پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱۴۰۳،(۱۶)۹، ۶۱-۷۶

پژوهش و فناوری محیط‌زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

ارائه الگوی توسعه فناوری اینترنت اشیا در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی به‌منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

محیا انواری نائینی[1]✉، علیرضا علی احمدی[2]

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

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۱۵

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۴/۰۲/۱۵

کلید واژه‌ها:
اینترنت اشیاء،
توسعه پایدار،
توسعه اینترنت اشیا،
انرژی،
محیطزیست.

چکیده

این مقاله با هدف بررسی توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی، برای تحقق اهداف توسعه‌پایدار انجام شده است. در این راستا، به‌منظور گردآوری و تحلیل داده‌ها از استراتژی پژوهش رویش نظریه‌ها با رویکرد ظاهرشونده بهره گرفته شد. جامعه موردمطالعه شامل خبرگان حوزه اینترنت‌اشیاء بود که بر اساس نمونه‌گیری هدفمند، پس از انجام ۲۰ مصاحبه نیمه ساخت‌یافته اشباع نظری حاصل شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مبتنی بر فرآیندهای کدگذاری استراوس و کوربین (باز- محوری-انتخابی) صورت گرفت. به این ترتیب، مدل مفهومی پژوهش «الگوی توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی به‌منظور تحقق اهداف توسعه‌پایدار» ارائه شد. مطابق با این مدل، وجود مسائل و چالش‌های مختلف در حوزه‌های انرژی و محیط‌زیست می‌تواند دلیلی برای توسعه اینترنت‌اشیاء باشد. به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء در حوزه‌ی پایداری محیط‌زیست، موجب افزایش محصولات کشاورزی و کاهش جنگل‌زدایی می‌شود و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بهبود سطح رفاه زندگی را به‌همراه دارد. در حقیقت، کاربردهای اینترنت‌اشیاء در حوزه‌های مختلف نه‌تنها می‌تواند امکان برطرف کردن چالش‌های محیط‌زیست را در جامعه فراهم کند، بلکه می‌تواند زمینه‌ساز دستیابی به توسعه‌پایدار در بعد محیط‌زیست شود.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mahyaanv9@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

The Status of Phytoplankton in the Persian Gulf Waters of Bandar Abbas to Lark Island

Mahya Anvari Naeiny[1]✉, Alireza Aliahmadi[2]

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

Article type:
Research Article

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.

Abstract

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.

