



ارائه الگوی توسعه فناوری اینترنت اشیا در حوزه مسائل محیط زیست و انرژی به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

محیا انواری نائینی[✉]، علیرضا علی احمدی^۲

۱- کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، گرایش تجارت الکترونیک، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۲- استاد تمام دانشکده های مهندسی پیشرفت و مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	این مقاله با هدف بررسی توسعه فناوری اینترنت اشیا در حوزه مسائل محیط زیست و انرژی، برای تحقق اهداف توسعه پایدار انجام شده است. در این راستا، به منظور گردآوری و تحلیل داده ها از استراتژی پژوهش رویش نظریه ها با رویکرد ظاهرشونده بهره گرفته شد. جامعه مورد مطالعه شامل خبرگان حوزه اینترنت اشیا بود که بر اساس نمونه گیری هدفمند، پس از انجام ۲۰ مصاحبه نیمه ساخت یافته اشباع نظری حاصل شد. تجزیه و تحلیل داده ها مبتنی بر فرآیندهای کدگذاری استراوس و کوربین (باز-محوری-انتخابی) صورت گرفت. به این ترتیب، مدل مفهومی پژوهش «الگوی توسعه فناوری اینترنت اشیا در حوزه مسائل محیط زیست و انرژی به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار» ارائه شد. مطابق با این مدل، وجود مسائل و چالش های مختلف در حوزه های انرژی و محیط زیست می تواند دلیلی برای توسعه اینترنت اشیا باشد. به کارگیری اینترنت اشیا در حوزه ی پایداری محیط زیست، موجب افزایش محصولات کشاورزی و کاهش جنگل زدایی می شود و صرفه جویی در هزینه ها و بهبود سطح رفاه زندگی را به همراه دارد. در حقیقت، کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه های مختلف نه تنها می تواند امکان برطرف کردن چالش های محیط زیست را در جامعه فراهم کند، بلکه می تواند زمینه ساز دستیابی به توسعه پایدار در بعد محیط زیست شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵	
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵	
کلید واژه ها: اینترنت اشیا، توسعه پایدار، توسعه اینترنت اشیا، انرژی، محیط زیست.	



The Development Model of Internet of Things (IoT) Technology in the Field of Environmental and Energy Issues for Achieving Sustainable Development Goals

Mahya Anvari Naeiny^{1✉}, Alireza Aliahmadi²

1. MA in Information Technology Engineering E-commerce trend, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. Mahyaanv9@gmail.com
2. Professor of Progress and Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

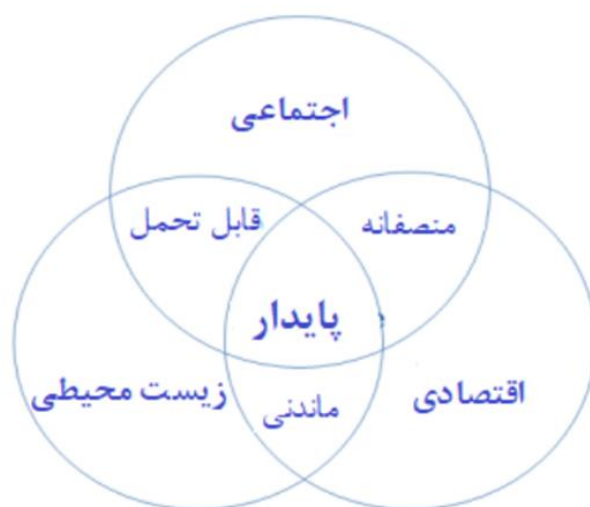
Article Info	Abstract
Article type: Research Article	This study was conducted to investigate the development of Internet of Things (IoT) technology in addressing environmental and energy issues, aiming to achieve sustainable development goals. To collect and analyze the data, a grounded theory approach with an emergent design was utilized. The study population consisted of IoT experts, and using purposive sampling, theoretical saturation was achieved after conducting 20 semi-structured interviews. Data analysis was performed based on Strauss and Corbin's coding process (open, axial, and selective coding). Accordingly, a conceptual model titled "The Development Model of IoT Technology in the Field of Environmental and Energy Issues for Achieving Sustainable Development Goals" was proposed. According to this model, the existence of various issues and challenges in the energy and environmental sectors can drive the development of IoT technology. The application of IoT in the field of environmental sustainability can lead to increased agricultural productivity, reduced deforestation, cost savings, and improved quality of life. In fact, IoT applications across different sectors not only facilitate addressing environmental challenges within society but also pave the way for achieving environmental sustainability.
Article history:	
Received: 2024/07/29	
Accepted: 2025/02/03	
Available online: 2025/05/05	
Keywords: Internet of Things (IoT), Sustainable Development, IoT Development, Energy, Environment.	

مقدمه

سازمان‌های مختلف همواره در جستجوی رشد، ارزش‌آفرینی و ارتقای بهره‌وری بوده‌اند. یکی از راهکارهای دستیابی به اهداف فوق، ایجاد زمینه‌های توسعه پایدار است. توسعه پایدار، مزایای رقابتی فراوانی را برای سازمان‌های امروزی فراهم می‌کند. به کارگیری اثربخش منابع انسانی و حفظ نیروی کار، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش ضایعات و تلفات و حفظ انرژی از مهم‌ترین مزایای تحقق توسعه پایدار می‌باشند. دستیابی به توسعه پایدار در کسب‌وکارها مستلزم کاربست راهکارهای فناورانه و نوآورانه است (شیانگ، ۲۰۱۶؛ طالقانی، ۱۳۸۴). از جمله مهم‌ترین راهکارهای فناورانه در این زمینه که به عنوان یکی از فراروند های مبتنی بر فناوری در حوزه آینده‌نگاری نیز قلمداد می‌شود، «اینترنت‌اشیاء» است (پورعزت و عبدی، ۱۳۹۷؛ نصیری ۲۰۱۶؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از مهم‌ترین لازمه‌های تحقق پایداری، مدیریت کارای اشیا و بهینه‌سازی در مصرف انرژی و منابع محدود است که با بهره‌گیری از فناوری اینترنت‌اشیاء میسر می‌شوند. قابلیت ردیابی اشیا در هر زمان و مکان منجر به پایداری در عمل و توسعه می‌شود (آزوری و همکاران، ۲۰۱۰). به عبارت دیگر، هوشمند سازی سامانه‌ها از طریق فناوری اینترنت‌اشیاء تأثیر شگرفی بر کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی دارد.

