" with a factor of 4.34 has the highest level of influence, and the barrier "high implementation and maintenance cost" with a factor of 4.95 has the highest level of influence, and the barrier "security and confidentiality issues" has the highest centrality with a coefficient of 6.45.

Research limitations: Like any other research, this research has been faced with limitations. Considering that the research was limited to a specific industry, its findings may be affected by the opinions and biases of experts involved in the process, and we cannot generalize the results to another industry. Another limitation of this research is the complexity and time-consuming methods used in it. The methods of content analysis and fuzzy cognitive map may be complex and require sufficient time and a high level of expertise to use them, which can limit their application in some fields.

Research implications: Considering that the IOT is an emerging and new technology, the adoption of this concept in the oil and gas industry can have several operational advantages, such as reducing testing and calibration time, minimizing production downtime, improving performance, and predicting maintenance performance. One of the important barriers to the use of IoT in the oil and gas industry is "security and data confidentiality" issues in different parts, and this issue causes the unwillingness of stakeholders and decision-makers to use this technology. Conducting research in the field of raising and increasing the security of these systems and ways to increase the security of privacy will greatly help in solving this barrier.

Practical implications: The study offers valuable insights for researchers, managers, and policymakers in the oil and gas industry concerning the adoption of Internet of Things (IoT) technologies. To facilitate the adoption of IoT in the oil and gas industry, companies should invest in comprehensive training programs for managers and stakeholders to improve awareness and understanding of IoT technologies and their benefits.

Originality/value: Since several barriers have prevented the widespread adoption of the IOT in the oil and gas industry, in this research, the identification and extraction of these factors have been done comprehensively for the first time. Modelling and scenario analysis of these barriers with fuzzy cognitive mapping were also performed for the first time.

Keywords: Internet of Things (IoT), Oil and gas industry, Fuzzy cognitive map, Content analysis

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۵، شماره ۳، پیاپی ۳۸، پاییز ۱۴۰۳
دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ ص ۱۳۵-۱۵۶
https://doi.org/10.22108/pom.2025.143160.1588

(مقالهٔ پژوهشی)

تحلیلی در موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز با روش تحلیل محتوا و نقشه‌شناختی فازی

احسان بخشی خورده بلاغ[۱]؛ سلیم کریمی تکلو[۲*]

۱- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران، e.bakhshi@stu.vru.ac.ir
۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران، s.karimi@vru.ac.ir

چکیده: صنعت نفت و گاز یکی از مهم‌ترین صنایع است که با پذیرش گستردهٔ اینترنت اشیا کارآمدتر می‌شود؛ با این حال، پذیرش و اجرای اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، به‌دلیل موانع مختلف بسیار محدود است. با توجه به مزایای این فناوری، شناسایی و تجزیه و تحلیل موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا برای غلبه بر آنها امری ضروری است. این تحقیق در دو مرحله و با رویکرد آمیخته، انجام شده است: مرحلهٔ کیفی این مطالعه، موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز، ازطریق مرور پیشینه و روش تحلیل محتوا شناسایی می‌کند؛ مرحلهٔ کمی نیز به‌منظور مدل‌سازی و تحلیل سناریو انجام شده است. در پژوهش حاضر، ۵۷ مقاله تحلیل شد و ۱۰ نفر از خبرگان صنعتی و دانشگاهی موانع استخراج‌شده را با استفاده از روش نگاشت‌شناختی فازی تجزیه و تحلیل کردند. نتایج تحلیل محتوا، بیانگر ۱۰ مانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز است که این موانع در ۴ جنبهٔ موانع سازمانی (۴ مانع)، موانع یکپارچه‌سازی (۳ مانع)، موانع اقتصادی (۲ مانع) و موانع تکنیکی (۱ مانع) دسته‌بندی می‌شود. نتایج روش نقشه‌شناختی فازی بیانگر آن است که مانع (مسائل امنیتی و محرمانگی) با ضریب ۴/۳۴ از بالاترین میزان تأثیرگذاری و مانع (هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا) با ضریب ۴/۹۵ از بالاترین میزان تأثیرپذیری برخوردارند و مانع (مسائل امنیتی و محرمانگی) با ضریب ۶/۴۵، بیشترین مرکزیت را دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود مدیران و سیاست‌گذاران صنعت نفت و گاز، به‌ویژه بر تقویت تدابیر امنیتی و کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیا تمرکز کنند تا این فناوری به‌طور مؤثرتر و گسترده‌تری در صنعت به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیا، صنعت نفت و گاز، نقشهٔ شناختی فازی، تحلیل محتوا

* نویسنده مسئول، 0000-0002-4833-4873

2981-0329 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

نفت و گاز طبیعی، همچنان بزرگ‌ترین منبع انرژی استفاده‌شدهٔ جمعیت جهان‌اند و حدود ۵۵درصد از کل مصرف انرژی سالانه را تشکیل می‌دهند. به‌دلیل ماهیت خطرناک مواد و شیوه‌های به کار گرفته شده در این صنعت، این بخش دارای ریسک درخور توجهی است (Waqar et al., 2023). با توجه به میزان بالای مرگ و میر کارگران و جراحات مستندشده، ایمنی سازه‌ها یک جنبهٔ حیاتی در هر پروژهٔ ساختمانی در نظر گرفته می‌شود. صنعت ساختمان و سازه‌ها در بخش نفت و گاز، ۲۰ تا ۴۰درصد از کل حوادث شدید در کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد (Zhihong, 2020). این اعداد و ارقام نیاز به مطالعهٔ بیشتر مؤلفه‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی را برای کاهش میزان مرگ و میر و آسیب نشان می‌دهد (Reegu et al., 2020).

فناوری‌های نوآورانه، تحول بزرگی را در این زمینه ایجاد می‌کنند، ایمنی را بهبود می‌بخشند و به عملکرد اقتصادی بهتر نیز منجر می‌شوند. با توجه به رشد سریع فناوری‌های نوآورانه، استقبال از این فناوری‌ها در کارهای ساختمانی و سازه‌ها، به‌دلیل مزیت‌های مختلف آنها، که نویدبخش ارتقای محیط امن سازه‌های ساختمانی نفت و گاز است، گسترش یافته است. فن‌آوری‌های نوآورانه و دیجیتال در شرکت‌های نفت و گاز، تأثیر تجاری درخور توجهی دارند؛ زیرا به افزایش بازیابی هیدروکربن، تضمین ایمنی در سراسر اکوسیستم تجاری و بهبود قابلیت اطمینان عملیاتی کمک می‌کنند (Tung et al, 2020). یکی از اصلی‌ترین و کارآمدترین فناوری‌ها، اینترنت اشیاست (IOT).

بنابراین در صنعت نفت و گاز، به یک سیستم مبتنی بر اینترنت اشیا برای حل مسائل ایمنی در سازه‌های ساختمانی نیاز است. IoT الگوی جدیدی از صنعت در حال ظهور ۴,۰ است (Cai, 2012). در مقایسه با دیگر فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، اینترنت اشیا راه‌حلی هوشمندانه و مستقل را تشکیل می‌دهد و صنایع و سازمان‌ها را قادر می‌کند تا راحت‌تر و کارآمدتر به خواسته‌ها و نیازهای خود پاسخ دهند (Shafique et al., 2018). فناوری‌های مرتبط با IoT همچنین پتانسیل ایجاد یک شبکهٔ اطلاعاتی ایمنی را دارند که به ادغام داده‌ها و تحلیل مؤثر خطرات ممکن در کاهش اتفاقات حادثه‌زا کمک می‌کند (Manavalan & Jayakrishna, 2019). اینترنت اشیا برای سیستم‌های ایمنی محیط و ایمنی سلامت کارکنان برای بهبود محیط کار، با کاهش خطر و پیشگیری از وقوع حوادث اعمال می‌شود. طبق پژوهش النوایم[۱] (۲۰۱۸) که معتقد بود اینترنت اشیا بخش مؤثری از صنعت۴[۲] خواهد بود، ممکن است صنعت نفت و گاز به تسریع در آمادگی و پذیرش این فناوری نیاز داشته باشد.

در حالی که مزایای پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا برای بسیاری از حوزه‌های مدیریت ایمنی سازه‌های نفت و گاز تأیید شده است، وجود موانعی، پذیرش گستردهٔ آن را تاکنون با مشکل مواجه کرده و پیاده‌سازی این فناوری را در مراحل آغازین خود نگه داشته است (Alakbarov & Hashimov, 2018). در سال‌های اخیر، محققان اینترنت اشیا و موانع به‌کارگیری آن بررسی کرده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده است.

کیم و همکاران[۳] (۲۰۱۹) دربارهٔ یک سیستم مدیریت ایمنی در بخش سازه‌ها، برای کاهش آسیب‌های ناشی از حوادث ساخت و ساز بحث کردند. آنها با استفاده از فناوری‌های IoT ازطریق طراحی شبکه‌ای سه‌گانه، سیستم هشدار ایمنی را برای سایت‌های ساختمانی و سازه‌های زیرزمینی توسعه دادند. در زمینهٔ فناوری‌های پوشیدنی برای

پیشگیری از حادثه، ستار و همکاران[۴] (۲۰۱۸) در پژوهشی، دستگاه‌هایی مانند سیستم‌های مکانیکی میکروالکترونیک، حسگرهای حرکتی و ساعت‌های هوشمند را بررسی کرده و پیشرفت‌های چشمگیری برای مدیریت ایمنی و پیشگیری از حادثه داشته‌اند. الرباوی[۵] (۲۰۲۳) با مرور پیشینه، رویکردهای مدرن و نوین دیجیتالی‌شدن را در صنعت نفت و گاز بررسی و فرصت‌های پیاده‌سازی ابزارها و سیستم‌های دیجیتال نوآورانه را ارائه کرده است که کارایی عملیاتی و مدیریت ایمنی را افزایش می‌دهد. وانگ و همکاران[۶] (۲۰۲۲) یک سیستم پایهٔ مبتنی بر اینترنت اشیا را با ظرفیت شناسایی مسائل ایمنی و راه‌اندازی گام‌های سریع، برای جلوگیری از حوادث پیشنهاد کردند. توما و پوپا[۷] (۲۰۱۸) با مرور پیشینه، یک ارزیابی سیستماتیک کامل را از مطالعات موجود دربارهٔ استفاده از حسگرهای IoT در زمینهٔ مدیریت ایمنی‌بخش ساختمان و سازه‌ها ارائه کردند و به‌دلیل ماهیت خطرناک بخش ساختمان و سازهٔ صنعت نفت و گاز، به استفاده از نوآوری‌های اینترنت اشیا اشاره داشتند. تحقیقات مختلفی در زمینهٔ اینترنت اشیا انجام شده است؛ اما تحقیق جامعی در زمینهٔ موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز انجام نشده است. در این راستا، این مقاله با هدف بررسی موانع موجود، استفاده از فناوری اینترنت اشیا را در ایمنی سازه‌های صنعت نفت و گاز بررسی می‌کند.