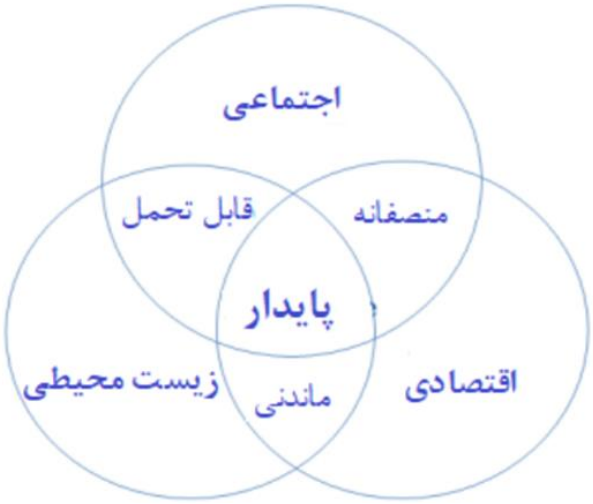
مقدمه

سازمان‌های مختلف همواره در جستجوی رشد، ارزش‌آفرینی و ارتقای بهره‌وری بوده‌اند. یکی از راهکارهای دستیابی به اهداف فوق، ایجاد زمینه‌های توسعه‌پایدار است. توسعه‌پایدار، مزایای رقابتی فراوانی را برای سازمان‌های امروزی فراهم می‌کند. به‌کارگیری اثربخش منابع انسانی و حفظ نیروی کار، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش ضایعات و تلفات و حفظ انرژی از مهم‌ترین مزایای تحقق توسعه‌پایدار می‌باشند. دستیابی به توسعه‌پایدار در کسب‌وکارها مستلزم کاربست راهکارهای فناورانه و نوآورانه است (شیانگ،۲۰۱۶؛ طالقانی،۱۳۸۴). از جمله مهم‌ترین راهکارهای فناورانه در این زمینه که به‌عنوان یکی از فرارونده 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 (آتزوری و همکاران،۲۰۱۰). به‌عبارت 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 به‌همراه دارد (خدمتگزار، ۱۳۹۴). در دهه‌های اخیر کاربردهای گسترده و متنوع این فناوری در صنایع مختلفی از جمله انرژی و محیط‌زیست، بهداشت و درمان، حمل‌ونقل و خرده‌فروشی شناسایی‌شده است (گوبی و همکاران، ۲۰۱۳). پیاده‌سازی اینترنت‌اشیاء در جهت بهبود محیط‌زیست یکی از زمینه‌هایی است که تأثیر زیادی در جهت حفظ محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌ها خواهند داشت. به‌عنوان مثال سنسورهای آلاینده در زیرساخت آب شهری، آلودگی آن را کشف می‌کند؛ بنابراین، مسئله‌ی آلودگی آب قابل‌پیشگیری است. در نتیجه، بحران آب که یک فاجعه‌ی محیط‌زیستی است که از طریق اینترنت‌اشیاء قابل‌کنترل و منجر به بهره‌وری آب می‌شود. به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء در حوزه‌ی پایداری محیط‌زیست، موجب افزایش محصولات کشاورزی و کاهش قطع درختان (جنگل‌زدایی) می‌شود و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بهبود سطح رفاه زندگی را به‌همراه دارد (نانک[1] 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 محیط‌زیست، حرکت در جهت مدیریت بهینه‌ی پسماندها با نگاهی به توسعه‌ی پایدار از اهداف اصلی جوامع توسعه‌یافته و درحال‌توسعه است.

به تعریف کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷، توسعه‌پایدار 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). توسعه‌پایدار، توسعه‌ای کل‌نگر است؛ به‌گونه‌ای که تمامی ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی زیست‌محیطی و دیگر نیازهای بشری را در برمی‌گیرد (برادی و گیتس، ۱۹۹۴). در طی دهه‌های اخیر، مفهوم توسعه‌پایدار به‌طور جهانی موردبحث واقع‌شده است و سه جنبه پایداری اقتصادی، پایداری اجتماعی و پایداری محیط‌زیست به‌عنوان شاکله‌های اصلی توسعه‌پایدار معرفی‌شده‌اند. (گاربیه، ۲۰۱۴؛ باردی و همکاران، ۲۰۱۵). این شاخص‌ها، به‌عنوان چارچوبی برای ارزیابی و گزارش عملکرد شرکت‌ها با توجه به سه عامل اقتصادی، محیطی و اجتماعی مطرح‌شده است (از مت، ۲۰۱۳). شکل (۱) ابعاد سه‌گانه توسعه‌پایدار را نشان‌می‌دهد.

[1] Nonnecke



شکل(۱) : ابعاد سه‌گانه توسعه‌پایدار (برادی و گیتس، ۱۹۹۴)

وجه اجتماعی توسعه پایدار: تمرکز توسعه اجتماعی بر اولویت قرار دادن افراد در فرآیند توسعه است. توسعه‌پایدار 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 توسعه‌پایدار صورت بگیرند (گاربیه، ۲۰۱۴).

