Energy Engineering and Management, Vol. 14, No. 1, PP. 90-107, Spring 2024

Presenting the Model of Internet of Things Drivers in Iran's Oil, Gas, and Electric Power Industry Supply Chain With a Fuzzy Total Interpretive Structural Modeling Approach

Zahrasadat Hasheminasab,[1] Esmaeil Mazroui Nasrabadi,[2*] Zahra Sadeqi Arani[3]

[1] *Department of Business Administration, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran, zahras.hashemin@yahoo.com*
[2] *Department of Business Administration, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran, drmazroui@kashanu.ac.ir*
[3] *Department of Business Administration, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran, Sadeqiarani@kashanu.ac.ir*

Keywords:
internet of things (IoT)
oil and gas and electric power industry supply chain driver
fuzzy total interpretive structural modeling

Original Research Article

Paper History:
Received: 17/11/2023
Revise: 22/02/2024
Accepted: 24/02/2024

Abstract: In recent years, the Internet of Things (IoT) has emerged as a significant technology in the industrial and academic sectors, particularly in the context of the fourth-generation industry. Encouraging industries, including oil, gas, and electric power sectors to adopt IoT technology expeditiously is crucial due to its numerous advantages. This article focuses on the oil and gas and electric power industry, which is a vital sector in any country, and emphasizes the need for the accelerated implementation of IoT to unlock its potential benefits. Despite the potential of IoT to achieve important and innovative changes in oil, gas, and electric power industries, surveys indicate a slow adoption trend in Iran. Thus, this research aims to identify and model the drivers that influence the implementation of IoT in Iran's oil, gas, and electric power industry supply chain. The research consists of two stages: the identification of drivers through literature review and assessment using the Delphi method and the presentation of a model of drivers using fuzzy total interpretive structural modeling. The results, comprising 75 drivers categorized into 14 general categories, highlight "government regulations" as the most fundamental driver in Iran's oil, gas, and electric power industry supply chain.

How to cite this article: Hasheminasab, Z., Mazroui Nasrabadi, E., Sadeqi Arani, Z., "*Presenting The Model of Internet of Things Drivers in Iran's Oil and Gas and Electric Power Industry Supply Chain With a Fuzzy Total Interpretive Structural Modeling Approach*", Energy Engineering and Management, Vol. 14, No. 1, PP. 90-107, Spring 2024. https://doi.org/10.22052/eem.2024.253818.1036
© 2023 University of Kashan Press.

This is an open access article under the CC BY license.(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introduction

In recent years, the Internet of Things (IoT) has emerged as a significant technology in the industrial and academic sectors, particularly in the context of the fourth-generation industry. Encouraging industries, including the oil, gas, and electric power sectors to adopt IoT technology expeditiously is crucial due to its numerous advantages. This article focuses on oil, gas, and electric power industries, which is a vital sector in any country, and emphasizes the need for the accelerated implementation of IoT to unlock its potential benefits. Despite the potential of IoT to achieve important and innovative changes in oil, gas, and electric power industries, surveys indicate a slow adoption trend in Iran. Thus, this research aims to identify and model the drivers that influence the

implementation of IoT in Iran's oil, gas, and electric power industry supply chain.

Materials and Methods

This research was conducted in two stages to identify and model the drivers of IoT implementation in Iran's oil, gas, and electric power industry supply chain. The study population consisted of experts from Iranian oil, gas, and electric power industries. To identify the drivers, a literature review was conducted on IoT in the supply chain. In the first stage, the Delphi method was utilized for data analysis. This method employs a set of questionnaires in iterative rounds to achieve consensus among a group of experts on a specific topic. In the second stage, a fuzzy total interpretive structural modeling approach was employed to analyze the data. This method overcomes the limitations of traditional interpretive structural modeling by incorporating fuzzy numbers.

Results

Based on the definition of the term "driver" in this study, the drivers extracted from the literature were first divided into two categories, titled "antecedent" and "consequent" for more accurate categorization. After identifying the experts and preparing a researcher-made questionnaire, the Delphi method was conducted in two qualitative rounds and one quantitative round. Ultimately, out of the 87 drivers identified from the literature, 7 drivers were added, and 14 drivers were merged in the qualitative phase, resulting in 80 drivers in this phase. In the quantitative phase, 75 drivers reached consensus and were confirmed, and 5 drivers were rejected. Based on the findings, a fuzzy total interpretive structural model of the drivers of IoT in the supply chain of Iran's oil, gas, and electric power industries was drawn. The model indicated the impact of drivers on each other. For example, according to the model, government regulations were identified as the most influential driver. In the continuation of the impact of drivers on each other, the type of impact and the cause of each one were separately specified. For example, the driver of government incentives had a strong impact on the driver of the level of understanding of benefits, which was caused by technical and educational support from the government, as a subset of government incentives.

Efficiency of information flow and improved transparency were considered two other drivers that affected each other. Transparency means providing accurate and clear information about the performance and activities of different sectors and processes of the industry. As a result, managers and employees of each sector are better aware of the activities of the industry, including production, distribution, and consumption. Due to this awareness, the ability to monitor and review properly also increases. For example, drilling is a significant aspect of the oil and gas industry, and IoT offers an advantage in increasing efficiency in drilling methods.

The development of responsiveness and agility had also a significant impact on sustainable development. The implementation and execution of IoT technology in Iran's oil, gas, and electric power industry supply chain have been highlighted for their benefits in responsiveness and flexibility, which are subsets of responsiveness and agility. Considering the predictions regarding increased electricity consumption in the future, this will further emphasize the importance of these two aspects in the supply chain of the electric power industry, as one of the most important industries. As a result, the implementation of IoT technology in this sector is of great importance.

Discussion and Conclusion

Through reviewing existing research, it has been determined that the identification, the clear categorization, and the model development for drivers of IoT in the oil, gas, and electric power industry supply chain of Iran have not yet been carried out. This current research has aimed to address this gap and provided innovation in this field. According to the model, governmental regulations have been identified as the highest-level driver with the most significant influence. Therefore, attention should be given to governmental regulations and their subsets, including the willingness to adopt IoT systems through laws and governmental regulations and two factors added by Iranian oil, gas, and electric power industry experts; that is changes in governmental policies and the formulation of clear laws and standards for entry and investment in this area. The greatest impact of governmental regulations has been on the driver of governmental incentives, which was situated at the sixth level of the model. Considering that governmental regulations were identified as the fundamental driver of IoT in the oil, gas, and electric power industry supply chain of Iran, researchers can conduct studies to evaluate and examine existing laws and conditions and to propose solutions. Similar to other studies, the present research has faced limitations. Due to the limited implementation of IoT technology extensively in the oil, gas, and electric power industry supply chain of Iran, an access to experts has been challenging and constrained by various limitations.

نشریه مهندسی و مدیریت انرژی

سال چهاردهم، شمارهٔ اول/ بهار ۱۴۰۳/ صفحه ۹۰ـ۱۰۷

ارائهٔ مدل رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی

زهرا سادات هاشمی‌نسب،[۱] اسماعیل مزروعی نصرآبادی،[۲*] زهرا صادقی آرانی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
zahras.hashemin@yahoo.com

[۲] استادیار، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
drmazroui@kashanu.ac.ir

[۳] استادیار، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
sadeqiarani@kashanu.ac.ir

چکیده: در سال‌های اخیر، اینترنت اشیا که از فناوری‌های مهم صنعت نسل چهار محسوب می‌شود، به یکی از موضوعات مهم در زمینه‌های صنعتی و دانشگاهی تبدیل شده است. ترغیب صنایع برای حرکت هرچه سریع‌تر به‌سمت استفاده از این فناوری به‌دلیل مزایای آن از اهمیت بالایی برخوردار است. صنعت نفت و گاز و برق، از صنایع مهم هر کشور محسوب می‌شود. تحول این صنعت مزایای زیادی برای بخش‌های مختلف ازجمله اقتصاد داشته و ضروری است سریع‌تر در مسیر پیاده‌سازی اینترنت اشیا حرکت کند. بررسی‌ها نشانگر روند آهستهٔ صنعت نفت و گاز و برق ایران در به‌کارگیری اینترنت اشیا بوده و ازآنجاکه این فناوری امکان ایجاد تغییرات مهم و نوآورانه را در این صنعت فراهم می‌کند، لازم است رانه‌ها شناسایی و مدل‌سازی شوند. تحقیق حاضر با هدف شناسایی و مدل‌سازی رانه‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران در دو مرحله انجام شده است. در مرحلهٔ اول، با مرور ادبیات رانه‌ها شناسایی و با روش دلفی، مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحلهٔ دوم، مدل رانه‌ها با روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی ارائه شد. نتایج ۷۵ رانه در ۱۴ دستهٔ کلی را نشان می‌دهد که «مقررات دولتی» بنیادی‌ترین رانه در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران است.