۲- مبانی نظری

در حال حاضر مفهوم IR4.0 به‌سرعت در حال گسترش و شامل چندین فناوری دیجیتال پیشرفته است که هدفشان بهبود فرآیندهای تولیدی و صنعتی است (Liu et al., 2023). فناوری‌های دیجیتال، شرکت‌ها و صنایع را قادر می‌کند تا از قابلیت‌های صنعت ۴ برای بهره‌وری عملیاتی و نوآوری استراتژیک استفاده کنند. صنعت ۴، جهان‌های فیزیکی، دیجیتال و زیستی را به هم متصل می‌کند. این پارادایم باعث به ایجاد ارتباطات گسترده بین اقلام فیزیکی، مانند سنسورها، دستگاه‌ها و دیگر بخش‌های سازمان و صنعت می‌شود و به‌طور درخور توجهی، به افزایش انعطاف‌پذیری و هماهنگی در فعالیت‌ها کمک می‌کند؛ برای مثال، اینترنت اشیا[۸]، نمونه‌ای از فناوری‌های دیجیتال منحصربه‌فرد را براساس حجم رو به رشد این موضوع تشکیل می‌دهد (Dev et al., 2020). منظور از اینترنت اشیا، ارتباط سنسورها و دستگاه‌های با شبکه‌ای است که ازطریق آن با یکدیگر و با کاربران خود تعامل می‌کنند. اینترنت اشیا فناوری جدیدی است که هدف اصلی آن، اتصال همهٔ اشیا به اینترنت است. اینترنت اشیا سنسورها، اشیا و گره‌های هوشمند را یکپارچه می‌کند که بدون دخالت انسان با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند (Dadhaneeya et al., 2023). از مزایای اینترنت اشیا می‌توان در صنایع مختلف به‌گونه‌ای بهره برد که بازده بالاتری را به‌همراه داشته باشد و ایمنی را به حداکثر برساند (Lv et al., 2019). فن‌آوری اینترنت اشیا امکان نظارت بر داده‌ها را در زمان واقعی فراهم می‌کند و تأثیر مثبتی بر سلامت، ایمنی، امنیت و محیط‌زیست دارد.

در سال‌های اخیر مطالعاتی انجام شده است که استفاده و پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز پیشنهاد می‌کند. همچنین بسیاری از تحقیقات به این نتیجه رسیده‌اند که پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال، به‌خصوص اینترنت اشیا، عملیات را تسهیل می‌کند؛ درنتیجه به رهبران نفت و گاز اجازه می‌دهد تا به‌طور مؤثر ثابت کنند که دارایی‌های خود را ایمن، پایدار و مطمئن اداره کنند (Tung et al., 2020).

با وجود کاربرد گسترده و حیاتی اینترنت اشیا، استفاده از آن همواره با چالش‌هایی همراه است. نکتهٔ خوب، قابلیت‌هایی است که زیرساخت‌های موجود در صنعت نفت و گاز برای پیاده‌سازی این فناوری دارد.

با توجه به اینکه دنیای فناوری بسیار سریع‌تر از مطالعات دانشگاهی پیشرفت می‌کند، مدیران اجرایی فاقد ادراک لازم از چالش‌های به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گازند؛ بنابراین همان‌طور که پیش‌تر ارائه شد، تحقیقی در صنعت نفت و گاز وجود ندارد که موانع مختلف مربوط به به‌کارگیری اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز شناسایی کند. ارائهٔ مدلی از موانع و تحلیل نقش هریک از موانع و درنهایت سناریونویسی آنها، به اعمال توجه بیشتری به آنها به‌منظور رفع موانع و تسهیل به‌کارگیری این فناوری در صنعت نفت و گاز می‌شود.

۲-۱ پیشینهٔ پژوهش و شکاف تحقیقاتی

محققان به بحث اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز ورود کرده و مطالعاتی نیز انجام‌اند که از جملهٔ آن به پژوهش‌های زیر اشاره می‌شود.

وانگ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش خود، توسعهٔ یک سیستم فناوری مبتنی بر اینترنت اشیا را برای پیشگیری از خطرات ایمنی در سازه‌ها بررسی کردند. در این پژوهش یک سیستم فناوری مدرن برای پیشگیری از خطر پیشنهاد شد که از فناوری‌های مرتبط با اینترنت اشیا برای ادغام موقعیت‌یابی منبع خطر و استقرار جریان وظیفهٔ کارگران در کل فرآیند ساخت و ساز استفاده می‌کند. هدف تحقیق آنها استقرار فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا ازطریق تیم‌های عملکردی جدید برای تشکیل یک سیستم یکپارچهٔ چندمنظوره و تعاملی همه‌جانبه است که استفاده از منابع ایمنی را حداکثر و متنوع می‌کند؛ بنابراین مجموعه‌ای از اقدامات ایمنی را ارائه می‌دهد که کل فرآیند ساخت و ساز را پوشش می‌دهد.

واناسینگه و همکاران[۹] (۲۰۲۰) ازطریق یک بررسی سیستماتیک و مرور پیشینه، فناوری مفهوم اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز بررسی کردند. در این پژوهش هشت چالش اصلی و ده محدودیت به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز بررسی شد. با بررسی پیشینه، هشت چالش اساسی به دست آمد که عبارت‌اند از: امنیت سایبری، آمادگی فناوری، قابلیت همکاری، سازگاری و استانداردسازی، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، دامنه و انتخاب ابزار، نگهداری و فرسودگی و طرز فکر کارکنان. این مقالهٔ مروری، یک مرور کلی و ارزیابی را از نقش، تأثیر، فرصت‌ها، چالش‌ها و وضعیت فعلی استقرار اینترنت اشیا در صنعت O&G ارائه می‌کند.

کیم و همکاران (۲۰۱۹)، توسعهٔ یک سیستم مدیریت ایمنی ساخت و ساز مبتنی بر اینترنت اشیا را بررسی کردند. آنها دریافتند که سیستم‌های مدیریت ایمنی محل ساخت و ساز، عمدتاً فقط در مقیاس بزرگ اجرا می‌شوند؛ بنابراین سیستم مدیریت ایمنی وجود ندارد که با هزینهٔ کم، حتی در سایت‌های ساختمانی کوچک‌تر اجرایی باشد. در این پژوهش یک سیستم مدیریت ایمنی سایت ساخت‌وساز مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) پیشنهاد شده است که با هزینهٔ کم نه‌تنها در سایت‌های ساخت‌وساز بزرگ، در سایت‌های ساخت و ساز کوچک‌تر نیز اجرا می‌شود. این سیستم توسعه‌یافته به‌طور مؤثر از حوادث ایمنی در سایت‌های ساختمانی در مقیاس بزرگ و مقیاس کوچک، جلوگیری می‌کند.

ستار و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان محرک‌های پذیرش اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز ازطریق مرور نظام‌مند پیشینه، محرک‌های پذیرش اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز شناسایی و یک مدل مفهومی را برای تسهیل فرآیند پذیرش این فناوری در این صنعت ارائه کردند. مدل پیشنهادی این تحقیق از دو چارچوب و نظریه‌های مختلف پذیرش سیستم اطلاعاتی (IS) در سطح سازمانی، یعنی چارچوب فناوری-سازمان-محیط (TOE) و تئوری انتشار نوآوری(DOI) استخراج شده است. این مطالعه، به سازمان‌ها و صنعت نفت و گاز کمک می‌کند تا محرک‌های پذیرش اینترنت اشیا را درک کنند، مدل کسب و کار و سرمایه‌گذاری خود را در اینترنت اشیا پیکربندی و جامعهٔ تحقیقاتی را تشویق کنند تا در تحقیقات بیشتر دربارهٔ دیگر محرک‌های پذیرش اینترنت اشیا تحقیق کنند.

تیبود و همکاران[۱۰] (۲۰۱۸) نقش اینترنت اشیا را در محیط‌زیست، سلامت و ایمنی صنایع پرخطر بررسی کردند. آنها در مطالعهٔ خود از رویکرد مرور نظام‌مند پیشینه استفاده کردند. در این پژوهش بخش‌های مراقبت‌های بهداشتی، زنجیره‌های تأمین غذایی، معدن و انرژی، حمل و نقل و ساختمان و زیرساخت‌ها بررسی و چالش‌های مرتبط با این بخش‌ها شناسایی شدند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که «چالش‌های فنی» و «مسائل اجتماعی و اقتصادی»، مهم‌ترین چالش‌های مرتبط با اینترنت اشیا در صنایع پرخطر مانند بهداشت و درمان و صنایع غذایی‌اند.

شامبیاتی و همکاران[۱۱] (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای، مدلی را برای بهینه‌سازی عملکرد پردازش اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین مجازی مبتنی بر اینترنت اشیا، با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی ریاضی و الگوریتم‌های فراابتکاری بررسی کردند. هدف این پژوهش، بهینه‌سازی عملکرد پردازش اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین مجازی حلقه بسته، با هدف حداکثرسازی سود و سرعت پردازش اطلاعات، با در نظر گرفتن هزینه‌های مجازی، امنیت اطلاعات و مصرف انرژی است. براساس نتایج این پژوهش، مدل پیشنهادی، استراتژی‌های مؤثری را برای دستیابی به برنامه‌ریزی تولید، بازتولید و توزیع محصول و بازیافت قطعات ارائه می‌دهد و همچنین در این مدل، با شناسایی محصولات بازیافت‌شدنی به کمکIoT ، به کاهش هزینه‌های خرید مواد اولیه و قطعات، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش سود زنجیرهٔ تأمین مجازی منجر می‌شود. محدودیت این پژوهش، تأیید روش و مدل ارائه‌شده با استفاده از داده‌های فرضی (مثال عددی) به‌جای داده‌های موردی واقعی است.