وجه اقتصادی توسعه پایدار: پایداری اقتصادی به‌معنای حفظ و ارتقای وضعیت فعلی اقتصادی است بدون آن‌که منابع‌طبیعی 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[1]، 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 توسعه‌پایدار مبین چگونگی حفاظت اکوسیستم‌ها و کیفیت هوا، تأمین یکپارچگی و حفظ منابع است. منظور از توسعه‌پایدار 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 توسعه‌پایدار بر کاهش آلودگی محلی، بهره‌برداری از منابع‌طبیعی 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 منابع‌طبیعی و انرژی‌های تجدید ناپذیر، جلوگیری از اتلاف

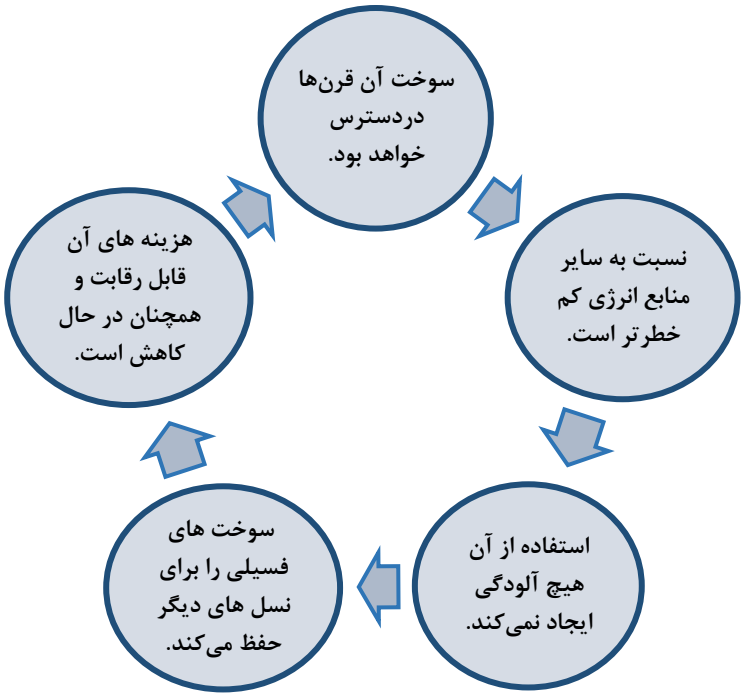
[1] Gross domestic products (GDP)

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 محیط‌زیست، حرکت در جهت مدیریت بهینه‌ی پسماندها با نگاهی به توسعه‌ی پایدار از اهداف اصلی جوامع توسعه‌یافته و درحال‌توسعه می‌باشد. به‌عنوان‌مثال در شهر هوشمند شیکاگو، از سیستم کنترلی ویژه جوندگان موذی استفاده می‌شود. این سیستم با تجزیه‌وتحلیل‌هایی، سطل‌های 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[1] استفاده کند. روند استفاده از کربن خنثی در صنایع به‌گونه‌ای است که تبعاتی برای محیط‌زیست (در قالب انتشار کربن به جو) به وجود نمی‌آورد (زنلا[2] 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 اینترنت‌اشیاء را در توسعه پایدار نشان می‌دهد.

اینترنت‌اشیاء پدیده‌ی نسبتاً نوظهوری است که مدت‌زمان زیادی از مطرح‌شدن آن در میدان تحقیقات نمی‌گذرد و هنوز از پیشینه پژوهشی قوی برخوردار نیست. ازاین‌رو، مرور مطالعات پیشین مرتبط با موضوع پژوهش نشان‌می‌دهد که تنها تعداد اندکی از آن‌ها به بررسی اینترنت‌اشیاء و توسعه‌پایدار پرداخته‌اند.

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



[1] carbon-neutral
[2] zanella

شکل (۲): نقش فناوری اینترنت‌اشیاء در توسعه‌پایدار

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 ارائه‌شده است. با تأکید بر یک رویکرد ترکیبی از هر دو دیدگاه فناوری و جنبه‌های کسب‌وکار محور، مدل ارائه‌شده در این مطالعه شامل چهار لایه راهبردی، خلق ارزش عمومی، تقاضای عمومی و زیرساخت تکنولوژیکی است (ویرتز[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

پژوهشی با عنوان «اینترنت‌اشیاء در صنایع: پژوهشی برای توسعه‌پایدار» 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 توسعه‌ی پایدار تلقی می‌شود. مطابق نتایج، اولویت‌های صنایع برای به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء به‌ترتیب زیر شناسایی‌شده است: بهداشت و درمان، انرژی، خانه‌های هوشمند، حمل‌ونقل و خرده‌فروشی. هم‌چنین این پژوهش راهنمای خوبی برای سیاست‌گذاران درزمینه‌ی تدوین سیاست برای به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء در راستای دستیابی به توسعه‌پایدار فراهم می‌کند (زارعی و همکاران، ۲۰۱۶). در ادامه مقالات متعددی برای ارزیابی کاربردهای اینترنت‌اشیاء در حوزه محیط‌زیست و انرژی موردبررسی قرارگرفته و درنهایت خلاصه‌ای از مقالات بررسی‌شده در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) : خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

ردیف	منبع	پارامترهای مورد بررسی	روش مورد استفاده	دستاورد	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,Trinchero	ارائه پلتفرم بهینه‌سازی‌شده 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 توسعه‌پایدار	طراحی	بررسی سیستم‌های نظارت از راه دور توسط ترکیب فناوری‌های اینترنت‌اشیاء وسنسور های بی‌سیم از طریق میکروکنترولر	اندازه‌گیری دما و رطوبت خاک‌وهوا از طریق سنسورها- انتقال آن به نمایشگر به کمک‌میکروکنترلر -کاربر از طریق موبایل خود بر شرایط محیطی گلخانه نظارت‌دارد.

[1] Wirtz

ردیف	منبع	پارامترهای مورد بررسی	روش مورد استفاده	دستاورد	توضیحات
۶	Dlodlo. Nomusa & Kalezhai. Josephat ,2015 IEEE,	اینترنت‌اشیاء برای توسعه‌پایدار روستایی	مرور ادبیات	بررسی قدرت فناوری اینترنت‌اشیاء برای رفع مشکلات: حمل‌ونقل، کشاورزی، آموزش، سلامت در مناطق روستانشین	-
۷	Nasiri, M.2016, Lappeenranta University of Technology	کشف پیوند میان فناوری اینترنت اشیا، پایداری و نوآوری	کیفی	تحقق توسعه‌پایدار در هر سه بعد از طریق به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء	ارتقای سطح زندگی، رشد اقتصادی، کسب مزایا رقابتی و کاهش آلودگی
۸	خوارزمی و همکاران، ۱۳۹۴، کنفرانس ملی خدمات‌شهری	تأثیرات شهر الکترونیک بر محیط‌زیست شهری در مشهد	مطالعات اسنادی	ارتباط بین پیاده‌سازی موفق شهر الکترونیک و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی	-

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از منظر روش پژوهش، توصیفی بود. از ویژگی‌های پژوهش توصیفی این است که پژوهشگر دخالتی در موقعیت، وضعیت و نقش متغیرها ندارد و آن‌ها را دست‌کاری یا کنترل نمی‌کند و صرفاً آنچه را وجود دارد مطالعه کرده، به توصیف و تشریح آن می‌پردازد؛ بنابراین ازآنجا که این پژوهش در تلاش است تا میزان تأثیر توسعه اینترنت‌اشیاء در مسائل محیط‌زیست و انرژی را شناسایی کند، در زمره‌ی مطالعات توصیفی قرار دارد. نوین بودن فناوری اینترنت‌اشیاء و اندک بودن تعداد مطالعات در این زمینه حاکی از آن است که کاربرد اثربخش فناوری اینترنت‌اشیاء در راستای توسعه‌ی پایدار، یک زمینه پژوهشی بکر تلقی می‌شود. ازاین‌رو، نوظهور بودن مسئله‌ی پژوهش دلیل بر انتخاب تئوری رویش نظریه‌ها است. پژوهش حاضر با توجه ارائه الگوی برای توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی، از استراتژی‌های پژوهش رویش نظریه‌ها بهره گرفته است. در شرایطی که انجام پژوهش مستلزم بررسی عمیق پدیده موردمطالعه باشد و نیز ادبیات موضوع غنی نباشد، از تئوری رویش نظریه‌ها برای بررسی مسئله‌ی موردنظر استفاده می‌شود. این تئوری معمولاً به‌منظور مطالعه‌ی یک پدیده‌ی جدید و یا تکرار کردن یک مطالعه در شرایط زمینه‌ای جدید به کار می‌رود (استراوس و کوربین، ۱۹۹۸).