اینترنت‌اشیاء شبکه‌ای از اشیا فیزیکی یا چیزهای تعبیه‌شده با قطعات الکترونیکی، نرم‌افزار، سنسورها و اتصالات است که می‌توانند توسط تبادل اطلاعات با تولیدکننده، اپراتور و یا دستگاه‌های دیگر قادر به ارائه ارزش و خدمات بیشتر باشند. هوشمندسازی اشیا فقط امکان ارتباط بلادرنگ با افراد را به وجود نمی‌آورد، بلکه قابلیت تعامل و تبادل اطلاعات بین خود اشیا را نیز فراهم می‌کند. این پدیده باعث به وجود آمدن شبکه‌ای فراگیر از اشیا، انسان‌ها و سیستم‌های رایانه‌ای خواهد شد. با اکتساب و تحلیل داده‌های حاصل از حسگرها در نقاط پایانی اشیای متصل، ارزش واقعی اینترنت اشیا در قابلیت آن برای نظارت، سنجش و خلق وسایل هوشمند محقق می‌شود که مزایای فراوانی را برای افراد، کسب‌وکارها و جوامع به همراه دارد (خدمتگزار، ۱۳۹۴). در دهه‌های اخیر کاربردهای گسترده و متنوع این فناوری در صنایع مختلفی از جمله انرژی و محیط زیست، بهداشت و درمان، حمل‌ونقل و خرده‌فروشی شناسایی شده است (گوبی و همکاران، ۲۰۱۳). پیاده‌سازی اینترنت‌اشیاء در جهت بهبود محیط زیست یکی از زمینه‌هایی است که تأثیر زیادی در جهت حفظ محیط زیست و کاهش آلاینده‌ها خواهند داشت. به عنوان مثال سنسورهای آلاینده در زیرساخت آب شهری، آلودگی آن را کشف می‌کند؛ بنابراین، مسئله‌ی آلودگی آب قابل پیشگیری است. در نتیجه، بحران آب که یک فاجعه‌ی محیط‌زیستی است که از طریق اینترنت‌اشیاء قابل کنترل و منجر به بهره‌وری آب می‌شود. به کارگیری اینترنت‌اشیاء در حوزه‌ی پایداری محیط زیست، موجب افزایش محصولات کشاورزی و کاهش قطع درختان (جنگل‌زدایی) می‌شود و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بهبود سطح رفاه زندگی را به همراه دارد (نانک^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به محدودیت مکان‌های مناسب دفع انواع زباله‌ها و اثرات نامطلوب دفن زباله و سایر روش‌های حذف و یا کنترل زباله‌ها بر سلامت عمومی و محیط زیست، حرکت در جهت مدیریت بهینه‌ی پسماندها با نگاهی به توسعه‌ی پایدار از اهداف اصلی جوامع توسعه‌یافته و درحال توسعه است. به تعریف کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷، توسعه پایدار عبارت است از توسعه‌ای که نیازهای کنونی را تأمین می‌کند، بدون آن‌که توانایی نسل‌های آینده را در برآوردن نیازهای خود، به مخاطره افکند (گنزالز و همکاران، ۲۰۱۷). توسعه پایدار، توسعه‌ای کل نگر است؛ به گونه‌ای که تمامی ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی زیست محیطی و دیگر نیازهای بشری را در برمی‌گیرد (برادی و گیتس، ۱۹۹۴). در طی دهه‌های اخیر، مفهوم توسعه پایدار به‌طور جهانی مورد بحث واقع شده است و سه جنبه پایداری اقتصادی، پایداری اجتماعی و پایداری محیط زیست به عنوان شاکله‌های اصلی توسعه پایدار معرفی شده‌اند. (گاریبه، ۲۰۱۴؛ باردی و همکاران، ۲۰۱۵). این شاخص‌ها، به عنوان چارچوبی برای ارزیابی و گزارش عملکرد شرکت‌ها با توجه به سه عامل اقتصادی، محیطی و اجتماعی مطرح شده است (از مت، ۲۰۱۳). شکل (۱) ابعاد سه‌گانه توسعه پایدار را نشان می‌دهد.

^۱ Nonnecke



شکل (۱): ابعاد سه گانه توسعه پایدار (برادی و گیتس، ۱۹۹۴)

وجه اجتماعی توسعه پایدار: تمرکز توسعه اجتماعی بر اولویت قرار دادن افراد در فرآیند توسعه است. توسعه پایدار از جنبه اجتماعی به نهادها، سیاست‌ها و عواملی اشاره دارد که همه‌ی اعضای یک جامعه را به تجربه‌ی بهترین سطح بهداشت و سلامت، امنیت و مشارکت قادر می‌سازد و توانایی بالقوه‌ی آنان را در بهره‌مندی از کامیابی اقتصادی کشوری که در آن زندگی می‌کنند، افزایش می‌دهد. هدف وجه اجتماعی، دستیابی به سطح معقولی از تجانس اجتماعی از طریق توزیع عادلانه درآمد و ترویج دسترسی یکسان به منابع و خدمات اجتماعی است (باردی و همکاران، ۲۰۱۵). از منظری دیگر، توسعه اجتماعی بیانگر آگاهی و حفاظت قانونی از حفظ سلامت افراد در مقابل آلودگی‌های محیطی و سایر فعالیت‌های مضر کسب‌وکاری است. تشویق افراد به مشارکت در پایداری محیط، آموزش اصول حفاظت محیط به آن‌ها و هشدار دادن درباره خطرات بالقوه محیطی نیز از اقدامات مناسبی هستند که باید در وجه اجتماعی توسعه پایدار صورت بگیرند (گاریه، ۲۰۱۴).

وجه اقتصادی توسعه پایدار: پایداری اقتصادی به معنای حفظ و ارتقای وضعیت فعلی اقتصادی است بدون آن‌که منابع طبیعی دچار تخریب شود که در این راستا حل فعالیت‌های اقتصادی از قبیل درآمدزایی، اشتغال‌زایی، مصرف انرژی، به‌روزرسانی زیرساخت‌های شهری موجب رشد جامعه شده و با عدالت و کارایی همراه می‌باشد. پذیرش توسعه‌ی اقتصادی به‌عنوان فرایندی جهت بهبود کیفیت زندگی، موجب رشد اقتصادی و محور اساسی توسعه اقتصادی می‌باشد. توسعه اقتصادی دربردارنده‌ی رشد و بهبود عواملی نظیر نرخ بی‌سوادی، نرخ فقر، نرخ بیکاری، سرانه تولید ناخالصی داخلی^۱، دسترسی به بهداشت و درمان و سرمایه‌گذاری دولت می‌باشد. وجه اقتصادی بیان می‌دارد که کارایی اقتصادی باید در شرایط کلان و نه صرفاً توسط معیار سودمندی کسب‌وکاری اقتصاد خرد ارزیابی شود (باردی و همکاران، ۲۰۱۵؛ از مت ۲۰۱۳).

وجه محیط‌زیستی توسعه پایدار: بعد محیطی توسعه پایدار مبین چگونگی حفاظت اکوسیستم‌ها و کیفیت هوا، تأمین یکپارچگی و حفظ منابع است. منظور از توسعه پایدار محیطی در حقیقت سیاست‌ها و مسائلی هستند که باید در دستیابی به یک مدیریت کارا از منابع لحاظ گردند، به‌گونه‌ای که زمینه‌ساز کامیابی نسل‌های حاضر و آتی شوند. تمرکز این وجه از توسعه پایدار بر کاهش آلودگی محلی، بهره‌برداری از منابع طبیعی تجدید پذیر و حفظ قابلیت تطابق با تغییرات محیطی است. پایداری محیط‌زیست نیازمند این است که جامعه فعالیت‌های خود را به‌گونه‌ای تنظیم نماید که در حین برآورده ساختن نیازهای بشری، از نظام حاکم بر بقای کره‌ی زمین محافظت کند. به‌عنوان مثال استفاده از آب پایدار، مستلزم استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و ذخایر مواد پایدار است. پایداری محیط‌زیست بر کاهش استفاده از منابع طبیعی و انرژی‌های تجدید ناپذیر، جلوگیری از اتلاف

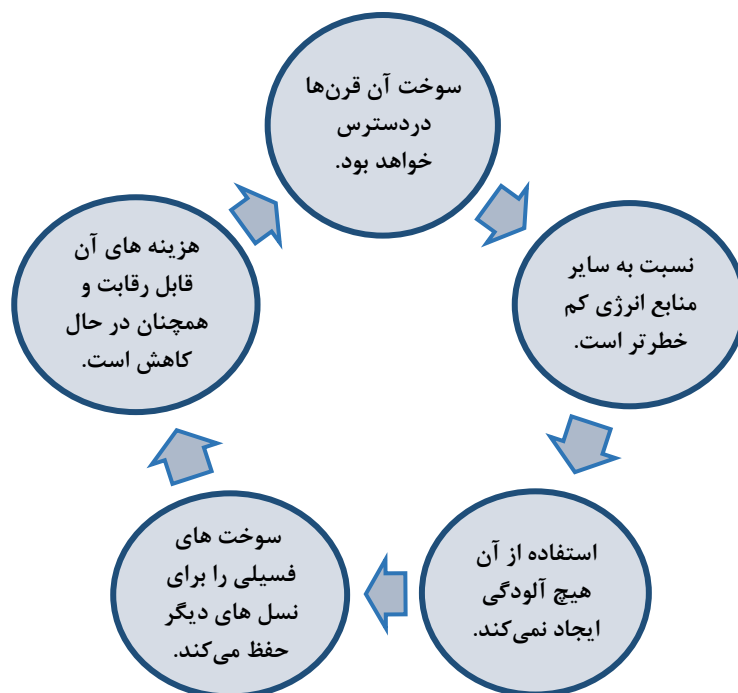
^۱ Gross domestic products (GDP)

منابع

انرژی، کاهش تولید پسماندها و استفاده مجدد و بازیافت پسماندها، استفاده از مواد قابل بازگشت به طبیعت و کاهش تولید آلودگی‌ها در صنایع و کشاورزی تأکید می‌کند. با توجه به محدودیت مکان‌های مناسب دفع انواع زباله‌ها و اثرات نامطلوب دفن زباله و سایر روش‌های حذف و یا کنترل زباله‌ها بر سلامت عمومی و محیط زیست، حرکت در جهت مدیریت بهینه‌ی پسماندها با نگاهی به توسعه‌ی پایدار از اهداف اصلی جوامع توسعه‌یافته و در حال توسعه می‌باشد. به عنوان مثال در شهر هوشمند شیکاگو، از سیستم کنترلی ویژه‌ی چونندگان موزی استفاده می‌شود. این سیستم با تجزیه و تحلیل‌هایی، سطوح‌های زباله‌ی مستعد جذب موش‌ها را، شناسایی می‌کند؛ و یا شهر هامبورگ در آلمان در نظر دارد تا سال ۲۰۳۴ تردد خودروها را در سطح شهر محدود می‌کند. کپنهاگ در نظر دارد اولین پایتخت جهان باشد که تا سال ۲۰۳۱ از کربن خنثی^۱ استفاده کند. روند استفاده از کربن خنثی در صنایع به گونه‌ای است که تبعاتی برای محیط زیست (در قالب انتشار کربن به جو) به وجود نمی‌آورد (زنلا^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین تنها از راه علم و فناوری می‌توان به توسعه‌ی پایدار دست یافت و آنچه حامیان انجام می‌دهند در راستای همین هدف کلان ملی است. شکل (۲) نقش فناوری اینترنت اشیا را در توسعه پایدار نشان می‌دهد.