فلاحی و همکاران[۱۲] (۲۰۲۲)، موانع کلیدی اینترنت اشیا را در شهرهای هوشمند کشور ایران شناسایی و تحلیل کردند. هدف این پژوهش، شناسایی چالش‌های اصلی کاربرد اینترنت اشیا و درک رابطهٔ بین این چالش‌ها برای حمایت از توسعهٔ شهرهای هوشمند در ایران است. چهارده چالش عمده براساس تحلیل محتوای پژوهش‌های داخلی و خارجی استخراج شدند. با استفاده از تکنیک سوارا، چالش‌ها براساس دیدگاه‌های کارشناس مرتبط در عرصهٔ هوشمندسازی شهرهای ایران اولویت‌بندی شد. فعل و انفعالات زمینه‌ای بین چالش‌های شناسایی‌شده و اهمیت آنها با استفاده از مدل‌سازی ساختاری-تفسیری تعیین شد. طبق یافته‌های این پژوهش، چالش‌ها در روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری در شش سطح، سطح‌بندی شدند.

براساس مبانی نظری، صنعت نفت و گاز یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین صنایع جهان است؛ زیرا انرژی مورد نیاز برای حمل و نقل، گرمایش و تولید را تأمین می‌کند. هرچند فناوری اینترنت اشیا مزایای بالقوه‌ای در جنبه‌های مختلف صنایع اعم از ایمنی، فرآیندها و زیرساخت‌ها دارد، اما موانعی بر سر راه به‌کارگیری این فناوری در صنعت نفت و گاز وجود دارد و به همین دلیل است که پیاده‌سازی و به‌کارگیری اینترنت اشیا، پیشرفت بسیار محدودی

داشته است. این مورد توجه محققان و ذی‌نفعان را به خود جلب کرده است؛ زیرا اینترنت اشیا پتانسیل حل بسیاری از مسائل و مشکلات جاری را دارد. بسیاری از محققان مطالعاتی را دربارهٔ موانع اجرای اینترنت اشیا انجام داده‌اند (Wanasinghe et al., 2020Fallahi et al., 2022 ;)؛ اما به موانعی که صنعت نفت و گاز با آن مواجه است، کمتر توجه شده است. همچنین در پژوهش‌های موجود حوزهٔ اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، موانع مختلف به کار نگرفتن این فناوری بیشتر شناسایی، واکاوی و مدل‌سازی شده و در کمتر مطالعه‌ای، به تحلیل سناریو توجه شده است. با توجه به مسائل بیان‌شده و شکافی که در پژوهش‌ها ظاهر شد، شناسایی، مدل‌سازی و تحلیل سناریوی موانع کلیدی به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، نقطهٔ کانونی این پژوهش است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر ازلحاظ هدف کاربردی و ازنظر روش انجام پژوهش، کیفی- کمی است. در مرحلهٔ اول از روش تحلیل محتوا و در مرحلهٔ دوم از روش نقشه‌شناختی فازی استفاده شده است. در این مطالعه در مرحلهٔ کیفی (تحلیلی) با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیل محتوای پژوهش‌های داخلی و خارجی و براساس روش تحلیل محتوا، ۱۰ مانع به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز شناسایی شده است؛ سپس با استفاده از نظرات خبرگان و روش CVR موانع نهایی انتخاب شدند. در مرحلهٔ کمی (ریاضی)، ابتدا موانع شناسایی‌شده از سوی کارشناسان و خبرگان فعال در صنعت نفت و گاز، با استفاده از روش نقشه‌شناختی فازی تعیین ارتباط شدند. نمونهٔ آماری در این قسمت بر مبنای روش نمونه‌گیری هدفمند بود که تعداد ۱۰ نفر از افراد خبره و کارشناس در حوزهٔ صنعت نفت و گاز و فناوری اینترنت اشیا انتخاب شدند. از روش نمونه‌گیری هدفمند (قضاوتی) برای نمونه‌گیری استفاده شد تا از بهترین فرد اطلاعات مورد نیاز پژوهش اخذ شود. در روش نمونه‌گیری هدفمند، محقق با قضاوت خود اجازه دارد تعداد نمونه‌ها را در تحقیقات اکتشافی مشابه این تحقیق تعیین کند.

نقشهٔ شناختی فازی امکان نمایش گرافیکی روابط علت و معلولی را بین مفاهیم داده‌های کمی و کیفی فراهم می‌کند و از آن در مجموعه‌ای از رشته‌ها استفاده می‌شود؛ درنتیجه یکی از بهترین روش‌ها برای مدل‌سازی مسائل‌اند. گام‌های این روش به شرح ذیل است (Mazroui Nasrabadi, 2022):

تهیهٔ ماتریس اولیهٔ موفقیت: ماتریس اولیهٔ موفقیت، ماتریسی است که در آن سطرها نشان‌دهندهٔ عوامل شناسایی‌شده و ستون‌ها نشان‌دهندهٔ تعداد خبرگان است. هر درایه نشان‌دهندهٔ میزان اهمیتی است که خبره به آن می‌دهد.

تهیهٔ ماتریس فازی‌شده: در این مرحله با استفاده از ماتریس به دست آمده از مرحلهٔ قبل، طبق روابط شمارهٔ (۱) تا (۳)، ماتریس قبلی به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شود که اعداد آن در بازهٔ {۰و۱} قرار دارند.

$$\text{Max}\ (O_{iq}) \rightarrow X_i\left(O_{iq}\right) = 1 \quad (۱)$$

$$\text{Min}\ (O_{iq}) \rightarrow X_i\ (O_{iq}) = 0 \quad (۲)$$

$$\text{Xi}\ (O_{ij}) = \frac{O_{ij} - Min\ (O_{iq})}{Max\ (O_{iq}) - Min\ (O_{iq})} \quad (۳)$$

تهیهٔ ماتریس قدرت رابطه‌ای: برای محاسبهٔ ماتریس قدرت رابطه‌ای از روابط زیر استفاده شده است:

$$d_j = x_1(V_j) - x_2(V_j) \quad (۴)$$

$$d_j = x_1(V_j) - (1 - x_2(V_j)) \quad (۵)$$

رابطهٔ ۴ فاصلهٔ دو بردار در حالت رابطهٔ مستقیم با یکدیگر و رابطهٔ ۵، فاصلهٔ دو بردار در حالت رابطهٔ غیرمستقیم با یکدیگر است.

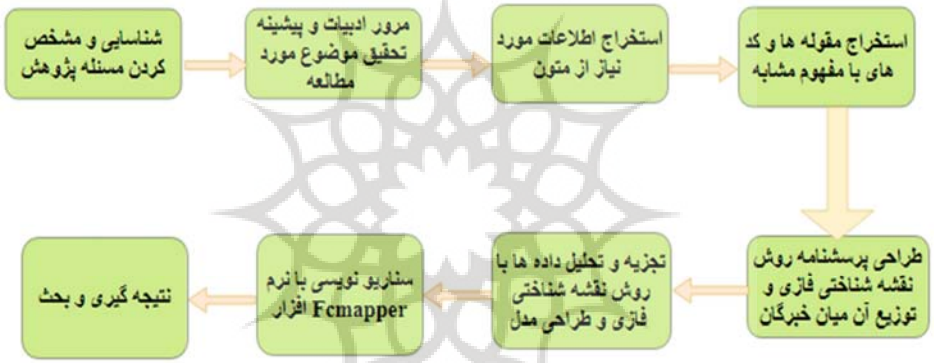
$$AD = \frac{\sum_{i}^{m=1} |d_j|}{m} \quad (۶)$$

$$S = 1 - AD \quad (۷)$$

تهیهٔ ماتریس نهایی موفقیت: بعد از تکمیل‌شدن ماتریس قدرت رابطه‌ای، ممکن است بعضی از داده‌ها گمراه‌کننده باشند؛ درنتیجه براساس نظر خبرگان، این روابط گمراه‌کننده حذف می‌شوند.

تهیهٔ نمودار نقشه‌شناختی فازی: ماتریس نهایی موفقیت به‌صورت یک نمایش گرافیکی در قالب نقشه‌شناختی فازی برای موانع پیاده‌سازی اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز ارائه می‌شود.

شکل ۱، فرآیند پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱. فرآیند انجام پژوهش

Fig. 1- Research process

۴- یافته‌ها

به‌منظور شناسایی و گردآوری داده‌های پژوهش، موارد زیر با استفاده از تکنیک تحلیل محتوا انجام شدند:

گام اول: تنظیم دامنهٔ پژوهش

در جدول ۱، دامنهٔ پژوهش شامل، هدف، جامعه و روش انجام پژوهش بیان شده است.

جدول ۱- دامنهٔ روش تحلیل محتوا

Table 1- The scope of the content analysis method

مؤلفه	نحوهٔ بررسی
هدف پژوهش	شناسایی موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز
جامعهٔ مطالعه‌شده	مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط با موضوع پژوهش در پایگاه دادهٔ وب اف ساینس و اسکوپوس
روش انجام پژوهش	بررسی منابع، شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌ها و موانع مؤثر، تحلیل و دسته‌بندی موانع شناسایی‌شده

گام دوم: مرور نظام‌مند پژوهش و پیشینهٔ تحقیق

واژگان منتخب مندرج در جدول ۲ در عنوان، چکیده، متن یا کلیدواژه‌های پژوهش‌ها در پایگاه‌های علمی معتبر، مانند ساینس‌دایرکت، الزویر، پروکوئست و گوگل اسکولار مطالعه و بازیابی شدند.