واژه‌های کلیدی:
اینترنت اشیا
صنعت نفت و گاز و برق
زنجیرهٔ تأمین
رانه
مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی

مقاله علمی‌پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵

https://doi.org/10.22052/eem.2024.253818.1036

۱. مقدمه و مرور ادبیات

در سال‌های اخیر، فناوری‌های جدید، شیوهٔ زندگی و کارها را دگرگون کرده [۱] و به‌طور چشمگیری نحوهٔ عملکرد صنایع را دچار تغییر نموده، فرصت‌های تجاری جدیدی را ایجاد کرده و بر نحوهٔ برقراری ارتباط، همکاری و عملکرد افراد در صنایع نیز تأثیر گذاشته‌اند [۲]. به‌علاوه، این فناوری‌های دگرگون‌کننده، پتانسیل ایجاد انقلاب در زنجیرهٔ تأمین صنایع مختلف و بهبود چشمگیر جنبه‌های مختلف زندگی را نیز دارند [۳]. صنعت نفت و گاز و برق از صنایع اساسی و مهم هر کشور به شمار می‌آیند و به‌دلیل تقاضای جهانی بالا، انکار اهمیت آن در صنعت انرژی دشوار است [۴ و ۵].

نوآوری در این بخش به دلایل متعددی ازجمله بهینه کردن فرایندهای زنجیرهٔ تأمین، افزایش پایداری و بهبود عملکرد ضروری است [۶]. از جنبه‌های نوآوری در صنایع می‌توان به استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا اشاره کرد. اینترنت اشیا یک انقلاب تکنولوژیکی است که فرایندهای مختلف را یکپارچه و ارتباط بین اشیا را امکان‌پذیر می‌کند و از آنجایی مهم است که سازمان‌ها را قادر می‌سازد به‌سرعت به تقاضای مشتری پاسخ دهند، فرایند تولید را بهبود بخشند و بهره‌وری را افزایش دهند [۷]. همچنین پیاده‌سازی فناوری‌های نوین در این بخش می‌تواند کارایی عملیاتی را افزایش و هزینه، ریسک و اثرات زیست‌محیطی را نیز کاهش دهد [۸].

ایران به توسعهٔ اینترنت اشیا توجه داشته و رویکردی سیستمی به نوآوری فناوری اینترنت اشیا در سطح ملی دارد. کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران در بهره‌برداری از فرصت‌های ارائه‌شده توسط اینترنت اشیا با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند [۹]. ایران به‌دلیل وجود تحریم‌ها در اجرا و پیاده‌سازی فناوری‌های جدید با چالش‌هایی مواجه است که بر اقتصاد و کسب‌وکارهای مرتبط با فناوری اطلاعات تأثیر منفی دارد [۱۰]. برخی از این چالش‌ها شامل وابستگی به مبانی قانونی، زیرساخت‌های فنی، اعتماد عمومی و شرایط اجتماعی و اقتصادی کشور است [۱۱]. به‌علاوه طبق بررسی‌های صورت‌گرفته، مواردی مانند عدم درک مزایا [۱۲]، عدم درک مدیران ارشد زنجیرهٔ تأمین [۱۳] و عدم درک منافع حاصل از پذیرش فناوری برای زنجیرهٔ تأمین [۱۴] نیز وجود دارند که درمجموع باعث شده پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز و برق ایران روند مطلوبی نداشته باشد و با آهستگی پیش رود؛ بنابراین به‌منظور سرعت بخشیدن و ایجاد انگیزه برای حرکت به‌سمت پیاده‌سازی فناوری در این صنعت، لازم است رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران شناسایی و بررسی شوند.

بررسی مقالات موجود در این حوزه بیانگر توجه ویژهٔ محققان و صنایع به موضوع اینترنت اشیا در سال‌های اخیر بوده و طبق آمار گزارش‌شده توسط مرجع [۱۵] در رابطه با انتشار مقالات اینترنت اشیا در حوزه‌ها و بخش‌های مختلف، زنجیرهٔ تأمین بیشترین میزان را دارد که نشان‌دهندهٔ اهمیت این موضوع است. استفاده از اینترنت اشیا مزایای متعدد و کاربردهای فراوانی را برای زنجیره‌های تأمین ازجمله زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق، یعنی در تأمین، انتقال و توزیع و تقاضای انرژی در بر خواهد داشت [۱۶ و ۱۷]. این مزایا شامل بهینه‌سازی مصرف انرژی [۱۸]، مدیریت موجودی، کاهش هزینه‌ها و مدیریت منابع انرژی [۱۹]، بهبود کارایی و نظارت [۲۰]، بهبود عملکرد زنجیرهٔ تأمین [۲۱] و افزایش قابلیت اطمینان [۲۲] است.

در مقالات موجود در این حوزه برخی رانه‌های نتیجه‌ای (مزایای) اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین شناسایی و بررسی شده است. برای مثال مرجع [۱۵] در پژوهش خود طبقه‌بندی منسجمی را ارائه کرده که مزایای اینترنت اشیا را در دو دستهٔ کلی طبقه‌بندی کرده است. مرجع [۲۲] در تحقیق خود به این موضوع که ظهور فناوری اینترنت اشیا تأثیر مثبتی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین دارد، اشاره کرده است. یک سیستم مدیریت انبار سالم می‌تواند منجر به کاهش هزینه و همچنین بهبود رضایت مشتری شود. مدل‌های سنتی مدیریت انبار برای نیازهای روزافزون بازار امروزی کارآمدتر و نامناسب شده‌اند. محققان در نتیجهٔ کار خود به برخی مزیت‌های اینترنت اشیا اشاره کرده‌اند. مرجع [۲۳] با استفاده از یک مرور ادبیات ساختاریافته برای تجزیه و تحلیل انتقادی ادبیات موجود، به هفت مزیت اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین اشاره کرده است. مرجع [۲۴] با بررسی زنجیرهٔ تأمین کشاورزی در تحقیق خود به مزایای اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین کشاورزی که ازجمله بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، کاهش هزینه‌ها و بهبود رقابت‌پذیری زنجیره‌های تأمین است، اشاره کرده است. مرجع [۱۴] به بررسی ادراک جامعهٔ دانشگاهی از تأثیر پذیرش اینترنت اشیا در زنجیره‌های تأمین با هدف تأیید مزایا و چالش‌های کلیدی موجود در ادبیات پرداختند. این تحقیق تأثیر بر یک سازمان را همراه با تأثیر در کل زنجیرهٔ تأمین آن ارائه می‌دهد. توسعهٔ قابلیت اطمینان، کاهش اثر شلاقی در زنجیرهٔ تأمین، ادغام بهتر فرایندهای

تجاری و... از مزایای شناسایی‌شده در این پژوهش بودند. مرجع [۲۰] با هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل چگونگی تأثیرگذاری فناوری اینترنت اشیا بر عملکرد مدیریت زنجیرهٔ تأمین در یافته‌های خود مزایای این فناوری اعم از بهبود مدیریت عملکرد زنجیره، افزایش عملکرد کلی، امکان‌پذیری رشد اقتصادی و... را ارائه کرده است. مرجع [۱۹] نیز در پژوهش خود به بررسی مزایای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین ازجمله بهبود تصمیم‌گیری، کاهش هزینه‌ها، مدیریت موجودی، مدیریت منابع انرژی و موارد دیگر پرداخته است. مرجع [۲۱] با بررسی نقش مهم فناوری اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین به مزایای حاصل از پیاده‌سازی این فناوری در زنجیرهٔ تأمین مانند بهبود عملکرد، بهبود کیفیت انتقال اطلاعات و موارد دیگر اشاره کرده است.

تمامی موارد فوق بیانگر فقدان پژوهش کافی و خلأ پژوهشی در این زمینه و لزوم انجام پژوهش جدید است. به‌علاوه تاکنون رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین شناسایی و دسته‌بندی نشده و مدلی برای آن در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران ارائه نشده است. همچنین شناسایی رانه‌ها، مدل‌سازی و بررسی روابط میان آن‌ها و مشخص شدن رانه‌های بنیادی در این بخش، سبب حرکت هرچه سریع صنعت به‌سمت این فناوری نوین و بهره‌مندی از مزایای فراوان آن خواهد شد که نتایج مطلوبی برای تصمیمات و سیاست‌گذاری‌ها در این صنعت ایجاد می‌کند. بنابراین، هدف این تحقیق شناسایی رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین از طریق مرور ادبیات موجود و دسته‌بندی آن‌ها و سپس مدل‌سازی رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران است. تحقیقات مختلفی درزمینهٔ اینترنت اشیا انجام شده است. به‌منظور تلخیص در نوشتار، جدول (۱) بیانگر شکاف تحقیقاتی است:

با توجه به اهمیت موضوع اینترنت اشیا پژوهش‌هایی در بخش‌های مختلف در این زمینه انجام شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود و با توجه به تعریف واژهٔ رانه، تاکنون پژوهشی در ارتباط با رانه‌های اینترنت اشیا و ارائهٔ مدل ساختاری تفسیری آن‌ها در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران انجام نشده است. درنتیجه این تحقیق برای پر کردن این خلأ انجام شده است.

جدول (۱): پیشینهٔ پژوهش

مرجع	عنوان پژوهش	مدل‌سازی	سطح تحلیل	صنعت
مرجع [۲۶]	مزایا، کاربردها و چالش‌های مربوط به اینترنت اشیا در آبیاری	–	–	آبیاری (کشاورزی)
مرجع [۱۵]	مرور سیستماتیک پذیرش اینترنت اشیا در سازمان‌ها: طبقه‌بندی مزایا، چالش‌ها و عوامل حیاتی	–	سازمان	–
مرجع [۱۹]	کاربرد اینترنت اشیاء در مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۰]	تعامل بین اینترنت اشیا و مدیریت زنجیرهٔ تأمین: چالش‌ها و فرصت‌ها براساس بررسی ادبیات سیستماتیک	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۳]	به‌سوی قابلیت دید زنجیرهٔ تأمین با استفاده از اینترنت اشیا	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۴]	ارزیابی اثرات زنجیرهٔ تأمین کشاورزی و تحلیل کلان داده براساس فناوری اینترنت اشیا	–	زنجیرهٔ تأمین	کشاورزی
مرجع [۲۲]	تأثیرات اینترنت اشیا بر زنجیرهٔ تأمین: چارچوبی برای انبارداری	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۵]	مروری بر اینترنت اشیا و تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشاورزی: مزایا و چالش‌ها	–	–	کشاورزی
مرجع [۲۷]	تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و اینترنت اشیا درحال ظهور در مدیریت زنجیرهٔ تأمین: یک بررسی سیستماتیک	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۸]	مطالعهٔ اکتشافی قصد پذیرش اینترنت اشیا در مدیریت لجستیک و زنجیرهٔ تأمین: یک رویکرد تحقیقاتی ترکیبی	–	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۲۱]	تأثیر قابلیت‌های اینترنت اشیا و رفتار مصرف انرژی بر یکپارچه‌سازی زنجیرهٔ تأمین سبز	معادلات ساختاری	زنجیرهٔ تأمین	–
مرجع [۱۴]	بررسی مزایا و چالش‌های بالقوهٔ مرتبط با ادغام اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین	–	زنجیرهٔ تأمین	–
پژوهش حاضر	ارائهٔ مدل ساختاری تفسیری رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت انرژی ایران	ساختاری تفسیری فراگیر فازی	زنجیرهٔ تأمین	صنعت انرژی ایران

۲. مبانی نظری پژوهش

در این بخش به شرح تعاریف مرتبط با موضوع، اعم از اینترنت اشیا، زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق و رانه پرداخته شده است.

۱.۲. اینترنت اشیا

اینترنت اشیای شبکه‌ای از اشیای هوشمند به‌هم‌پیوسته است که امکان ارائهٔ خدمات هوشمند به کاربران را فراهم می‌کند. در واقع این فناوری مفهومی است که اشیا را ازطریق اینترنت به هم متصل کرده و امکان برقراری ارتباط بین افراد، دستگاه‌ها، فرایندها و اشیا را فراهم می‌کند [۲۹ و ۳۰]. اینترنت اشیا شامل سیستم‌های مختلف سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که بیشتر به خدمات آنلاین و انواع نوآوری‌های ارتباطی و حسی پیشرفته وابسته است [۳۱]. این فناوری، اشیای فیزیکی را قادر می‌سازد تا ببینند، بشنوند، فکر کنند، کارهایی را انجام دهند و ازطریق آن‌ها به‌اصطلاح با یکدیگر صحبت کنند، اطلاعات را به اشتراک بگذارند و تصمیم‌ها را هماهنگ کنند. اشیای فیزیکی با استفاده از فناوری‌های زیربنایی، دستگاه‌های تعبیه‌شده، فناوری‌های ارتباطی، شبکه‌های حسگر، پروتکل‌های اینترنتی و برنامه‌های کاربردی هوشمند می‌شوند [۱۴].

۲.۲. زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق

زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق به‌صورت کلی به شبکه‌ای از فعالیت‌ها، فرایندها و سازمان‌های درگیر در تولید، توزیع، تحویل و مصرف منابع انرژی اشاره دارد [۳۲ و ۳۳]. این زنجیرهٔ تأمین مراحل مختلفی ازجمله استخراج منابع، پالایش، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و مصرف و استفادهٔ نهایی را در بر می‌گیرد [۵]. در بخش انرژی، زنجیرهٔ تأمین نقش مهمی در تضمین جریان روان منابع انرژی ایفا کرده و با مدیریت مؤثر زنجیرهٔ تأمین، صنعت می‌تواند استفاده از منابع را بهینه کند، اختلالات را به حداقل برساند و نیازهای روبه‌رشد انرژی جامعه را برآورده کند [۱۷].

۳.۲. رانه

در این پژوهش منظور از رانه موردی است که انگیزه ایجاد می‌کند یا عاملی است که باعث وقوع یا توسعهٔ یک پدیدهٔ خاص می‌شود.

۳. روش پژوهش

این تحقیق در دو مرحله که شامل شناسایی رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین و مدل‌سازی آن‌ها در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران است، انجام شده است. در مرحلهٔ اول جامعهٔ آماری شامل خبرگان صنعت نفت و گاز و برق ایران است که دارای حداقل سه سال سابقهٔ کاری، تحصیلات دانشگاهی و اجراکننده یا کاربر اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز و برق باشند و یا شامل خبرگان دانشگاهی است که در این زمینه مطالعه و پژوهش دارند. شیوهٔ نمونه‌گیری به‌صورت قضاوتی و گلوله‌برفی و حجم نمونه ۱۴ نفر تعیین شد. به‌منظور شناسایی رانه‌ها، مروری بر ادبیات موجود در حوزهٔ اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صورت گرفت. شیوه و ابزار گردآوری داده‌ها در این مرحله به‌ترتیب میدانی و پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته است. روایی پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته ازطریق روایی محتوایی و پایایی آن ازطریق اتفاق‌نظر ۷۰٪ خبرگان ارزیابی می‌شود. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش دلفی استفاده شده است. این روش برای رسیدن به اجماع نظر بین گروهی از خبرگان در ارتباط با یک موضوع مشخص با استفاده از مجموعه‌ای از پرسش‌نامه‌ها در یک تا چند دور به کار گرفته می‌شود.

در مرحلهٔ دوم پژوهش نیز جامعهٔ آماری مشابه مرحلهٔ قبل و شیوهٔ نمونه‌گیری قضاوتی و گلوله‌برفی است. حجم نمونه برابر با ۱۰ نفر تعیین شد و ابزار گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته است. ازآنجاکه این پرسش‌نامه از یافته‌های مرحلهٔ کیفی حاصل شده، دارای روایی لازم است. برای ارزیابی پایایی داده‌ها، باید حداقل ۷۰ درصد خبرگان روی عدد اعلامی اتفاق نظر داشته باشند. در این قسمت، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی‌شده استفاده شد. این روش برای غلبه بر محدودیت‌های روش مدل‌سازی ساختاری تفسیر سنتی، علاوه‌بر در نظر گرفتن اینکه چگونه متغیر A بر متغیر B اثر می‌گذارد، اعداد فازی نیز وارد می‌شوند. گام‌های این روش عبارت‌اند از [۳۴]:

- **گام اول انتخاب خبرگان:** در این تحقیق خبرگان اعضای زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران هستند که حداقل سه سال سابقهٔ کاری در این صنعت داشته باشند و دارای تحصیلات دانشگاهی باشند و یا خبرگان دانشگاهی هستند که در این زمینه مطالعه و پژوهش دارند.
- **گام دوم طراحی معیارهای زبانی فازی:** در این تحقیق از مقیاس زبانی [۳۵] استفاده شده است. این مقیاس به شرح جدول (۲) است:

جدول (۲): معیارهای زبانی

واژهٔ زبانی	اختصار	مقادیر زبانی		
بدون تأثیر	NO	۰/۲۵	۰	۰
تأثیر خیلی کم	VL	۰/۵	۰/۲۵	۰
تأثیر کم	L	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵
تأثیر زیاد	H	۱	۰/۷۵	۰/۵
تأثیر خیلی زیاد	VH	۱	۱	۰/۷۵

- **گام سوم تشکیل ماتریس فازی ساختاری روابط درونی متغیرها (FSSIM[1])**: در این مرحله V نماد تأثیر i بر j، A نماد تأثیر j بر i، X نماد رابطهٔ دوطرفه و O نماد عدم ارتباط است. این ماتریس براساس مدنظر خبرگان به دست می‌آید و برای اعتبارسنجی، باید حداقل ۷۰ درصد خبرگان روی عدد به‌دست‌آمده توافق نظر داشته باشند.
- **گام چهارم ایجاد ماتریس دستیابی فازی (FRM[2])**: در این مرحله براساس ماتریس FSSIM، ماتریس FRM براساس مقادیر زبانی موجود در جدول (۲) تکمیل می‌شود.
- **گام پنجم محاسبات غیرفازی سازی**: در این مرحله با استفاده از روش تبدیل داده‌ها به نمرات واضح (CFCS[3]) داده‌ها غیرفازی می‌شوند. این روش نسبت به روش مرکز ثقل می‌تواند ارزش قطعی بهتری ارائه نماید و گام‌های آن به شرح زیر است [۳۴]:

- مجموع حدهای بالا، مجموع حدهای پایین و مجموع اعداد میانی را در سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. اگر هدف به دست آوردن قدرت نفوذ فازی باشد، از مجموع‌های سطری در ادامهٔ راه استفاده می‌شود و اگر هدف محاسبهٔ قدرت وابستگی فازی باشد، از مجموع‌های ستونی بهره گرفته می‌شود. مطابق روابط به کمک روابط (۱)، (۲) و (۳) درمجموع حدهای بالا، بزرگ‌ترین (R) و در حدهای پایین کوچک‌ترین (L) را به دست آورده و از تفاضل آن‌ها Δ به دست می‌آید.

$$K = 1,2,3,\dots n \quad L = min\,(l_k) \qquad (۱)$$

$$R = \max(u_k) \qquad (۲)$$

$$\Delta = R - L \qquad (۳)$$

- نرمال‌سازی: در این مرحله براساس روابط (۴)، (۵)، (۶)، (۷) و (۸) مقادیر نرمال‌سازی می‌شوند که x_{lk} مجموع حد پایین، x_{mk} مجموع حد میانه و x_{uk} مجموع حد بالاست. x_k^{ls} و x_k^{rs} نیز مقادیر نرمال‌سازی حد بالا و پایین هستند.

$$x_{lk} = (l_k - L)/\Delta \qquad (۴)$$

$$x_{mk} = (m_k - L)/\Delta \qquad (۵)$$

$$x_{uk} = (u_k - L)/\Delta \qquad (۶)$$

$$x_k^{ls} = x_{mk}/(1 + x_{mk} - x_{uk}) \qquad (۷)$$

$$x_k^{rs} = x_{uk}/(1 + x_{uk} - x_{mk}) \qquad (۸)$$

- به دست آوردن ارزش قطعی: براساس دو فرمول (۹) و (۱۰) مجموع مقدار قطعی x_k^{crisp} و ارزش قطعی B_k^{crisp} محاسبه می‌شود:

$$x_k^{crisp} = (x_k^{ls} \times (1 - x_k^{ls}) + x_k^{rs} \times x_k^{rs}/(1 - x_k^{ls}\, x_k^{rs}) \qquad (۹)$$

$$B_k^{crisp} = \mathrm{L} + x_k^{crisp} \times \Delta \qquad (۱۰)$$

- **گام ششم تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی**: در این مرحله براساس میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر متغیر، وضعیت آنکه می‌تواند یکی از حالت‌های خودمختار (اثرگذاری و اثرپذیری پایین)، وابسته (اثرپذیری بالا و اثرگذاری کم)، مستقل (اثرپذیری کم و اثرگذاری بالا) و دووجهی (اثرپذیری و اثرگذاری بالا) باشد، مشخص می‌شود.
- **گام هفتم ایجاد ماتریس دستیابی (RM)**: درایه‌هایی را که در ماتریس FRM دارای مقادیر HV و H بودند، برابر با یک و مابقی برابر با صفر در نظر گرفته می‌شوند.
- **گام هشتم سازگار کردن ماتریس**: در این مرحله براساس روابط فی‌مابین متغیرها، ماتریس تصحیح می‌شود. اگر i با j ارتباط داشته باشد و j با k ارتباط داشته باشد، آنگاه باید i با k ارتباط داشته باشد.
- **گام نهم تعیین سطح و اولویت متغیرها**: در این مرحله مجموعه‌های دستیابی و پیش‌نیاز برای هر متغیر تعیین می‌گردد. سپس اشتراک این دو مجموعه محاسبه و درصورتی‌که این مجموعه با مجموعه دستیابی یکسان باشد، آنگاه متغیر مربوط در سطحی که مشغول تحلیل آن هستید قرار می‌گیرد و از محاسبات بعدی حذف می‌شود.

1. Fuzzy Structural Self-Interaction Matrix
2. Fuzzy Reachability Matrix
3. Converting Fuzzy data into Crisp Scores

۴. نتایج

پس از شناسایی رانه‌ها ازطریق مرور ادبیات، رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق توسط خبرگان با استفاده از روش دلفی غربال و مشخص شدند. به‌طورکلی در این پژوهش خبرگان از سطوح مختلف زنجیرهٔ تأمین اعم از تولید، توزیع و سطوح دیگر بودند. همچنین اغلب خبرگان افرادی بودند که آگاهی جامعی از کل زنجیرهٔ تأمین در حوزهٔ مورد بررسی داشتند. در ابتدا از خبرگان خواسته شد در روند تکمیل پرسش‌نامه‌ها، زنجیرهٔ تأمین را مد نظر قرار دهند و براساس مقتضیات کل زنجیرهٔ تأمین و با دید کلی به آن به سؤالات پاسخ دهند. این افراد به‌عنوان اطلاع‌دهندهٔ کل زنجیرهٔ تأمین در این پژوهش همکاری کرده‌اند که در ادبیات زنجیرهٔ تأمین این موضوع مرسوم است. جدول (۳) بیانگر آمار توصیفی خبرگان مرحلهٔ دلفی است.

جدول (۳): آمار توصیفی خبرگان تیم دلفی

جنسیت	محدودهٔ سنی	تحصیلات	حوزه و سطح فعالیت	سابقه کار
زن	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت برق-توزیع	۵-۱۰ سال
زن	۳۰-۲۰	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز- توزیع	کمتر از ۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت (نفت و گاز) و دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	صنعت برق-توزیع	۱۱-۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت نفت و گاز- توزیع	۱۱-۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت نفت و گاز- توزیع	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه - برق	۱۱-۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه - برق	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه – نفت و گاز	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه – نفت و گاز	۵-۱۰ سال
مرد	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز- توزیع	۵-۱۰ سال
مرد	۵۰-۴۱	کارشناسی ارشد	صنعت برق-تولید	۱۱-۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز- تولید	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۳۰-۲۰	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز- توزیع	کمتر از ۵ سال

پنل دلفی شامل تعدادی از استادان دانشگاهی است که مشخصاتشان در جدول (۴) ارائه‌شده است.

جدول (۴): آمار توصیفی خبرگان پنل دلفی

جنسیت	محدودهٔ سنی	تحصیلات	حوزهٔ فعالیت	سابقهٔ کار
زن	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۰ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۰ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت و دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال

با توجه به تعریف واژهٔ رانه در این پژوهش، رانه‌های استخراج‌شده از ادبیات، به‌منظور دسته‌بندی دقیق‌تر، ابتدا در دو دسته با عناوین پیشایندی و نتیجه‌ای قرار گرفتند. ادبیات مورد بررسی و رانه‌های استخراج‌شده به‌صورت کلی در حیطهٔ مقالات اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین بودند. همچنین در کدهای اولیهٔ به‌دست‌آمده تقریباً واژهٔ زنجیرهٔ تأمین مشخص است و در سطوح بالاتر و مقوله‌ها واژه‌های کلان‌تری استفاده شده است، اما زیردسته‌ها کاملاً منطبق با فضای زنجیرهٔ تأمین است. در چارچوب این تحقیق، رانه‌های پیشایندی به رانه‌هایی که قبل از پیاده‌سازی اینترنت اشیا سبب انگیزه برای این امر می‌شوند اشاره دارد و منظور از رانه‌های نتیجه‌ای نیز مزایایی است که درنتیجهٔ پیاده‌سازی و استفاده از این فناوری به دست می‌آیند که می‌توانند انگیزه‌ای برای حرکت زنجیرهٔ تأمین به‌سمت پیاده‌سازی اینترنت اشیا باشند.

پس از مشخص شدن خبرگان و تهیهٔ پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته، روش دلفی در ۲ دور کیفی و ۱ دور کمی انجام شد. در این روش بحث اجماع نظر نسبی مطرح است و جمع‌آوری داده‌ها تا جایی ادامه می‌یابد که این امر حاصل شود. با توجه به مقالات، در ارتباط با تعداد خبرگان الزام خاص و دقیقی وجود ندارد و وابسته به موضوع و هدف پژوهش و مشکلات و محدودیت‌های مسیر پژوهش است. مرجع [۳۶] به بازهٔ ۱۰-۱۸ به‌عنوان بازهٔ مناسب برای تعداد خبرگان اشاره کرده است. در ابتدا در دور اول فاز کیفی پرسش‌نامهٔ بازی حاوی ۸۷ رانه در اختیار ۱۴ عضو تیم دلفی قرار گرفت و نظراتشان در مورد تأیید، رد، ادغام و حذف رانه‌ها دریافت شد. همچنین از افراد خواسته شد اگر رانهٔ جدیدی می‌شناسند اعلام کنند. در این مرحله، ۷ رانه توسط خبرگان اضافه شد. پس از بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج دور اول فاز کیفی توسط پنل دلفی، با دادن نتایج دور اول به تیم دلفی، نظرات آن‌ها مجدد اخذ گردید. در این مرحله، رانهٔ جدیدی اعلام نگردید؛ درنتیجه فاز کیفی در دور دوم به پایان رسید. در پایان فاز

کیفی، ۸۰ رانه مورد تأیید خبرگان قرار گرفت که وارد فاز کمی شدند. در فاز کمی براساس نتایج به‌دست‌آمده از فاز کیفی، نظر نهایی تیم دلفی اخذ و اجماع نظر محاسبه می‌شود. در این مرحله، نظر افراد بر مبنای طیف ۹ تایی پرسیده می‌شود و اگر حداقل ۷۰ درصد افراد در یکی از بازه‌های (۱ تا ۳)، (۴ تا ۶) و (۷ تا ۹) باشد، اجماع نظر حاصل می‌شود در غیر این صورت اجماع نظر اتفاق نیفتاده است و آن سؤال باید دوباره پرسیده شود. وضعیت و تعداد رانه‌ها در دور اول فاز کمی مشخص گردید و این فاز در یک دور انجام شد. درنهایت از میان ۸۷ رانهٔ شناسایی‌شده از ادبیات، در فاز کیفی ۷ رانه اضافه و ۱۴ رانه ادغام شد و تعداد ۸۰ رانه در نتیجهٔ این فاز به دست آمد. در فاز کمی تعداد ۷۵ رانه به اجماع رسید و تأیید شد و ۵ رانه نیز رد گردید. در جدول (۵) رانه‌های پیشایندی و دسته‌بندی آن‌ها قابل مشاهده است.

جدول (۵): رانه‌های پیشایندی اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران

مقوله	رانه‌های پیشایندی		مرجع
	مفهوم اصلی	مفهوم فرعی	
فشارها بر زنجیرهٔ تأمین (D1)	فشار رقابتی	تغییر قریب‌الوقوع جهانی زنجیرهٔ تأمین به‌سمت نسل چهارم صنعت (به‌سمت جهانی شدن)	[۲۸]
	فشار اجتماعی	انتظارات اجتماعی	
	فشار مشتریان	آگاهی مشتریان	
میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین (D2)	همکاری و مشارکت مدیران زنجیرهٔ تأمین در پیاده‌سازی فناوری		[۲۸]
مقررات دولتی در زنجیرهٔ تأمین (D3)	تمایل به پذیرش سیستم اینترنت اشیا به‌وسیلهٔ قوانین و مقررات دولتی در کل زنجیرهٔ تأمین، (تغییر) سیاست‌های دولت، تدوین قانون و استانداردهای روشن برای ورود و سرمایه‌گذاری در این حوزه، تعاملات مثبت و اثرگذار بین‌المللی		[۲۲]
مشوق‌های دولتی در زنجیرهٔ تأمین (D4)	حمایت‌های دولتی	سرمایه‌گذاری و حمایت‌های مالی، حمایت فنی و آموزشی، توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات توسط دولت در کل زنجیرهٔ تأمین	[۲۸]

رانه‌های نتیجه‌ای و دسته‌بندی ارائه‌شده برای آن‌ها نیز در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول (۶): رانه‌های نتیجه‌ای اینترنت اشیاء در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران

مقوله	رانه‌های نتیجه‌ای	مرجع
	مفهوم اصلی	
بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین (D5)	بهبود رقابت زنجیرهٔ تأمین، بهبود تجربهٔ مشتریان، ایجاد ارزش پایدار در زنجیرهٔ تأمین	[۲۲] [۲۴] [۲۷]
مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین (D6)	مدیریت سفارش در زنجیرهٔ تأمین، مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	[۲۳] [۲۲] [۱۹]
مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین (D7)	کاهش هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین (مانند نیروی کار)، بهبود کارایی زنجیرهٔ تأمین، صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین	[۲۴] [۱۹] [۲۰]
بهبود شفافیت در زنجیرهٔ تأمین (D8)	شفافیت در زنجیرهٔ تأمین، قابلیت دید، نظارت بر گواهینامه‌ها، نظارت بر شرایط نگهداری در زنجیرهٔ تأمین، جلوگیری از جعل، بهبود ردیابی در زنجیرهٔ تأمین	[۲۵] [۲۳] [۲۰]
کارآمدی جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین (D9)	تحقق اشتراک‌گذاری اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین، کاهش تأخیر در جمع‌آوری داده‌ها در زنجیرهٔ تأمین، تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین، بهبود کیفیت انتقال اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین، ارائهٔ بموقع اطلاعات مرتبط به کاربران، دسترسی آسان به اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین، دسترسی به اطلاعات دقیق چرخهٔ عمر محصول، کمک برای بهبود پیش‌بینی‌ها در زنجیرهٔ تأمین به‌دلیل در دسترس بودن داده‌های دقیق، توسعهٔ زنجیرهٔ تأمین بلادرنگ با کاهش تحریف داده‌ها و بهبود هوش تجاری، کاهش اثر شلاقی در زنجیرهٔ تأمین	[۲۴] [۲۲] [۲۱] [۱۴]
توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین (D10)	افزایش پاسخ‌گویی زنجیرهٔ تأمین، کمک به جابه‌جایی سریع در سراسر زنجیرهٔ تأمین، افزایش سرعت زنجیرهٔ تأمین، افزایش چابکی زنجیرهٔ تأمین، انعطاف‌پذیری زنجیرهٔ تأمین	[۱۴] [۱۹] [۲۷] [۲۳]
توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین (D11)	تحقق پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی زنجیرهٔ تأمین، ضایعات کمتر، بهبود مدیریت عملکرد زنجیرهٔ تأمین، افزایش عملکرد کلی زنجیرهٔ تأمین، امکان‌پذیری رشد اقتصادی، بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین، برنامه‌ریزی زنجیرهٔ تأمین.	[۲۷] [۲۱] [۲۰] [۲۴] [۲۳]

رانه‌های نتیجه‌ای		مرجع
مقوله	مفهوم اصلی	
تسهیل مدیریت در زنجیرهٔ تأمین (D12)	کمک به شناسایی ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین، نتایج مؤثرتر تصمیم‌گیری‌ها در زنجیرهٔ تأمین، مدیریت کارآمدتر عملیات کلی زنجیرهٔ تأمین، مدیریت منابع انرژی، مدیریت تقاضا در زنجیرهٔ تأمین، بهبود دقت مدیریت با درگیر کردن عناصر اضافی در فرایندهای عملیاتی زنجیرهٔ تأمین، پتانسیل بالا برای برطرف نمودن چالش‌های مختلف زنجیرهٔ تأمین، بهینه‌سازی عرضه و تقاضا در زنجیرهٔ تأمین، بهبود مدیریت دارایی‌های زنجیرهٔ تأمین، بهبود مؤثر استفاده از دارایی‌های زنجیرهٔ تأمین، خودکار سازی فرایندها در زنجیرهٔ تأمین، بهبود مکانیسم عملیات زنجیرهٔ تأمین، کاهش پیچیدگی یکپارچه‌سازی زنجیرهٔ تأمین، ارائهٔ قابلیت‌های تحلیلی برای گرفتن برخی تصمیمات مفید در کل زنجیرهٔ تأمین	[۲۷] [۱۹] [۱۴] [۲۴] [۲۷] [۲۴] [۲۱] [۲۲]
توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین (D13)	ادغام بهتر فرایندهای تجاری در زنجیرهٔ تأمین، بهبود همکاری بین شرکای تجاری زنجیرهٔ تأمین، کمک به یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین، بهبود هماهنگی فرایندها در کل زنجیرهٔ تأمین	[۱۴] [۲۳] [۲۲]
مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین (D14)	بهبود در تولید بموقع در زنجیرهٔ تأمین، بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش روند تولید در زنجیرهٔ تأمین، توسعهٔ قابلیت اطمینان در زنجیرهٔ تأمین، به حداقل رساندن تعداد کارگران، تضمین ایمنی کار و کالا در زنجیرهٔ تأمین	[۱۴] [۲۴] [۲۲]

در ادامه و مرحلهٔ دوم تحقیق، به‌منظور ارائهٔ مدل از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی استفاده شد. در این مرحله، ۱۰ نفر از خبرگان مشارکت کردند. جدول (۷) نشانگر آمار توصیفی خبرگان مرحلهٔ دوم است.

جدول (۷): آمار توصیفی خبرگان مرحلهٔ دوم

جنسیت	محدودهٔ سنی	تحصیلات	حوزه و سطح فعالیت
زن	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت برق-توزیع
زن	۳۰-۲۰	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز-توزیع
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت برق-تولید
زن	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز-توزیع
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت (نفت و گاز) و دانشگاه
مرد	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز-توزیع
مرد	۵۰-۴۱	کارشناسی ارشد	صنعت نفت و گاز-تولید
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه - برق
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه - نفت و گاز
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت نفت و گاز-توزیع

جدول (۸) نشان‌دهندهٔ ماتریس مجموع (SSIM) برای رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران است. در این ماتریس سطرها و ستون‌ها نشانگر ۱۴ مقولهٔ رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق است. بعد از مشخص شدن ماتریس مجموع، سایر مراحل انجام شد. در جدول (۹) میزان قدرت نفوذ و وابستگی هریک از رانه‌های اینترنت اشیا ارائه شده است.

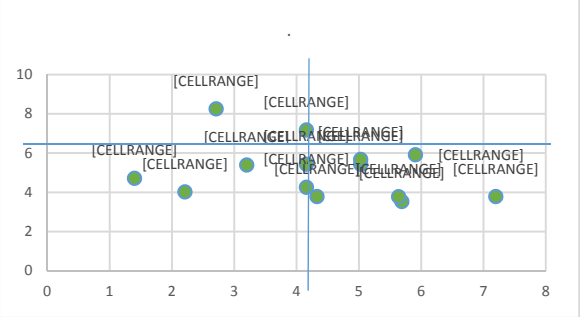
جدول (۸): ماتریس مجموع رانه‌های اینترنت اشیاء در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
D1	1	V(L)	A(L)	A(L)	A(H)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	V(H)	V(H)	V(L)	V(L)	V(L)	V(L)
D2	o(no)	1	O(NO)	A(H)	X(H)	A(L)	A(L)	A(H)	V(H)	V(L)	V(L)	V(H)	V(H)	V(H)
D3	v(l)	o(no)	1	V(H)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	V(L)	V(L)	V(L)	V(L)	V(L)	O(NO)	O(NO)
D4	v(l)	v(h)	o(no)	1	V(H)	O(NO)	V(L)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)
D5	v(h)	x(h)	o(no)	o(no)	1	A(L)	A(H)	A(H)	A(H)	A(H)	A(L)	A(H)	V(H)	A(H)
D6	o(no)	v(l)	o(no)	o(no)	v(l)	1	X(H)	A(H)	A(L)	V(L)	V(L)	A(H)	A(H)	O(NO)
D7	o(no)	v(l)	o(no)	o(no)	v(h)	x(h)	1	A(H)	A(H)	A(H)	A(L)	A(L)	A(H)	A(H)
D8	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	v(h)	v(h)	v(h)	1	X(H)	V(H)	V(L)	V(H)	V(H)	V(H)
D9	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	v(l)	v(h)	x(h)	1	V(H)	V(L)	V(H)	V(H)	V(L)
D10	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	1	V(H)	V(H)	X(H)	V(L)
D11	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(l)	o(no)	v(l)	o(no)	o(no)	o(no)	1	A(H)	X(H)	V(L)
D12	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	v(h)	v(l)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	1	X(H)	V(L)
D13	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	v(h)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	x(h)	1	X(H)
D14	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	x(h)	1

جدول (۹): میزان قدرت نفوذ و وابستگی هریک از رانه‌های اینترنت اشیا

اختصار متغیر	قدرت وابستگی	قدرت نفوذ
D1	۳/۲۰	۵/۳۹
D2	۵/۰۳	۵/۴۳
D3	۱/۴۰	۴/۷۱
D4	۲/۲۱	۴/۰۲
D5	۷/۲۰	۳/۷۸
D6	۴/۱۶	۴/۲۵
D7	۵/۶۹	۳/۵۳
D8	۲/۷۱	۸/۲۵
D9	۴/۱۶	۷/۱۷
D10	۵/۰۳	۵/۶۷
D11	۵/۶۴	۳/۷۷ ۳.۷۷
D12	۴/۱۶	۵/۴۳
D13	۵/۹۱	۵/۹۱
D14	۴/۳۳	۳/۷۸

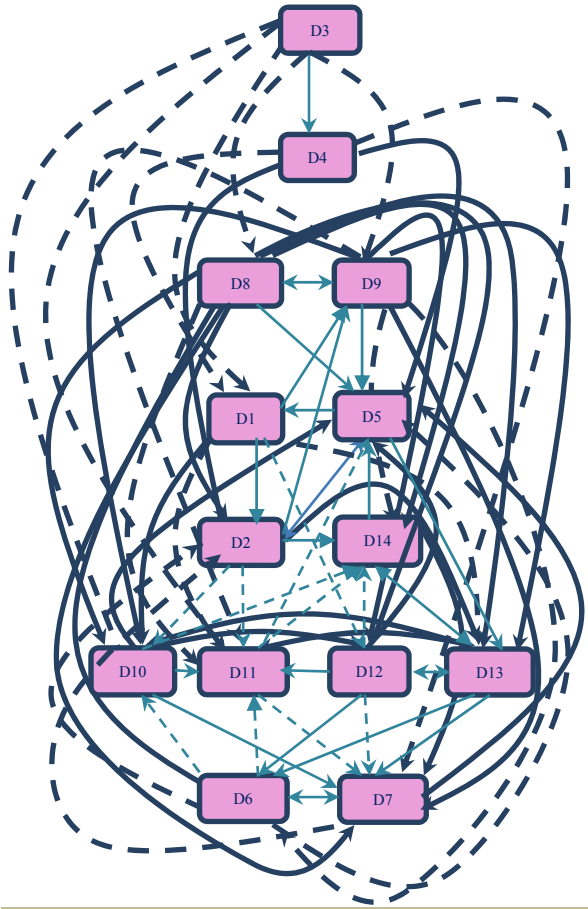
سپس براساس جدول (۹) ماتریس نفوذ–وابستگی برای رانه‌های اینترنت اشیا ترسیم شد که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): ماتریس قدرت نفوذ–وابستگی

همان‌طور که در شکل (۱) مشخص است، رانه‌های «فشارها»، «مقررات دولتی»، «مشوق‌های دولتی» و «مدیریت موجودی» و «تسهیل مدیریت» خودمختار، رانه‌های «میزان درک مزایا»، «بهبود مزیت رقابتی»، «مدیریت هزینه»، «توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی»، «توسعهٔ پایدار» و «مزایای تولید» وابسته، رانه‌های «بهبود شفافیت» و «کارآمدی جریان اطلاعات» مستقل و رانه «توسعهٔ همکاری و هماهنگی» دووجهی هستند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مدل ساختاری تفسیری فراگیر فازی رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران مطابق شکل (۲) ترسیم شده است. همان‌طور که مشخص شده، مدل نشانگر تأثیرگذاری رانه‌ها بر یکدیگر است. برای مثال با توجه به مدل، مقررات دولتی به‌عنوان تأثیرگذارترین رانه مشخص شده است و تأثیرگذاری زیادی بر رانهٔ مشوق‌های دولتی دارد. همچنین دارای تأثیرگذاری ضعیف بر رانه‌های کارآمدی جریان اطلاعات، بهبود شفافیت، فشارها، توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی و توسعهٔ پایدار است. در سطح ششم مدل، رانهٔ مشوق‌های دولتی قرار گرفته که تأثیرگذاری بالایی بر دو رانهٔ بهبود مزیت رقابتی و میزان درک مزایا دارد. به‌علاوه تأثیرگذاری ضعیفی نیز بر رانهٔ مدیریت هزینه و فشارها دارد. بهبود شفافیت و کارآمدی جریان اطلاعات دورانه‌ای هستند که علاوه‌بر تأثیرگذاری، از یکدیگر تأثیر نیز می‌پذیرند. رانهٔ کارآمدی جریان اطلاعات برای نمونه بر رانهٔ توسعه همکاری و هماهنگی تأثیر زیادی داشته و بر رانهٔ مزایای تولید تأثیر کم‌رنگی دارد.



شکل (۲): مدل ساختاری تفسیری فراگیر فازی رانه‌های اینترنت اشیا

در جدول (۱۰) تأثیرگذاری رانه‌ها بر یکدیگر، نوع تأثیر و علت هریک به‌صورت مجزا نشان داده شده است. برای نمونه، رانهٔ مشوق‌های دولتی بر رانهٔ میزان درک مزایا اثرگذاری قوی دارد که مسبب آن حمایت‌های فنی و آموزشی ازسوی دولت است که

از زیرمجموعه‌های مشوق‌های دولتی است. به همین ترتیب سایر موارد نیز قابل شرح است.

جدول (۱۰): تأثیرگذاری رانه‌ها

تأثیرگذاری	نوع تأثیر و علت	
رانهٔ مقررات دولتی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ مشوق‌های دولتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – تدوین قوانین
	تأثیر بر رانهٔ کارآمدی جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تدوین قوانین
	تأثیر بر رانهٔ بهبود شفافیت در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تدوین قوانین
	تأثیر بر رانه فشارها بر زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تدوین قوانین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تدوین قوانین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تدوین قوانین
رانه مشوق‌های دولتی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – حمایت دولتی
	تأثیر بر رانه میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	قوی – حمایت فنی و آموزشی
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – حمایت دولتی
	تأثیر بر رانهٔ فشارها بر زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – حمایت دولتی
رانه بهبود شفافیت در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانه مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ کارآمدی جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – شفافیت در زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ کارآمدی جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ بهبود شفافیت در زنجیرهٔ تأمین	قوی – تحقق اشتراک‌گذاری اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی – تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – تحقق اشتراک‌گذاری اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – تسریع فرایندهای جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ فشارها بر زنجیرهٔ تأمین	قوی – رقابت در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – رقابت در زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ فشارها بر زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – فشار مشتریان
	تأثیر بر رانهٔ میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	قوی – فشار اجتماعی
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – فشار رقابتی
	تأثیر بر رانهٔ تسهیل مدیریت در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – فشار
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف – فشار اجتماعی
رانهٔ مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی – افزایش روند تولید
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی – بهبود در تولید بموقع در زنجیرهٔ تأمین

تأثیرگذاری	نوع تأثیر و علت	
رانهٔ میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین	قوی- درک مزایا
	تأثیر بر رانهٔ کارآمدی جریان اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین	قوی- درک مزایا
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف - درک مزایا
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- درک مزایا
رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- کمک به جابه‌جایی سریع در زنجیره
	تأثیر بر رانهٔ تسهیل مدیریت در زنجیرهٔ تأمین	قوی- انعطاف‌پذیری زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی- افزایش سرعت زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- افزایش پاسخ‌گویی زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- برنامه‌ریزی زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مزایای تولید در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- افزایش عملکرد کلی زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ تسهیل مدیریت در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- مدیریت کارآمدتر زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- بهینه‌سازی عرضه و تقاضا در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- نتایج مؤثرتر تصمیم‌گیری‌ها در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	قوی- بهبود مدیریت دارایی‌های زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- بهینه‌سازی عرضه و تقاضا در زنجیرهٔ تأمین

تأثیرگذاری	نوع تأثیر و علت	
رانهٔ توسعهٔ همکاری و هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	قوی- کمک به یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- بهبود همکاری بین شرکای زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی- بهبود همکاری بین شرکای زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ تسهیل مدیریت در زنجیرهٔ تأمین	قوی- کمک به یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	قوی- مدیریت سفارش در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ بهبود مزیت رقابتی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- مدیریت سفارش در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ توسعهٔ پایدار در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف- مدیریت سفارش در زنجیرهٔ تأمین
رانهٔ مدیریت هزینه در زنجیرهٔ تأمین	تأثیر بر رانهٔ مدیریت موجودی در زنجیرهٔ تأمین	قوی- صرفه‌جویی در هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین
	تأثیر بر رانهٔ میزان درک مزایا در زنجیرهٔ تأمین	ضعیف - بهبود کارایی زنجیرهٔ تأمین

با توجه به زیرمجموعه‌های رانهٔ مقررات دولتی ضمن تدوین مقررات و سیاست‌گذاری‌های جدید توسط دولت، ضروری است حمایت‌های دولتی مرتبط نیز انجام گیرد. برای مثال با اقدام دولت به تغییر سیاست‌های خود و وضع قوانین جدید در صنعت نفت و گاز و برق در خصوص حرکت به‌سمت دیجیتالی شدن و انقلاب صنعتی چهارم که از مهم‌ترین فناوری‌های آن اینترنت اشیاست، لازم است حمایت‌های فنی و آموزشی و همچنین زیرساختی نیز ازسوی بخش‌های مربوط به‌منظور سهولت پیاده‌سازی فناوری در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق انجام گیرد.

کارآمدی جریان اطلاعات و بهبود شفافیت دورانه‌ای هستند که بر یکدیگر اثر می‌گذارند. شفافیت به‌معنای ارائهٔ اطلاعات دقیق و

روشن دربارهٔ عملکرد و فعالیت بخش‌ها و فرایندهای مختلف صنعت است که با وجود آن، مدیران و کارکنان مربوط هر بخش بهتر از فعالیت‌های صنعت اعم از تولید و توزیع و مصرف آگاه می‌شوند و قابلیت نظارت و بررسی صحیح نیز افزایش می‌یابد. برای مثال حفاری، بخش عمده‌ای از رویه‌های صنعت نفت و گاز بوده و اینترنت اشیا یک مزیت برای افزایش بهره‌وری در روش حفاری است. اپراتورهای دکل برای حفاری ملزم به انجام اندازه‌گیری‌های دقیق هستند. کارآمدی جریان اطلاعات و شفافیت ایجادشده توسط فناوری اینترنت اشیا در این زمینه بسیار کمک‌کننده و حائز اهمیت است؛ بدین صورت که در مورد هرگونه خطا در ارتباط با حفاری، به‌وسیلهٔ داده‌های دریافت‌شده از سنسورها، کارکنان مربوط را آگاه می‌کند.

رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی بر رانهٔ توسعهٔ پایدار تأثیرگذار است. از مزایای پیاده‌سازی و اجرایی شدن فناوری اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران به پاسخ‌گویی و انعطاف‌پذیری می‌توان اشاره کرد که از زیرمجموعه‌های رانهٔ توسعهٔ پاسخ‌گویی و چابکی هستند. با توجه به پیش‌بینی‌ها درخصوص افزایش مصرف برق در سال‌های آینده، این مورد باعث برجسته‌تر شدن این دو رانه در زنجیرهٔ تأمین صنعت برق که یکی از صنایع مهم است، خواهد شد؛ درنتیجه پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا در این بخش بسیار حائز اهمیت است.

ازآنجاکه تاکنون پژوهشی مطابق پژوهش حاضر انجام نشده و ازلحاظ دسته‌بندی، سطح تحلیل و مدل تفاوت وجود دارد، مقایسهٔ صددرصدی یافته‌ها با پژوهش‌های موجود امکان‌پذیر نیست.

۵. نتیجه‌گیری

با بررسی تحقیقات موجود معلوم شد که تاکنون شناسایی، دسته‌بندی مشخص و ارائهٔ مدل برای رانه‌های اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز و برق ایران صورت نگرفته است که دستاورد و نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد. پس از بررسی مقالات موجود برای استخراج رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین، صنعت نفت و گاز و برق به‌عنوان صنعت مورد بررسی انتخاب شد. برای تأیید رانه‌های شناسایی‌شده توسط خبرگان زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران روش دلفی به کار برده شد که درنتیجه، طبق نظر خبرگان از تعداد کل رانه‌ها، درنهایت در فاز کیفی ۷ رانه اضافه و ۱۴ رانه ادغام شد که درنتیجه ۸۰ رانه در این مرحله به دست آمد. در ادامه در فاز کمی ۷۵ رانه تأیید و ۵ رانه نیز رد گردید.

درنهایت به‌منظور ارائهٔ مدل برای رانه‌های اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران، مرحلهٔ دوم پژوهش با روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی انجام شد. با توجه به مدل، مقررات دولتی در بالاترین سطح و به‌عنوان رانه‌ای با بیشترین تأثیرگذاری مشخص شد. بنابراین باید مقررات دولتی و زیرمجموعه‌های آن ازجمله تمایل به پذیرش سیستم اینترنت اشیا به‌وسیلهٔ قوانین و مقررات دولتی، همچنین دو مورد تغییر سیاست‌های دولت و تدوین قانون و استانداردهای روشن برای ورود و سرمایه‌گذاری در این حوزه که توسط خبرگان صنعت نفت و گاز و برق ایران اضافه شدند، مورد توجه قرار گیرند. بیشترین تأثیرگذاری مقررات دولتی بر رانهٔ مشوق‌های دولتی است که در سطح ششم مدل قرار دارد.

با توجه به اینکه مقررات دولتی به‌عنوان تأثیرگذارترین رانه مشخص شد، پیشنهاد می‌شود برنامه‌های اجرایی و قوانین موجود، هم‌راستا با این فناوری بازبینی شده و تغییرات و اصلاحات لازم صورت گیرد و همچنین حمایت‌های قانونی از فناوری اطلاعات توسط دولت به‌خصوص فناوری‌های صنعت نسل چهارم که اینترنت اشیا از زیرمجموعه‌های آن است صورت گیرد و توسط نهادهای مربوط در بخش‌های مختلف صنعت نفت و گاز و برق به‌طور جدی اعمال و پیگیری شوند. رانهٔ مشوق‌های دولتی در سطح ششم مدل، پس از مقررات دولتی به‌عنوان تأثیرگذارترین رانه مشخص شد. از زیرمجموعه‌های آن حمایت دولتی است که حمایت فنی و آموزشی را شامل می‌شود. لذا با در نظر گرفتن اهمیت این رانه، آموزش افراد و توسعهٔ سرمایهٔ انسانی و مهارت‌های فنی در صنعت نفت و گاز و برق ازطریق ایجاد برنامهٔ آموزشی جامع در رابطه با مفاهیم و اصول اینترنت اشیا و اختصاص دادن قسمتی از آموزش مراکز آموزش عالی و یا دانشگاه‌ها به این موضوع، ایجاد طرح‌های اعتباری تحقیقاتی و پژوهشی و حمایت از پایان‌نامه‌های انجام‌شده در این حوزه پیشنهاد می‌گردد. با توجه به مشخص شدن نقش پررنگ دولت در این پژوهش، لزوم مداخلهٔ دولت به‌منظور تسریع پیاده‌سازی فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ضروری است [۳۷].

با توجه به اینکه مقررات دولتی به‌عنوان بنیادی‌ترین رانهٔ اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران شناسایی شد، محققان می‌توانند تحقیقی در ارتباط با ارزیابی و بررسی قوانین و شرایط موجود و ارائهٔ راهکار انجام دهند. ازآنجاکه

رانهٔ مشوق‌های دولتی بعد از مقررات دولتی در بالاترین سطح در مدل قرار داشته و طبق نتایج، اثرگذاری زیادی در پیاده‌سازی اینترنت اشیا دارد، پیشنهاد می‌شود تحقیقی در ارتباط با شناسایی و ارزیابی این رانه و زیرمجموعه‌های آن صورت گیرد.

پژوهش حاضر مانند برخی پژوهش‌های دیگر با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده است. با توجه به اینکه فناوری اینترنت اشیا به‌صورت گسترده در زنجیرهٔ تأمین صنعت نفت و گاز و برق ایران پیاده‌سازی نشده، امکان دسترسی به خبرگان با دشواری‌ها و محدودیت‌های زیادی روبه‌رو بوده است. همچنین در برخی موارد، روند طولانی گرفتن مجوز برای جمع‌آوری اطلاعات لازم و توزیع پرسش‌نامه‌ها به‌دلیل برخی قوانین، مشکلات و محدودیت‌هایی را در انتخاب خبرگان ایجاد کرد. از دیگر محدودیت‌ها می‌توان به دسترسی به خبرگان پس از پیگیری‌های مکرر و فراوان اشاره کرد که از دلایل آن تعدد پرسش‌نامه‌ها و وقت‌گیر بودن آن‌ها بود. همچنین پس از اتمام فاز اول برخی از خبرگان مایل به مشارکت و تکمیل پرسش‌نامه در فاز دوم نبوده‌اند. تعداد زیاد سؤالات پرسش‌نامه‌ها و طولانی بودنشان در فاز اول و نیاز به تمرکز بالا برای پر کردن پرسش‌نامهٔ فاز دوم، افزایش زمان پاسخ‌گویی را به دنبال داشت که روند انجام پژوهش را نیز طولانی کرد.

سپاسگزاری

از همهٔ افرادی که در گردآوری اطلاعات و انجام تحقیقات مورد نیاز این مقاله همکاری داشتند، قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] Orlikowski, W. J., Scott, S. V., "The *digital undertow and institutional displacement: a sociomaterial approach*", Organization Theory, Vol. 4, No. 2, p. 26317877231180898, 2023. https://doi.org/10.1177/26317877231180898.

[2] Kumar, A., "*Disruptive technologies and impact on industry—an exploration*", J. Bus. Manag. Inf. Syst, Vol. 7, No. 1, pp. 1-10, 2020. https://doi.org/10.48001/jbmis.2020.0701001.

[3] Magalhães, M. L. P., "*Disruptive technologies and the rule of law: autopoiesis on an interconnected society*", Brazilian Journal of Law, Technology and Innovation, Vol. 1, No. 1, 2023. https://doi.org/10.59224/bjlti.v1i1.23-37.

[4] Morgunova, M., Shaton, K., "*The role of incumbents in energy transitions: Investigating the perceptions and strategies of the oil and gas industry*", Energy Research & Social Science, Vol. 89, p. 102573, 2022. https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102573.

[5] Zhang, L., Fu, S., Tian, J., Peng, J., "*A review of energy industry chain and energy supply chain*", Energies, Vol. 15, No. 23, p. 9246, 2022. https://doi.org/10.3390/en15239246.

[6] Haiyun, C., Zhixiong, H., Yüksel, S., Dinçer, H., "*Analysis of the innovation strategies for green supply chain management in the energy industry using the QFD-based hybrid interval valued intuitionistic fuzzy decision approach*", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 143, p. 110844, 2021. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110844.

[7] Sorri, K., Mustafee, N., Seppänen, M., "*Revisiting IoT definitions: A framework towards comprehensive use*", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 179, p. 121623, 2022. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121623.

[8] Al-Rbeawi, S., "*A review of modern approaches of digitalization in oil and gas industry*", Upstream Oil and Gas Technology, Vol. 11, p. 100098, 2023. https://doi.org/10.1016/j.upstre.2023.100098.

[9] Sadeghizadeh, H., Markazi, A. H. D., Shavvalpour, S., "*Investigating the relationship between governance and key processes of the Iran IoT innovation system*", Sensors, Vol. 22, No. 2, p. 652, 2022, https://doi.org/10.3390/s22020652.

[10] Reshchikov, O. I., "*Digitalization Processes in Iran during the Period of Sanctions*", Asia and Africa Today, No. 8, pp. 26-33, 2022. https://doi.org/10.31857/S032150750021324-8.

[11] Ivić, A., Milićević, A., Krstić, D., Kozma, N., Havzi, S., "*The Challenges and Opportunities in Adopting AI, IoT and Blockchain Technology in E-Government: A Systematic Literature Review*", in 2022 International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES), 2022: IEEE, pp. 1-6, https://doi.org/10.1109/CIEES55704.2022.9990833.

[12] Khan, S. A., Naim, I., Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., Idrisi, A. R., "*A knowledge-based experts' system for evaluation of digital supply chain readiness*", Knowledge-Based Systems, Vol. 228, p. 107262, 2021, https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107262.

[13] De Vass, T., Shee, H., Miah, S. J., "*Iot in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability*", International Journal of Logistics Research and Applications, Vol. 24, No. 6, pp. 605-624, 2021, https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1787970.

[14] Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., Lee, H., "*Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains*", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 28, No. 8, pp. 1055-1085, 2017. https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2017-0094.

[15] Ahmetoglu, S., Che Cob, Z., Ali, N. A., "*A systematic review of Internet of Things adoption in organizations: Taxonomy, benefits, challenges and critical factors*", applied sciences, Vol. 12, No. 9, p. 4117, 2022. https://doi.org/10.3390/app12094117.

[16] Nord, J. H., Koohang, A., Paliszkiewicz, J., "*The Internet of Things: Review and theoretical framework*", Expert Systems with Applications, Vol. 133, pp. 97-108, 2019, https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.014.

[17] Peng, J., Chen, H., Jia, L., Fu, S., Tian, J., "*Impact of Digital Industrialization on the Energy Industry Supply Chain: Evidence from the Natural Gas Industry in China*", Energies, Vol. 16, No. 4, p. 1564, 2023. https://doi.org/10.3390/en16041564.

[18] Kalaichelvi, N., Gayathri, S., *Internet of Things Toward Leveraging Renewable Energy,* in *AI-Powered IoT in the Energy Industry: Digital Technology and Sustainable Energy Systems*: Springer, 2023, pp. 99-118, https://doi.org/10.1007/978-3-031-15044-9_5.

[19] Khan, Y., Su'ud, M. B. M., Alam, M. M., Ahmad, S. F., Ahmad, A. Y. B., Khan, N., "*Application of internet of things (IoT) in sustainable supply chain management*", Sustainability, Vol. 15, No. 1, p. 694, 2022. https://doi.org/10.3390/su15010694.

[20]Rebelo, R. M. L., Pereira, S. C. F., Queiroz, M. M., "*The interplay between the Internet of things and supply chain management: Challenges and opportunities based on a systematic literature review*", Benchmarking: An International Journal, Vol. 29, No. 2, pp. 683-711, 2022. https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2021-0085.

[21] Shafique, M. N., Rashid, A., Bajwa, I. S., Kazmi, R., Khurshid, M. M., Tahir, W. A., "*Effect of IoT capabilities and energy consumption behavior on green supply chain integration*", Applied Sciences, Vol. 8, No. 12, p. 2481, 2018. https://doi.org/10.3390/app8122481.

[22] Mostafa, N., Hamdy, W., Alawady, H., "*Impacts of internet of things on supply chains: a framework for warehousing*", Social sciences, Vol. 8, No. 3, p. 84, 2019, https://doi.org/10.3390/socsci8030084.

[23] Ahmed, S. *et al.*, "*Towards supply chain visibility using internet of things: A dyadic analysis review*", Sensors, Vol. 21, No. 12, p. 4158, 2021. https://doi.org/10.3390/s21124158.

[24] Fang, Q., Su, C., "*Evaluation of agricultural supply chain effects and big data analysis based on internet of things technology*", Discrete Dynamics in Nature and Society, Vol. 2021, pp. 1-11, 2021. http://dx.doi.org/10.1155/2021/1901800.

[25] Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., Hindia, M. N., "*An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges*", IEEE Internet of things Journal, Vol. 5, No. 5, pp. 3758-3773, 2018. https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296.

[26] Pourgholam Amiji, M., "*The Benefits, Applications, and Challenges of the IoT in Irrigation*", Water Management in Agriculture, Vol. 7, No. 2, pp. 47-66, 2021. https://www.magiran.com/paper/2268767.

[27] Aryal, A., Liao, Y., Nattuthurai, P., Li, B., *"The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review*", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 25, No. 2, pp. 141-156, 2020. https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0149.

[28] Tu, M., "*An exploratory study of Internet of Things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management: A mixed research approach*", The International Journal of Logistics Management, Vol. 29, No. 1, pp. 131-151, 2018. https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2016-0274.

[29] Gherbi, C., Senouci, O., Harbi, Y., Medani, K., Aliouat, Z., "*A systematic literature review of machine learning applications in IoT*", International Journal of Communication Systems, p. e5500, 2023. https://doi.org/10.1002/dac.5500.

[30] Abdulla, A., Hussain, O. B., "*Use of IoT in evaluating content digital marketing and optimization and web development*", in Global Applications of the Internet of Things in Digital Marketing: IGI Global, 2023, pp. 141-160, https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8166-0.ch008.

[31] Al-mashagbeh, M. H., Abuasal, S., "*cyber security & iot vulnerabilities threats intruders and attacks research review*", Journal of Namibian Studies: History Politics Culture, Vol. 33, pp. 330–345-330–345, 2023. https://doi.org/10.59670/jns.v33i.726.

[32] Sun, J., Ozawa, M., Zhang, W., Takahashi, K., "*Electricity supply chain management considering environmental evaluation: A multi-period optimization stochastic programming model*", Cleaner and Responsible Consumption, Vol. 7, p. 100086, 2022, https://doi.org/10.1016/j.clrc.2022.100086.

[33] Beheshtinia, M. A ., Fathi, M., "*Energy efficient and sustainable supply chain in the manufacturing industry*", Energy Science & Engineering, Vol. 11, No. 1, pp. 357-382, 2023. https://doi.org/10.1002/ese3.1337.

[34] Opricovic, S., Tzeng, G.-H., "*Defuzzification within a multicriteria decision model*", International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Vol. 11, No. 05, pp. 635-652, 2003, https://doi.org/10.1142/S0218488503002387.

[35] Wu, W.-W., Lee, Y.-T., "*Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method*", Expert systems with applications, Vol. 32, No. 2, pp. 499-507, 2007, https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.12.005.

[36] Okoli, C., Pawlowski, S. D., "*The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications*", Information & management, Vol. 42, No. 1, pp. 15-29, 2004. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002.

[37] Shakeri, O., Razavi, m., Elyasi, M., "*Identification of barriers to the development of CHP technologies in Iran using multi-level perspective*", Energy Engineering and Management, Vol. 11, No. 3, pp. 92-107, 2023. https://doi.org/10.22052/11.3.2.