پژوهش حاضر در راستای دستیابی به اهداف خود از رویکرد ظاهر شونده بهره گرفته است؛ زیرا علی‌رغم ماهیت چالشی، زمینه را برای خلاقیت در تحلیل داده‌ها فراهم می‌کند. علاوه بر این، انعطاف‌پذیری بالای این رویکرد افق دید پژوهشگر را در تحلیل داده‌ها بسط می‌دهد. در رویش نظریه‌ها با رویکرد استراوس و کوربین، داده‌های گردآوری‌شده در سه مرحله کدگذاری باز[1]، کدگذاری محوری[2] و کدگذاری انتخابی[3] بررسی می‌شوند؛ هدف کدگذاری باز در رویکرد ظاهر شوند، بیرون کشیدن مجموعه‌ای از مقوله‌ها و ویژگی‌های آن‌ها و کشف مسئله و نحوه‌ی حل آن است. در این راستا پژوهشگر به‌جای تشریح واژه‌ها برای رویدادها، به آنچه در حال روی دادن است، می‌پردازد و به‌دنبال درک مفهوم است (گلیزر و استراوس، ۱۹۶۷). به‌منظور تحقق این امر، باید داده‌های خام حاصل از متن مصاحبه‌ها و یادداشت‌های میدانی به‌دقت بررسی شوند و پس از تفکیک در قالب کدهای جداگانه برچسب بخورند. کدگذاری‌محوری، فرآیند مرتبط کردن مقولات فرعی به مقولات اصلی‌تر را شامل می‌شود. کدگذاری در این مرحله به‌صورت محوری و با هدف طبقه‌بندی و مقوله‌پردازی صورت‌می‌گیرد. در واقع هدف از کدگذاری محوری، برقراری رابطه بین مقوله‌های تولید شده در مرحله کدگذاری باز است. 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). آخرین مرحله از کدگذاری است که از میان مقوله‌ها، مقوله محوری انتخاب‌شده و حول آن نظریه‌ای برآمده از دل تحقیق ارائه می‌شود؛ و در آخر پیوند آن با دیگر مقوله‌ها مشخص گردید. نظریه به وجود آمده از دل داده‌ها حول مقوله محوری به‌صورت

[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 صورت‌می‌گیرد. طی این مراحل به‌تدریج 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 موردمطالعه (فناوری اینترنت‌اشیاء و توسعه‌پایدار) مشخص گردید. فرآیند نمونه‌گیری به این صورت بود که پس از گردآوری و تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌های اولیه، سایر خبرگان به‌روش 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، تجزیه‌وتحلیل 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. قابل‌ذکر است کدگذاری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار تحلیل کیفی MAXQDA انجام‌شده است. در ادامه، مراحل طی شده هر کدگذاری تشریح شده‌اند.

الف) کدگذاری باز: در این مرحله، پس از پیاده‌سازی دقیق و کامل مصاحبه‌های انجام‌شده، 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 به‌راحتی 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) ارائه‌شده است. در این جداول تنها به عناوین کدها اشاره‌شده است و کدهای استخراج‌شده، 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		

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

جدول (۳): کد و مفاهیم شرایط علّی 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	شرایط علّی
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	پیامد
۲	متعادل‌سازی 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 انتخاب‌شده و حول آن نظریه‌ای برآمده از دل تحقیق به‌صورت مدل تصویری ارائه می‌شود. تفسیر و بیان رابطه‌ها میان مقوله اصلی و دیگر مقوله‌ها با توجه به مدل پژوهش صورت‌می‌گیرد. در ادامه هر یک از عناصر مدل شرح داده خواهند شد. شکل (۳)، مدل توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست و انرژی را نشان‌می‌دهد.

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

شرایط علّی: مسائل حوزه محیط‌زیست و انرژی

شرایط علّی دلایل و توضیحاتی را برای وقوع مقوله محوری بیان می‌کند. در این مدل، مسائل نیازمند هوشمند سازی به‌عنوان یک دلیل برای وقوع مقوله محوری، یعنی «توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء در حوزه مسائل محیط‌زیست در جهت توسعه پایدار» شناسایی‌شده‌است. مطابق با یافته‌های پژوهش، کلیدی‌ترین نیازمندی‌های شناسایی‌شده 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 غیرقابل‌جبران 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 قابل‌توجهی همراه بوده است. آتش‌سوزی‌های رخداده در جنگل‌ها به‌عنوان سرمایه‌های زیستی، بحران‌های محیط‌زیست کشور را دوچندان نموده‌است. از جنبه دیگر بحران کمبود آب و خشک‌سالی کشور نیز یکی دیگر از مسائل جدی است که رفع آن مستلزم تمهیدات مدبرانه و بهره‌گیری از راهکارهای هوشمند است. به‌طورمعمول، 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 مصاحبه‌شونده، 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 آن‌که راهکاری فناورانه و نوین است، می‌تواند در حل بسیاری از بحران‌های امروزی راهگشا واقع شود و موجب تحقق توسعه‌پایدار 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 شناسایی‌شده، 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 به‌کمک کنتورهای هوشمند، در زمینه کاهش مصرف آب از طریق آبیاری هوشمند و همچنین کاهش بحران‌های محیط‌زیست نظیر کاهش آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع سبز به‌وسیله 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 توسعه‌پایدار، درمجموع خروجی‌های مثبت و قابل‌توجهی خواهد داشت که در دسته پیامدهای محیط‌زیستی قرار می‌گیرد. به‌دلیل اهمیت بالای بحران‌های محیطی، پیامدهای محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از بیشترین اثرات مثبت توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء شناسایی‌شده است. با استفاده از راهکارهای اینترنت‌اشیاء امکان مدیریت مصرف انرژی‌های همگانی (به‌ویژه آب و برق) به‌صورت چشمگیری فراهم خواهد شد و تا حد ممکن با بحران کم‌آبی مقابله خواهد شد. با به‌کارگیری 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 تجزیه‌وتحلیل داده‌ها می‌تواند، ساکنان خانه را نسبت به میزان مصرف آب آگاه سازند و باعث صرفه‌جویی در هزینه شوند. هوشمند سازی حمل‌ونقل و ترافیک شهری به‌کمک اینترنت‌اشیاء می‌تواند منجر به کاهش قابل‌توجهی حجم آلاینده‌های محیطی و درنهایت حفظ منابع‌طبیعی 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) به‌ترتیب به آن‌ها پرداخته‌شده 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 تضمین‌شده 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 اشـــباع داده‌ها، ارائه داده‌ها به مشـــارکت‌کنندگان و نظرخواهی از آنان، خود بازبینی پژوهشگر[1] و تخصیص زمان کافی برای انجام مصاحبه‌ها محقق شده‌است.
انتقال‌پذیری	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 شـــود که آیا نتایج برای جامعه‌ی موردنظر او هم قابل‌تعمیم هســـت یا خیر (کرسـول، ۲۰۰۷). معیار انتقال‌پذیری بر قابلیت تعمیم نتایج به سـایر زمینه‌ها و حوزه‌ها دلالت دارد و به کاربردپذیری نتایج پژوهش نیز اطلاق می‌گردد.
اتکا پذیری	معیار اتکاپذیری به‌معنای کفایت روند تجزیه‌وتحلیل 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» به‌عنوان مقوله محوری توسط مقوله‌های شرایط علّی، راهبردها و پیامدها احاطه‌شده است که شرح عناصر مدل پژوهش به تفضیل به آن‌ها پرداخته‌شده است. مقوله پدیده توسعه اینترنت‌اشیاء به‌عنوان 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 به‌صورت ناگزیر تحقق می‌یابد. پدیده‌ای است که مبتنی بر نیازها و مسائل موجود در زمینه‌های کاربردی مختلف شکل‌گرفته و اصطلاحاً نیاز محور است؛ ماهیتی بازار محور دارد و با تحریک عوامل مرتبط با بازار محقق می‌شود. مقوله شرایط علّی، حاکی از آن است که مسائل و دغدغه‌های موجود در حوزه مسائل مدیریت شهری، انرژی و محیط‌زیست، به‌عنوان 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 علّی و راهبردها از منظر کاربرد و اهداف توسعه‌پایدار، 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 نموده‌است. شایان‌ذکر است که تنها تعداد اندکی از محققان پیشین به جنبه‌های توسعه اینترنت‌اشیاء و محوریت دستیابی به توسعه‌پایدار 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 توسعه‌پایدار در بعد محیط‌زیست بررسی کرده‌اند. تنها مطالعه کیفی صورت گرفته در این حوزه، مطالعه نصیری (۲۰۱۶) است که عوامل و مؤلفه‌های دستیابی به توسعه‌پایدار را بررسی نموده‌است. یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش نصیری (۲۰۱۶) در هر سه بعد توسعه‌پایدار (ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی) هم‌پوشانی دارد. مطابق با یافته‌های هر دو پژوهش، از جنبه اجتماعی توسعه‌پایدار، به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء موجب

[1] Self-monitoring

ارتقای سطح استاندارد زندگی و بهبود کیفیت زندگی، افزایش ایمنی و امنیت در زندگی شخصی افراد می‌شود. از منظر بعد اقتصادی، اینترنت‌اشیاء امکان رشد اقتصادی و کسب مزایای رقابتی را برای صنایع فراهم می‌کند. از جنبه محیط‌زیست نیز به‌واسطه اینترنت‌اشیاء امکان کنترل انرژی بهینه و کاهش مصرف آن، تشخیص و مهار بحران‌ها (نظیر آتش‌سوزی) در مراحل اولیه و نجات محیط‌زیست، کنترل ترافیک و کاهش آلودگی‌های محیطی فراهم می‌شود. جدول(۷)، هم‌پوشانی کاربردهای اینترنت‌اشیاء و ابعاد توسعه‌پایدار را طبق یافته‌های پژوهش حاضر و مطالعات پیشین نشان‌می‌دهد.

جدول ۷: هم‌پوشانی کاربردهای اینترنت اشیا و ابعاد توسعه‌پایدار

بعد اجتماعی	بعد اقتصادی	بعد محیط‌زیست
• **سلامت و درمان** - پیگیری مستمر و توجه به سلامت جسمی - افزایش امید به زندگی و طول عمر شهروندان - تدوین الگوهای سلامت برای پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها • **مدیریت شهری و حمل‌ونقل** - ایجاد زیرساخت حمل‌ونقل استاندارد - کاهش نرخ مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات جاده‌ای - تشخیص بهتر جرائم شهری • **کاربردهای شخصی** - افزایش آسایش و راحتی - قابلیت‌های کاربردی ابزار پوشیدنی، لباس و ساعت هوشمند - باشگاه‌های هوشمند	• **کشاورزی** - نظارت بر کیفیت خاک - نظارت بر کیفیت محصولات کشاورزی • **صنایع تولیدی** - نظارت بر موجودی کالاها - کامیابی اقتصادی	• **انرژی و خانه هوشمند** - بهینه‌سازی مصرف آب - کاهش مصرف انرژی برق • **مدیریت شهری** - کاهش مصرف سوخت ناشی از خودروهای خودران - کاهش قابل‌توجه حجم آلاینده‌های محیطی و آلودگی شهری - مدیریت جمع‌آوری زباله • **مدیریت بحران منابع‌طبیعی** - حفظ منابع‌طبیعی و جنگل‌ها در برابر بحران‌ها (نظیر آتش‌سوزی)

به‌طور کلی، این پژوهش باهدف بررسی توسعه فناوری اینترنت‌اشیاء با محوریت دستیابی به وجه محیط‌زیستی توسعه‌پایدار انجام‌شده است. تحقق توسعه اینترنت‌اشیاء از طریق کاربردهای مختلف آن در صنایع، نه‌تنها می‌توان مسئله‌های مختلف موجود را برطرف کرد، بلکه احتمال آن وجود دارد که به‌موجب آن نتایج مثبت و قابل‌توجهی از جنبه‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی بروز نماید. سه جنبه محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی نشان‌دهنده ابعاد سه‌گانه توسعه‌پایدار نیز هستند؛ بنابراین، می‌توان ادعا کرد که میان مسائل نیازمند هوشمند سازی مدیریت شهری، کاربردهای اینترنت‌اشیاء و ابعاد توسعه‌پایدار تناظر و هم‌راستایی وجود دارد و توسعه اینترنت اشیا، تحولی شگرف در مدیریت محیط‌زیست به ارمغان آورده و پتانسیل حل چالش‌های پیچیده در آینده به‌همراه دارد. با گسترش شبکه‌ای از اشیا متصل، امکان نظارت دقیق بر محیط‌زیست، پیش‌بینی وقوع بحران‌ها و اتخاذ تصمیمات هوشمندانه بر اساس داده‌های لحظه‌ای فراهم می‌شود .این امر گواهی بر آن است که توسعه اینترنت‌اشیاء می‌تواند توسعه‌پایدار را در پی داشته‌باشد. به‌عنوان‌مثال، آتش‌سوزی یا تخریب جنگل‌ها یکی از جدی‌ترین مسائل و چالش‌های زیست‌محیطی است. در این راستا، کاربردهای اینترنت‌اشیاء در تشخیص نقاطی که مستعد تخریب هستند و یا در مهار سریع آتش‌سوزی‌های احتمالی از طریق شناسایی حسگرها مطرح‌شده است. در چنین حالتی نیز، تحقق توسعه اینترنت‌اشیاء می‌تواند موجب ایجاد پیامدهای مثبت زیست‌محیطی شود. وقتی اینترنت‌اشیاء در شهر هوشمند به‌کارگرفته می‌شود، در آن به مسائلی مانند ترافیک، مصرف انرژی، آلودگی، تخریب کره زمین، تغییر زیرساخت‌های 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 نشان‌می‌دهد 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 اینترنت‌اشیاء در سیستم‌های مدیریت دانش (موردمطالعه: عملکرد کارکنان شهرداری یزد). مدیریت فناوری اطلاعات، دوره هفتم، (۳)، پاییز ۹۴، ۵۷۲-۵۵۳.

خورشید وند، علی عسگر، علیرضا، ناصری پور. (۱۳۹۵). کاربرد اینترنت‌اشیاء در توسعه شهرهای هوشمند با تأکید بر سیستم حمل‌ونقل 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 محیط‌زیست شهری در مشهد: چالش‌ها و فرصت‌ها، اولین کنفرانس ملی خدمات‌شهری و محیط‌زیست، مشهد، شهرداری مشهد.

طالقانی، غلامرضا. (۱۳۸۴). نقش مدیریت فناوری در توسعه‌پایدار. 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 اینترنت‌اشیاء در ایران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. 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 زیست‌محیطی فضاهای پیاده محور شهر تهران، کنفرانس سراسری الکترونیکی محیط‌زیست 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