جدول ۲- واژگان منتخب برای جست‌وجوی کلی در پایگاه‌های علمی معتبر

Table 2- Selected words for general search in reliable scientific databases

واژگان منتخب	Selected word
اینترنت اشیا	Internet of Things
موانع اینترنت اشیا	Internet of Things Barriers
چالش‌های اینترنت اشیا	Internet of Things Challenges
صنعت نفت و گاز	Oil and gas industry

گام سوم: جست‌وجو و انتخاب متون مناسب

پژوهش‌های جمع‌آوری‌شده از سه جنبه، به شرح جدول ۳ انتخاب شدند:

جدول ۳- فراوانی مقالات و پژوهش‌های بررسی‌شده

Table 3- The frequency of reviewed articles and researches

شرح	مقالات داخلی	مقالات خارجی	مجموع
کل مقالات یافت‌شده در مرحلهٔ اول	۱۴	۱۶۰	۱۷۴
غربالگری ازنظر عنوان مرتبط	۶	۳۵	۴۱
غربالگری ازنظر چکیده	۳	۳۰	۳۳
غربالگری ازنظر محتوای متنی	۳	۴۰	۴۳
پژوهش‌های بررسی‌شده	۲	۵۵	۵۷

گام چهارم: استخراج اطلاعات از متون بررسی‌شده

دسته‌بندی مقالات مستخرج برحسب موانع به شرح جدول ۴ است.

جدول ۴- خلاصهٔ موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز

Table 4- Summary of the challenges and Barriers of using the Internet of Things in the oil and gas industry

مقالات	موانع	جنبه
هانگ و همکاران[۱۳] (۲۰۲۱)؛ فلاحی و همکاران (۲۰۲۲)؛ تیبود و همکاران (۲۰۱۸)	مسائل امنیتی و محرمانگی	تکنیکی
نای و همکاران[۱۴] (۲۰۲۰)؛ فلاحی و همکاران (۲۰۲۲)؛ وقار و همکاران [۱۵] (۲۰۲۳)	هزینه‌های ذخیره‌سازی و تحلیل داده‌ها	اقتصادی
تی‌سانگ و همکاران[۱۶] (۲۰۱۶)؛ سارانیو و همکاران[۱۷](۲۰۲۰)	محدودیت‌های هماهنگی و همکاری	سازمانی
الیبارو و هاسیمو[۱۸] (۲۰۱۸)؛ وقار و همکاران (۲۰۲۳)	وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها	سازمانی
لیو و همکاران[۱۹] (۲۰۲۰)؛ لی و پارک[۲۰] (۲۰۱۷)	فقدان حمایت مدیران	سازمانی
بلو و همکاران[۲۱] (۲۰۱۹)؛ جی ناگ و همکاران[۲۲] (۲۰۲۱)؛ فلاحی و همکاران (۲۰۲۲)	دانش و توانایی ضعیف کارکنان	سازمانی
هاریدوس و همکاران[۲۳] (۲۰۱۷)؛ میرمحمدیان و همکاران[۲۴] (۲۰۱۷)؛ هاواش و همکاران[۲۵] (۲۰۲۱)	وجودنداشتن قوانین معین و استاندارد واحد برای پذیرش اینترنت اشیا	یکپارچه‌سازی

مقالات	موانع	جنبه
گونرانت و همکاران[۲۶] (۲۰۲۰)؛ ستار و همکاران (۲۰۱۸)	هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا	اقتصادی
لیو و همکاران (۲۰۲۰)؛ راقوانشی و سینق[۲۷] (۲۰۲۰)	مقیاس‌پذیری محدود	یکپارچه‌سازی
فدر[۲۸] (۲۰۲۰)؛ لیجیگا و همکاران [۲۹] (۲۰۲۰)	مخالفت با تغییر	یکپارچه‌سازی

گام پنجم: استخراج مقوله‌ها و کدها

در این مرحله یافته‌های کیفی پژوهش، تجزیه و تحلیل و ترکیب شد. در ادامه کدهای با مفهوم مشابه در یک گروه طبقه‌بندی و در جدول شمارهٔ ۵ به‌طور خلاصه بیان شده است.

جدول ۵- طبقه‌بندی چالش‌ها و موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز

Table 5- Classification of challenges and Barriers of using Internet of Things in oil and gas industry

جنبه	موانع استخراج‌شده	نماد مانع	کد مندرج در مقالات
سازمانی	محدودیت‌های هماهنگی و همکاری	C1	ضعف ساختار واحدهای سازمان- اتصال واحدها- ارتباطات سازمانی
سازمانی	وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها	C2	ضعف زیرساخت فناوری- ضعف فرهنگ دیجیتال در سازمان
سازمانی	فقدان حمایت مدیران	C3	شناخت کم مدیران از فناوری- نداشتن بلوغ فکری مدیران- تجربهٔ ناکافی
سازمانی	دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان	C4	آموزش کارکنان حین کار- برنامه‌های مدون آموزش- دانش ناکافی کارکنان
یکپارچه‌سازی	مقیاس‌پذیری محدود	C5	پیچیدگی اجرا- سخت‌افزار و نرم‌افزار پیچیده
یکپارچه‌سازی	مخالفت با تغییر	C6	مقاومت- دیدگاه سنتی-بروکراسی سازمانی-وجودنداشتن یک نمونهٔ واقعی- مسائل مربوط به اعتماد
یکپارچه‌سازی	وجودنداشتن قوانین معین و استاندارد واحد برای پذیرش اینترنت اشیا	C7	ساختار مناسب- وجود قوانین و مصوبات الزام‌آور- تدوین قوانین و مقررات
اقتصادی	هزینه‌های ذخیره‌سازی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها	C8	کلان داده- دسترسی و پردازش داده‌ها- هزینهٔ ایجاد بسترهای مناسب
اقتصادی	هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا	C9	هزینهٔ ایجاد ساختار مناسب- هزینهٔ نگهداری و رسیدگی
تکنیکی	مسائل امنیتی و محرمانگی	C10	امنیت اطلاعات- محرمانه- ضعف امنیتی- آسیب‌پذیری- حریم خصوصی- جنبه‌های حقوقی-اجتماعی

در ادامه برای تعیین روایی موانع، از شاخص CVR استفاده شد. سنجش جنبه‌های مختلف یک پدیده براساس گویه‌های مختلفی انجام می‌شود که در پرسش‌نامه در نظر گرفته شده است؛ بنابراین برای برآورد و تخمین صحیح یک پدیده، نخست باید از درست‌بودن عوامل آن اطمینان حاصل شود. برای این منظور، از مفهوم روایی استفاده می‌شود. روایی نشان می‌دهد که گویه‌های جمع‌آوری‌شده تا چه اندازه مناسب تحقیق‌اند. ابتدا اهداف آزمون برای خبرگان توضیح داده و تعاریف عملیاتی مربوط به عوامل شناسایی‌شده بیان می‌شود؛ سپس از خبرگان خواسته می‌شود تا هریک از سؤالات را براساس طیف سه‌بخشی لیکرت طبقه‌بندی کنند. موانعی که از متون استخراج شدند، در اختیار دوازده نفر از خبرگان صنعت نفت و گازی قرار گرفت که دارای حداقل ۱۵ سال سابقهٔ کار در این صنعت بودند و از آنها خواسته شد براساس طیف سه‌بخشی (گویه ضروری است، گویه مفید است، ولی ضروری نیست، گویه ضرورتی ندارد) میزان اهمیت موانع را مشخص کنند. پس از گردآوری دیدگاه خبرگان، شاخص CVR هر

مانع محاسبه شد که مقدار آن برای تمامی موانع بیشتر از ۰/۵۶ بود که نشان‌دهندهٔ تأیید آنها ازنظر خبرگان است (Lawshe, 1975).

۳۲ کد در قالب ۱۰ مانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز و در ۴ جنبهٔ اقتصادی، تکنیکی، یکپارچه‌سازی و سازمانی طبقه‌بندی شدند. بیشتر موانع استخراجی مربوط به جنبهٔ سازمانی‌اند. در ادامه برای تحلیل موانع استخراج‌شده، پرسش‌نامه‌ای در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان صنعت، ناظران و مدیرانی قرار گرفت که دارای شاخص حداقل ۲۰ سال سابقهٔ کاری در این صنعت و آشنایی با موضوع بودند. از خبرگان خواسته شد که براساس اهمیت هر مانع از ۱ تا ۱۰۰ به آنها نمره بدهند. ماتریس تکمیل‌شده در جدول ۶، مشاهده می‌شود.

جدول ۶- ماتریس اولیهٔ موفقیت

Table 6- initial success matrix

موانع / خبره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
C1	۴۰	۷۰	۳۰	۷۰	۷۰	۵۰	۶۰	۵۰	۴۰	۶۰
C2	۴۰	۴۰	۶۰	۷۰	۵۰	۷۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
C3	۸۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۹۵	۱۰۰	۹۰	۹۰	۸۰	۸۰
C4	۶۰	۷۰	۸۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۶۵
C5	۷۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۸۰
C6	۸۰	۷۵	۵۰	۶۰	۸۰	۸۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۸۰
C7	۷۰	۸۰	۶۰	۶۰	۶۰	۷۰	۶۰	۷۰	۸۰	۶۰
C8	۵۰	۵۰	۶۰	۷۰	۷۰	۷۰	۶۰	۶۰	۶۰	۸۰
C9	۵۰	۵۰	۵۰	۷۰	۶۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
C10	۸۰	۱۰۰	۶۰	۷۵	۸۰	۴۰	۸۰	۷۰	۶۰	۸۰

در گام بعد، نمرات حاصل از جدول ۶ باید به مقادیر فازی‌شده مطابق فرمول ۳ تبدیل شوند. نتایج در جدول ۷، آورده شده است.

جدول ۷- ماتریس فازی‌شدهٔ موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا

Table 7- Fuzzy matrix of barriers to IoT Adoption

خبره / موانع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
C1	۰/۲۵	۱/۰۰	۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۷۵
C2	۰	۰	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱/۰۰
C3	۰	۰	۰/۵	۱/۰۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۰/۵	۰/۵	۰	۰
C4	۰	۰/۵	۱/۰۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۲۵
C5	۰/۶۶	۰	۰	۰	۰	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۰۰
C6	۰/۶	۰/۵	۰	۰/۲	۰/۶	۰/۶	۶/۰	۰/۸	۱/۰۰	۰/۶
C7	۰/۵	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰/۵	۱/۰۰	۰
C8	۰	۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/۰۰
C9	۰	۰	۰	۰/۶۶	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
C10	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۶۶	۰	۰/۶۶	۰/۵	۰/۳۳	۰/۶۶

در گام بعدی، ماتریس قدرت روابط طبق جدول ۸ محاسبه شد. این ماتریس بیانگر قدرت ارتباط است.