اینترنت اشیا پدیده‌ی نسبتاً نوظهوری است که مدت‌زمان زیادی از مطرح شدن آن در میدان تحقیقات نمی‌گذرد و هنوز از پیشینه پژوهشی قوی برخوردار نیست. از این رو، مرور مطالعات پیشین مرتبط با موضوع پژوهش نشان می‌دهد که تنها تعداد اندکی از آن‌ها به بررسی اینترنت اشیا و توسعه پایدار پرداخته‌اند.

پژوهشی با عنوان «اینترنت اشیا به عنوان یک توانمند ساز در نوآوری برای ایجاد پایداری» باهدف کشف پیوند میان فناوری اینترنت اشیا و پایداری به روش کیفی (مطالعه موردی) در کشور فنلاند صورت گرفته است. این پژوهش به شناسایی چالش‌های نوآوری برانداز برای پایداری، بررسی ارزش‌آفرینی راهکارهای اینترنت اشیا در هر یک از ابعاد سه‌گانه توسعه پایدار و یافتن روش ارتقای عملکرد اقتصاد دورانی به کمک اینترنت اشیا پرداخته است. مطابق با یافته‌های این پژوهش، از جنبه محیط زیستی نیز به واسطه اینترنت اشیا امکان کاهش مصرف انرژی، تشخیص فاجعه در مراحل اولیه و کاهش آلودگی‌های محیطی فراهم می‌شود (نصیری، ۲۰۱۶).

¹ carbon-neutral² zanella

شکل (۲): نقش فناوری اینترنت‌اشیاء در توسعه پایدار

در یک پژوهش اخیر با عنوان «یک چارچوب عمومی یکپارچه اینترنت‌اشیاء برای دولت هوشمند» با مرور ادبیات موجود در این زمینه، مدلی برای توسعه اینترنت‌اشیاء ارائه شده است. با تأکید بر یک رویکرد ترکیبی از هر دو دیدگاه فناوری و جنبه‌های کسب‌وکار محور، مدل ارائه شده در این مطالعه شامل چهار لایه راهبردی، خلق ارزش عمومی، تقاضای عمومی و زیرساخت تکنولوژیکی است (ویرتز^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

پژوهشی با عنوان «اینترنت‌اشیاء در صنایع: پژوهشی برای توسعه پایدار» در ایران به‌روش کمی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره صورت گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داده است که اینترنت‌اشیاء به‌عنوان رویداد شروع‌کننده تحقق توسعه پایدار تلقی می‌شود. مطابق نتایج، اولویت‌های صنایع برای به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء به‌ترتیب زیر شناسایی شده است: بهداشت و درمان، انرژی، خانه‌های هوشمند، حمل‌ونقل و خرده‌فروشی. هم‌چنین این پژوهش راهنمای خوبی برای سیاست‌گذاران در زمینه تدوین سیاست برای به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء در راستای دستیابی به توسعه پایدار فراهم می‌کند (زارعی و همکاران، ۲۰۱۶). در ادامه مقالات متعددی برای ارزیابی کاربردهای اینترنت‌اشیاء در حوزه محیط‌زیست و انرژی موردبررسی قرار گرفته و درنهایت خلاصه‌ای از مقالات بررسی شده در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

ردیف	منبع	پارامترهای مورد بررسی	روش مورد استفاده	دست‌آورد	توضیحات
۱	Shin, D. 2014, Telematics and Informatics	درک چگونگی تکامل و توسعه اینترنت اشیا و تثبیت یک محیط هوشمند	کیفی (تحلیل محتوا)	تحلیل فنی-اجتماعی توسعه اینترنت‌اشیاء	ارائه چارچوب شامل مؤلفه‌های فناوری، مسائل فرهنگی و اجتماعی، دولت و صنعت
۲	Huang, Y., Poderi, G. 2019. The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems	تحلیل فنی-اجتماعی توسعه اینترنت‌اشیاء در حوزه انرژی برق هوشمند	کیفی (مرور ادبیات و مطالعه موردی)	ارائه یک پلتفرم تجمیع و تحلیل داده	تحلیل چالش‌ها و رویکرد سیستم فنی- اجتماعی برای توسعه اینترنت‌اشیاء
۳	Abel Riccardo Stefanelli Rodriguez de la Daniele, Concepcion, 2014, Trincherro	ارائه پلتفرم بهینه‌سازی شده شبکه سنسورهای بی‌سیم برای حمایت از کشاورزی پایدار	اکتشافی	توسعه سنسورها و دوربین نظارت از راه دور به‌عنوان راهکار برای ارتقا سطح کیفیت و تولید محصولات و بهبود پایداری محیطی	-
۴	Yifan Bo, Haiyan Wang, 2011	کاربرد رایانش ابری و اینترنت‌اشیاء در کشاورزی	اکتشافی	ارائه و بررسی کاربردهایی نظیر: نظارت و کنترل بیماری و آفات مزارع مبتنی بر پلتفرم اینترنت‌اشیاء و رایانش ابری	-
۵	Jun feng Zhang, Yu Feng Ji-chun, Jian-xin Guo Zhao, 2010	بررسی و کاربرد فناوری اینترنت‌اشیاء در محیط‌زیست با رویکرد توسعه پایدار	طراحی	بررسی سیستم‌های نظارت از راه دور توسط ترکیب فناوری‌های اینترنت‌اشیاء و سنسور های بی‌سیم از طریق میکروکنترلر	اندازه‌گیری دما و رطوبت خاک و هوا از طریق سنسورها- انتقال آن به نمایشگر به کمک میکروکنترلر - کاربر از طریق موبایل خود بر شرایط محیطی گلخانه نظارت دارد.

^۱ Wirtz

ردیف	منبع	پارامترهای مورد بررسی	روش مورد استفاده	دستاورد	توضیحات
۶	Dlodlo, Nomusa & Kalezhai, Josephat, 2015 IEEE,	اینترنت اشیا برای توسعه پایدار روستایی	مرور ادبیات	بررسی قدرت فناوری اینترنت اشیا برای رفع مشکلات: حمل و نقل، کشاورزی، آموزش، سلامت در مناطق روستائین	-
۷	Nasiri, M. 2016, Lappeenranta University of Technology	کشف پیوند میان فناوری اینترنت اشیا، پایداری و نوآوری	کیفی	تحقق توسعه پایدار در هر سه بعد از طریق به کارگیری اینترنت اشیا	ارتقای سطح زندگی، رشد اقتصادی، کسب مزایا رقابتی و کاهش آلودگی
۸	خوارزمی و همکاران، ۱۳۹۴، کنفرانس ملی خدمات شهری	تأثیرات شهر الکترونیک بر محیط زیست شهری در مشهد	مطالعات اسنادی	ارتباط بین پیاده سازی موفق شهر الکترونیک و کاهش آلاینده های زیست محیطی	-

