

مدل چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران: رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی

زهراسادات هاشمی نسب

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان،

ایران. zahras.hashemin@yahoo.com

اسماعیل مزروعی نصرآبادی

استادیار، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، (نویسنده

مسئول). drmazroui@kashanu.ac.ir

زهرا صادقی آرانی

استادیار، گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

sadeqiarani@kashanu.ac.ir

چکیده

یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها که در سال‌های اخیر مورد توجه محققین و صنایع قرار گرفته است، اینترنت اشیا می‌باشد. صنعت انرژی از صنایع اصلی و مهم هر کشور محسوب می‌شود که نوآوری در این بخش به دلیل مزایای فراوان ضروری است. با وجود اهمیت فناوری اینترنت اشیا و صنعت انرژی، بررسی‌ها نشانگر ضعف این صنعت در پیاده‌سازی فناوری است، در نتیجه لازم است چالش‌ها و موانع شناسایی و مدل‌سازی شوند. این تحقیق با هدف شناسایی و مدل‌سازی چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران در دو مرحله انجام شد. در فاز اول، با مرور ادبیات چالش‌ها شناسایی و با روش دلفی توسط ۱۴ نفر از خبرگان صنعت انرژی ایران، مورد بررسی و تکمیل قرار گرفتند. در فاز دوم، پس از بررسی دیدگاه ۱۰ نفر از خبرگان، مدل چالش‌ها با روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی ترسیم گردید. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه و از روش نمونه‌گیری هدفمند و گلوله برفی استفاده شد. در نهایت ۶۷ چالش در خصوص پیاده‌سازی اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران شناسایی شد که این چالش‌ها در ۱۷ دسته گروه‌بندی گردید. نتایج مدل‌سازی چالش‌ها نشان می‌دهد که چالش‌های شرایط حکمرانی، استانداردها و مقررات دولتی، فقدان مدیریت استراتژیک و ادراکی، مهم‌ترین چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران هستند و جهت پیاده‌سازی فناوری باید در نظر گرفته شوند.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۵/۱۵

کلمات کلیدی:

صنعت انرژی،

اینترنت اشیا،

زنجیره تأمین،

مدل ساختاری تفسیری فراگیر

فازی.

۱. مقدمه

فناوری‌های جدید به‌طور قابل‌توجهی بر فرآیندها، محصولات، خدمات، مدل‌های کسب‌وکار و زنجیره‌های تأمین در صنایع مختلف تأثیر می‌گذارند (اداک و خار^۱، ۲۰۲۳). از جمله این صنایع، صنعت انرژی است که فناوری‌های جدید فرصت‌های زیادی برای تغییرات مثبت در آن ارائه می‌دهند (شوپلتسو و همکاران^۲، ۲۰۲۲). بهره‌وری انرژی یکی از محرک‌های اصلی توسعه پایدار بوده (حسین مطلق و همکاران^۳، ۲۰۲۰) که یکی از ابزارهای ارتقاء آن، استفاده از فناوری‌های نوین است. یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، اینترنت اشیا می‌باشد. اینترنت اشیا می‌تواند به بخش انرژی کمک کند تا از یک سیستم انرژی متمرکز به یک سیستم انرژی توزیع‌شده، هوشمند و یکپارچه تبدیل شود (حسین مطلق و همکاران، ۲۰۲۰). ایران به‌عنوان کشوری در حال توسعه علاوه بر علاقه زیادی که به حوزه اینترنت اشیا نشان داده، تلاش‌های بسیاری نیز بر اساس چشم‌انداز ۱۴۰۴ خود در این زمینه انجام داده است. علی‌رغم این موضوع، بر اساس بررسی‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران اهمیت اینترنت اشیا در ایران هنوز به‌اشتباه تعبیر می‌شود و کاربردهای اینترنت اشیا در ایران به ارتباطات ماشین به ماشین و فناوری شناسایی فرکانس رادیویی محدود می‌شود (محمد زاده و همکاران^۴، ۲۰۱۸). با افزایش پیشرفت و توسعه اینترنت اشیا، در این مسیر مشکلاتی نیز وجود خواهد داشت. مشکلاتی نظیر تولید عظیم داده و مدیریت آن‌ها، هزینه بالای واردات محصولات مبتنی بر اینترنت اشیا و فقدان زیرساخت‌های فرهنگی مناسب، استفاده محدود در صنعت و استفاده نکردن محصولات خانگی اینترنت اشیا به دلایل سیاسی و امنیتی در ایران (سعیدی و خاطری، ۱۴۰۰). با توجه به وجود مشکلات در مسیر پیاده‌سازی این فناوری، از محورهای پژوهشی مهم در زمینه اینترنت اشیا، مسئله چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا است.

در پژوهش‌های موجود برخی چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین بررسی شده است. به‌عنوان مثال، تحقیق نوذری و همکاران (۱۴۰۰) که این پژوهش با رویکردی کمی به دنبال بررسی چالش‌های پیاده‌سازی یک زنجیره تأمین دیجیتال و مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا به‌منظور کمیته‌سازی چالش‌ها در پیاده‌سازی موفق آن می‌باشد. تحقیق عبدالعزیز و همکاران (۲۰۲۳) که در پژوهشی کیفی به بررسی چالش‌های اینترنت اشیا در کسب‌وکارهای مالزی پرداخته‌اند. مطالعه رجب و همکاران (۲۰۲۱) نیز با مرور ادبیات چالش‌ها و پتانسیل‌های اینترنت اشیا را در زنجیره تأمین غذای حلال بررسی کرده‌اند. این مرور نشان‌دهنده لزوم انجام پژوهش در زمینه چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران است.

مطالعه و بررسی مقالات موجود در این حوزه نشان‌دهنده توجه ویژه محققان و صنایع به موضوع اینترنت اشیا در سال‌های اخیر است. با بررسی آمار مقالات منتشر شده در ارتباط با اینترنت اشیا در حوزه‌ها و بخش‌های مختلف، زنجیره تأمین بیشترین میزان را دارا است که نشان‌دهنده اهمیت این موضوع می‌باشد (احمتقلو و همکاران^۵، ۲۰۲۲). به‌کارگیری اینترنت اشیا مزایای متعدد و کاربردهای بسیاری برای زنجیره‌های تأمین از جمله زنجیره تأمین صنعت انرژی، یعنی در تأمین، انتقال

¹ Odate & Khare

² Shupletsov et al

³ Hossein Motlagh et al

⁴ Mohammadzadeh et al

⁵ Ahmetoglu et al

و توزیع و تقاضای انرژی در بر خواهد داشت و تلفیق فناوری در حوزه انرژی سودآوری قابل توجهی ایجاد خواهد کرد (پنگ و همکاران^۱، ۲۰۲۳؛ دبروولسکی^۲، ۲۰۲۱).

از مزایای متعدد ناشی از پیاده‌سازی این فناوری در زنجیره تأمین می‌توان به بهبود بهره‌وری، بهینه‌سازی مصرف انرژی (کلاچلوی و گیاسری^۳، ۲۰۲۳)، ارائه قابلیت دیدی منحصربه‌فرد در طول زنجیره و ایجاد شفافیت در فرآیندها (احمتقلو و همکاران، ۲۰۲۲)، افزایش ارتباطات در زنجیره و بهبود یکپارچگی (دوس و همکاران^۴، ۲۰۲۱)، بهبود انعطاف‌پذیری و کارایی و کاهش هزینه‌ها (ویت‌مور و همکاران^۵، ۲۰۱۵)، بهبود مصرف انرژی، استفاده بهتر از منابع و به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای (قنهی و میشر^۶، ۲۰۲۳) اشاره کرد. همچنین عدم توجه و نپرداختن به آن معایبی از جمله از بی‌بهره ماندن از مزایای این فناوری همان‌طور که به آن‌ها اشاره شده و عقب ماندن از رقبا را به دنبال دارد (احمتقلو و همکاران، ۲۰۲۲). به‌رغم مزایای اشاره شده، ایران هنوز در مراحل ابتدایی به‌کارگیری اینترنت اشیا است (دادخواه و همکاران، ۲۰۲۰) و می‌توان ادعا کرد که اهمیت اینترنت اشیا هنوز در ایران به‌اشتباه درک می‌شود و کاربردهای اینترنت اشیا در ایران به توسعه فناوری ارتباطات ماشین به ماشین و شناسایی فرکانس رادیویی محدود می‌شود (محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۸). به‌تبع در صنعت انرژی ایران نیز این مشکلات وجود دارد. به‌عنوان مثال بیشتر شرکت‌های نفت و گاز از سیستم‌ها و روش‌های قدیمی برای برطرف کردن مشکلات نظارت، مشاهده تجهیزات و سامان‌دهی داده‌ها استفاده می‌کنند و هنوز هم از افراد به‌صورت حضوری برای نظارت و اندازه‌گیری به‌صورت دستی بهره می‌گیرند (مرکز گسترش اینترنت اشیا ایران، ۱۴۰۱). در مجموع می‌توان بیان کرد که تاکنون در صنعت انرژی توجه زیادی به اینترنت اشیا نشده و شاید بتوان ادعا کرد که از این کاروان عقب مانده است. اما به دلیل چالش‌های بزرگ موجود در صنعت نفت و گاز که عمدتاً به علت استفاده از روش‌های قدیمی و ناکارآمد در مدیریت داده و مدیریت دارایی می‌باشد نباید روند به‌کارگیری این فناوری‌ها در این صنعت متوقف شود (جهان‌پیما، ۱۳۹۷).

تمام موارد بیان‌شده بیانگر اهمیت کاربرد اینترنت اشیا در زنجیره تأمین و وجود چالش‌هایی برای استقرار آن در زنجیره تأمین به‌ویژه در بخش انرژی است. در نتیجه انجام یک پژوهش تکمیلی به‌منظور بررسی چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران ضروری است. همچنین شناسایی و بررسی روابط میان چالش‌ها و موانع می‌تواند نتایج مطلوبی برای تصمیمات و سیاست‌گذاری‌ها در این صنعت ارائه کند؛ در نتیجه، هدف این تحقیق شناسایی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین و ارائه مدل ساختاری تفسیری چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران است. در نهایت پرسش‌های پژوهش عبارت است از:

۱- چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین چیست؟

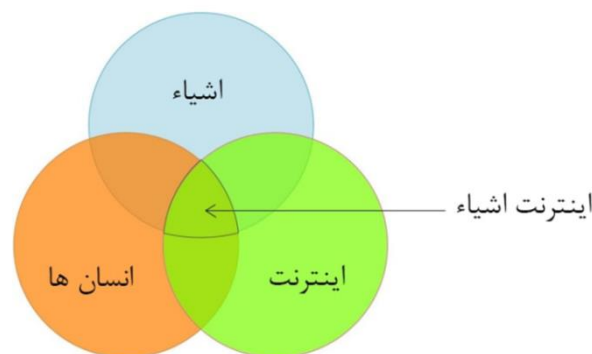
۲- مدل ساختاری تفسیری فراگیر فازی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران به چه صورت است؟

¹ Peng et al
² Dobrowolski
³ Kalaichelvi & Gayathri
⁴ De Vass et al
⁵ Whitmore et al
⁶ Gandhi & Mishra

۲. مبانی نظری

برای توسعه کسب و کارها لازم است مفهوم زنجیره تأمین مورد توجه قرار بگیرد (بویوکزکان و گوکر^۱، ۲۰۱۸). زنجیره تأمین صنعت انرژی به شبکه به هم پیوسته فعالیتها و فرآیندهای درگیر در تولید، توزیع و مصرف منابع انرژی اشاره دارد که شامل ذینفعان متعددی مانند تولیدکنندگان، تأمین کنندگان، توزیع کنندگان و مصرف کنندگان انرژی است که برای اطمینان از جریان روان منابع انرژی با یکدیگر همکاری می کنند (پنگ و همکاران، ۲۰۲۳).

برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین ضروری است فناوریهای جدید مورد استفاده قرار گیرند. یکی از مهم ترین فناوریها، اینترنت اشیا است. اینترنت اشیا اصطلاحی تکنولوژیکی و از مهم ترین فناوریهای صنعت نسل چهارم، قادر به برقراری ارتباط بین دستگاه های مختلف در هر زمان و مکان، به عنوان شبکه ای متشکل از اشیا فیزیکی که به صورت دیجیتالی متصل هستند تعریف شده که مواردی مانند انتقال و ذخیره داده ها (منصور و همکاران^۲، ۲۰۲۳)، تبادل اطلاعات (رجاموهان و همکاران^۳، ۲۰۲۳)، قابلیت دید و ردیابی، کنترل و هماهنگی فرآیندها و همچنین بهبود همکاری بین شرکای زنجیره تأمین را فراهم می کند. (پاسکوی و همکاران^۴، ۲۰۲۰). می توان گفت تلاقی سه جزء انسان ها، اشیا یا چیزها و اینترنت سبب به وجود آمدن اینترنت اشیا می شود. شکل (۱) رابطه سه بخشی بین سه جنبه اینترنت اشیا را نمایش می دهد (خانا و کار^۵، ۲۰۲۰):



شکل ۱: اینترنت اشیا
(خانا و کار، ۲۰۲۰)

۳. پیشینه تحقیق

تحقیقات مختلفی در زمینه چالشها و موانع پیاده سازی اینترنت اشیا انجام شده است. جدول (۱) بیانگر تعدادی از این تحقیقات به منظور ترسیم شکاف تحقیقاتی است:

جدول ۱: پیشینه پژوهش

نویسنده (سال)	عنوان پژوهش	چالشها	مدل سازی	سطح تحلیل	صنعت
نوذری و همکاران (۱۴۰۰)	تحلیل کمی چالشهای پیاده سازی زنجیره تأمین دیجیتال مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا	امنیت و حریم خصوصی، هزینه سرمایه گذاری، عدم اعتماد، چالش اتصالات، پیچیدگی، مصرف انرژی، عدم دانش و مهارت، نبود زیر ساخت مناسب.	مدل ریاضی	زنجیره تأمین	صنایع تند مصرف

¹ Büyüközkan & Göçer

² Mansoor et al

³ Rajamohan et al

⁴ Paksoy et al

⁵ Khanna & Kaur

نویسنده (سال)	عنوان پژوهش	چالش‌ها	مدل سازی	سطح تحلیل	صنعت
فلاحی و همکاران (۱۴۰۰)	تحلیل موانع کلیدی کاربرد اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند ایران	-	ساختاری تفسیری	-	شهر هوشمند
رهسپار فرد و مولایی (۱۳۹۷)	بررسی چالش‌های اینترنت اشیا با استفاده از روش مدل سازی ساختاری-تفسیری	-	ساختاری تفسیری	-	-
عبدالعزیز و همکاران (۲۰۲۳)	توسعه چارچوب اینترنت اشیا برای صنعت ۴,۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط مالزی: تحلیلی از وضعیت فعلی، شیوه‌ها و چالش‌ها	-	-	-	شرکت‌های کوچک و متوسط مالزی
اریاسوری و همکاران (۲۰۲۲)	ارزیابی چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین: یک مطالعه تطبیقی قبل و در طول کرونا با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی نوتروسوفیک	هزینه بالا، فقدان آگاهی لازم، نگرانی‌های کارکنان، مدل کسب‌وکار جدید زنجیره تأمین (نیاز به تغییر مدل)، حریم خصوصی، امنیت، فقدان چارچوب قانونی، فقدان استانداردهای پیچیدگی در استفاده، عدم درک منافع، مشکلات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری.	-	زنجیره تأمین	-
یو و همکاران (۲۰۲۲)	شناسایی و تحلیل موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین از طریق میانگین هندسی فازی کروی جدید پیشنهادی	فرهنگ ریسک‌گریز، عدم تخصیص بودجه کافی، گران بودن سیستم‌های اینترنت اشیا، مقیاس‌پذیری، وجود استانداردهای دیجیتال متفاوتی در سطح جهانی، همکاری ناکافی بین IT و خطوط کسب‌وکار، مسائل نرم‌افزاری، ترس کارکنان از فناوری.	-	زنجیره تأمین	-
یداوو (۲۰۲۲)	استفاده از اینترنت اشیا در زنجیره تأمین محصولات کشاورزی: چارچوبی تحقیقاتی برای کالاهای اجتماعی با تجزیه و تحلیل خوشه‌بندی شبکه	مقاومت در برابر تغییر، عدم حمایت مدیریتی، معماری، مشکل سازگاری با فرآیندهای موجود، امنیت و حریم خصوصی، ترس از به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین شرکا، فقدان منابع مالی، فقدان چشم‌انداز شرکتی و عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن.	-	زنجیره تأمین	کشاورزی
دزاین (۲۰۲۲)	موانع پذیرش اینترنت اشیا در زنجیره تأمین بهداشت و درمان: یک رویکرد میک مک	معماری پیچیده، مقیاس‌پذیری، مشکلات و نگرانی مرتبط با سلامت افراد، مقاومت در برابر نظارت، فقدان سیستم مدیریت دانش، نبود آموزش مناسب، مشکل در مدیریت حجم زیادی از داده‌ها و استخراج چنین داده‌هایی برای ارائه خدمات باکیفیت خوب، ناهمگونی داده‌ها، تجمیع و مدیریت داده‌ها، کافی نبودن تأمین‌کنندگان دستگاه‌های اینترنت اشیا و ارائه‌دهندگان خدمات مربوط.	ساختاری تفسیری	زنجیره تأمین	بهداشت و درمان
یانگ و همکاران (۲۰۲۲)	چالش‌های اینترنت اشیا مدیریت زنجیره تأمین پایدار در بخش تولید	حریم خصوصی، فقدان چارچوب قانونی برای اداره اینترنت اشیا، مشکل دفع زباله‌های الکترونیکی و اثرات نامطلوب آن بر محیط‌زیست، مدل کسب‌وکار جدید، ایجاد اعتماد و پذیرش کاربر، امنیت، مسائل ذخیره سازی، محیط پویا، نیاز به استانداردهای باز، مصرف انرژی، همکاری.	-	زنجیره تأمین	بخش تولید
رجب و همکاران	ادغام اینترنت اشیا در زنجیره تأمین غذای حلال	فقدان اتصالات اینترنت، عدم بلوغ خدمات و محصولات تکنولوژیکی، عدم پذیرش کاربر، مدیریت و پشتیبانی	-	زنجیره تأمین	غذای حلال