جدول ۸- ماتریس قدرت روابط موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا

Table 8- Relationship strength matrix of barriers to IoT Adoption

موانع	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1		۰/۷۶۴	۰/۷۹۲	۰/۷۳۶	۰/۷۵۰	۰/۸۰۶	۰/۷۵۰	۰/۸۱۵	۰/۷۵۰	۰/۸۷۵
C2	۰/۵۳۷		۰/۷۷۸	۰/۸۸۴	۰/۶۹۰	۰/۶۰۲	۰/۶۹۰	۰/۵۸۸	۰/۶۹۵	۰/۴۹۶
C3	۰/۴۲۱	۰/۸۸۴		۱/۰۰	۰/۶۴۸	۰/۶۴۸	۰/۶۵۸	۰/۵۸۴	۰/۵۷۹	۰/۳۸۰
C4	۰/۴۲۲	۰/۸۸۴	۱/۰۰		۰/۶۴۸	۰/۵۶۰	۰/۶۵۸	۰/۵۸۴	۰/۵۷۹	۰/۳۸۰
C5	۰/۵۷۹	۰/۶۹۰	۰/۶۴۸	۰/۶۴۸		۰/۶۷۶	۰/۷۶۹	۰/۷۵۰	۰/۷۹۲	۰/۶۴۹
C6	۰/۶۶۷	۰/۶۰۲	۰/۶۴۸	۰/۵۶۰	۰/۶۷۶		۰/۶۸۱	۰/۸۱۰	۰/۷۴۱	۰/۷۹۲
C7	۰/۴۱۲	۰/۶۹۰	۰/۶۵۸	۰/۶۷۶	۰/۷۶۹	۰/۶۸۱		۰/۸۳۳	۰/۷۶۳	۰/۶۲۱
C8	۰/۴۷۷	۰/۵۸۸	۰/۵۸۴	۰/۵۸۴	۰/۷۵۰	۰/۸۱۰	۰/۸۳۳		۰/۶۹۰	۰/۷۳۱
C9	۰/۵۳۷	۰/۶۹۵	۰/۵۷۹	۰/۵۷۹	۰/۷۹۲	۰/۷۴۱	۰/۷۶۳	۰/۶۹۰		۰/۶۹۰
C10	۰/۶۲۵	۰/۴۹۶	۰/۳۸۰	۰/۳۸۰	۰/۶۴۹	۰/۷۹۲	۰/۶۲۱	۰/۷۳۱	۰/۶۹۰	

برای ساخت ماتریس نهایی، براساس نظر تعدادی از خبرگان، ارتباطات بی‌معنای میان موانع حذف و جهت علی روابط مشخص شد که نتایج در جدول ۹ مشاهده می‌شود.

جدول ۹- ماتریس نهایی موفقیت موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا

Table 9- The final success matrix of barriers to IoT Adoption

موانع	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۱/۰۰	۰/۷۶۴	۰/۷۹۲	۰	۰/۷۵۰	۰	۰	۰	۰	۰
C2	۰	۱/۰۰	۰	۰/۸۸۴	۰/۶۹۰	۰	۰	۰/۵۸۸	۰/۶۹۵	۰
C3	۰	۰/۸۸۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۴۸	۰	۰/۶۵۸	۰	۰	۰/۳۸۰
C4	۰	۰	۰	۱/۰۰	۰/۶۴۸	۰/۵۶۰	۰	۰/۵۸۴	۰/۵۷۹	۰/۳۸۰
C5	۰	۰	۰	۰	۱/۰۰	۰/۶۷۶	۰/۷۶۹	۰	۰/۷۹۲	۰
C6	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۰	۰/۶۸۱	۰	۰/۷۴۱	۰
C7	۰/۴۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۰	۰/۸۳۳	۰/۷۶۳	۰/۶۲۱
C8	۰	۰/۵۸۸	۰	۰	۰	۰/۸۱۰	۰	۱/۰۰	۰/۶۹۰	۰/۷۳۱
C9	۰	۰/۶۹۵	۰/۵۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۰	۰
C10	۰/۶۲۵	۰/۴۹۶	۰/۳۸۰	۰	۰	۰/۷۹۲	۰/۶۲۱	۰/۷۳۱	۰/۶۹۰	۱/۰۰

در این مرحله، برای طراحی نقشه‌شناختی فازی موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، از نرم‌افزار FCMapper استفاده شد. در جدول ۱۰، شدت تأثیرگذاری، تأثیرپذیری، مرکزیت و نوع موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

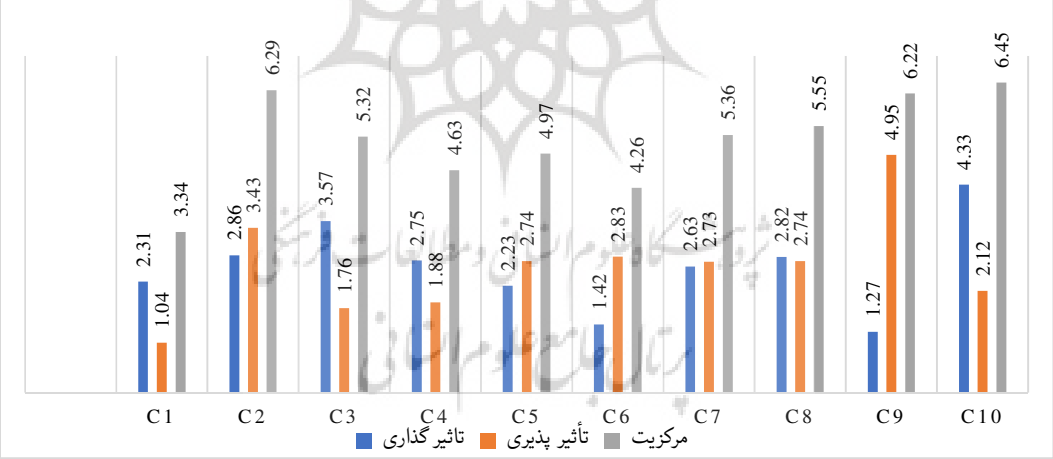
جدول ۱۰- نتایج تحلیل موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا

Table 10- The results of the analysis of barriers to IoT Adoption

موانع	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	مرکزیت	نوع
C1	۲/۳۱	۱/۰۴	۳/۳۴	معمولی
C2	۲/۸۶	۳/۴۳	۶/۲۸	معمولی
C3	۳/۵۷	۱/۷۵	۵/۳۲	معمولی
C4	۲/۷۵	۱/۸۸	۴/۶۴	معمولی
C5	۲/۲۴	۲/۷۴	۴/۹۷	معمولی
C6	۱/۴۲	۲/۸۴	۴/۲۶	معمولی
C7	۲/۶۳	۲/۷۳	۵/۳۶	معمولی
C8	۲/۸۲	۲/۷۴	۵/۵۶	معمولی
C9	۱/۲۷	۴/۹۵	۶/۲۲	معمولی
C10	۴/۳۴	۲/۱۱	۶/۴۵	معمولی

طبق جدول ۱۰، موانع مسائل امنیتی و محرمانگی، فقدان حمایت مدیران و وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها بیشترین تأثیرگذاری و موانع هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا، وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها و مخالفت با تغییر بیشترین تأثیرپذیری و مسائل امنیتی و محرمانگی، وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها و هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا، بیشترین مرکزیت را دارند. هر چقدر مقدار مرکزیت بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ اهمیت بیشتر آن و در نتیجه توجه و تمرکز بیشتر مدیران است.

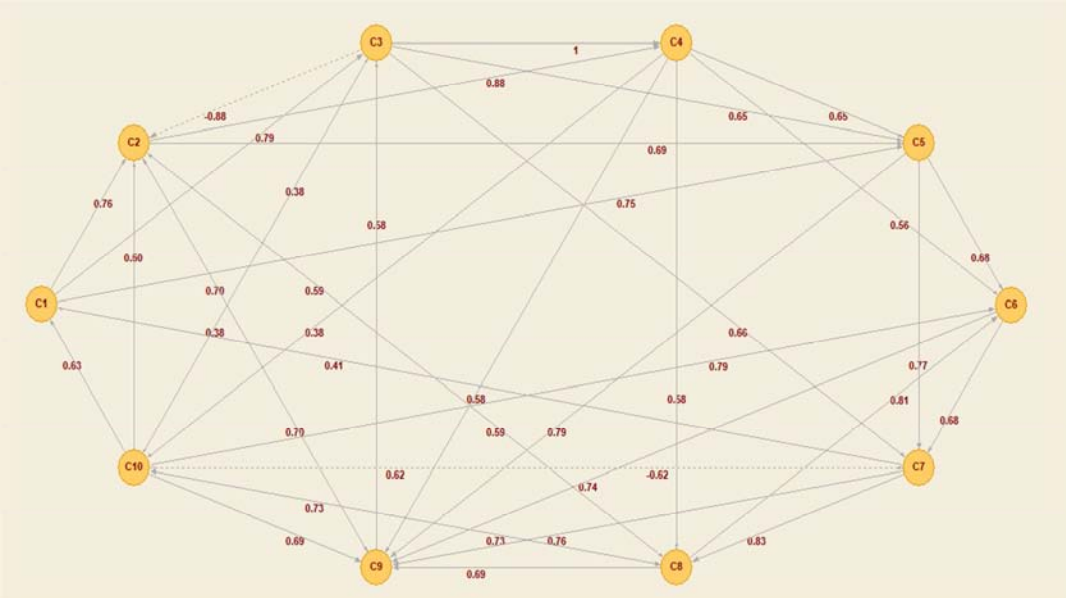
شکل ۲ مقادیر این سه مقوله را برای موانع مطالعه‌شده نشان می‌دهد.



شکل ۲- قدرت تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و مرکزیت موانع

Fig. 2- indegree power, out degree and centrality

با توجه به خروجی به دست آمده از نرم‌افزار Pajek، مدل نقشه‌شناختی فازی در شکل ۳ ترسیم شد. طبق شکل، جهت فلش، بیانگر جهت اثرگذاری و اعداد روی فلش، بیانگر میزان اثرگذاری است.