مواد و روش ها

مطالعه حاضر از منظر روش پژوهش، توصیفی بود. از ویژگی های پژوهش توصیفی این است که پژوهشگر دخالتی در موقعیت، وضعیت و نقش متغیرها ندارد و آن ها را دست کاری یا کنترل نمی کند و صرفاً آنچه را وجود دارد مطالعه کرده، به توصیف و تشریح آن می پردازد؛ بنابراین از آنجا که این پژوهش در تلاش است تا میزان تأثیر توسعه اینترنت اشیا در مسائل محیط زیست و انرژی را شناسایی کند، در زمره مطالعات توصیفی قرار دارد. نوین بودن فناوری اینترنت اشیا و اندک بودن تعداد مطالعات در این زمینه حاکی از آن است که کاربرد اثربخش فناوری اینترنت اشیا در راستای توسعه پایدار، یک زمینه پژوهشی بکر تلقی می شود. از این رو، نوظهور بودن مسئله پژوهش دلیل بر انتخاب تئوری رویش نظریه ها است. پژوهش حاضر با توجه ارائه الگوی برای توسعه فناوری اینترنت اشیا در حوزه مسائل محیط زیست و انرژی، از استراتژی های پژوهش رویش نظریه ها بهره گرفته است. در شرایطی که انجام پژوهش مستلزم بررسی عمیق پدیده مورد مطالعه باشد و نیز ادبیات موضوع غنی نباشد، از تئوری رویش نظریه ها برای بررسی مسئله مورد نظر استفاده می شود. این تئوری معمولاً به منظور مطالعه یک پدیده جدید و یا تکرار کردن یک مطالعه در شرایط زمینه ای جدید به کار می رود (استراوس و کوربین، ۱۹۹۸).

پژوهش حاضر در راستای دستیابی به اهداف خود از رویکرد ظاهر شونده بهره گرفته است؛ زیرا علی رغم ماهیت چالشی، زمینه را برای خلاقیت در تحلیل داده ها فراهم می کند. علاوه بر این، انعطاف پذیری بالای این رویکرد افق دید پژوهشگر را در تحلیل داده ها بسط می دهد. در رویش نظریه ها با رویکرد استراوس و کوربین، داده های گردآوری شده در سه مرحله کدگذاری باز^۱، کدگذاری محوری^۲ و کدگذاری انتخابی^۳ بررسی می شوند؛ هدف کدگذاری باز در رویش ظاهر شونده، بیرون کشیدن مجموعه ای از مقوله ها و ویژگی های آن ها و کشف مسئله و نحوه حل آن است. در این راستا پژوهشگر به جای تشریح واژه ها برای رویدادها، به آنچه در حال روی دادن است، می پردازد و به دنبال درک مفهوم است (گلنیر و استراوس، ۱۹۶۷). به منظور تحقق این امر، باید داده های خام حاصل از متن مصاحبه ها و یادداشت های میدانی به دقت بررسی شوند و پس از تفکیک در قالب کدهای جداگانه برچسب بخورند. کدگذاری محوری، فرآیند مرتبط کردن مقولات فرعی به مقولات اصلی تر را شامل می شود. کدگذاری در این مرحله به صورت محوری و با هدف طبقه بندی و مقوله پردازی صورت می گیرد. در واقع هدف از کدگذاری محوری، برقراری رابطه بین مقوله های تولید شده در مرحله کدگذاری باز است. این کدگذاری به این دلیل محوری نامیده شده که کدگذاری حول محور یک مقوله رخ می دهد. همچنین در کدگذاری محوری مقولات بر اساس الگوی پارادایم ایجاد و کشف می شوند (استراوس و همکار، ۱۹۶۷). آخرین مرحله از کدگذاری است که از میان مقوله ها، مقوله محوری انتخاب شده و حول آن نظریه ای برآمده از دل تحقیق ارائه می شود؛ و در آخر پیوند آن با دیگر مقوله ها مشخص گردید. نظریه به وجود آمده از دل داده ها حول مقوله محوری به صورت

¹ Open Coding

² Axial Coding

³ Selective Coding

مدل تصویری ارائه می‌شود. تفسیر و بیان رابطه‌ها میان مقوله اصلی و دیگر مقوله‌ها با توجه به مدل پژوهش صورت می‌گیرد. طی این مراحل به تدریج از دل داده‌های کدگذاری شده، مفاهیم و از دل مفاهیم و مقایسه مستمر آن‌ها با داده‌ها و کدهای حاصل از منابع جدید، مقوله‌ها به وجود آمده و درنهایت از دل مقوله‌ها و برقراری ارتباط معنایی بین آن‌ها، نظریه اولیه بیرون می‌آید و با اشباع نظری به یک نظریه جامع‌تر تبدیل می‌گردد. این مراحل تازمانی که مفهوم و مقوله جدیدی برای درج در مدل مفهومی حاصل در دسترس نباشد، تکرار می‌شود (علی احمدی و ساروی، ۱۳۹۷). طبق پیوست (۱)، جامعه آماری پژوهش، از میان خبرگان و متخصصان باتجربه و آگاه نسبت به پدیده مورد مطالعه (فناوری اینترنت اشیا و توسعه پایدار) مشخص گردید. فرآیند نمونه‌گیری به این صورت بود که پس از گردآوری و تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌های اولیه، سایر خبرگان به روش گلوله‌برفی توسط مصاحبه‌شوندگان اولیه معرفی شدند و مصاحبه‌ها به همین ترتیب ادامه پیدا کرد که درنهایت با انجام ۲۰ مصاحبه کفایت نظری حاصل شد.

یافته‌های پژوهش

داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با بهره‌گیری از مدل پارادایم استراوس و کوربین و استفاده از روش مقایسه مستمر در فرآیند کدگذاری، تجزیه و تحلیل شد. همان‌طور که بیان شد، در رویکرد استراوس و کوربین کدگذاری شامل سه فرآیند اصلی زیر است: الف) کدگذاری باز، ب) کدگذاری محوری، ج) کدگذاری انتخابی. قابل ذکر است کدگذاری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار تحلیل کیفی MAXQDA انجام شده است. در ادامه، مراحل طی شده هر کدگذاری تشریح شده‌اند.

الف) کدگذاری باز: در این مرحله، پس از پیاده‌سازی دقیق و کامل مصاحبه‌های انجام شده، مطابق با قواعد مدل پارادایم استراوس و کوربین داده‌ها بدون هیچ محدودیتی بررسی می‌شوند. درواقع، هدف از تحلیل، ایجاد مجموعه‌ای نوظهور از مفاهیم است. پس از پدیدار شدن مقوله‌های آغازین تعداد ۶۰ کد ساخته شد که با استفاده از دورویه «مقایسه کردن» و «پرسش کردن» تبدیل به ۷ مفهوم شدند. برای تعیین نام‌های مفاهیم، ابتدا کدهای مشابه گروه‌بندی شدند و با بررسی و تحلیل دقیق هر گروه، بسیاری از مفاهیم به راحتی از داده‌ها استخراج گردیدند.

ب) کدگذاری محوری: این کدگذاری به این دلیل محوری نامیده شده که کدگذاری حول محور یک مقوله رخ می‌دهد. همچنین در کدگذاری محوری مقولات بر اساس الگوی پارادایم ایجاد و کشف می‌شوند (استراوس و همکار، ۱۹۶۷). در ادامه، کدها و مفاهیم حاصل از تحلیل داده‌های مصاحبه‌ها تا پایان مرحله کدگذاری محوری به تفکیک هر مقوله در جدول‌های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) ارائه شده است. در این جداول تنها به عناوین کدها اشاره شده است و کدهای استخراج شده، حاصل از بیانات و صحبت‌های خبرگان است.

جدول (۲): کد و مفاهیم مقوله محوری در کدگذاری انتخابی

مقوله (محوری): پدیده توسعه اینترنت‌اشیاء		فراوانی کدهای مقوله: ۱۵	
ردیف	کد Code	مفهوم Concept	دسته Class
۱	ماهیت بازار محور توسعه اینترنت‌اشیاء	ماهیت بازار محور	مقوله محوری
۲	تحریک بازار برای توسعه کاربردهای اینترنت‌اشیاء		
۱	رقابت‌پذیری و پویایی شرکت‌ها در حوزه توسعه اینترنت‌اشیاء	ماهیت نیاز محور	
۲	راهگشا بودن اینترنت‌اشیاء برای تصمیم‌گیری‌های لحظه‌ای و درازمدت		
۳	ماهیت تسهیلگر فناوری در حل بحران‌ها		
۴	تمایل جامعه به به‌کارگیری راهکارهای فناورانه		
۱	ماهیت غیر گذرای توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء	ماهیت غیر گذرا	

	ماهیت ناگزیر	پیش‌بینی‌های معتبر مبنی بر رشد فناوری اینترنت‌اشیاء در سال‌های آتی	۲
		نقش محوری ارتباطات از راه دور در زندگی روزمره	۱
		افزایش نرخ تعداد دستگاه‌های قابل اتصال به اینترنت	۲
		افزایش نرخ تعداد گوشی‌های هوشمند	۳
		افزایش نرخ تعداد سیمکارت‌ها	۴

جدول (۳): کد و مفاهیم شرایط علی در کدگذاری انتخابی

مقوله مسائل نیازمند هوشمند سازی		فراوانی کدهای مقوله: ۱۰	
ردیف	کد Code	مفهوم Concept	دسته Class
۱	وجود چالش‌های فراوان محیط‌زیست در هوا و آب	مسائل محیط‌زیست و انرژی	محیط‌زیست
۲	بحران کمبود آب و بالا بودن نرخ مصرف آب		
۳	آتش‌سوزی جنگل‌ها و صدمات جدی محیط‌زیست		
۴	توزیع ناهمسان برق در استان‌ها و نیاز به فناوری اینترنت‌اشیاء		

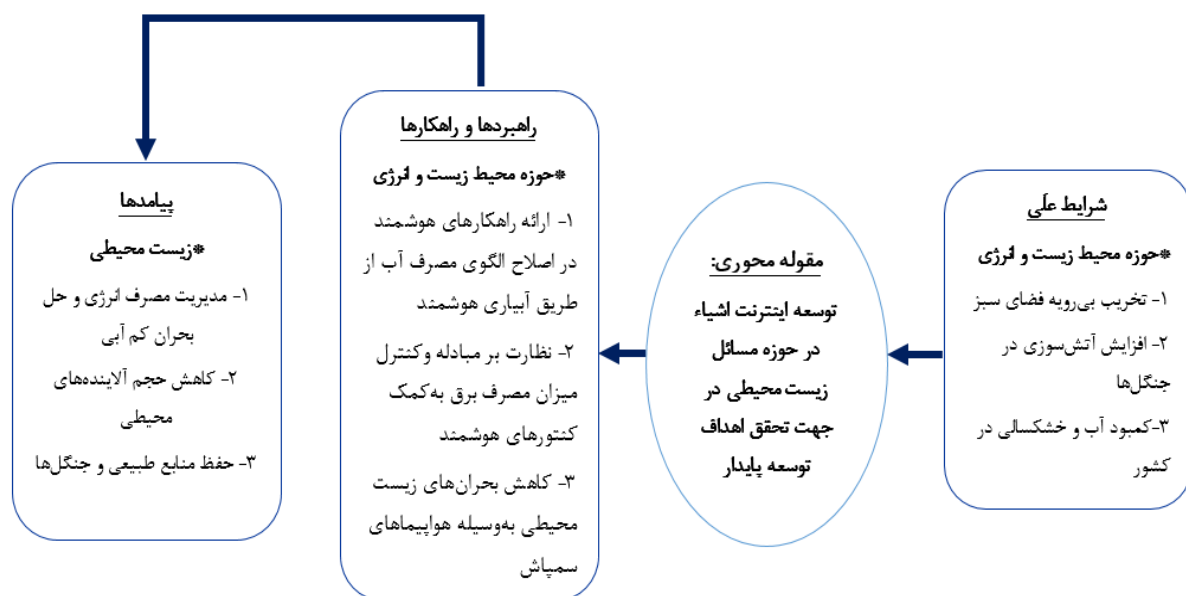
جدول (۴): کد و مفاهیم راهبردها و راهکارها در کدگذاری انتخابی

مقوله کاربردهای اینترنت‌اشیاء		فراوانی کدهای مقوله: ۱۵	
ردیف	کد Code	مفهوم Concept	دسته Class
۱	کاربرد اینترنت‌اشیاء در هوشمند سامانه آب	حوزه محیط‌زیست و انرژی	راهبردها و راهکارها
۲	کاربرد اینترنت‌اشیاء در تأسیسات نیروگاهی		
۳	کاربرد اینترنت‌اشیاء در هوشمند سازی موتورهای چاه آب		
۴	کاربرد اینترنت‌اشیاء در نظارت بر میزان مصرف انرژی لوازم برقی خانگی		
۵	کاربرد اینترنت‌اشیاء در نظارت بر مبادله انرژی توزیعی برق		
۶	کاربرد اینترنت‌اشیاء در کاهش بحران آتش‌سوزی جنگل‌ها		

جدول (۵): کد و مفاهیم پیامدها در کدگذاری انتخابی

مقوله پیامدهای توسعه اینترنت‌اشیاء		فراوانی کدهای مقوله: ۲۰	
ردیف	کد Code	مفهوم Concept	دسته Class
۱	حفاظت از سرمایه‌های محیط‌زیست	پیامدهای محیط‌زیستی	پیامدها
۲	متعادل سازی ترافیک با هوشمند سازی سیستم کنترل شهری		
۳	کاهش آلاینده‌های ناشی از خودرو با هوشمند سازی حمل‌ونقل شهری		
۴	بهینه‌سازی مصرف آب خانواده برای مقابله با بحران آب		
۵	کاهش تلفات و کنترل مصرف انرژی ناشی از توسعه خانه‌های هوشمند		

ج) کدگذاری انتخابی: آخرین مرحله از کدگذاری است که از میان مقوله‌ها، مقوله محوری انتخاب شده و حول آن نظریه‌ای برآمده از دل تحقیق به صورت مدل تصویری ارائه می‌شود. تفسیر و بیان رابطه‌ها میان مقوله اصلی و دیگر مقوله‌ها با توجه به مدل پژوهش صورت می‌گیرد. در ادامه هر یک از عناصر مدل شرح داده خواهند شد. شکل (۳)، مدل توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی را نشان می‌دهد.



شکل (۳): مدل توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط زیستی و انرژی

شرایط علی: مسائل حوزه محیط‌زیست و انرژی

شرایط علی دلایل و توضیحاتی را برای وقوع مقوله محوری بیان می‌کند. در این مدل، مسائل نیازمند هوشمند سازی به عنوان یک دلیل برای وقوع مقوله محوری، یعنی «توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست در جهت توسعه پایدار» شناسایی شده است. مطابق با یافته‌های پژوهش، کلیدی‌ترین نیازمندی‌های شناسایی شده برای ظهور و توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء، مربوط به حوزه مهم محیط‌زیست و انرژی است. مسائل محیط‌زیست و آلودگی‌ها در اشکال مختلف هوا، آب، خاک و زمین در زمره مهم‌ترین مشکلاتی است که دنیا و از جمله ایران را با خود درگیر کرده است و ادامه این روند می‌تواند زمینه‌ساز مخاطراتی جدی و غیرقابل جبران باشد. بخش عمده‌ای از آلودگی‌های محیط‌زیست در شرایط حاضر ناشی از اقدامات نادرست در تخریب بی‌رویه جنگل‌ها و فضای سبز است که اخیراً با افزایش قابل توجهی همراه بوده است. آتش‌سوزی‌های رخ داده در جنگل‌ها به عنوان سرمایه‌های زیستی، بحران‌های محیط‌زیست کشور را دوچندان نموده است. از جنبه دیگر بحران کمبود آب و خشکسالی کشور نیز یکی دیگر از مسائل جدی است که رفع آن مستلزم تمهیدات مدیرانه و بهره‌گیری از راهکارهای هوشمند است. به‌طور معمول، مصرف آب در کشور شامل سه بخش خانگی، کشاورزی و صنعت است که از میان آن‌ها بیشترین مصرف مربوط به مصارف خانگی و کشاورزی است. طبق نظرات خبرگان صاحب‌شونده، توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء نقش مؤثری در حل بحران‌های فوق و حفاظت از محیط‌زیست خواهد داشت.

مقوله محوری پژوهش: پدیده توسعه اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست

توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء پدیده‌ای ناگزیر و غیر گذرا است که بر اساس نیازهای بازار ظهور می‌یابد و با توجه به آن که راهکاری فناورانه و نوین است، می‌تواند در حل بسیاری از بحران‌های امروزی راهگشا واقع شود و موجب تحقق توسعه پایدار گردد. مطابق نتایج، پدیده توسعه اینترنت‌اشیاء دارای چهار ماهیت «ناگزیر»، «غیر زودگذر»، «نیاز محور» و «بازار محور» است. ناگزیر بودن ماهیت توسعه اینترنت‌اشیاء ریشه در این حقیقت دارد که در عصر حاضر ارتباطات از راه دور نقشی کلیدی در زندگی روزمره افراد و سازمان‌ها ایفا می‌کند. هم چنین طبق گزارش‌های معتبر فناوری‌های نوظهور در دنیای فناوری اطلاعات و ارتباطات به نظر می‌رسد که اینترنت‌اشیاء یک فناوری زودگذر نیست. مطابق با نظرات مصاحبه‌شوندگان، توسعه اینترنت‌اشیاء مبتنی بر نیاز رخ می‌دهد که می‌تواند فرصتی مناسب برای ایجاد بازار برای این فناوری و پاسخ به نیازهای موجود باشد. توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در ایران از طریق تحریک بازار محقق می‌شود.

راهبردها و راهکارها: حوزه انرژی و محیط‌زیست

راهبردها، رابطه میان علل با مقوله محوری و همچنین رابطه میان مقوله محوری با پیامدها را تعدیل می‌کند. منظور از راهبردها، راهکار و کاربردهای مختلف اینترنت‌اشیاء است که می‌تواند ضمن برطرف نمودن مشکلات شناسایی شده، در افزایش بروز اثرات و پیامدهای مثبت توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء نقش به سزایی ایفا کند. راهبردهای اینترنت‌اشیاء در حوزه انرژی و محیط‌زیست اغلب به راهکارهای هوشمندانه از جمله سامانه آب و اصلاح الگوی مصرف آب، نظارت بر مبادله انرژی برق و کنترل میزان مصرف برق برمی‌گردد. طبق نظرات خبرگان، اینترنت‌اشیاء در حوزه انرژی از طریق هوشمند سازی شبکه برق به کمک کنتورهای هوشمند، در زمینه کاهش مصرف آب از طریق آبیاری هوشمند و همچنین کاهش بحران‌های محیط‌زیست نظیر کاهش آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع سبز به وسیله هواپیماهای سم‌پاش، نقش کلیدی ایفا می‌کند.

پیامدها: محیط‌زیستی

پیامدها، به برون‌داد یا نتایج اشاره می‌کند. یافته‌های پژوهش نشان داده است که «پدیده‌ی توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست» طبق نظرات مدیران و خبرگان حوزه اینترنت‌اشیاء و مؤلفه‌های توسعه پایدار، در مجموع خروجی‌های مثبت و قابل توجهی خواهد داشت که در دسته پیامدهای محیط‌زیستی قرار می‌گیرد. به دلیل اهمیت بالای بحران‌های محیطی، پیامدهای محیط‌زیستی به عنوان یکی از بیشترین اثرات مثبت توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء شناسایی شده است. با استفاده از راهکارهای اینترنت‌اشیاء امکان مدیریت مصرف انرژی‌های همگانی (به‌ویژه آب و برق) به صورت چشمگیری فراهم خواهد شد و تا حد ممکن با بحران کم‌آبی مقابله خواهد شد. با به کارگیری حسگرها و محرک‌ها، کشاورزان می‌توانند عملکرد بهتری در بهینه‌سازی مصرف آب و به حداقل رساندن ضایعات داشته‌باشند. مدیریت مصرف آب از طریق اینترنت‌اشیاء می‌تواند توسط شهروندان در خانه‌ها نیز انجام پذیرد. این دستگاه‌ها همراه با تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌تواند، ساکنان خانه را نسبت به میزان مصرف آب آگاه سازند و باعث صرفه‌جویی در هزینه شوند. هوشمند سازی حمل و نقل و ترافیک شهری به کمک اینترنت‌اشیاء می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی حجم آلاینده‌های محیطی و در نهایت حفظ منابع طبیعی و جنگل‌ها در برابر بحران‌هایی نظیر آتش‌سوزی شود.

اعتبارسنجی پژوهش

استحکام در پژوهش‌های کیفی از طریق چهار معیار تأیید پذیری، اعتبار پذیری، انتقال‌پذیری و اتکاپذیری (قابلیت اطمینان) ارزیابی می‌گردد (گوبا و لینکلن، ۱۹۹۴). در پژوهش حاضر، قابلیت اطمینان پژوهش، از منظر یک پژوهش کیفی با رویکرد ظاهر شوند مورد ارزیابی قرار گرفته است که در جدول (۶) به ترتیب به آن‌ها پرداخته شده است.

جدول (۶): اعتبارسنجی پژوهش

معیار	اعتبار سنجی
تأیید پذیری	در این پژوهش، این معیار از طریق دقت در انتخاب نمونه‌ها و تلفیق روش گردآوری داده‌ها تضمین شده است. در این زمینه نگهداری داده‌های خام و کلیه‌ی یادداشت‌ها، اسناد و مدارک در طی فرآیند جمع‌آوری و تحلیل داده می‌تواند در تضمین تأیید پذیری یاری‌رسان باشد. در معیار تأیید پذیری تلاش پژوهشگر در راستای افزایش عینیت پژوهش است که به قدرت تحلیل پژوهشگر و دقت داده‌ها بستگی دارد.
اعتبار پذیری	در این پژوهش، معیار اعتبار پذیری، با انجام کامل پژوهش تا اشباع داده‌ها، ارلته داده‌ها به مشارکت‌کنندگان و نظرخواهی از آنان، خود بازبینی پژوهشگر ^۱ و تخصیص زمان کافی برای انجام مصاحبه‌ها محقق شده‌است.
انتقال پذیری	برای تحقق معیار انتقال‌پذیری پژوهش، پژوهشگر باید به توصیف دقیق شرایط انجام تحقیق بپردازد تا خواننده پس از مطالعه‌ی نتایج پژوهش قادر به درک آن شود که آیا نتایج برای جامعه‌ی موردنظر او هم قابل تعمیم هست یا خیر (کرسول، ۲۰۰۷). معیار انتقال‌پذیری بر قابلیت تعمیم نتایج به سایر زمینه‌ها و حوزه‌ها دلالت دارد و به کاربردپذیری نتایج پژوهش نیز اطلاق می‌گردد.
اتکا پذیری	معیار اتکا‌پذیری به معنای کفایت روند تجزیه و تحلیل داده‌ها و فرآیندهای تصمیم‌گیری است. برای دستیابی به این امر، پژوهشگر از راهنمایی و نظارت استاد راهنما در سرتاسر فرآیند گردآوری داده‌ها برای تأیید بهره گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق مدل مفهومی پژوهش ارائه‌شده در شکل (۳)، مقوله «توسعه اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل انرژی و محیط‌زیست» به عنوان مقوله محوری توسط مقوله‌های شرایط علی، راهبردها و پیامدها احاطه شده است که شرح عناصر مدل پژوهش به تفصیل به آن‌ها پرداخته شده است. مقوله پدیده توسعه اینترنت‌اشیاء به عنوان مقوله محوری به این موضوع اشاره دارد که توسعه اینترنت‌اشیاء پدیده‌ای است که زودگذر نیست و همچنان در پیش‌بینی‌های جهانی مطرح است؛ وقوع و تحقق آن در طول زمان به صورت ناگزیر تحقق می‌یابد. پدیده‌ای است که مبتنی بر نیازها و مسائل موجود در زمینه‌های کاربردی مختلف شکل گرفته و اصطلاحاً نیاز محور است؛ ماهیتی بازار محور دارد و با تحریک عوامل مرتبط با بازار محقق می‌شود. مقوله شرایط علی، حاکی از آن است که مسائل و دغدغه‌های موجود در حوزه مسائل مدیریت شهری، انرژی و محیط‌زیست، به عنوان دلیل و علت برای تحقق توسعه اینترنت‌اشیاء قلمداد می‌شوند. مقوله راهبردها و کاربردها، بیانگر آن است که کاربردهای مختلف اینترنت‌اشیاء در حوزه‌های کاربردی محیط‌زیست و انرژی، راهکارهایی برای دستیابی هر چه بیشتر به پیامدهای توسعه اینترنت‌اشیاء هستند. مقوله پیامدها، در یک تناظر مفهومی با شرایط علی و راهبردها از منظر کاربرد و اهداف توسعه پایدار، به نتایج و اثرات ناشی از توسعه اینترنت‌اشیاء اشاره دارد که شامل پیامدهای محیط‌زیستی است. برخلاف مطالعات پیشین، این پژوهش با ارائه الگوی نظری جزئیات توسعه اینترنت‌اشیاء را بررسی کرده و از راهبردها و پیامدهای مختلف آن در مسائل انرژی و محیط‌زیست در قالب مقوله‌های مدل پرده‌برداری نموده است. شایان ذکر است که تنها تعداد اندکی از محققان پیشین به جنبه‌های توسعه اینترنت‌اشیاء و محوریت دستیابی به توسعه پایدار پرداخته‌اند و صرفاً کار خود را محدود به مسائلی نظیر امنیت، حریم خصوصی و تدوین استاندارد نموده‌اند؛ بنابراین، این پژوهش از جنبه نظری دارای نوآوری است.

همان‌طور که گفته شد، مطالعات اندکی توسعه اینترنت‌اشیاء را با محوریت توسعه پایدار در بعد محیط‌زیست بررسی کرده‌اند. تنها مطالعه کیفی صورت گرفته در این حوزه، مطالعه نصیری (۲۰۱۶) است که عوامل و مؤلفه‌های دستیابی به توسعه پایدار را بررسی نموده است. یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش نصیری (۲۰۱۶) در هر سه بعد توسعه پایدار (ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی) هم‌پوشانی دارد. مطابق با یافته‌های هر دو پژوهش، از جنبه اجتماعی توسعه پایدار، به کارگیری اینترنت‌اشیاء موجب

^۱ Self-monitoring

ارتقای سطح استاندارد زندگی و بهبود کیفیت زندگی، افزایش ایمنی و امنیت در زندگی شخصی افراد می شود. از منظر بعد اقتصادی، اینترنت اشیا امکان رشد اقتصادی و کسب مزایای رقابتی را برای صنایع فراهم می کند. از جنبه محیط زیست نیز به واسطه اینترنت اشیا امکان کنترل انرژی بهینه و کاهش مصرف آن، تشخیص و مهار بحران ها (نظیر آتش سوزی) در مراحل اولیه و نجات محیط زیست، کنترل ترافیک و کاهش آلودگی های محیطی فراهم می شود. جدول (۷)، هم پوشانی کاربردهای اینترنت اشیا و ابعاد توسعه پایدار را طبق یافته های پژوهش حاضر و مطالعات پیشین نشان می دهد.

جدول ۷: هم پوشانی کاربردهای اینترنت اشیا و ابعاد توسعه پایدار

بعد اجتماعی	بعد اقتصادی	بعد محیط زیست
● <u>سلامت و درمان</u> - پیگیری مستمر و توجه به سلامت جسمی - افزایش امید به زندگی و طول عمر شهروندان - تدوین الگوهای سلامت برای پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری ها ● <u>مدیریت شهری و حمل و نقل</u> - ایجاد زیرساخت حمل و نقل استاندارد - کاهش نرخ مرگ و میر ناشی از تصادفات جاده ای - تشخیص بهتر جرائم شهری ● <u>کاربردهای شخصی</u> - افزایش آسایش و راحتی - قابلیت های کاربردی ابزار پوشیدنی، لباس و ساعت هوشمند - باشگاه های هوشمند	● <u>کشاورزی</u> - نظارت بر کیفیت خاک - نظارت بر کیفیت محصولات کشاورزی ● <u>صنایع تولیدی</u> - نظارت بر موجودی کالاها - کامیابی اقتصادی	● <u>انرژی و خانه هوشمند</u> - بهینه سازی مصرف آب - کاهش مصرف انرژی برق ● <u>مدیریت شهری</u> - کاهش مصرف سوخت ناشی از خودروهای خودران - کاهش قابل توجه حجم آلاینده های محیطی و آلودگی شهری - مدیریت جمع آوری زباله ● <u>مدیریت بحران منابع طبیعی</u> - حفظ منابع طبیعی و جنگل ها در برابر بحران ها (نظیر آتش سوزی)

به طور کلی، این پژوهش باهدف بررسی توسعه فناوری اینترنت اشیا با محوریت دستیابی به وجه محیط زیستی توسعه پایدار انجام شده است. تحقق توسعه اینترنت اشیا از طریق کاربردهای مختلف آن در صنایع، نه تنها می توان مسئله های مختلف موجود را برطرف کرد، بلکه احتمال آن وجود دارد که به موجب آن نتایج مثبت و قابل توجهی از جنبه های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی بروز نماید. سه جنبه محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی نشان دهنده ابعاد سه گانه توسعه پایدار نیز هستند؛ بنابراین، می توان ادعا کرد که میان مسائل نیازمند هوشمند سازی مدیریت شهری، کاربردهای اینترنت اشیا و ابعاد توسعه پایدار تناظر و هم راستایی وجود دارد و توسعه اینترنت اشیا، تحولی شگرف در مدیریت محیط زیست به ارمغان آورده و پتانسیل حل چالش های پیچیده در آینده به همراه دارد. با گسترش شبکه ای از اشیا متصل، امکان نظارت دقیق بر محیط زیست، پیش بینی وقوع بحران ها و اتخاذ تصمیمات هوشمندانه بر اساس داده های لحظه ای فراهم می شود. این امر گواهی بر آن است که توسعه اینترنت اشیا می تواند توسعه پایدار را در پی داشته باشد. به عنوان مثال، آتش سوزی یا تخریب جنگل ها یکی از جدی ترین مسائل و چالش های زیست محیطی است. در این راستا، کاربردهای اینترنت اشیا در تشخیص نقاطی که مستعد تخریب هستند و یا در مهار سریع آتش سوزی های احتمالی از طریق شناسایی حسگرها مطرح شده است. در چنین حالتی نیز، تحقق توسعه اینترنت اشیا می تواند موجب ایجاد پیامدهای مثبت زیست محیطی شود. وقتی اینترنت اشیا در شهر هوشمند به کار گرفته می شود، در آن به مسائلی مانند ترافیک، مصرف انرژی، آلودگی، تخریب کره زمین، تغییر زیرساخت های شهری، بهبود کیفیت زندگی و موارد دیگر از طریق

یک رویکرد نوآورانه و سیستماتیک، بر اساس ارتباط و تبادل اطلاعات باهدف بهینه‌سازی فرآیندهای مدیریت شهری پرداخته می‌شود. در نتیجه، داده‌های پژوهش نشان می‌دهد که پیاده‌سازی اینترنت‌اشیاء در جهت بهبود مسائل محیط‌زیست، یکی از زمینه‌هایی است که تأثیر زیادی در جهت حفظ انرژی، محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌ها خواهند داشت.

پیوست ۱. مشخصات مصاحبه‌شوندگان

همان‌طور که ذکر شد، خبرگان به یکی از سه گروه اساتید دانشگاهی (۹ نفر)، مسئولان دولتی (۹ نفر) و کارشناسان فناوری اطلاعات (۲ نفر) تعلق دارند.

کد مصاحبه‌شونده	مدرک تحصیلی	رشته تحصیلی	سمت شغلی	سابقه در زمینه اینترنت‌اشیاء
P1	دکتری تخصصی	مهندسی نرم‌افزار	عضو هیئت‌علمی	بیشتر از ۷ سال
P2	دکتری تخصصی	مهندسی نرم‌افزار	عضو هیئت‌علمی	بیشتر از ۷ سال
P3	دکتری تخصصی	مهندسی کامپیوتر	عضو هیئت‌علمی	۵ تا ۷ سال
P4	دکتری تخصصی	مهندسی نرم‌افزار	عضو هیئت‌علمی	بیشتر از ۷ سال
P5	کارشناسی‌ارشد	مهندسی فناوری اطلاعات	پژوهشگر اینترنت‌اشیاء	۳ تا ۵ سال
P6	دکتری تخصصی	مهندسی نرم‌افزار	عضو هیئت‌علمی	بیشتر از ۷ سال
P7	دکتری تخصصی	مهندسی برق / کنترل	مشاور راهکارهای هوشمند انرژی / عضو هیئت‌علمی	بیشتر از ۷ سال
P8	کارشناسی‌ارشد	مهندسی نرم‌افزار / مدیریت	مدیر و مشاور فاوا	بیشتر از ۷ سال
P9	کارشناسی	مهندسی نرم‌افزار	مدیرعامل شرکت فاوا	بیشتر از ۷ سال
P10	دکتری تخصصی	مهندسی کامپیوتر	عضو هیئت‌علمی / مشاور فاوا	بیشتر از ۷ سال
P11	کارشناسی	مهندسی نرم‌افزار	مدیر و مشاور فنی فاوا	۷ سال
P12	دکتری تخصصی	مهندسی مخابرات	عضو هیئت‌علمی / مدیر فاوا	بیشتر از ۷ سال
P13	کارشناسی‌ارشد	مدیریت فناوری اطلاعات	همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۵ سال
P14	دکتری تخصصی	مدیریت تولید و عملیات	عضو هیئت‌علمی / همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۵ سال
P15	کارشناسی‌ارشد	مهندسی نرم‌افزار / مدیریت کارآفرینی	همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۳ تا ۵ سال
P16	کارشناسی‌ارشد	حقوق ارتباطات	همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۳ تا ۵ سال
P17	دکتری تخصصی	مهندسی برق	مدیر ارشد فاوا	بیشتر از ۷ سال
P18	دکتری تخصصی	حقوق فناوری‌های نوین	عضو هیئت‌علمی / همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۵ تا ۷ سال
P19	کارشناسی‌ارشد	مدیریت اجرایی / مهندسی مخابرات	مدیر و مشاور فاوا	۵ تا ۷ سال
P20	کارشناسی‌ارشد	حقوق ارتباطات	همکار پروژه طرح ملی اینترنت‌اشیاء	۳ تا ۵ سال