نویسنده (سال)	عنوان پژوهش	چالش‌ها	مدل سازی	سطح تحلیل	صنعت
(۲۰۲۱)		فناوری اطلاعات ضعیف، تجزیه و تحلیل و درک داده‌ها، نبود زیرساخت اینترنت (زیرساخت توسعه نیافته).			
آمر و همکاران (۲۰۲۱)	اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین مواد غذایی: چالش‌های پذیرش	یکپارچه سازی، همکاری ناکافی، مشکل در مدیریت کلان داده‌ها، امنیت، اعتماد کاربر، هزینه‌های نوآوری زیرساخت و تعمیرات، فقدان آموزش مناسب، فقدان چارچوب قانونی.	-	زنجیره تأمین	غذا
کمبرل و همکاران (۲۰۱۹)	مدل سازی موانع پذیرش اینترنت اشیاء در زنجیره خرده‌فروشی مواد غذایی	فقدان استانداردها، فقدان چارچوب قانونی برای اداره اینترنت اشیاء، امنیت و حریم خصوصی، هزینه سرمایه گذاری، بازگشت سرمایه، عدم دسترسی به مهارت‌های انسانی (نیروی متخصص)، فقدان دانش فنی در بین شرکا، نداشتن دانش کافی، فقدان پوشش اینترنتی و زیرساخت فناوری اطلاعات، معماری پیچیده.	ساختاری	زنجیره تأمین	خرده‌فروشی مواد غذایی
بیرکل و هارتمن (۲۰۱۹)	تأثیر چالش‌ها و خطرات اینترنت اشیاء برای مدیریت زنجیره تأمین	حریم خصوصی و امنیت، تنوع مدل‌های عملیاتی از شرکای مشترک زنجیره تأمین، مشکل توسعه استاندارد جهانی پروتکل ارتباطی اینترنت اشیاء برای اشیاء و سیستم‌های هوشمند، قرار دادن آنتن‌های RFID، مشکل در اتصالات، اعتماد کاربر، قرار دادن (برجسب‌ها) روی محصولات، عدم قطعیت و پیچیدگی در استفاده و نگهداری، فقدان آگاهی‌های لازم.	-	زنجیره تأمین	-
الیجا و همکاران (۲۰۱۸)	مروری بر اینترنت اشیاء و تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشاورزی: مزایا و چالش‌ها		-	-	کشاورزی
محمد زاده و همکاران (۲۰۱۸)	رویکرد فرآیند تحلیلی فازی برای اولویت بندی چالش‌های اینترنت اشیاء در ایران		مدل شبکه تحلیلی فازی	-	صنایع ایران
حدود و همکاران (۲۰۱۷)	بررسی مزایا و چالش‌های بالقوه مرتبط با ادغام اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین	عدم درک منافع حاصل از پذیرش، یکپارچه سازی، فقدان استراتژی و برنامه ریزی در اینترنت اشیاء، مشکلات هماهنگی میان اعضای زنجیره تأمین، چالش با تولید به موقع در رابطه با برنامه ریزی پویا، عدم بلوغ، امنیت و حریم خصوصی.	-	زنجیره تأمین	-
ارائه مدل ساختاری تفسیری چالش‌های اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران		چالش مالی، چالش استانداردها و مقررات دولتی، چالش حریم خصوصی و امنیت، چالش مصرف انرژی، چالش سلامتی، چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، چالش فرهنگ در زنجیره تأمین، چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی، چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات، چالش هماهنگی در زنجیره تأمین، چالش ادراکی، چالش عدم قطعیت چالش فقدان مدیریت استراتژیک، چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود، مشکلات حوزه تأمین، چالش اعتماد کاربر،	ساختاری	زنجیره تأمین	صنعت انرژی ایران

نویسنده (سال)	عنوان پژوهش	چالش‌ها	مدل‌سازی	سطح تحلیل	صنعت
		چالش شرایط حکمرانی.			

با توجه به اهمیت موضوع اینترنت اشیا، پژوهش‌هایی در بخش‌های مختلف در این زمینه انجام شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، در ارتباط با چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی پژوهشی ملاحظه نگردید و به تبع مدلی براساس مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی نیز ارائه نشده است. ایران نیز در زمینه پیاده‌سازی فناوری‌های نوین به‌ویژه اینترنت اشیا در صنایع مختلف با مشکلاتی مواجه بوده و به کندی عمل کرده است؛ در نتیجه این پژوهش به‌منظور پر کردن این خلأ یعنی شناسایی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین و ارائه مدل ساختاری تفسیری چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران صورت گرفته است.

۴. روش تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیقات آمیخته در دو مرحله شامل شناسایی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین و مدل‌سازی آن‌ها در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران انجام شده است. در اولین مرحله، جامعه آماری شامل خبرگان صنعت انرژی ایران که دارای حداقل ۳ سال سابقه کاری، تحصیلات دانشگاهی و اجراکننده یا کاربر اینترنت اشیا در صنعت انرژی باشند و یا خبرگان دانشگاهی که در این زمینه مطالعه و پژوهش دارند، می‌باشد. شیوه نمونه‌گیری به‌صورت قضاوتی و گلوله برفی و حجم نمونه ۱۴ نفر تعیین گردید. به‌منظور شناسایی چالش‌ها مروری بر ادبیات موجود در حوزه اینترنت اشیا در زنجیره تأمین انجام شد. شیوه و ابزار گردآوری داده‌ها در این مرحله به ترتیب میدانی و پرسشنامه محقق ساخته است و روایی پرسشنامه از طریق روایی محتوایی و پایایی آن از طریق اتفاق نظر ۷۰٪ خبرگان ارزیابی شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش دلفی استفاده شد. 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 الی چند دور به کار گرفته می‌شود. مراحل روش دلفی شامل انتخاب خبرگان، طراحی و توزیع پرسشنامه دور اول، تجزیه و تحلیل و بررسی پاسخ‌های دریافتی از دور اول، انجام چندین دور از فرآیند دلفی (تکرار دورها) و گزارش نهایی است (هومفری-مورتو و همکاران^۱، ۲۰۲۰).

در دومین مرحله جامعه آماری، شیوه نمونه‌گیری و ابزار گردآوری داده‌ها مشابه مرحله قبل و حجم نمونه برابر با ۱۰ نفر تعیین شد. پرسشنامه از یافته‌های مرحله کیفی حاصل شده و دارای روایی لازم است و برای ارزیابی پایایی داده‌ها نیز، باید حداقل ۷۰ درصد خبرگان روی عدد اعلامی اتفاق نظر داشته باشند. در این قسمت، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی به‌کاربرده شد. این روش جهت غلبه بر محدودیت‌های روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری سنتی، علاوه بر در نظر گرفتن اینکه چگونه متغیر A بر متغیر B اثر می‌گذارد، اعداد فازی نیز وارد می‌شوند. مراحل این روش عبارت‌اند از (اپریکویچ و تزنگ^۲، ۲۰۰۳):

¹ Humphrey-Murto et al

² Opricovic & Tzeng

۱- انتخاب خبرگان، ۲- طراحی معیارهای زبانی فازی: در این تحقیق از مقیاس زبانی (وو و لی^۱، ۲۰۰۷) استفاده شده است. این مقیاس به شرح جدول (۲) است:

جدول ۲: معیارهای زبانی

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

۳- تشکیل ماتریس فازی ساختاری روابط درونی متغیرها (FSSIM^۲): در این مرحله V نماد تأثیر i بر j، A نماد تأثیر j بر i، X نماد رابطه دوطرفه و O نماد عدم ارتباط است. این ماتریس بر اساس مدنظر خبرگان به دست می‌آید و جهت اعتبارسنجی، باید حداقل ۷۰ درصد خبرگان روی عدد حاصله توافق نظر داشته باشند. ۴- ایجاد ماتریس دستیابی فازی (FRM^۳): در این مرحله بر اساس ماتریس مرحله سوم، ماتریس دستیابی فازی بر اساس مقادیر زبانی موجود در جدول (۲) تکمیل می‌گردد. ۵- محاسبات غیر فازی سازی: در این مرحله با استفاده از روش تبدیل داده‌ها به نمرات واضح (CFCS^۴) داده‌ها غیر فازی می‌شوند. این روش نسبت به روش مرکز ثقل می‌تواند ارزش قطعی بهتری ارائه نماید و گام‌های آن به شرح زیر است (اپریکوچ و تزنک، ۲۰۰۳):

- 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 ادامه راه استفاده می‌شود و اگر هدف محاسبه قدرت وابستگی فازی باشد، از مجموع‌های ستونی بهره گرفته می‌شود.

$$L = \min(l_k) \quad k = 1,2,3,4, \dots \quad (1)$$

$$R = \max(u_k) \quad (2)$$

$$\Delta = R - L \quad (3)$$

- نرمال‌سازی: در این مرحله بر اساس رابط زیر، مقادیر نرمال‌سازی می‌شوند.

$$x_{ik} = (l_k - L) / \Delta \quad (4)$$

¹ Wu & Lee

² Fuzzy Structural Self-Interaction Matrix

³ Fuzzy Reachability Matrix

⁴ Converting Fuzzy Data into Crisp Scores

$$x_{mk} = (m_k - L)/\Delta \quad (5)$$

$$x_{uk} = (u_k - L)/\Delta \quad (6)$$

$$x_k^{ls} = x_{mk}/(1 + x_{mk} - x_{lk}) \quad (7)$$

$$x_k^{rs} = x_{uk}/(1 + x_{uk} - x_{mk}) \quad (8)$$

• به دست آوردن ارزش قطعی: بر اساس دو فرمول زیر ارزش قطعی (B_k^{crisp}) محاسبه می‌شود:

$$x_k^{crisp} = (x_k^{ls} \times (1 - x_k^{ls}) + x_k^{rs} \times x_k^{rs}) / (1 - x_k^{ls} + \quad (9)$$

$$x_k^{rs})$$

$$B_k^{crisp} = L + \quad (10)$$

$$x_k^{crisp} \times \Delta$$

۶- تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی: در این مرحله بر اساس میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر متغیر، وضعیت آن که می‌تواند یکی از حالت‌های خودگردان (اثرگذاری و اثرپذیری پایین)، وابسته (اثرپذیری بالا و اثرگذاری کم)، مستقل (اثرپذیری کم و اثرگذاری بالا) و دوجبهی (اثرپذیری و اثرگذاری بالا) باشد مشخص می‌شود. ۷- ایجاد ماتریس دستیابی (RM): درایه‌هایی که در ماتریس دستیابی فازی دارای مقادیر HV و H بودند را برابر با یک و مابقی برابر با صفر در نظر گرفته می‌شوند. ۸- سازگار کردن ماتریس: در این مرحله بر اساس 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. ۹- تعیین سطح و اولویت متغیرها: در این مرحله مجموعه‌های دستیابی و پیش‌نیاز برای هر متغیر تعیین می‌گردد. سپس اشتراک این دو مجموعه محاسبه و در صورتی که این مجموعه با مجموعه دستیابی یکسان باشد آنگاه متغیر مربوطه در سطحی که مشغول تحلیل آن هستید قرار می‌گیرد و از محاسبات بعدی حذف می‌گردد.

۵. نتایج و بحث

پس از شناسایی چالش‌ها از طریق مرور ادبیات، جهت تأیید و مشخص شدن چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا توسط خبرگان صنعت انرژی، از روش دلفی استفاده شد. جدول (۳) بیانگر آمار توصیفی خبرگان مرحله اول می‌باشد.

جدول ۳: آمار توصیفی خبرگان تیم دلفی

جنسیت	محدوده سنی	تحصیلات	حوزه فعالیت	سابقه کار
زن	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت	۱۰-۵ سال
زن	۳۰-۲۰	کارشناسی ارشد	صنعت	کمتر از ۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت و دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	صنعت	۱۵-۱۱ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت	۱۵-۱۱ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	صنعت	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه	۱۵-۱۱ سال

جنسیت	محدوده سنی	تحصیلات	حوزه فعالیت	سابقه کار
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	دکتری	دانشگاه	۱۰-۵ سال
مرد	۴۰-۳۱	کارشناسی ارشد	صنعت	۱۰-۵ سال
مرد	۵۰-۴۱	کارشناسی ارشد	صنعت	۱۵-۱۱ سال
مرد	۵۰-۴۱	کارشناسی ارشد	صنعت	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۳۰-۲۰	کارشناسی ارشد	صنعت	کمتر از ۵ سال

مشخصات پنل دلفی که شامل تعدادی از استادان دانشگاهی است در جدول (۴) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۴: آمار توصیفی خبرگان پنل دلفی

جنسیت	محدوده سنی	تحصیلات	حوزه فعالیت	سابقه کار
زن	۳۱-۴۰	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۰ سال
مرد	۳۱-۴۰	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۰ سال
مرد	۴۱-۵۰	دکتری	دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال
مرد	۴۱-۵۰	دکتری	صنعت و دانشگاه	بیشتر از ۱۵ سال

پس از مشخص شدن خبرگان و تهیه پرسشنامه محقق ساخته و بررسی آن، روش دلفی در دو دور کیفی و دو دور کمی انجام شد. روش تعیین حجم نمونه همانند سایر روش‌های تحقیق کیفی مبتنی بر رسیدن به اشباع نظری است. 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. در پژوهش (اکلی و پالسکی^۱، ۲۰۰۴) به بازه ۱۸-۱۰ به عنوان بازه مناسب برای تعداد خبرگان اشاره شده است. در نهایت از میان ۷۵ چالش شناسایی شده از ادبیات، ۶۷ چالش توسط ۱۴ خبره صنعت انرژی تأیید، ۱۱ چالش ادغام، ۴ چالش اصلاح و ۳ چالش رد شد. همچنین با توجه به چالش‌هایی که خبرگان اضافه نمودند و طبق نظر پنل، دسته جدیدی برای چالش‌ها با عنوان شرایط حکمرانی ایجاد شد که چالش‌ها و دسته‌بندی کلی آن‌ها در جدول (۵) قابل مشاهده است.

جدول ۵: چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران

دسته‌بندی	چالش‌ها و موانع
چالش مالی	هزینه سرمایه‌گذاری، بازگشت سرمایه، فقدان منابع مالی، مقیاس‌پذیری، عدم تخصیص بودجه کافی، هزینه‌های نوآوری زیرساخت و تعمیرات، هزینه عملیاتی، پذیرش و پیاده‌سازی بالا، گران بودن سیستم‌های اینترنت اشیا در شرایط فعلی.
چالش استانداردها و مقررات دولتی	مشکل توسعه استاندارد جهانی پروتکل ارتباطی اینترنت اشیا برای اشیاء و سیستم‌های هوشمند، فقدان چارچوب قانونی برای اداره اینترنت اشیا، نیاز به استانداردهای باز، فقدان استانداردسازی، وجود استانداردهای دیجیتال متفاوتی در سطح جهانی.
چالش حریم خصوصی و امنیت	امنیت و حریم خصوصی، بحث امنیت دیتاهای جمع‌آوری شده و حریم خصوصی.
چالش مصرف انرژی	مصرف بالای انرژی تجهیزات اینترنت اشیا
چالش سلامتی	مشکلات و نگرانی مرتبط با سلامت افراد، مشکل دفع زباله‌های الکترونیکی و اثرات نامطلوب آن بر محیط‌زیست.
چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	مسائل نرم‌افزاری، قابلیت خواندن (غلط) خواندن تگ‌های RFID، قرار دادن تک‌ها

^۱ Okoli & Pawlowski

دسته بندی	چالش ها و موانع
	(برچسب‌ها) روی محصولات، مشکل در اتصالات، فقدان پوشش اینترنتی و زیرساخت فناوری اطلاعات، مسائل ذخیره‌سازی، قرار دادن آنتن‌های RFID، فقدان اتصالات اینترنت، دسترسی به اینترنت، نبود زیرساخت اینترنت (زیرساخت توسعه‌نیافته)، فراهم نبودن زیرساخت.
چالش فرهنگ در زنجیره تأمین	عدم حمایت مدیریتی، ترس کارکنان از فناوری، نگرانی‌های کارکنان، مقاومت در برابر نظارت، فرهنگ ریسک‌گریز، مقاومت کارکنان در برابر تغییر، ترس از به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین شرکا
چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی	فقدان دانش فنی در بین شرکا، نداشتن دانش کافی، عدم درک منافع حاصل از پذیرش، عدم دسترسی به مهارت‌های انسانی (نیروی متخصص)، فقدان سیستم مدیریت دانش، فقدان آموزش مناسب، فقدان آگاهی‌های لازم، ناآشنایی مدیران، خلأ ارتباطی بین دانشگاه و صنعت.
چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	مشکل در مدیریت کلان داده‌ها، مشکل در مدیریت حجم زیادی از داده‌ها و استخراج چنین داده‌هایی برای ارائه خدمات باکیفیت خوب، ناهمگونی داده‌ها، تجمیع و مدیریت داده‌ها، مدیریت و پشتیبانی فناوری اطلاعات ضعیف، تجزیه و تحلیل و درک داده‌ها.
چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	مشکلات هماهنگی میان اعضای زنجیره تأمین، عدم دسترسی به سیستم‌های شرکای زنجیره تأمین، چالش با تولید به‌موقع در رابطه با برنامه‌ریزی پویا.
چالش ادراکی	عدم درک مشترک مدیریتی در مورد اینترنت اشیا در طول زنجیره تأمین، عدم درک مدیران ارشد از خواسته‌های زنجیره تأمین.
چالش عدم قطعیت	محیط پویا، عدم قطعیت و پیچیدگی در استفاده و نگهداری، دشواری پیش‌بینی عواقب احتمالی استفاده از فناوری.
چالش فقدان مدیریت استراتژیک	فقدان استراتژی و برنامه‌ریزی در اینترنت اشیا، مدل کسب‌وکار جدید زنجیره تأمین (نیاز به تغییر مدل)، تنوع مدل‌های عملیاتی از شرکای مشترک زنجیره تأمین، معماری پیچیده، فقدان چشم‌انداز شرکتی و عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن، نیاز به کسب مجوز برای تأمین داده‌های عملیاتی موردنیاز از شرکت‌های داخلی و دشواری آن.
چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	عدم بلوغ خدمات و محصولات تکنولوژیکی، همکاری ناکافی بین IT و خطوط کسب‌وکار، یکپارچه‌سازی فناوری‌های اینترنت اشیا با سیستم‌ها/فناوری‌های عملیاتی، تحلیلی و استراتژیک موجود در زنجیره‌های تأمین، یکپارچه‌سازی، مشکل سازگاری با فرآیندهای موجود.
مشکلات حوزه تأمین	کافی نبودن تأمین‌کنندگان دستگاه‌های اینترنت اشیا و ارائه‌دهندگان خدمات مربوط.
چالش اعتماد کاربر	ایجاد اعتماد و پذیرش کاربر.
چالش شرایط حکمرانی	تحریم‌های خارجی، رانت دولتی، فیلترینگ.

در مرحله دوم پژوهش، از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی استفاده شد. در این مرحله، ۱۰ نفر از خبرگان مشارکت کردند. جدول (۶) نشانگر آمار توصیفی خبرگان مرحله دوم است.

جدول ۶: آمار توصیفی خبرگان مرحله دوم

جنسیت	محدوده سنی	تحصیلات
زن	۳۱-۴۰	کارشناسی ارشد
زن	۲۰-۳۰	کارشناسی ارشد
زن	۴۱-۵۰	دکتری
زن	۳۱-۴۰	کارشناسی ارشد
مرد	۴۱-۵۰	دکتری
مرد	۳۱-۴۰	کارشناسی ارشد
مرد	۴۱-۵۰	کارشناسی ارشد
مرد	۴۱-۵۰	دکتری

جنسیت	محدوده سنی	تحصیلات
مرد	۵۰-۴۱	دکتری
مرد	۵۰-۴۱	دکتری

جدول (۷) بیانگر ماتریس مجموع (SSIM) برای چالش‌های اینترنت اشیا می‌باشد.

جدول ۷: ماتریس مجموع چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا

C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
A(VH)	O(NO)	X(H)	V(H)	A(H)	O(NO)	A(H)	O(NO)	O(NO)	V(H)	O(NO)	V(H)	O(NO)	O(NO)	V(L)	A(H)	1	مالی (C1)
A(H)	O(NO)	V(L)	V(H)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	V(L)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	V(H)	V(VL)	V(L)	V(H)	1	v(h)	استانداردها و مقررات دولتی (C2)
A(H)	V(VH)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	A(H)	A(H)	O(NO)	A(H)	O(NO)	O(NO)	1	o(no)	o(no)	حریم خصوصی و امنیت (C3)
O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	A(L)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	A(L)	O(NO)	1	o(no)	o(no)	o(no)	صرف انرژی (C4)
O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	A(VL)	O(NO)	O(NO)	1	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	سلامتی (C5)
A(VH)	O(NO)	O(NO)	X(VH)	A(H)	O(NO)	O(NO)	O(NO)	X(H)	X(H)	O(NO)	1	o(no)	v(l)	v(h)	o(no)	o(no)	سخت‌افزاری و نرم‌افزاری (C6)
O(NO)	V(H)	O(NO)	O(NO)	A(L)	A(L)	A(H)	V(L)	O(NO)	A(H)	1	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	فرهنگ در زنجیره تأمین (C7)
A(H)	V(H)	O(NO)	O(NO)	V(H)	O(NO)	V(H)	V(H)	V(VH)	1	v(h)	x(h)	v(vl)	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	فقدان آموزش، دانش و آگاهی (C8)
A(L)	O(NO)	O(NO)	X(H)	A(L)	V(L)	O(NO)	V(L)	1	o(no)	o(no)	x(h)	o(no)	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات (C9)
O(NO)	O(NO)	O(NO)	A(H)	X(H)	O(NO)	A(H)	1	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	هماهنگی در زنجیره تأمین (C10)
A(VL)	V(H)	O(NO)	X(L)	V(VH)	A(H)	1	v(h)	o(no)	o(no)	v(h)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	v(h)	ادراکی (C11)
O(NO)	V(L)	V(L)	A(L)	A(H)	1	v(h)	o(no)	o(no)	o(no)	v(l)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	عدم قطعیت (C12)
O(NO)	V(L)	O(NO)	A(H)	1	v(h)	o(no)	x(h)	v(l)	o(no)	v(l)	v(h)	o(no)	v(l)	o(no)	o(no)	v(h)	فقدان مدیریت استراتژیک (C13)
A(H)	V(L)	V(L)	1	v(h)	v(l)	x(l)	v(h)	x(h)	o(no)	o(no)	x(vh)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	ناسازگاری با تکنولوژی موجود (C14)
A(H)	O(NO)	1	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	x(h)	مشکلات حوزه تأمین (C15)
O(NO)	1	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	o(no)	اعتماد کاربر (C16)
1	o(no)	v(h)	v(h)	o(no)	o(no)	v(vl)	o(no)	v(l)	v(h)	o(no)	v(vh)	o(no)	o(no)	v(h)	v(h)	v(vh)	شرایط حکمرانی (C17)

بعد از مشخص شدن ماتریس مجموع چالش‌ها، سایر مراحل انجام شد. در این مرحله، میزان قدرت نفوذ و وابستگی هر یک

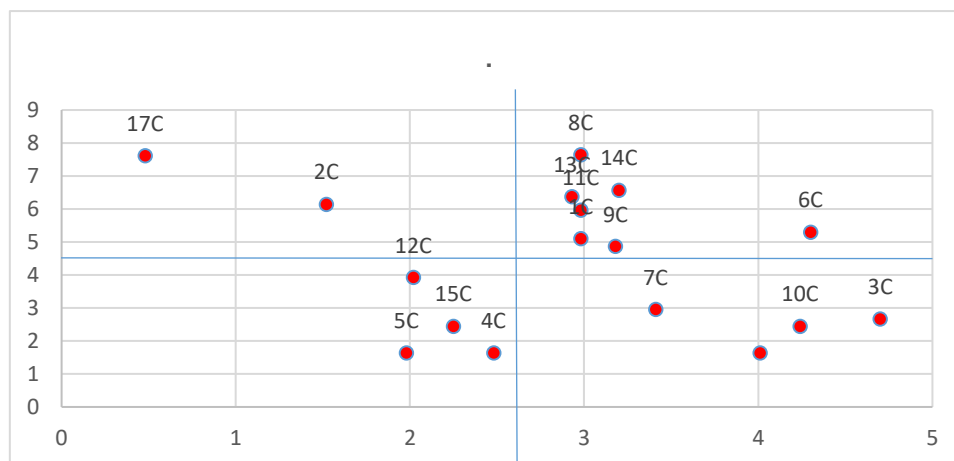
از چالش‌های اینترنت اشیا مشخص شد که در جدول (۸) قابل مشاهده است.

جدول ۸: میزان نفوذ وابستگی هر یک از چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا

اختصار متغیر	قدرت وابستگی	قدرت نفوذ
C1	۲,۵	۵,۱۰
C2	۱,۵۲	۶,۱۴
C3	۴,۷۰	۲,۶۶
C4	۲,۴۸	۱,۶۳
C5	۱,۹۸	۱,۶۳
C6	۴,۳۰	۵,۲۹
C7	۳,۴۱	۲,۹۵
C8	۲,۹۸	۷,۶۴
C9	۳,۱۸	۴,۸۶
C10	۴,۲۴	۲,۴۴
C11	۲,۹۸	۵,۹۶
C12	۲,۰۲	۳,۹۲
C13	۲,۹۳	۶,۳۷
C14	۳,۲۰	۶,۵۶

اختصار متغیر	قدرت وابستگی	قدرت نفوذ
C۱۵	۲,۲۵	۲,۴۴
C۱۶	۴,۰۱	۱,۶۳
C۱۷	۰,۴۸	۷,۶۱

سپس بر اساس جدول (۸) ماتریس نفوذ-وابستگی برای چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا ترسیم و در شکل (۲) نشان داده شده است.

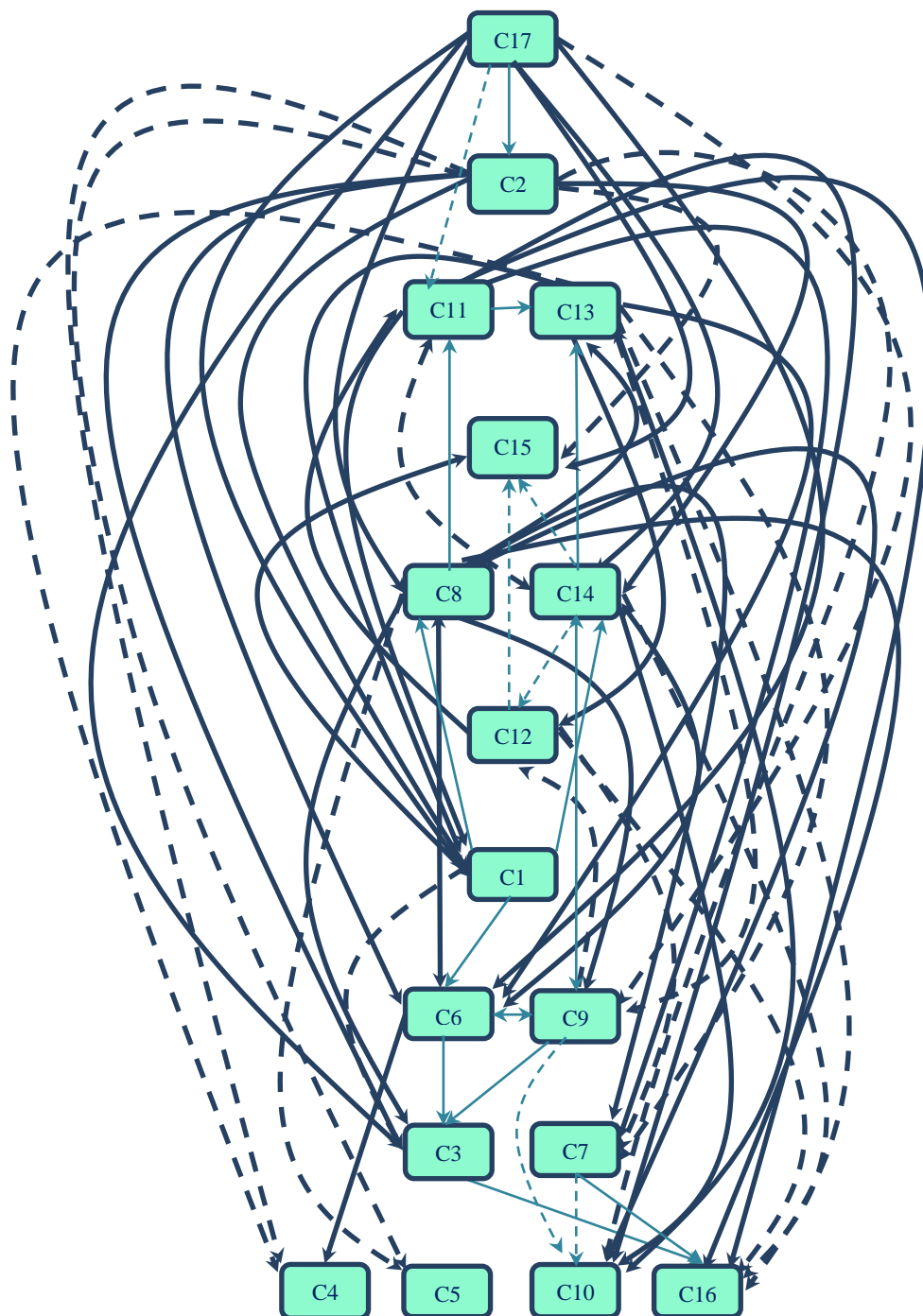


شکل ۲: ماتریس قدرت نفوذ و وابستگی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا
منبع: نتایج پژوهش

همان‌طور که در شکل (۲) مشخص است، چالش‌های «مصرف انرژی»، «سلامتی»، «عدم قطعیت» و «مشکلات حوزه تأمین» خودمختار، چالش‌های «حریم خصوصی و امنیت»، «فرهنگ در زنجیره تأمین»، «هماهنگی در زنجیره تأمین» و «اعتماد کاربر» وابسته، چالش‌های «استانداردها و مقررات دولتی» و «شرایط حکمرانی» مستقل و چالش‌های «مالی»، «سخت‌افزاری و نرم‌افزاری»، «فقدان آموزش، دانش و آگاهی»، «ادراکی»، «فقدان مدیریت استراتژیک» و «ناسازگاری با تکنولوژی موجود» دووجهی هستند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مدل ساختاری تفسیری چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران مطابق شکل (۳) می‌باشد. همان‌طور که مشخص شده، مدل نشانگر تأثیرگذاری چالش‌ها است. با توجه به مدل، به‌عنوان نمونه چالش شرایط حکمرانی، به‌عنوان بنیادی‌ترین چالش بر استانداردها و مقررات دولتی بسیار تأثیرگذار است و یا چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات تأثیر داشته و همچنین از آن تأثیر می‌پذیرد. همچنین این چالش بنیادی بر چالش‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، ناسازگاری با تکنولوژی موجود، مالی، حریم خصوصی و فقدان آموزش، دانش و آگاهی نیز تأثیر دارد. در سطح نهم مدل، چالش استانداردها و مقررات دولتی قرار گرفته که بر چالش‌های مالی، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، حریم خصوصی و امنیت و ناسازگاری با تکنولوژی موجود تأثیر دارد. به‌علاوه این چالش دارای تأثیرگذاری ضعیفی بر چالش‌های مصرف انرژی، سلامتی، هماهنگی در زنجیره تأمین و مشکلات حوزه تأمین می‌باشد. در سطح هشتم مدل تأثیرگذاری چالش ادراکی بر فقدان مدیریت استراتژیک نشان داده شده است. همچنین این چالش بر چالش‌های مالی، فرهنگ و هماهنگی در زنجیره تأمین و اعتماد کاربر تأثیرگذار است. چالش فقدان مدیریت استراتژیک بر

چالش‌های مالی، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و ناسازگاری با تکنولوژی موجود، تأثیر قوی و بر چالش‌های مصرف انرژی، فرهنگ در زنجیره تأمین، مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات و اعتماد کاربر تأثیر ضعیفی دارد.



شکل ۳: مدل ساختاری تفسیری چالش‌ها و موانع اینترنت اشياء
منبع: نتایج پژوهش

در جدول (۹) تأثیرگذاری چالش‌ها بر یکدیگر، نوع تأثیر و علت هر یک به صورت مجزا نشان داده شده است. به عنوان نمونه، چالش حکمرانی که به عنوان بنیادی‌ترین چالش مشخص شد از طریق تحریم‌های خارجی بر چالش سخت و افزاری و نرم-افزاری و یا بر چالش مشکلات حوزه تأمین دارای تأثیرگذاری قوی می‌باشد.

جدول ۹: تأثیر گذاری چالش‌ها و موانع

نوع تأثیر و علت	تأثیر گذاری	
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش استانداردها و مقررات دولتی	چالش حکمرانی
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش مشکلات حوزه تأمین	
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش مالی	
قوی - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
قوی - به علت فیلترینگ	تأثیر بر چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی	
ضعیف - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	
ضعیف - به علت وجود تحریم‌های خارجی	تأثیر بر چالش ادراکی	
قوی - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش مالی	چالش استانداردها و مقررات دولتی
قوی - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	
قوی - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
قوی - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	
ضعیف - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش سلامتی	
ضعیف - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش مصرف انرژی	
ضعیف - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
ضعیف - عدم تدوین استانداردها و مقررات مربوط	تأثیر بر چالش مشکلات حوزه تأمین	
قوی - معماری پیچیده	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	
قوی - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش عدم قطعیت	چالش فقدان مدیریت استراتژیک
قوی - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش مالی	
ضعیف - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش فرهنگ در زنجیره تأمین	
ضعیف - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش مصرف انرژی	
ضعیف - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	
ضعیف - عدم وجود استراتژی فراگیر برای دیجیتالی شدن	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	
قوی - فقدان دید مدیریتی	تأثیر بر چالش فقدان مدیریت استراتژیک	
قوی - فقدان دید مدیریتی	تأثیر بر چالش فرهنگ در زنجیره تأمین	
قوی - عدم درک از نیازهای زنجیره	تأثیر بر چالش مالی	
قوی - عدم درک از نیازهای زنجیره	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
قوی - عدم درک از نیازهای زنجیره	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	
قوی - عدم بلوغ تکنولوژیکی	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود
قوی - همکاری ناکافی	تأثیر بر چالش فقدان مدیریت استراتژیک	
قوی - همکاری ناکافی	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
ضعیف - عدم بلوغ تکنولوژیکی	تأثیر بر چالش عدم قطعیت	

نوع تأثیر و علت	تأثیر گذاری	
ضعیف - همکاری ناکافی	تأثیر بر چالش مشکلات حوزه تأمین	چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی
ضعیف - عدم بلوغ تکنولوژیکی	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	
قوی - عدم بلوغ تکنولوژیکی	تأثیر بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	
قوی - نداشتن دانش کافی	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی
قوی - نداشتن دانش کافی	تأثیر بر چالش فرهنگ در زنجیره تأمین	
قوی - نداشتن دانش کافی	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
قوی - نداشتن دانش کافی	تأثیر بر چالش ادراکی	
قوی - فقدان نیروی متخصص	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
قوی - نداشتن دانش کافی	تأثیر بر چالش فقدان مدیریت استراتژیک	
قوی - فقدان آموزش مناسب	تأثیر بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	
ضعیف - نداشتن آگاهی‌های لازم	تأثیر بر چالش سلامتی	
قوی - محیط پویا	تأثیر بر چالش ادراکی	
ضعیف - دشواری پیش‌بینی عواقب استفاده	تأثیر بر چالش مشکلات حوزه تأمین	
ضعیف - دشواری پیش‌بینی عواقب استفاده	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	
ضعیف - دشواری پیش‌بینی عواقب استفاده	تأثیر بر چالش فرهنگ در زنجیره تأمین	
قوی - عدم تخصیص بودجه	تأثیر بر چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی	چالش مالی
قوی - فقدان منابع مالی	تأثیر بر چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	
قوی - فقدان منابع مالی	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	
ضعیف - عدم تخصیص بودجه	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
قوی - مدیریت فناوری اطلاعات ضعیف	تأثیر بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات
قوی - مدیریت فناوری اطلاعات ضعیف	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
ضعیف - ناهمگونی داده‌ها	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
قوی - مدیریت فناوری اطلاعات ضعیف	تأثیر بر چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	
قوی - نبود زیرساخت	تأثیر بر چالش انرژی	چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری
قوی - نبود زیرساخت	تأثیر بر چالش حریم خصوصی و امنیت	
قوی - نبود زیرساخت	تأثیر بر چالش مدیریت ضعیف فناوری اطلاعات	
قوی - فقدان پوشش اینترنتی	تأثیر بر چالش فقدان آموزش، دانش و آگاهی	
قوی - نبود زیرساخت	تأثیر بر چالش ناسازگاری با تکنولوژی موجود	
ضعیف - عدم حمایت مدیریتی	تأثیر بر چالش هماهنگی در زنجیره تأمین	
قوی - ترس و مقاومت کارکنان در برابر فناوری	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	چالش فرهنگ در زنجیره تأمین
قوی - فقدان فناوری تضمین‌کننده امنیت	تأثیر بر چالش اعتماد کاربر	

نتایج، تأثیر گذاری بالای چالش شرایط حکمرانی را نشان می‌دهد؛ بنابراین این چالش و زیرمجموعه‌های آن باید مورد توجه قرار گیرد. از جمله چالش‌های شرایط حکمرانی می‌توان به تحریم‌های خارجی اشاره کرد. تحریم‌ها به سبب اعمال برخی تغییرات بر مقررات تأثیر گذارند که در پژوهش (پرت و علیزاده، ۲۰۲۰؛ کیلیپاتریک^۱، ۲۰۲۰) نیز به‌نوعی به این مطلب اشاره شده است. همچنین تحریم‌های خارجی بر چالش مشکلات حوزه تأمین تأثیر گذارند. اعمال تحریم‌ها می‌تواند منجر به

¹ Pratt & Alizadeh

² Kilpatrick

محدودیت در واردات و صادرات شود و صنعت را برای تأمین تجهیزات و محصولات موردنیاز با مشکل مواجه کند که این مطلب در پژوهش (مجیدی و زرونی^۱، ۲۰۱۶) نیز اشاره شده است.

چالش استانداردها و مقررات دولتی بر چالش مالی در سطح چهارم تأثیرگذار است. وجود این چالش مسبب مشکلاتی از جمله عدم تخصیص بودجه و فقدان منابع مالی و... بوده که نشان‌دهنده چالش‌های مالی برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در صنعت انرژی ایران است. به علاوه، عدم تدوین استانداردهای مربوط و نبود مقررات، مشکلاتی را برای نظارت بر امور مالی ایجاد می‌کند. همچنین این چالش بر چالش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نیز تأثیر دارد. یکی از اصلی‌ترین تأثیرات استانداردها و مقررات در ارتباط با سخت‌افزارها، بحث تضمین ایمنی است. استانداردها تضمین می‌کنند که سخت‌افزار، بدون خطر و تهدیدی برای کاربران عمل می‌کند. برای مثال، استانداردهای مربوط به ضد انفجار بودن در صنعت انرژی و علی‌الخصوص حوزه نفت و گاز بسیار حائز اهمیت بوده، لذا فقدان آن‌ها چالش‌های سخت‌افزاری ایجاد خواهد کرد.

از آنجایی که پژوهش حاضر از لحاظ دسته‌بندی، سطح تحلیل و روش با سایر پژوهش‌ها تفاوت دارد، مقایسه صددرصدی یافته‌ها با پژوهش‌های قبلی امکان‌پذیر نیست. با این وجود، مدل ارائه شده در پژوهش (جانسن و همکاران^۲، ۲۰۱۹) دارای ۶ سطح که فقدان حکمرانی و پشتیبانی مدیریت و مشکلات پیچیدگی در بالاترین سطح مدل قرار گرفته که تأثیرگذارترین نیز هستند. در تحقیق (سین و بهانوت^۳، ۲۰۲۰) که مدل آن در ۲ سطح ارائه شده، مسئله امنیت سایبری به‌عنوان مهم‌ترین مانع معرفی شده است. پژوهش (دزاین^۴، ۲۰۲۲) مدل خود را در ۴ سطح ارائه کرده و استانداردهای قانونی و نظارتی و عدم پوشش اینترنتی و زیرساخت فناوری اطلاعات تأثیرگذارترین چالش‌ها عنوان شده‌اند. در تحقیق (شارما و همکاران^۵، ۲۰۲۰) مدل در ۱۰ سطح و فقدان هنجارها، سیاست‌ها و دستورالعمل‌های نظارتی تأثیرگذارترین چالش است. تأثیرگذارترین چالش پژوهش (کمبل و همکاران^۶، ۲۰۱۹) نیز فقدان مقررات و حکمرانی بوده و مدل در ۵ سطح ارائه شده است.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شناسایی چالش‌ها و موانع اینترنت اشیا جهت اطمینان از پذیرش و پیاده‌سازی گسترده و موفق آمیز فناوری ضروری است. با بررسی مطالعات موجود در رابطه با اینترنت اشیا در زنجیره تأمین مشخص شد تا به حال در ارتباط با چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین صنعت انرژی تحقیقاتی کمی انجام شده و ارائه مدل نیز انجام نشده است. ایران نیز در زمینه پیاده‌سازی فناوری‌های نوین به‌ویژه اینترنت اشیا در صنایع مختلف با مشکلاتی مواجه بوده و به کندی عمل کرده است؛ بنابراین لازم است تحقیقی درصدد پر کردن این شکاف تحقیقاتی انجام شود. در این تحقیق، ابتدا پس از بررسی مقالات موجود جهت استخراج چالش‌های اینترنت اشیا در زنجیره تأمین ۷۵ چالش شناسایی شد. پس از انتخاب صنعت انرژی به‌عنوان صنعت مورد بررسی به دلیل اهمیت آن، جهت تأیید چالش‌های شناسایی شده توسط خبرگان زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران، روش دلفی استفاده گردید. در نتیجه، طبق نظر خبرگان از تعداد کل چالش‌ها، ۶۷ چالش توسط ۱۴ خبره صنعت انرژی تأیید، ۱۱ چالش ادغام، ۴ چالش اصلاح و ۳ چالش رد شد. همچنین با توجه به چالش‌هایی که خبرگان اضافه نمودند و طبق نظر پنل، دسته جدیدی برای چالش‌ها با عنوان شرایط حکمرانی ایجاد شد و چالش‌ها در ۱۷ دسته ارائه گردید.

¹ Majidi & Zarouni

² Janssen et al

³ Singh & Bhanot

⁴ Desingh

⁵ Sharma et al

⁶ Kamble et al

در نهایت به منظور ارائه مدل برای چالش‌های اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران، مرحله دوم پژوهش با روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی انجام شد و مدل ساختاری تفسیری چالش‌ها در ۱۰ سطح ارائه گردید. با توجه به مدل و نتایج به دست آمده، چالش شرایط حکمرانی در بالاترین سطح و به عنوان تأثیرگذارترین چالش در این پژوهش مشخص شد؛ بنابراین باید چالش شرایط حکمرانی و زیرمجموعه‌های آن از جمله تحریم‌های خارجی مورد توجه قرار گیرند. بیشترین تأثیرگذاری شرایط حکمرانی بر چالش استانداردها و مقررات دولتی است که در سطح نهم مدل قرار دارد.

با وجود تحریم‌ها، ایران در دسترسی به برخی قطعات و تجهیزات به منظور پیاده‌سازی و اجرای فناوری اینترنت اشیاء با دشواری مواجه است. همچنین کشور ما به واسطه محدودیت‌های تحریمی در زمینه دسترسی به اطلاعات و همچنین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری وابسته راهی سخت و دشواری را تا حدودی پیموده و همچنان در پیش دارد. وجود تحریم‌ها سبب زمان‌بر بودن و افزایش هزینه‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیاء خواهد شد، در نتیجه پیشنهاد می‌گردد از پروژه‌های ملی و شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه فناوری اطلاعات حمایت کافی صورت گیرد و کشور به سمت توسعه دانش‌بنیان رود تا بتوان از تجهیزات داخلی مربوط به اینترنت اشیاء استفاده شود و تحریم‌های خارجی کمتر موجب عدم اجرا یا توقف فرآیندها و فعالیت‌ها شوند.

از دیگر چالش‌های تأثیرگذار، استانداردها و مقررات دولتی است که پس از چالش شرایط حکمرانی قرار دارد. با توجه به اهمیت این چالش و تأثیر استانداردها و مقررات در توسعه و پیشرفت صنعت، وجود مشکلات در تعریف و تدوین استانداردها و مقررات و نیازمندی صنعت به استانداردهای یکپارچه و مقررات مشخص به منظور پیاده‌سازی اینترنت اشیاء، پیشنهاد می‌شود استانداردها و مقررات در این حوزه، بازنگری و همچنین با بررسی شرایط کشور و صنعت انرژی، استانداردها و مقررات جدید تدوین و اجرایی شوند. در تدوین استانداردها باید شرایط ایران در نظر گرفته شود زیرا استانداردهای بین‌المللی در برخی موارد با شرایط داخل کشور سازگاری ندارند؛ بنابراین مهم‌ترین اصل در تدوین ترجمه دقیق استانداردهای بین‌المللی و بومی‌سازی مناسب آن‌ها است.

در ارتباط با محدودیت‌های پژوهش حاضر باید به عدم پیاده‌سازی گسترده فناوری اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین صنعت انرژی ایران اشاره گردد. این مورد امکان دسترسی به خبرگان را با دشواری‌ها زیادی روبرو کرد. همچنین تعدد پرسشنامه‌ها و وقت‌گیر بودن آن‌ها از دیگر محدودیت‌ها در دسترسی به خبرگان پس پیگیری‌های مکرر و فراوان بود. به علاوه در برخی موارد، مراحل طولانی دریافت مجوز برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و توزیع پرسشنامه‌ها به دلیل برخی قوانین، مشکلات و محدودیت‌هایی را در انتخاب خبرگان و طولانی شدن روند انجام پژوهش ایجاد کرد.

سپاسگزاری

از تمامی افرادی که در گردآوری اطلاعات لازم و انجام تحقیقات مورد نیاز این مقاله همکاری داشتند قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] جهان پیمان، یاسر. (۱۳۹۷). بررسی کاربردهای فناوری نوین اینترنت اشیا در بخش بالادستی صنعت نفت. ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۱۶۳: ۱۴-۱۸.
- [۲] رهسپار فرد، خیراله؛ مولایی، رضا. (۱۳۹۷). بررسی چالش‌های اینترنت اشیا با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری. علوم و فنون مدیریت اطلاعات، ۴(۴)، ۸۲-۶۳.
- [۳] سعیدی، فرحناز؛ و خاطری، امیرحسین. (۱۴۰۰). بررسی چالش‌های کلیدی استفاده از اینترنت اشیا، فصلنامه علمی تخصصی رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری، ۵(۸۳)، ۱۶-۱.
- [۴] فلاحی، آزاده؛ فرجی، امین؛ قریبی، امین. (۱۴۰۰). تحلیل موانع کلیدی کاربرد اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند ایران (روش تحلیل ساختاری). مطالعات مدیریت کسب‌وکار هوشمند، ۱۰(۳۸)، ۱۳۷-۱۷۱.
- [۵] مرکز گسترش اینترنت اشیا ایران. (۱۴۰۱). کاربرد اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز. بازیافت شده در تاریخ <https://iotbiz.ir> از ۱۴۰۲/۵/۱۵
- [۶] نوذری، حامد؛ صادقی، محمدابراهیم؛ قهرمانی نهر، جاوید؛ نجفی، سید اسماعیل (۱۴۰۰)، (تحلیل کمی چالش‌های پیاده‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا) زنجیره تأمین ۴ / ۰ نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت. دوره ۱۱، شماره ۳، ص ۶۳ - ۹۴.
- [7] Abdulaziz, Q. A., Mad Kaidi, H., Masrom, M., Hamzah, H. S., Sarip, S., Dziauddin, R. A., & Muhammad-Sukki, F. (2023). Developing an IoT Framework for Industry 4.0 in Malaysian SMEs: An Analysis of Current Status, Practices, and Challenges. *Applied Sciences*, 13(6), 3658.
- [8] Aamer, A. M., Al-Awlaqi, M. A., Affia, I., Arumsari, S., & Mandahawi, N. (2021). The internet of things in the food supply chain: Adoption challenges. *Benchmarking: an international journal*, 28(8), 2521-2541.
- [9] Ahmetoglu, S., Che Cob, Z., & Ali, N. A. (2022). A Systematic Review of Internet of Things Adoption in Organizations: Taxonomy, Benefits, Challenges and Critical Factors. *Applied Sciences*, 12(9), 4117 .
- [10] Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157-177 .
- [11] Dadkhah, M., Lagzian, M., Santoro, G., & Drobnics, M. (2020). A brief overview on status of Internet of Things research in Iran. *International Journal of Internet of Things and Cyber-Assurance*, 1(3-4), 232-243.
- [12] de Vass, T., Shee, H., & Miah, S. J. (2021). IoT in supply chain management: Opportunities and challenges for businesses in early industry 4.0 context. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 14(2), 148-161 .
- [13] Desingh, V. (2022). Internet of Things adoption barriers in the Indian healthcare supply chain: An ISM-fuzzy MICMAC approach. *The International journal of health planning and management*, 37(1), 318-351 .
- [14] Dobrowolski, Z. (2021). Internet of things and other e-solutions in supply chain management may generate threats in the energy sector—The quest for preventive measures. *Energies*, 14(17), 5381
- [15] Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of things Journal*, 5(5), 3758-3773 .
- [16] Eryarsoy, E., Kilic, H. S., Zaim, S., & Doszhanova, M. (2022). Assessing IoT challenges in supply chain: A comparative study before and during-COVID-19 using interval valued neutrosophic analytical hierarchy process. *Journal of Business Research*, 147, 108-123.
- [17] Gandhi, A., & Mishra, K. (2023). A Review on IOT as a Green Trade Economy Development Path for Ecological Sustainable Development. 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication (AISC)
- [18] Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055-1085.
- [19] Hossein Motlagh, N., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., & Zakeri, B. (2020). Internet of Things (IoT) and the energy sector. *Energies*, 13(2), 494.

- [20] Humphrey-Murto, S., Wood, T. J., Gonsalves, C., Mascioli, K & ., Varpio, L. (2020). The delphi method. *Academic Medicine*, 95(1), 168.
- [21] Janssen, M., Luthra, S., Mangla, S., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2019). Challenges for adopting and implementing IoT in smart cities: An integrated MICMAC-ISM approach. *Internet Research*.
- [22] Kalaichelvi, N., & Gayathri, S. (2023). Internet of Things Toward Leveraging Renewable Energy. In *AI-Powered IoT in the Energy Industry: Digital Technology and Sustainable Energy Systems* (pp. 99-118). Springer.
- [23] Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., & Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 48, 154-168 .
- [24] Khanna, A., & Kaur, S. (2020). Internet of things (IoT), applications and challenges: a comprehensive review. *Wireless Personal Communications*, 114(2), 1687-1762 .
- [25] Kilpatrick, R. L. (2020). The Impact of UN Sanctions on Commercial Shipping Activities. *Global Challenges and the Law of the Sea*(pp. 159-175). Springer International Publishing.
- [26] Majidi, A. F., & Zarouni, Z. (2016). The impact of sanctions on the economy of Iran. *International Journal of Resistive Economics*, 4(1), 84-99 .
- [27] Mansoor, C., Vishnupriya, G., Anand, A., Vijayakumar, S., Kumaran, G., & Pandi, V. S. (2023). A Novel Framework on QoS in IoT Applications for Improvising Adaptability and Distributiveness. 2023 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI) (pp. 1-6). IEEE.
- [28] Mohammadzadeh, A .K., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, 53, 124-134 .
- [29] Odake, N., & Khare ,A. (2023). DX and Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) with Prototype and Small-Lot Production. In *Adopting and Adapting Innovation in Japan's Digital Transformation* (pp. 79-92). Springer .
- [30] Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & management*, 42(1), 15-29.
- [31] Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11(05), 635-652.
- [32] Paksoy, T., Kochan, C. G., & Ali, S. S. (2020). *Logistics 4.0: digital transformation of supply chain management*. CRC Press .
- [33] Peng, J., Chen, H., Jia, L., Fu, S., & Tian, J. (2023). Impact of Digital Industrialization on the Energy Industry Supply Chain: Evidence from the Natural Gas Industry in China. *Energies*, 16(4), 1564.
- [34] Pratt, S., & Alizadeh, V. (2020). The economic impact of the lifting of sanctions on tourism in Iran: A computable general equilibrium analysis. In *Current Issues in Asian Tourism*, (pp148-158) Routledge .
- [35] Rajamohan, K., Rangasamy, S., Kumar, M. A., Sarkar, B., & Mukherjee, J. (2023). Sustainable IoT for Smart Environmental Control. In *Handbook of Research on Machine Learning-Enabled IoT for Smart Applications Across Industries* (pp. 385-406). IGI Global.
- [36] Rejeb, A., Rejeb, K., Zailani, S., Treiblmaier, H., & Hand, K. J. (2021). Integrating the Internet of Things in the halal food supply chain: A systematic literature review and research agenda. *Internet of Things*, 13, 100361.
- [37] Sharma, M., Joshi, S., Kannan, D., Govindan, K., Singh, R., & Purohit, H. (2020). Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context. *Journal of cleaner production*, 270, 122047 .
- [38] Shupletsov, A., Beregova, G., & Yanjie, Z. (2022). Development of innovative technologies of the fuel and energy industry: Foreign experience. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* ,
- [39] Singh, R., & Bhanot, N. (2020). An integrated DEMATEL-MMDE-ISM based approach for analysing the barriers of IoT implementation in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 58(8), 2454-2476 .
- [40] Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information systems frontiers*, 17(2), 261-274 .

نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۱۰۵-۱۲۶

- [41] Wu, W.-W., & Lee, Y.-T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499-507.
- [42] Yang, K., Duan, T., Feng, J., & Mishra, A. R. (2022). Internet of things challenges of sustainable supply chain management in the manufacturing sector using an integrated q-Rung Orthopair Fuzzy-CRITIC-VIKOR method. *Journal of Enterprise Information Management*, 35(4/5), 1011-1039.