شکل ۳- نقشه‌شناختی فازی موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز

Fig.3- Fuzzy cognitive mapping of the barriers to using Internet of Things in the oil and gas industry

در این پژوهش، یک سناریوی رو به جلو و دو رو به عقب طراحی شد. در مرحلهٔ طراحی سناریوها، دو مانع با بیشترین تأثیرپذیری و یک مانع با بیشترین تأثیرگذاری انتخاب، تعیین شد.

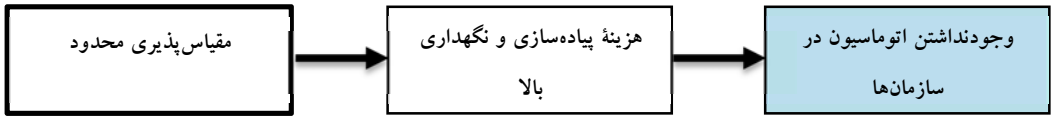
در سناریوی رو به عقب، تأثیرپذیرترین موانع انتخاب و موانع مؤثر بر آنها به‌صورت جداگانه برابر با صفر قرار داده شدند تا آثار آن بر مانع تأثیرپذیر مدنظر بررسی شود. هر مانعی که بیشترین اثر را داشته باشد، در مسیر ترسیمی قرار می‌گیرد.

در این سناریو مانع وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها، به‌عنوان یکی از تأثیرپذیرترین موانع انتخاب شد. همان‌طور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، (مانع نهم) بیشترین تأثیر را بر مانع دوم دارد. در مراحل بعدی با توجه به نتایج قبلی، تأثیرگذارترین مانع بر مانع نهم مشخص شد. با توجه به اختلاف ناچیزی که وجود دارد، حلقهٔ ایجاد و فرآیند در این نقطه متوقف می‌شود. شکل ۴، جزئیات این سناریو را نمایش می‌دهد.

جدول ۱۱- محاسبات اولین سناریوی رو به عقب

Table 11- Calculations of the first backward scenario

مانع تأثیرگذار	مانع تأثیرپذیر	میزان تغییر در تأثیرپذیری	مانع تأثیرگذار	مانع تأثیرپذیر	میزان تغییر در تأثیرپذیری
C1	وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها	۰/۰۶۱۳۰	C4	هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا	۰/۰۰۲۸۲
C3		-۰/۰۴۱۷۷	C5		۰/۰۰۴۶۰۲
C8		۰/۰۶۱۶۷	C6		۰/۰۰۴۰۲۹
C9		۰/۰۶۷۶۹	C7		۰/۰۰۳۷۹۶
C10		۰/۰۵۹۷۲	C10		۰/۰۰۳۴۸۹

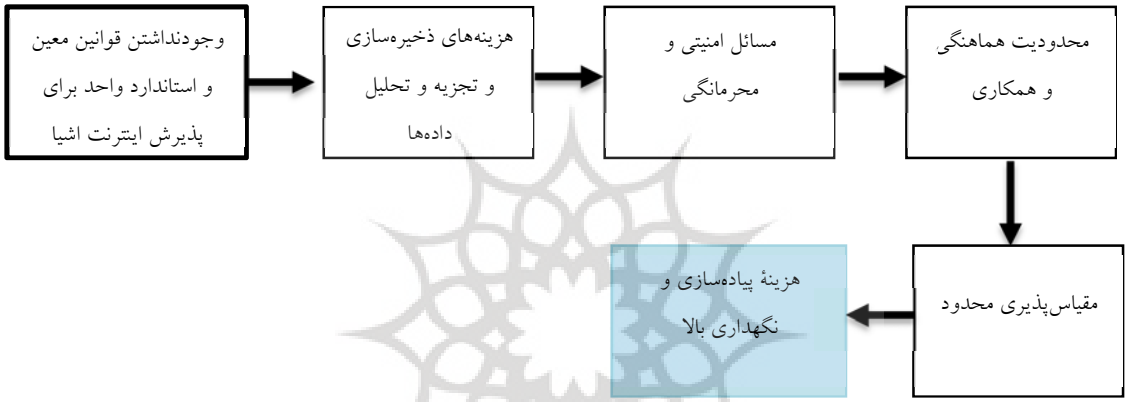


شکل ۴- سناریوی رو به عقب شمارهٔ ۱

Fig. 4- The first backward scenario

با توجه به شکل ۴، وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها بیشترین میزان تأثیرپذیری را از مانع هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا می‌گیرد و مقیاس‌پذیری محدود نیز، بالاترین میزان تأثیرگذاری را بر هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا می‌گذارد.

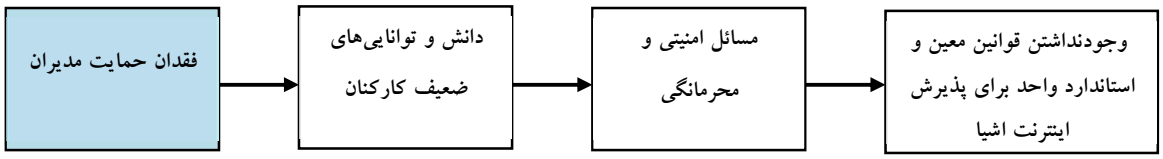
یک سناریوی رو به عقب دیگر، مشابه فرایند فوق برای مانع (هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا)، به‌عنوان تأثیرپذیرترین مانعی اجرا شد که تمامی موانع بر آن اثر می‌گذارند؛ نتیجهٔ آن در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- سناریوی رو به عقب شمارهٔ ۲

Fig 5. The second backward Scenario

با توجه به شکل ۵، مسیر مناسب برای اثرگذاری بر مانع هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا تشخیص داده می‌شود. در سناریوی رو به جلو، رفتار دیگر موانع در صورت تغییر در اثرگذارترین مانع پیش‌بینی شد. برای نقطهٔ شروع، مانع فقدان حمایت مدیران در نظر گرفته شد. برای ایجاد یک مسیر سناریوی رو به جلو برای این مانع، ابتدا ضریب این مانع صفر و سپس اثربخشی موانع خروجی این مانع بررسی شد. این مانع بیشترین تأثیر را بر مانع دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان دارد. در ادامه، این مانع صفر و تأثیر آن بر موانع خروجی بررسی شد. مسائل امنیتی و محرمانگی، بیشترین تأثیر را بر مانع دارد. به همین صورت مانع ۷ بیشترین تأثیرپذیری را دارد. این فرآیند در مانع ۷ متوقف شد. مسیر سناریوی رو به جلو در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- سناریوی رو به جلو برای مانع فقدان حمایت مدیران

Fig.6- Forward scenario to Lack of leadership support

شکل ۶ نشان می‌دهد فقدان حمایت مدیران، بالاترین اثرگذاری را بر دانش و توانایی‌های کارکنان دارد و به همین ترتیب دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان، بالاترین تأثیر را بر مسائل امنیتی و محرمانگی می‌گذارد. درنهایت مسائل امنیتی و محرمانگی باعث وجودنداشتن قوانین معین و استاندارد واحد برای پذیرش اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز می‌شود.

۵- بحث

این تحقیق موانع مرتبط با به‌کارگیری اینترنت اشیا را در صنعت نفت و گاز بررسی کرد. براساس این تحقیق، ده مانع عمده برای به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت و نفت گاز وجود دارد. یکی از نقاط قوت این مطالعه، ارائهٔ سناریوهایی برای غلبه بر موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا (IoT) در صنعت و نفت گاز است. این تحقیق پیامدهای سیاستی و مدیریتی مهمی برای صنعت و نفت گاز دارد؛ زیرا برای سازمان‌هایی که به اجرا و به‌کارگیری اینترنت اشیا فکر می‌کنند، جهت می‌دهد.. عمدتاً در تحقیقات، این موانع به‌صورت موردی یا بررسی یک جنبهٔ خاص ذکر شده‌اند. در ادامه، توضیح موانع و بحث دربارهٔ آنها بررسی شده است.

۵-۱ مسائل امنیتی و محرمانگی

در اینترنت اشیا، هر دستگاه متصل یک درگاه احتمالی به زیرساخت اینترنت اشیا یا داده‌های شخصی است. نگرانی‌های امنیت و محرمانگی داده‌ها بسیار مهم‌اند. صنعت نفت و گاز با زیرساخت‌های حیاتی و حساس مواجه است و حملات سایبری، عواقب شدیدی را به‌دنبال دارد. به همین دلیل، به‌کارگیری پروتکل‌های امنیتی پیشرفته، مانند Zigbee برای دستگاه‌های IoT ، که امنیت اطلاعات را در شبکه‌های صنعتی تقویت می‌کنند، بسیار ضروری است. همچنین استفاده از تکنولوژی بلاک‌چین برای تأمین زنجیرهٔ تأمین و جلوگیری از تغییرات غیرمجاز در داده‌ها، امنیت و محرمانگی را در این صنعت حفظ می‌کند.

هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا: به‌کارگیری اینترنت اشیا در یک محیط صنعتی، هزینهٔ زیادی را متوجه یک سازمان صنعتی می‌کند که این امر به سرمایه‌گذاری گسترده نیاز دارد. پیاده‌سازی فناوری‌های منبع باز برای کاهش هزینه‌های نرم‌افزاری و استفاده از **پلتفرم‌های IoT به‌عنوان سرویس**[۳۰] برای کاهش نیاز به سرمایه‌گذاری‌های اولیه است.

هزینه‌های ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها: اینترنت اشیا یکی از بزرگ‌ترین منابع برای جمع‌آوری مقادیر زیادی از داده‌هاست. باید به ذخیره‌سازی، دسترسی و پردازش چنین داده‌های بزرگی، که ازطریق دستگاه‌های تشکیل‌دهندهٔ یک محیط اینترنت اشیا ایجاد می‌شوند، توجه ویژه‌ای شود. استفاده و به‌کارگیری این الگوریتم‌ها و تکنیک‌های جدید مستلزم به‌کارگیری نیروی متخصص و همچنین سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مخصوصی است که هزینه‌های هنگفتی را به صنعت تحمیل می‌کنند. در این زمینه نای و همکاران (۲۰۲۰)، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و اینترنت اشیا را در مدیریت ایمنی در زیر آب بررسی کردند. برای رفع این مشکل، صنعت نفت و گاز باید در **فرایندهای تدوین استانداردهای** جهانی، نظیر IEEE 802.15 و IEC 6254 مشارکت کند.