منابع

- خدمتگزار، حمیدرضا. (۱۳۹۴). بررسی نقش اینترنت اشیا در سیستم‌های مدیریت دانش (مورد مطالعه: عملکرد کارکنان شهرداری یزد). مدیریت فناوری اطلاعات، دوره هفتم، (۳)، پاییز ۹۴، ۵۷۲-۵۵۳.
- خورشیدوند، علی عسگر، علیرضا، ناصری پور. (۱۳۹۵). کاربرد اینترنت اشیا در توسعه شهرهای هوشمند با تأکید بر سیستم حمل و نقل هوشمند، اولین کنفرانس ملی شهر هوشمند، قم، شرکت مشاوران شهر هوشمند.
- خوارزمی، امید علی، حمیده نصرآبادی و وحیده منتظریان. (۱۳۹۲). بررسی تأثیرات پیاده‌سازی شهر الکترونیک بر محیط زیست شهری در مشهد: چالش‌ها و فرصت‌ها، اولین کنفرانس ملی خدمات شهری و محیط زیست، مشهد، شهرداری مشهد.
- طالقانی، غلامرضا. (۱۳۸۴). نقش مدیریت فناوری در توسعه پایدار. پیک نور- علوم انسانی، سال سوم، (۳)، ۴۱-۳۴.
- علی احمدی، علیرضا. (۱۳۸۹). روش تحقیق و راهنمای پایان‌نامه نویسی، تهران: انتشارات تولید دانش.
- علی احمدی، علیرضا؛ ساروی مقدم، ناهید. (۱۳۹۷). روش‌شناسی داده‌بنیاد و رویش نظریه‌ها و کاربرد آن برای تولید دانش بومی، چاپ اول، تهران: انتشارات تولید دانش.
- غلامرضایی، آرزو. (۱۳۹۶). شناسایی محرک‌ها و بازدارنده‌های اصلی مؤثر بر اجرای پروژه‌های اینترنت اشیا در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مؤسسه آموزش عالی مهر البرز، دانشکده فناوری اطلاعات، گروه مهندسی فناوری اطلاعات (معماری سازمانی).
- مؤیدی، محمد. (۱۳۹۳). طراحی کیفی فضاهای پیاده محور شهر در راستای دستیابی به پایدار شهری، مورد ارزیابی: کیفیت زیست محیطی فضاهای پیاده محور شهر تهران، کنفرانس سراسری الکترونیکی محیط زیست و انرژی ایران، صفاشهر، مؤسسه بین‌المللی آموزشی و پژوهشی خوارزمی.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, (54), 2787-2805.
- Bardy, R., Rubens, A., & Massaro, M. (2015). The Systemic Dimension of Sustainable Development in Developing Countries. *Journal of Organizational Transformation & Social Change*, 12 (1), 22-41.
- Bo, Y., & Wang, H. (2011). The Application of Cloud Computing and the Internet of Things in Agriculture and Forestry. 2011 International Joint Conference on Service Sciences, 168-172. <https://doi.org/10.1109/IJCSS.2011.40>
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues. *Computer Communications*, 54, 1-31.
- Bostrom, R.P., & Heinen, J.S. (1977). MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective. Part I: The Causes. *MIS Quarterly*, 1 (3), 17-32.
- Brady, G. L., & Geets, P. C. F. (1994). Sustainable Development: The Challenge of Implementation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1(3), 189- 197
- Dlodlo, Nomusa, Kalezhi. Josephat, 2015, "The Internet of Things in Agriculture for Sustainable Rural Development ", 978-1-4799-7707-9/15/\$31.00 ©2015 IEEE.
- Glaser, B. G. (1978). *Theoretical sensitivity: Advances in the methodology of grounded theory (Vol. 2): Sociology* Press Mill Valley, CA.
- Glaser, B. G., and Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research: Aldine de Gruyter*.
- Glaser, B. G., & Holton, J. (2007). Remodeling grounded theory. *Historical Social Reserach/Historische Sozialforschung. Supplement*, 19 (32), 47-68.
- Gómez, J., Oviedo, B., & Zhuma, E. (2016). Patient Monitoring System Based on Internet of Things, The 7th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2016). *Procedia Computer Science*, 83, 90-97.
- Gonzalez, M.O.A., Gonçalves, J.S., & Vasconcelos, R.M. (2017). Sustainable Development: Case Study in the Implementation of Renewable Energy in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142, 461-475.
- Hristov, K. (2017). Internet plus policy: A study on how China can achieve economic growth through the internet of things. *Journal of Science & Technology Policy Management*, 8(3), 375- 386.
- Huang, Y., Poderi, G., Šćepanović, S., Hasselqvist, H., Warnier, M., & Brazier, F. (2019). Embedding Internet-of-Things in Large-Scale Socio-technical Systems: A Community-Oriented Design in Future Smart Grids:

- Technology, Communications and Computing, In book: The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems, 125-150.
- Huang, Y., Poderi, G., Šćepanović, S., Hasselqvist, H., Warnier, M., & Brazier, F. (2019). Embedding Internet-of-Things in Large-Scale Socio-technical Systems: A Community-Oriented Design in Future Smart Grids: Technology, Communications and Computing, In book: The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems, 125-150.
- Huang. Linna, Liu. Chunli, 2013, "The Application Mode in Urban Transportation Management Based on Internet of Things", Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSE 2013)B. Nonnecke, M.Bruch," IoT & Sustainability: Practice, Policy and Promise", Center for Information Technology Research in the Interest of Society& the Banatao Institute University of California, June 2016.
- Nasiri, M. (2016). Internet of Things as an Enabler in Disruptive Innovation for Sustainability, Master's Thesis, Lappeenranta University of Technology.
- Shang. Xiaopu, Zhang. Runtong, Chen. Ying, 2012, "Internet of Things (IOT) Service: Architecture and its Application in E_ Commerce", 44 Journal of Electronic Commerce in Organizations, 10(3), 44_55, July_ September 2012.
- Shin, D. (2014). A Socio-Technical Framework for Internet-of-Things Design: A Human-Centered Design for the Internet of Things. *Telematics and Informatics*, 31,(4), 519-531.
- Shin, D.H., & Park, Y.J. (2017). Understanding the Internet of Things ecosystem: multi-level analysis of users, society, and ecology. *Digital Policy, Regulation & Governance*, 19 (1), 77-100.
- Zarei, M., Mohammadian, A., & Ghasemi, R., (2016). Internet of Things in Industries: A Survey for Sustainable Development. *International Journal of Innovation & Sustainable Development*, 10 (4), 419-442.
- Zhang. Lizong, Atkins. Anthony, 2012, Yu. Hongnian, "Knowledge Management Application of Internet of Things in Construction Waste Logistics with RFID Technology", *TECHNIA – International Journal of Computing Science and Communication Technologies*, VOL.5 NO. 1, July 2012 (ISSN 0974-3375).
- Zhao, J. C., Zhang, J. F., Feng, Y., & Guo, J. X. (2010). The study and application of the IOT technology in agriculture. In *Proceedings - 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2010* (Vol. 2, pp. 462–465). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSIT.2010.5565120>