وجودنداشتن قوانین معین و استاندارد واحد برای پذیرش اینترنت اشیا: در اینترنت اشیا اجزای مختلفی از یک سیستم با به‌کارگیری سنسورهایی که در آنها جاگذاری می‌شود، اطلاعات مختلفی را تولید می‌کنند که برای مدیریت این سیستم‌ها باید همگی به استاندارد واحد پایبند باشند. امروزه با وجود سیستم‌عامل‌های گوناگون و شرکت‌های مختلف که باهم در حال رقابت‌اند، رسیدن به استاندارد واحد سخت به نظر می‌رسد.

مخالفت با تغییر: کارکنان صنعت نفت و گاز و فعالیت‌های مرتبط با آن از گذشته تا به امروز، به شیوه‌های سنتی کار کردن عادت کرده‌اند. فن‌آوری‌ها و شیوه‌های جدید مانند اینترنت اشیا، چالش‌ها و خواسته‌های متفاوتی را برای تحول فرآیندها به‌همراه دارند؛ اما با این حال، به‌دلیل نبود درک و بی‌اطمینانی دربارهٔ نتیجهٔ این تغییرات، ترس در بین ذی‌نفعان صنعت ایجاد و از این رو، مقاومت در برابر هرگونه تحول تکنولوژیکی مشاهده می‌شود.

مقیاس‌پذیری محدود: سطح پیچیدگی و کمبود زیرساخت‌های فناوری، مقیاس‌پذیری سیستم‌های اینترنت اشیا را محدود می‌کند. برای افزایش مقیاس‌پذیری در صنعت نفت و گاز، استفاده از معماری‌های مقیاس‌پذی IoT ازجمله شبکه‌های نوری، شبکه‌های سلولی LTE/5G و شبکه‌های Mesh پیشنهاد می‌شود.

دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان: همهٔ ذی‌نفعان و کارکنان صنعت نفت و گاز (برای مثال، اپراتورها و ناظران و مدیران) از فناوری آگاه نیستند و از این رو، دامنهٔ اجرای اینترنت اشیا را محدود می‌کنند. دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان در مطالعهٔ جیناگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز، تأکید شده است. برای افزایش سطح دانش و توانایی‌های کارکنان در زمینهٔ IoT، پیشنهاد می‌شود برنامه‌های آموزشی تخصصی در همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی معتبر ایجاد شود. این برنامه‌ها شامل آموزش‌های آنلاین، دوره‌های فنی، کارگاه‌های تعاملی و شبیه‌سازی‌های عملی در محیط‌های واقعی صنعت نفت و گاز است.

فقدان حمایت مدیران: نداشتن انگیزه، پشتیبانی و تعهد مدیریتی کم، نداشتن انعطاف سازمانی و مسائل هماهنگی و همکاری و همچنین مسائل مالی سازمان، نقش مهمی در فقدان حمایت مدیران دارند. این تحقیق تأیید می‌کند که مانع فقدان حمایت مدیران، تأثیر عمده‌ای بر به کار نگرفتن اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز دارد؛ یعنی جنبه‌های درون‌سازمانی، مانند فقدان حمایت مدیران، دانش و توانایی‌های ضعیف کارکنان برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در این صنعت بسیار مهم‌اند. برخی از راه‌های غلبه به این موانع، شامل سرمایه‌گذاری در آموزش و رشد کارکنان، ایجاد خطوط باز ارتباط و همکاری بین همهٔ طرف‌های درگیر است.

وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها: اینترنت اشیا به زیرساخت‌هایی نیاز دارد که با سیستم‌های دیگر قابلیت اتصال و همکاری داشته باشد. صنعت نفت و گاز در بیشتر بخش‌ها از فرآیندهای سنتی استفاده می‌کند و فاقد زیرساخت‌های فناوری است. ایجاد اتوماسیون در صنعت نفت و گاز به همکاری نزدیک میان توسعه‌دهندگان سیستم‌های IoT و تولیدکنندگان دستگاه‌های صنعتی نیاز دارد؛ بنابراین، به‌روزرسانی دستگاه‌ها، فرآیندها و فناوری‌ها و مستقرکردن اتوماسیون در این صنعت ضروری است و به سرمایه‌گذاری کلان نیاز دارد. نتایج این بخش با مطالعهٔ وقار و همکاران (۲۰۲۳) دربارهٔ وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها بحث کرده است.

محدودیت هماهنگی و همکاری: قابلیت هماهنگی و همکاری بین دستگاه‌ها از حوزه‌های مختلف، به‌دلیل وجودنداشتن استانداردها و پروتکل‌های واحد جهانی، مانع اصلی موفقیت اینترنت اشیاست. در جایی که قطعات و تجهیزات مختلفی به یکدیگر متصل می‌شوند، سازگاری آنها یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در یک محیط هوشمند اینترنت اشیاست؛ بنابراین مشکلات هماهنگی و همکاری به وجود می‌آید.

۶- نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه، شناسایی و سناریونگاری موانع به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز بود. در فاز اول، موانع مختلف مرتبط با اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، با روش تحلیل محتوا شناسایی شدند و در فاز دوم، از روش نقشه‌شناختی فازی برای تحلیل و تدوین سناریوها استفاده شد.

طبق نتایج، مسائل امنیتی و محرمانگی و فقدان حمایت مدیران تأثیر زیادی بر دیگر موانع دارند. امنیت و محرمانگی اطلاعات در اینترنت اشیا باید از ابتدایی‌ترین مرحلهٔ طراحی تا نهایی‌ترین مرحلهٔ خدمات پاسخ داده شود تا بر چالش‌ها و محدودیت‌های فنی موجود غلبه کند. با توجه به مانع امنیت و محرمانگی، لازم است که صنایع از سیستم‌های مطرح‌شده در زمینهٔ حل مسئله امنیت و محرمانگی اطلاعات برای رفع این چالش کمک بگیرند. برای رفع مانع فقدان حمایت مدیران، لازم است به تغییر روش کار شرکت به‌سمت دیجیتالی‌شدن توجه ویژه‌ای شود و نیز آن را در میان مدیران نهادینه کرد. ایجاد تغییر در طرز تفکر مدیران برای جلب حمایت آنان ضروری است. همچنین وجودنداشتن نمونهٔ واقعی و موفق، کمبود انگیزه، محدودیت‌های مالی در سازمان، همگی باعث فقدان حمایت مدیران از این فناوری می‌شوند. بدیهی است که آگاهی، آموزش و درک صحیح از شیوه‌های به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز وجود ندارد که این امر فقدان حمایت مدیران را در به‌کارگیری این فناوری محدود می‌کند.

در مسیر سناریوی رو به عقب شمارهٔ ۱، با تأکید بر مانع (وجودنداشتن اتوماسیون در سازمان‌ها) مشاهده می‌شود که موانع هزینهٔ پیاده‌سازی و نگهداری بالا و مقیاس‌پذیری محدود، موانع اساسی و حیاتی مطرح می‌شوند. نکتهٔ درخور توجه در مسیر این دو سناریوی رو به عقب، تأثیر بسیار زیاد و چشمگیر مانع مقیاس‌پذیری محدود بر تأثیرپذیرترین موانع موجود در سیستم است. از نوآوری‌های این مطالعه که تمایز دقیق و روشنی را بین این مطالعه و مطالعات مرتبط دیگر ایجاد می‌کند، ارائهٔ سناریوهای رو به جلو و رو به عقب برای شناسایی مسیرها و نوع اثرگذاری و اثرپذیری موانع بر یکدیگر و همچنین ترکیب روش‌های تحلیل محتوا و نقشه‌شناختی فازی در زمینهٔ موانع اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز است. یکی از موانع مهم بر سر راه به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز، مسائل امنیتی و محرمانگی داده‌ها در قسمت‌های مختلف است و این موضوع باعث تمایل‌نداشتن ذی‌نفعان و تصمیم‌گیرندگان برای استفاده از این فناوری می‌شود. نتایج این مطالعه، بینش‌های ارزشمندی را به محققان، مدیران و سیاست‌گذاران صنعت نفت و گاز ارائه می‌دهد. پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های جدید، مانند اینترنت اشیا، در صنایع مختلف فرآیندی زمان‌بر و تدریجی است؛ از این رو، تحقیقات باید به‌صورت مطالعات طولی طراحی شوند و آثار و تغییرات را در طول زمان بررسی کنند. در این پژوهش تمرکز بر موانع و چالش‌ها بود که این نباید موجب غفلت از فرصت‌ها و مزایای استفاده از فناوری‌ها شود. محققان باید به‌طور هم‌زمان به فرصت‌ها

و مزایای استفاده از IoT در صنعت نفت و گاز توجه کنند. محققان در تحقیقات آتی خود باید ابعاد مختلف پذیرش IoTرا در صنعت نفت و گاز و دیگر صنایع را بررسی کنند و راهکارهای جدیدی را برای حل موانع موجود ارائه دهند. همچنین محققان باید دربارۀ تحلیل اقتصادی هزینه–فایده برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز و دیگر صنایع بحث کنند. نتایج آن نیز، تصمیم‌گیری دربارۀ پیاده‌سازی یا پیاده‌سازی‌نکردن اینترنت اشیا را تسهیل می‌کند. همچنین محققان برای تحقیقات آینده در این زمینه، ترکیب روش‌های مختلف مانند روش‌های ترکیبی کیفی و کمی، نقشه‌شناختی فازی و مدل‌سازی ساختاری–تفسیری و مطالعات مقایسه‌ای استفاده می‌کنند تا سطح‌بندی از موانع یا محرک‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیا را از صنعت نفت و گاز استخراج کنند.

در انجام این پژوهش به محدودیت‌هایی اشاره می‌شود. با توجه به اینکه تحقیق به صنعت خاصی محدود شد، یافته‌های آن ممکن است تحت تأثیر نظرات و سوگیری‌های خبرگان درگیر در فرآیند قرار گیرد و نتوانیم نتایج را در صنعت دیگری تعمیم دهیم. تحلیل موانع براساس تجربه‌های شخصی خبرگان، به محدودیت‌هایی در ترسیم نقشه‌های شناختی منجر می‌شود؛ یعنی برخی از موانع ممکن است برای یک فرد یا گروه از خبرگان برجسته شوند، ولی برای دیگران اهمیت کمتری داشته باشند.

References

Alakbarov, R. G., & Hashimov, M. A. (2018). Application and security issues of internet of things in oil-gas industry. *International Journal of Education and Management Engineering*, *8*(6), 24. 10.5815/ijeme.2018.06.03

Alnuaim, S. (2018). Energy, Environment, and Social Development: SPE's New Strategic Plan-Emphasizing Pride in What We Do. *Journal of petroleum technology*, *70*(11), 10-11. https://doi.org/10.2118/1118-0010-JPT.

AlRbeawi, S. (2023). A review of modern approaches of digitalization in oil and gas industry. *Upstream Oil and Gas Technology*, *11*, 100098. https://doi.org/10.1016/j.upstre.2023.100098

Bello, O., Teodoriu, C., Oluwafemi, O., & Olayiwola, O. (2019). Successful Geothermal Operation Management: Technology Adoption of Oil and Gas Drilling Rig Systems. *GRC Transactions*, *43*.

Cai, K. (2012). Internet of things technology applied in field information monitoring. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, *4*(12).

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*. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006

Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, *153*, 104583. https://doi.org/10.1016/j. resconrec.2019.104583.

Fallahi, A., Faraji, A., & Gharibi, A. (2022). Analysis of Key Barriers to the use of the Internet of Things in Iranian Smart Cities, *Journal of Business Intelligence Management Studies, 10(38), 137-171*. https://doi.org/10.22054/ims.2021.63159.2037.

Feder, J. (2020). Drones Move From" Nice To Have" to Strategic Resources for Projects. *Journal of petroleum technology*, *72*(12), 29-30. https://doi.org/10.2118/1220-0029-JPT

Gooneratne, C. P., Magana-Mora, A., Otalvora, W. C., Affleck, M., Singh, P., Zhan, G. D., & Moellendick, T. E. (2020). Drilling in the fourth industrial revolution—Vision and challenges. *IEEE Engineering Management Review, 48*(4), 144-159. 10.1109/EMR.2020.2999420

Haridoss, S. (2017). Health and safety hazards management in oil and gas industry. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, *6*(6), 1058 -1061. 10.17577/IJERTV6IS060508

Hawash, B., Mokhtar, U. A., Yusof, Z. M., Mukred, M., & Gaid, A. S. (2021, March). *Factors affecting Internet of Things (IoT) adoption in the Yemeni oil and gas sector*. In 2021 International Conference of Technology, Science and Administration (ICTSA) (pp. 1-7). IEEE. 10.1109/ICTSA52017.2021.9406527

Huang, J., Wu, X., Huang, W., Wu, X., & Wang, S. (2021). Internet of things in health management systems: A review. *International Journal of Communication Systems*, *34*(4), e4683. https://doi.org/10.1002/dac.4683

Ijiga, O. E., Malekian, R., & Chude-Okonkwo, U. A. (2020). Enabling emergent configurations in the industrial Internet of Things for oil and gas explorations: A survey. *Electronics*, *9*(8), 1306. https://doi.org/10.3390/electronics9081306

Jinag, Z., Zheng, D., Zeng, F., Fu, M., & Zhang, M. (2021). Study on safety management model of oil and gas pipeline based on hazard theory. *Hunan Daxue Xuebao*, *48*(4), 56-65. 10.16339/j.cnki.hdxbzkb.2021.04.007

Kim, S. H., Ryu, H. G., & Kang, C. S. (2019). Development of an IoT-based construction site safety management system. *Information Science and Applications 2018: ICISA 2018*, *514*, 617-624. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1056-0_60

Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel psychology, 28,563-575.*

Lee, D., & Park, N. (2017). Technology and policy post-security management framework for IoT electrical safety management. *The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, *66*(12), 1879-1888. https://doi.org/10.5370/KIEE.2017.66.12.1879

Liu, L., Song, W., & Liu, Y. (2023). Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies. *Computers & Industrial Engineering*, *178*, 109113. https://doi.org/ 10.1016/j.cie.2023.109113.

Liu, S., Nkrumah, E. N. K., Akoto, L. S., Gyabeng, E., & Nkrumah, E. (2020). The state of occupational health and safety management frameworks (OHSMF) and occupational injuries and accidents in the Ghanaian oil and gas industry: Assessing the mediating role of safety knowledge. *BioMed research international*, *2020*(1), 6354895. https://doi.org/10.1155/2020/6354895

Lv, Z., Hu, B., & Lv, H. (2019). Infrastructure monitoring and operation for smart cities based on IoT system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *16*(3), 1957-1962. 10.1109/TII.2019.2913535

Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers & industrial engineering*, *127*, 925-953. https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030

Mazroui Nasrabadi, E. (2022). Presenting a Model of the Critical Success Factors of the Health Tourism Supply Chain: a Fuzzy Cognitive Map Approach. *Health Information Management*, *19*(2), 79-87. https://doi.org/10.48305/him.2023.41125.1050

Mirmohammadian, S. M., Berhlia, S., Babamahmoudi, R., & Akhondi, Z. (2017). A Review of Challenges and Solutions to Preventing IoTChallenges. *10th Conference on Modern Research in Science andTechnology*, pp. 1-11.

Nie, X., Fan, T., Wang, B., Li, Z., Shankar, A., & Manickam, A. (2020). Big data analytics and IoT in operation safety management in under water management. *Computer Communications*, *154*, 188-196. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.052

Raghuvanshi, A., & Singh, U. K. (2020). WITHDRAWN: Internet of Things for smart cities-security issues and challenges. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.849

Reegu, F., Khan, W. Z., Daud, S. M., Arshad, Q., & Armi, N. (2020, November). *A reliable public safety framework for industrial internet of things (IIoT).* In 2020 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET) (pp. 189-193). IEEE. 10.1109/ICRAMET51080.2020.9298690

Saranya, V., Carmel Mary Belinda, M. J., & Kanagachidambaresan, G. R. (2020). An evolution of innovations protocols and recent technology in industrial IoT. *Internet of Things for Industry 4.0: Design, Challenges and Solutions*, 161-175. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32530-5_11

Satar, S. B. A., Hussin, A. R. C., & Ali, Y. S. (2018). Drivers of internet of things adoption in oil and gas industry. *Advanced Science Letters*, *24*(10), 7364-7370. https://doi.org/10.1166/asl.2018.12943

Shafique, M.N., Rashid, A., Bajwa, I.S., Kazmi, R., Khurshid, M.M. and Tahir, W.A. (2018). Effect of IoT capabilities and energy consumption behaviour on green supply chain integration. *Applied Sciences*, 8(12), 2481. https://doi.org/10.3390/app8122481.

Shambayati, H., Shafiei Nikabadi, M., Khatami Firouzabadi, S., Rahmanimanesh, M., & Saberi, S. (2022). A model for the optimization of information process performance in the IoT-based virtual supply chain. *journal of research in Production and Operations Management 13(1), 1-24.* https://dx.doi.org/10.22108/jpom.2022.129445.1385.[In Persian].

Thibaud, M., Chi, H., Zhou, W., & Piramuthu, S. (2018). Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review. *Decision Support Systems*, *108*, 79-95. https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.02.005

Toma, C., & Popa, M. (2018). IoT security approaches in oil & gas solution industry 4.0. *Informatica Economica*, *22*(3), 46-61. 10.12948/issn14531305/22.3.2018.05

Tsang, Y. P., Choy, K. L., Poon, T. C., Ho, G. T. S., Wu, C. H., Lam, H. Y., & Ho, H. Y. (2016). An IoT-based occupational safety management system in cold storage facilities. In *6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation* (pp. 7-13). Atlantis Press. 10.2991/iwama-16.2016.2

Tung, T. V., Trung, T. N., Hai, N. H., & Tinh, N. T. (2020). Digital transformation in oil and gas companies-A case study of Bien Dong POC. *Petrovietnam Journal*, *10*, 67-78. https://doi.org/10.47800/PVJ.2020.10-07

Wanasinghe, T. R., Gosine, R. G., James, L. A., Mann, G. K., De Silva, O., & Warrian, P. J. (2020). The internet of things in the oil and gas industry: a systematic review. *IEEE Internet of Things Journal*, *7*(9), 8654-8673. 10.1109/JIOT.2020.2995617

Wang, X., Liu, C., Song, X., & Cui, X. (2022). Development of an internet-of-things-based technology system for construction safety hazard prevention. *Journal of Management in Engineering*, *38*(3), 04022009. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001035

Waqar, A., Khan, M**. B.**, Shafiq, N., Skrzypkowski, K., Zagórski, K., & Zagórska, A. (2023). Assessment of challenges to the adoption of IOT for the safety management of small construction projects in Malaysia: structural equation modeling approach. *Applied Sciences*, *13*(5), 3340. https://doi.org/10.3390/app13053340

Waqar, A., Qureshi, A. H., & Alaloul, W. S. (2023). Barriers to building information modeling (BIM) deployment in small construction projects: Malaysian construction industry. *Sustainability*, *15*(3), 2477. https://doi.org/10.3390/su15032477

Zhihong, F. (2020, April). *Application of IoT technology in construction engineering safety management*. In 2020 International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS) (pp. 651-656). IEEE. 10.1109/ICUEMS50872.2020.00143.

[1] Alnuaim
[2] Industry 4.0
[3] Kim et al.
[4] Satar et al.
[5] AlRbeawi
[6] Wang et al.
[7] Toma & Popa
[8] Internet of Things
[9] Wanasinghe et al.
[10] Thibaud et al.
[11] Shambayati et al.
[12] Fallahi et al.
[13] Huang et al.
[14] Nie et al.
[15] Waqar et al.
[16] Tsang et al.
[17] Saranya et al.
[18] Alakbarov & Hashimov et al.
[19] Liu et al.
[20] Lee & Park et al.
[21] Bello et al.
[22] Jinang et al.
[23] Haridoss et al.
[24] Mirmohammadian et al.
[25] Hawash et al.
[26] Gooneratne et al.
[27] Raghuvanshi & Singh
[28] Feder
[29] Ijiga et al.
[30] IoT-as-a-Service

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی