Emergency Management, Vol. 14, No. 4, pp: 42-54

Internet of Things: a Novel Tool in Combating Climate Hazards

Mohammad Mohammadi

1. Assist. Prof., Dept. of Crisis Management, Faculty of Social Sciences, AJA Command and Staff University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)M.Mohammadi@casu.ac.ir

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.2.6.6

Original Paper

Climate hazards pose a serious threat to global communities and ecosystems, exerting extensive impacts on the environment and natural resources. In this context, the Internet of Things (IoT) plays a significant role as an emerging technology in monitoring, analyzing, and managing these risks. This research has been conducted with the objective of investigating the role of IoT in mitigating climate hazards. The study is designed as an applied, descriptive research with a qualitative approach. To enhance validity and reliability, data triangulation methods were employed. Furthermore, to determine content validity, Lawshe's method was utilized with a sample of 12 experts and faculty members in the fields of information technology, climate, and environmental sciences. The calculated Content Validity Ratio (CVR) was 0.83, indicating very good and acceptable content validity for the data collection instrument in this research. Data collection and analysis were carried out through content analysis using the MAXQDA software, resulting in the extraction of 6 axial codes. The findings indicate that IoT, by leveraging smart sensors and network-connected systems, enables real-time data collection and plays an effective role in analyzing climate patterns, optimizing energy consumption, reducing air pollution, monitoring ecosystems, managing water resources, tracking climate changes, and providing early warnings. Early warning systems and water resource management received the highest number of open codes, highlighting the importance of IoT in these areas. Additionally, it was found that integrating IoT with emerging technologies such as artificial intelligence can enhance the accuracy of climate analyses and predictions, thereby contributing to the development of sustainable solutions.

Keywords:
Internet of Things (IoT), Climate Risks, Climate Change.

OPEN ACCESS

Received: May 20, 2025
Revised: June 30, 2025
Accepted: Aug. 21, 2025

To cite this article:
Mohammadi, M. 2025. Internet of things: a novel tool in combating climate hazards. *Emergency Management*, 14(4), 42-54.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.2.6.6.

Use your device to scan and read the article online

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مدیریت بحران، دوره ۱۴، شماره ۴، صفحه: ۵۴-۴۲

اینترنت اشیاء؛ ابزاری نوین در مقابله با مخاطرات اقلیمی

محمد محمدی

۱- استادیار، گروه مدیریت بحران، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) M.Mohammadi@casu.ac.ir

مقاله پژوهشی https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.2.6.6

چکیده

مخاطرات اقلیمی تهدیدی جدی برای جوامع و اکوسیستم‌های جهانی هستند و اثرات گسترده‌ای بر محیط‌زیست و منابع طبیعی دارند. در این میان، اینترنت اشیاء به‌عنوان یک فناوری نوین، نقش مهمی در پایش، تحلیل و مدیریت این مخاطرات ایفا می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی نقش اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی، انجام‌شده است. این تحقیق به‌صورت کاربردی و توصیفی و با رویکرد کیفی طراحی‌شده و برای افزایش روایی و پایایی، از روش مثلث‌سازی داده‌ها و همچنین برای تعیین روایی محتوایی از روش لاوشه با نمونه ۱۲ نفری از اساتید و متخصصان در حوزه‌های فناوری اطلاعات، اقلیم و محیط‌زیست بهره گرفته‌شده و مقدار آن ۰/۸۳ برآورد شد؛ که نشان‌دهنده روایی بسیار خوب و قابل‌قبول محتوای ابزار گردآوری داده در پژوهش حاضر است. گردآوری و تحلیل داده‌ها از طریق روش تحلیل محتوا و با استفاده از ابزار نرم‌افزار MAXQDA صورت گرفته است که در آن ۶ کد محوری استخراج شد. نتایج نشان می‌دهد که اینترنت اشیاء با بهره‌گیری از حسگرهای هوشمند و سیستم‌های متصل به شبکه، امکان جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ را فراهم ساخته و در تحلیل الگوهای اقلیمی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی هوا، پایش اکوسیستم‌ها، مدیریت منابع آب، پایش تغییرات اقلیمی و ارائه هشدارهای زودهنگام نقش مؤثری ایفا می‌کند. هشدارهای زودهنگام و مدیریت منابع آب بیشترین کدهای باز را به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت اینترنت اشیاء در این حوزه‌ها است. همچنین، مشخص شد که ادغام اینترنت اشیاء با فناوری‌های نوین نظیر هوش مصنوعی می‌تواند دقت تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌های اقلیمی را بهبود بخشیده و به توسعه راهکارهای پایدار کمک کند..

واژه‌های کلیدی:
اینترنت اشیاء، مخاطرات اقلیمی، تغییر اقلیم

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰
اصلاح: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
محمدی، م، ۱۴۰۴، اینترنت اشیاء؛ ابزاری نوین در مقابله با مخاطرات اقلیمی، *مدیریت بحران*، ۱۴(۴)، ۵۴-۴۲
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.2.6.6

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

مخاطرات اقلیمی، پدیده‌های جوی غیرعادی و اغلب ناگهانی هستند که می‌توانند منجر به خسارات و صدمات جانی و مالی قابل‌توجهی شوند. این مخاطرات جزئی از رفتار محیطی هستند که به‌طور ناگهانی به وقوع می‌پیوندند و ناشی از تغییرات شدید و ناگهانی در شرایط جوی هستند و می‌توانند شامل طیف وسیعی از پدیده‌ها مانند سیل، خشک‌سالی، طوفان‌های شدید، امواج گرما، امواج سرما و رعدوبرق‌های شدید باشند.

ارتباط تنگاتنگی بین رویدادهای حدی اقلیمی و تغییر اقلیم وجود دارد و این رخدادها به‌عنوان یکی از پیامدهای قابل‌انتظار و مشاهده‌شده گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی مطرح می‌شود. تغییرات اقلیمی پیش‌بینی می‌کند که با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، انرژی بیشتری در سیستم اقلیمی زمین به دام می‌افتد. این افزایش انرژی نه‌تنها منجر به افزایش میانگین دمای جهانی می‌شود، بلکه باعث بی‌ثباتی در الگوهای آب‌وهوایی و تشدید رویدادهای حدی می‌گردد [۱].

سرعت و میزان افزایش کنونی گازهای گلخانه‌ای و دما در مقایسه با تغییرات طبیعی هزاران سال گذشته بی‌سابقه است [۲].

افزایش دما، تغییر در الگوهای بارش، بالا رفتن سطح آب دریاها و رویدادهای حدی مانند طوفان‌ها، خشک‌سالی‌ها و سیل‌ها نشان می‌دهد که اقلیم زمین دستخوش تحولات عمیقی شده است. این تغییرات، تهدیدهای جدی برای امنیت غذایی، سلامت عمومی، اقتصاد و حتی ثبات سیاسی به همراه دارند. در چنین شرایطی، توسعه و به‌کارگیری راه‌حل‌های فناورانه برای مقابله با این مخاطرات اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. راه‌حل‌های فناورانه نقش کلیدی در کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی و افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر این مخاطرات ایفا می‌کنند [۳].

اینترنت اشیاء (IoT[1]) با قابلیت اتصال و تبادل داده میان اشیاء فیزیکی، حسگرها، نرم‌افزارها و سایر دستگاه‌ها از طریق اینترنت، امکان جمع‌آوری اطلاعات محیطی به‌صورت گسترده و بی‌درنگ را فراهم می‌آورد [۴ و ۵].

این داده‌ها می‌توانند در تحلیل الگوهای اقلیمی، پیش‌بینی مخاطرات و اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری مورداستفاده قرار گیرند. اینترنت اشیاء می‌تواند در توسعه راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارتقای پایداری محیط‌زیست نقش مؤثری ایفا کند.

اینترنت اشیاء به‌عنوان یک فناوری نوین، نقش مهمی در مدیریت مخاطرات اقلیمی ایفا می‌کند. مطالعات متعددی به بررسی کاربردهای این فناوری در حوزه‌های مختلف پرداخته‌اند.

مو[2] و همکاران [۶] نقش اینترنت اشیاء را در بهبود تاب‌آوری سیستم‌های غذایی در برابر خطرات ایمنی مواد غذایی بررسی کرده و نشان داده‌اند که ترکیب هوش مصنوعی، کلان‌داده و اینترنت اشیاء می‌تواند به توسعه ابزارهای هشدار زودهنگام و شناسایی خطرات نوظهور در ایمنی مواد غذایی کمک کند. همچنین، این فناوری‌ها می‌توانند در پایش رشد قارچ‌ها در محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا کنند که ارتباط مستقیمی با تغییرات اقلیمی دارد.

اینترنت اشیاء با استفاده از حسگرها، داده‌های محیطی را جمع‌آوری و تحلیل می‌کند که منجر به پایش کیفیت هوا، بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. علاوه بر این، اینترنت اشیاء در بهبود تاب‌آوری سیستم‌های غذایی، مدیریت هوشمند منابع آب و توسعه شهرهای پایدار، تأثیر بسزایی دارد. ادغام

[1] Internet of Things
[2] Mu et al

این فناوری با هوش مصنوعی و کلان‌داده، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر تغییرات اقلیمی را فراهم کرده و به کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی کمک می‌کند. با توجه به افزایش نگرانی‌های جهانی درباره تغییرات اقلیمی و به‌تبع آن افزایش رخداد فراوانی مخاطرات اقلیمی و پیامدهای گسترده آن بر امنیت غذایی، منابع طبیعی و سلامت عمومی، نیاز به راهکارهای فناورانه برای مقابله با این بحران بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

اینترنت اشیاء ظرفیت بالایی برای ایفای نقش در این حوزه دارد. بااین‌حال، علی‌رغم پیشرفت‌های فناورانه، هنوز درک جامعی از نحوه به‌کارگیری مؤثر این فناوری در مدیریت مخاطرات اقلیمی وجود ندارد. دغدغه اصلی پژوهشگر در این مطالعه، شناسایی ظرفیت‌های کاربردی اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی و بررسی چگونگی بهره‌گیری از آن در پایش و تحلیل دقیق‌تر شرایط محیطی است. این پژوهش در پی آن است که با بررسی شواهد علمی، نقش اینترنت اشیاء را در مقابله با مخاطرات اقلیمی را روشن سازد و زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در حوزه مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی باشد.

۲- مبانی نظری

فناوری‌های نوظهور به مجموعه‌ای از فناوری‌ها اطلاق می‌شود که درحال‌توسعه، پیشرفت و تأثیرگذاری بر صنایع و جوامع هستند. این فناوری‌ها معمولاً در مراحل اولیه توسعه قرار دارند، اما پتانسیل بالایی برای تغییرات بنیادین در زندگی انسان‌ها، اقتصاد و محیط‌زیست دارند. این فناوری‌ها شامل حوزه‌های مختلفی مانند هوش مصنوعی، بیوتکنولوژی، انرژی‌های تجدید پذیر، فناوری نانو و فضا هستند.

این فناوری‌ها معمولاً در تقاطع چند رشته فنی شکل می‌گیرند و به سمت اهداف مشترک و همگرایی فنی پیش می‌روند؛ به‌عبارت‌دیگر، فناوری‌های نوظهور نوآوری‌هایی هستند که سطح بالایی از پیشرفت در یک حوزه را نشان می‌دهند و می‌توانند صنایع و زندگی روزمره را دگرگون کنند. ویژگی مشترک این فناوری‌ها این است که هنوز به‌طور کامل درک نشده‌اند و در حال تحول و بهبود مستمر هستند [۷].

یکی از موارد مهمی که می‌توان از قابلیت این فناوری‌ها استفاده کرد حوزه اقلیم و محیط‌زیست است. به‌خصوص با رخداد تغییر اقلیم که یکی از پیامدهای آن افزایش فراوانی رخداد مخاطرات اقلیمی است اهمیت این فناوری‌ها افزایش می‌یابد.

از جمله فناوری‌های نوظهور مهم که می‌توان از قابلیت‌های آن در حوزه اقلیم استفاده کرد اینترنت اشیاء است؛ این فناوری شبکه‌ای از اشیاء فیزیکی تعبیه‌شده با حسگرها، نرم‌افزارها و سایر فناوری‌ها است که امکان اتصال و تبادل داده با سایر دستگاه‌ها و سیستم‌ها را از طریق اینترنت فراهم می‌کنند [۸].

این فناوری، امکان جمع‌آوری، انتقال و تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها را در مقیاس وسیع فراهم می‌سازد. در حوزه مخاطرات اقلیمی، این قابلیت‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای پایش و اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی که در آن اینترنت اشیاء امکان پایش و اندازه‌گیری دقیق و بی‌درنگ متغیرهای مرتبط با آب‌وهوا، سطح آب دریاها، رطوبت خاک، دمای هوا، کیفیت هوا و سایر شاخص‌های اقلیمی را فراهم می‌کند [۹].

داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط دستگاه‌های اینترنت اشیاء، امکان تحلیل دقیق‌تر الگوهای اقلیمی، شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع مخاطرات و توسعه مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تر را فراهم می‌سازد. اینترنت اشیاء می‌تواند در مدیریت واکنش به مخاطرات، از طریق سامانه‌های هشدار زودهنگام، هماهنگی عملیات امداد و نجات و

ارزیابی خسارات، نقش مؤثری ایفا کند [۱۰].

این فناوری می‌تواند در توسعه و پیاده‌سازی راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی، مانند کشاورزی هوشمند، مدیریت منابع آب و توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی، نقش داشته باشد. اینترنت اشیاء با بهبود بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف، مانند ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و صنعت، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند.

در مطالعات انجام‌شده، اینترنت اشیاء به‌عنوان یک فناوری نوین، نقش مهمی در مدیریت تغییرات اقلیمی ایفا کرده است.

الشهرانی[1] و همکاران [۱۱] نقش اینترنت اشیاء در پایش و کاهش آلودگی هوا را موردبررسی قرار داده و یک دستگاه نظارت بر آلودگی هوا مبتنی بر اینترنت اشیاء ارائه کرده‌اند که با استفاده از حسگرهای گازی و ماژول Wi-Fi ، داده‌های کیفیت هوا را جمع‌آوری و تحلیل می‌کند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که این دستگاه با هزینه کم، سهولت استفاده و دقت بالا، امکان پایش سطح آلودگی هوا در شهرهای مختلف را فراهم کرده و در کاهش اثرات مخرب تغییرات اقلیمی مؤثر است.

گیل[2] و همکاران [۱۲] نقش هوش مصنوعی را در محاسبات نسل بعدی بررسی کرده و تأکید کردند که اینترنت اشیاء، همراه با فناوری‌های نوین مانند رایانش ابری، رایانش مه، رایانش لبه و رایانش کوانتومی، می‌تواند به بهینه‌سازی مدیریت منابع و افزایش کارایی سیستم‌های محاسباتی کمک کند. این پژوهش همچنین به چالش‌ها و فرصت‌های استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت داده‌های زیست‌محیطی و پایش تغییرات اقلیمی پرداخته و نشان داده است که ترکیب اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر الگوهای آب‌وهوایی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک کند.

کونستانتاکوپولوس[3] و همکارانش [۱۳] با تمرکز بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، نشان دادند که ادغام حسگرهای هوشمند و مدل‌های یادگیری عمیق، امکان مدیریت بهتر منابع انرژی در ساختمان‌های دانشگاهی را فراهم می‌کند. این فناوری‌ها می‌توانند کاهش مصرف انرژی را تسهیل کرده و درنتیجه به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کنند که خود تأثیر مستقیمی بر مقابله با تغییرات اقلیمی دارد.

گوبی[4] و همکاران [۱۴] در مطالعه‌ای جامع، معماری و عناصر کلیدی اینترنت اشیاء را موردبررسی قرار داده و دریافتند که این فناوری با ترکیب حسگرها، محرک‌ها و ارتباطات ابری، امکان ایجاد یک شبکه هوشمند را فراهم می‌کند که می‌تواند در حوزه‌هایی مانند پایش محیط‌زیست و مقابله با مخاطرات اقلیمی نقش مهمی ایفا کند. علاوه بر این، این پژوهش به بررسی فناوری‌های زیربنایی اینترنت اشیاء پرداخته و نشان داده است که این فناوری چگونه می‌تواند در تحلیل و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی مؤثر باشد.

پتروو و هیبلر[5] [۱۵] نقش حسگرهای محیطی در افزایش آگاهی عمومی درباره مسائل زیست‌محیطی را بررسی کرده و نشان داده‌اند که استفاده از فناوری‌های حسگر و اینترنت اشیاء می‌تواند به شهروندان کمک کند تا اطلاعات دقیق‌تری درباره کیفیت هوا، آلودگی و تغییرات اقلیمی دریافت کنند. این پژوهش همچنین بر اهمیت مشارکت عمومی در پایش محیط‌زیست تأکید دارد و نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین می‌توانند مردم را به اقدامات پایدارتر ترغیب کنند.

[1] Alshahrani et al
[2] Gill et al
[3] Konstantakopoulos et al
[4] Gubbi et al
[5] Peterová and Hybler

علمی و همکاران [۱۶] تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT[1]) بر کیفیت محیط‌زیست را بررسی کرده و دریافتند که اینترنت اشیاء و سایر فناوری‌های دیجیتال نقش مهمی در کاهش ردپای کربنی و بهبود کیفیت محیط‌زیست ایفا می‌کنند.

طیاری و همکاران [۱۷] تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات، به‌ویژه اینترنت اشیاء، بر کیفیت محیط‌زیست را بررسی کرده و نشان داده‌اند که گسترش استفاده از فناوری‌های دیجیتال و ارتباطات هوشمند در کشورهای توسعه‌یافته منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود کیفیت محیط‌زیست شده است. اینترنت اشیاء با امکان پایش لحظه‌ای داده‌های زیست‌محیطی، به بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کرده و در بلندمدت تأثیرات مثبت بیشتری بر محیط‌زیست دارد.

زاهدی خامنه و همکاران [۱۸] چالش‌ها و ریسک‌های مرتبط با پیاده‌سازی ساختمان‌های با کربن صفر را بررسی کرده و نشان داده‌اند که استفاده از اینترنت اشیاء در مدیریت انرژی ساختمان‌های پایدار می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا کند. حسگرهای هوشمند و سیستم‌های خودکار مبتنی بر اینترنت اشیاء امکان پایش و بهینه‌سازی مصرف انرژی را فراهم کرده که تأثیر مستقیمی بر کاهش اثرات تغییرات اقلیمی دارد.

میگل[2] [۱۹] نوآوری‌های فناوری در صنعت دفاعی را بررسی کرده و روندهای نوظهور در حوزه فناوری‌های پیشرفته، ازجمله اینترنت اشیاء و نقش آن‌ها را در بهبود کارایی سیستم‌های دفاعی و مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی تحلیل کرده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که فناوری‌های هوشمند می‌توانند در پایش تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و نظامی مؤثر باشند.

سعادتی و مهرشاد [۲۰] نقش اینترنت اشیاء و کلان‌داده‌ها را در توسعه شهرهای هوشمند پایدار بررسی کرده و نشان داده‌اند که اینترنت اشیاء یکی از مؤلفه‌های اصلی زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در شهرهای هوشمند پایدار است و به دلیل پتانسیل بالای خود، می‌تواند به بهبود پایداری محیط‌زیست کمک کند. تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده‌ها نیز در بسیاری از حوزه‌های شهری برای بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی و کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی مورداستفاده قرارگرفته است.

وزیری و همکارانش [۲۱] تأثیر تغییرات اقلیمی بر امنیت آب و غذا را بررسی کرده و نشان داده‌اند که تغییرات اقلیمی می‌تواند منابع آبی را تحت تأثیر قرار داده و امنیت غذایی را به چالش بکشد. این پژوهش همچنین بر نقش اینترنت اشیاء در پایش منابع آبی و مدیریت هوشمند کشاورزی تأکید دارد. حسگرهای هوشمند و سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء می‌توانند داده‌های محیطی را جمع‌آوری کرده و به بهینه‌سازی مصرف آب و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک کنند.

۳- روش‌شناسی

این پژوهش کاربردی بوده و با روش تحقیق توصیفی و با رویکرد کیفی انجام‌شده است. برای گردآوری و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل محتوا استفاده‌شده تا اطلاعات مرتبط با موضوع پژوهش به‌طور دقیق بررسی شوند. در این راستا، ۲۰۹ منبع علمی و تخصصی شامل مقالات پژوهشی، گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی و کتب منتشرشده درباره مخاطرات اقلیمی و کاربردهای اینترنت اشیاء مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌منظور

[1] Information and Communication Technology
[2] Miguel

غربالگری داده‌ها، ابتدا معیارهای انتخاب منابع شامل اعتبار علمی، ارتباط موضوعی و تازگی اطلاعات تعیین شد که درنهایت ۱۹ منبع علمی انتخاب شدند.

منابع اولیه گردآوری‌شده بر اساس روایی و پایایی مورد ارزیابی قرار گرفتند تا داده‌های نامعتبر و سوگیرانه حذف شوند. منابع تأییدشده به‌صورت ساختاری دسته‌بندی‌شده و برای تحلیل آماده‌سازی شدند. درنهایت، بازبینی و به‌روزرسانی منابع انجام شد تا داده‌های دقیق و به‌روز حفظ شوند و باعث افزایش کیفیت اطلاعات و دقت نتایج تحلیل گردند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، از نرم‌افزار MAXQDA برای کدگذاری، دسته‌بندی و تحلیل محتوای متون استفاده‌شده است. در این فرآیند، ابتدا کدهای باز از مفاهیم کلیدی مرتبط با نقش اینترنت اشیاء در مواجهه با مخاطرات اقلیمی استخراج‌شده، سپس این کدها در قالب کدهای محوری سازمان‌دهی و درنهایت، کدهای انتخابی برای تبیین نقش کلی این فناوری در این حوزه تعیین‌شده‌اند.

برای افزایش روایی و پایایی پژوهش، از روش مثلث‌سازی داده‌ها استفاده‌شده است. این رویکرد با ترکیب چندین منبع داده و روش‌های مختلف جمع‌آوری اطلاعات، محدودیت‌های هر شیوه را کاهش داده و از بروز تعصبات احتمالی جلوگیری می‌کند. همچنین، یافته‌های حاصل از تحلیل محتوا با سایر منابع اطلاعاتی، مانند گزارش‌های موردی و مطالعات تطبیقی، اعتبارسنجی شدند.

برای تعیین روایی محتوایی در این تحقیق از روش لاوشه (CVR[1]) استفاده‌شده است. بدین منظور، تعداد ۱۲ نفر از اساتید و متخصصان در حوزه‌های فناوری اطلاعات، اقلیم و محیط‌زیست انتخاب تا صحت و ضرورت سؤالات طراحی‌شده را ارزیابی نمایند. نتایج حاصل از ارزیابی خبرگان نشان داد که ۱۱ نفر از کل افراد موردنظر، سؤالات را در ردیف «ضروری» قرار دادند.

رابطه (۱): $CVR = (Ne - N/2) / (N/2)$

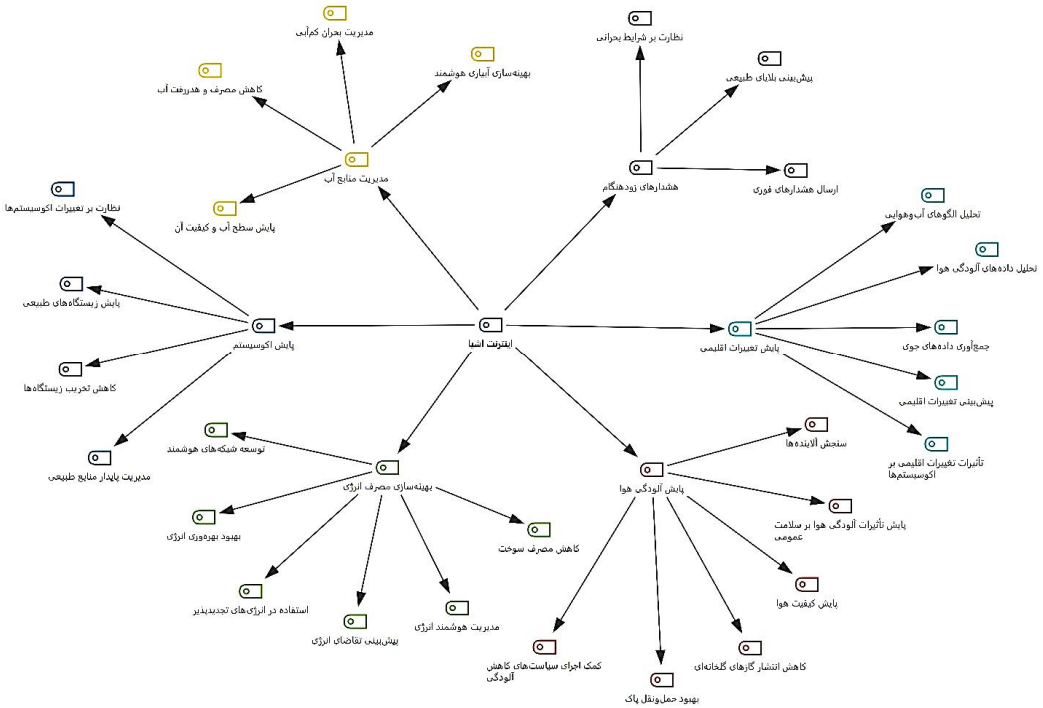
با محاسبه ضریب روایی محتوایی (CVR) طبق رابطه (۱) که در آن Ne تعداد افراد انتخاب‌کننده گزینه ضروری و N تعداد کل افراد است، مقدار ۰/۸۳ به دست آمد. این مقدار بالاتر از حد بحرانی (۰/۵۱) برای نمونه ۱۲ نفری است؛ که نشان‌دهنده روایی بسیار خوب و قابل‌قبول محتوای ابزار گردآوری داده‌ها در پژوهش حاضر است.

۴- یافته‌ها

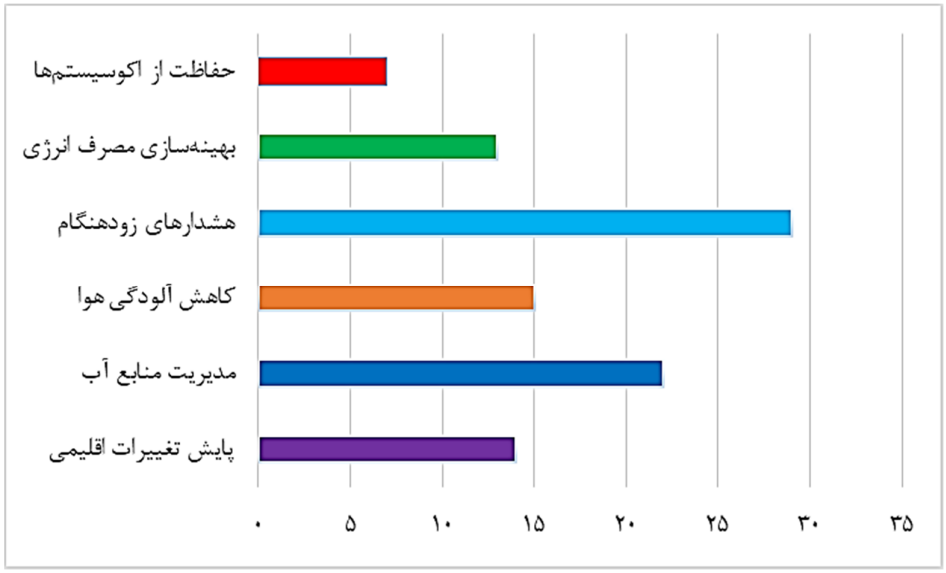
تحلیل محتوای منابع موردبررسی با استفاده از نرم‌افزارMAXQDA ، نقش‌های متعددی را برای اینترنت اشیاء در مدیریت و کاهش اثرات مخاطرات اقلیمی آشکار ساخت. نمودار ۱ ترسیم و نمایش درختی ارتباط بین کدهای محوری و زیرکدهای مرتبط با به‌کارگیری اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی است. این نمودار ساختار تحلیلی و طبقه‌بندی‌شده یافته‌های تحقیق را نمایش داده و نشان می‌دهد که اینترنت اشیاء چگونه می‌تواند در مدیریت و کاهش مخاطرات اقلیمی مؤثر باشد.

نمودار ۲ نشان‌دهنده توزیع فراوانی کدهای مختلف در دسته‌بندی‌های محوری مرتبط با تحقیق است. هشدارهای زودهنگام بیشترین سهم را با حدود ۳۰ درصد از کل داده‌ها به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت این حوزه در مقابله با مخاطرات اقلیمی است. مدیریت منابع آب با ۲۰ درصد در رتبه دوم قرار دارد که بیانگر توجه ویژه به مدیریت پایدار منابع آبی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی است.

[1] *Coefficient of Variation Ratio*



نمودار ۱- نمایش درختی قابلیت‌های اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی



نمودار ۲- فراوانی کدهای باز در دسته‌بندی‌های محوری

بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی هوا هرکدام ۱۵ درصد از داده‌ها را شامل می‌شوند که نشان‌دهنده نقش کلیدی اینترنت اشیاء در کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت هواست. پایش تغییرات اقلیمی با ۱۰ درصد در جایگاه بعدی قرار دارد که بر اهمیت نظارت دقیق بر شرایط محیطی تأکید دارد. درنهایت، حفاظت از اکوسیستم‌ها کمترین سهم را با ۵ درصد داراست که نشان‌دهنده تأثیر اینترنت اشیاء در مدیریت و حفظ محیط‌زیست است. این نتایج بیانگر تمرکز اصلی تحقیق بر روی هشدارهای زودهنگام و مدیریت منابع آب است که از نقش حیاتی آن‌ها

در کاهش اثرات بحران‌های اقلیمی حکایت دارد. یافته‌های اصلی پژوهش در قالب کدهای محوری زیر دسته‌بندی و تشریح شده‌اند:

۴-۱- پایش تغییرات اقلیمی

پایش تغییرات اقلیمی با استفاده از اینترنت اشیاء یکی از کاربردهای مهم این فناوری در مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی است. حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های متصل به شبکه، داده‌های لحظه‌ای مربوط به دما، رطوبت، میزان بارندگی، سرعت باد و سایر پارامترهای جوی را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل می‌کنند. این اطلاعات به تحلیل‌گران و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا روندهای اقلیمی را بررسی کرده و تغییرات احتمالی را پیش‌بینی کنند. مدل‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با پردازش این داده‌ها، امکان ارائه پیش‌بینی‌های دقیق‌تر را فراهم می‌آورند که می‌توانند در تدوین استراتژی‌های مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی مؤثر باشد.

سنسورهای متصل به شبکه می‌توانند لرزش‌های زمین، تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی و سایر نشانه‌های اولیه بلایای طبیعی را ثبت کنند. این داده‌ها به نهادهای مسئول کمک می‌کند تا اقدامات پیشگیرانه را به‌موقع انجام دهند و خسارات ناشی از مخاطرات اقلیمی را به حداقل برسانند. درمجموع، اینترنت اشیاء با ارائه داده‌های بلادرنگ و تحلیل‌های پیشرفته، به بهبود مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی و افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند.

۴-۲- مدیریت منابع آب

مدیریت منابع آب با استفاده از اینترنت اشیاء نقش مهمی در مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی دارد. حسگرهای هوشمند به‌طور لحظه‌ای داده‌هایی مانند سطح و کیفیت آب و همچنین میزان مصرف را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل می‌کنند. این اطلاعات به مدیران منابع آبی کمک می‌کند تا وضعیت آب را بررسی کرده و اقدامات لازم را برای حفظ کیفیت و جلوگیری از آلودگی انجام دهند. همچنین، اینترنت اشیاء امکان نظارت دقیق بر مصرف آب در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی، صنعت و مناطق شهری را فراهم کرده و با تحلیل داده‌های مصرف، راهکارهایی برای کاهش هدر رفت آب ارائه می‌دهد.

در کشاورزی، سنسورهای IoT میزان رطوبت خاک، دما و شرایط جوی را اندازه‌گیری کرده و بر اساس این داده‌ها، سیستم‌های آبیاری هوشمند میزان آب موردنیاز گیاهان را تنظیم می‌کنند که موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود. علاوه بر این، با تحلیل داده‌های هواشناسی و پایش الگوهای بارندگی، اینترنت اشیاء امکان پیش‌بینی دقیق‌تر میزان بارش را فراهم کرده و به مدیران منابع آبی کمک می‌کند تا برای مقابله با خشک‌سالی و کم‌آبی برنامه‌ریزی کنند. همچنین، پایش سطح آب رودخانه‌ها و منابع آبی با استفاده از حسگرهای هوشمند، امکان شناسایی تغییرات ناگهانی سطح آب و ارسال هشدارهای زودهنگام برای جلوگیری از وقوع سیلاب را فراهم می‌کند.

این فناوری به کاهش خسارات ناشی از بلایای طبیعی کمک کرده و به توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر بحران‌های آبی منجر می‌شود. اینترنت اشیاء با ارائه داده‌های بلادرنگ و تحلیل‌های پیشرفته، به بهبود مدیریت منابع آب، افزایش تاب‌آوری جوامع و توسعه راهکارهای پایدار برای مقابله با تغییرات اقلیمی کمک می‌کند.

۴-۳- کاهش آلودگی هوا

کاهش آلودگی هوا با استفاده از اینترنت اشیاء نقش مهمی در بهبود کیفیت زندگی و کاهش اثرات زیست‌محیطی دارد. حسگرهای هوشمند به‌طور مستمر داده‌هایی مانند میزان آلاینده‌های هوا، دما، رطوبت و ترکیبات گازی را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل می‌کنند. این اطلاعات به مدیران شهری و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا مناطق با سطح آلودگی بالا را شناسایی کرده و اقدامات لازم را برای کاهش انتشار آلاینده‌ها اجرا کنند. همچنین، اینترنت اشیاء امکان نظارت لحظه‌ای بر کیفیت هوا را فراهم کرده و با تحلیل داده‌های بلادرنگ، هشدارهای لازم را برای شهروندان صادر می‌کند.

در شهرهای هوشمند، این فناوری به بهینه‌سازی حمل‌ونقل عمومی، کاهش ترافیک و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرده و موجب بهبود سلامت عمومی می‌شود. علاوه بر این، سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء قادرند با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی، روندهای آلودگی هوا را پیش‌بینی کرده و راهکارهای مؤثری برای کاهش اثرات آن ارائه دهند. درمجموع، اینترنت اشیاء با ارائه داده‌های دقیق و تحلیل‌های پیشرفته، به بهبود مدیریت کیفیت هوا، کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و ارتقای سلامت جامعه کمک می‌کند.

۴-۴- هشدارهای زودهنگام

هشدارهای زودهنگام با استفاده از اینترنت اشیاء نقش حیاتی در کاهش خسارات ناشی از بلایای طبیعی و بحران‌های اقلیمی دارند. حسگرهای هوشمند به‌طور مستمر داده‌هایی مانند لرزش‌های زمین، سطح آب، دما و شرایط جوی را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل می‌کنند. این اطلاعات به نهادهای مسئول کمک می‌کند تا وقوع حوادثی مانند زلزله، سیل و طوفان را پیش‌بینی کرده و هشدارهای زودهنگام صادر کنند.

اینترنت اشیاء با تحلیل داده‌های بلادرنگ، امکان برنامه‌ریزی و انجام اقدامات پیشگیرانه را فراهم کرده و به کاهش خسارات انسانی و زیست‌محیطی کمک می‌کند. همچنین، این فناوری در مدیریت بحران‌های اقلیمی نقش کلیدی ایفا کرده و با ارائه داده‌های دقیق، به بهبود تصمیم‌گیری‌های اضطراری و افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر مخاطرات طبیعی کمک می‌کند و با ارائه سیستم‌های هشدار زودهنگام، به کاهش اثرات بلایای طبیعی، بهبود مدیریت بحران و افزایش آمادگی جوامع در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند.

۴-۵- بهینه‌سازی مصرف انرژی

بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از اینترنت اشیاء نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری دارد. حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های متصل به شبکه به‌طور مستمر داده‌هایی مانند میزان مصرف انرژی، الگوهای رفتاری کاربران و شرایط محیطی را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل می‌کنند.

این اطلاعات به مدیران ساختمان‌ها، صنایع و شبکه‌های برق کمک می‌کند تا مصرف انرژی را بهینه کرده و از هدر رفت منابع جلوگیری کنند. همچنین، اینترنت اشیاء امکان تنظیم خودکار سیستم‌های گرمایش و سرمایش را فراهم کرده و با تحلیل داده‌های بلادرنگ، میزان مصرف انرژی را بر اساس شرایط محیطی و نیاز کاربران تنظیم می‌کند. در شبکه‌های هوشمند انرژی، این فناوری به ادغام بهتر منابع تجدید پذیر، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود پایداری سیستم‌های انرژی کمک کرده و موجب افزایش کارایی و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود.

علاوه بر این، مدل‌های هوش مصنوعی و

یادگیری ماشین با پردازش داده‌های اینترنت اشیاء در حوزه مصرف انرژی، امکان پیش‌بینی تقاضا و بهینه‌سازی توزیع انرژی را فراهم می‌آورند که به کاهش فشار بر شبکه‌های برق و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های انرژی منجر می‌شود. اینترنت اشیاء با ارائه داده‌های دقیق و تحلیل‌های پیشرفته، به بهبود مدیریت انرژی، کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و توسعه راهکارهای پایدار برای مصرف بهینه انرژی کمک می‌کند.

۴-۶- پایش اکوسیستم‌ها

حفاظت از اکوسیستم‌ها با استفاده از اینترنت اشیاء نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی دارد. حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های متصل به شبکه می‌توانند به‌طور مستمر داده‌هایی مانند شرایط زیستگاه‌های طبیعی، رفتار حیوانات، میزان آلودگی و تغییرات اکوسیستم را جمع‌آوری کرده و به پایگاه‌های داده منتقل کنند.

این اطلاعات به محققان و سازمان‌های حفاظتی کمک می‌کند تا روندهای زیست‌محیطی را تحلیل کرده و تهدیدات احتمالی را پیش‌بینی کنند. همچنین، اینترنت اشیاء امکان نظارت لحظه‌ای بر مناطق حفاظت‌شده را فراهم کرده و با استفاده از دوربین‌های هوشمند و ردیاب‌های GPS، از شکار غیرقانونی و تخریب زیستگاه‌ها جلوگیری می‌کند.

در کشاورزی، این فناوری به کشاورزان کمک می‌کند تا با تحلیل داده‌های محیطی، مصرف آب، کود و سموم را بهینه‌سازی کرده و بهره‌وری محصولات را افزایش دهند. اینترنت اشیاء در مدیریت پسماند شهری نیز نقش دارد، به‌طوری‌که با نصب حسگرها در مخازن زباله، میزان پر بودن آن‌ها را رصد کرده و زمان‌بندی بهینه برای جمع‌آوری پسماندها را امکان‌پذیر می‌سازد. اینترنت اشیاء با ارائه داده‌های دقیق و تحلیل‌های پیشرفته، به بهبود مدیریت اکوسیستم‌ها، افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست و توسعه راهکارهای پایدار برای حفاظت از منابع طبیعی کمک می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

مخاطرات اقلیمی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی، بر منابع طبیعی، امنیت غذایی، کیفیت هوا و اکوسیستم‌ها تأثیرات چشمگیری دارد. ازاین‌رو استفاده از فناوری‌های نوین برای پایش، تحلیل و مدیریت این بحران‌ها اهمیت ویژه‌ای پیداکرده است. اینترنت اشیاء به‌عنوان یک ابزار قدرتمند، قابلیت جمع‌آوری و پردازش داده‌های محیطی را داراست و می‌تواند نقش مهمی در کاهش مخاطرات اقلیمی ایفا کند.

بررسی‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که اینترنت اشیاء در پایش تغییرات اقلیمی، مدیریت منابع آب، کاهش آلودگی هوا، ارائه هشدارهای زودهنگام و بهینه‌سازی مصرف انرژی نقش مؤثری دارد. حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های متصل به شبکه، داده‌های لحظه‌ای را جمع‌آوری کرده و امکان تحلیل دقیق شرایط زیست‌محیطی را فراهم می‌آورند. بر اساس تحلیل محتوای انجام‌شده، اینترنت اشیاء به‌عنوان یک فناوری نوین، نقش چندبعدی و حیاتی در مقابله با مخاطرات اقلیمی ایفا می‌کند.

یافته‌های این تحقیق که از طریق تحلیل محتوای ۶ کد محوری استخراج‌شده، نشان می‌دهد که این فناوری در دو حوزه اصلی هشدارهای زودهنگام (۳۰ درصد) و مدیریت منابع آب (۲۰ درصد) بیشترین کاربرد را دارد. اینترنت اشیاء با ارائه زیرساخت‌های داده‌محور و تحلیل‌های پیشرفته، تحول اساسی در رویکرد مدیریتی به مخاطرات اقلیمی ایجاد کرده است.

اولویت هشدارهای زودهنگام و مدیریت منابع آب نشان‌دهنده تمرکز علمی بر مداخلات پیشگیرانه و مدیریت پایدار منابع است که با

اصول مدیریت بحران و تغییرات اقلیمی مطابقت دارد. این یافته‌ها به‌ویژه در راستای اهداف توسعه پایدار و اقلیم هوشمند بسیار حائز اهمیت هستند.

به‌کارگیری اینترنت اشیاء در مدیریت بحران‌های اقلیمی نه‌تنها به بهبود نظارت بر محیط‌زیست کمک می‌کند، بلکه تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش میزان مصرف آب، مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها دارد. فناوری‌های هوشمند می‌توانند روند پایش و تحلیل داده‌های زیست‌محیطی را تسریع کرده و اطلاعات دقیق‌تری برای سیاست‌گذاران ارائه دهند.

در این خصوص، چالش‌هایی مانند امنیت داده‌ها، هزینه‌های اجرایی و نیاز به زیرساخت‌های مناسب همچنان باید موردتوجه قرار گیرند. مطالعات پیشین نیز بر نقش کلیدی اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی تأیید کرده‌اند. این پژوهش نشان داد که ترکیب این فناوری با هوش مصنوعی، رایانش ابری و یادگیری ماشین می‌تواند در پیش‌بینی دقیق‌تر مخاطرات اقلیمی و ارائه راهکارهای کارآمد تأثیرگذار باشد.

یافته‌های این تحقیق با مطالعات پیشین در حوزه کاربرد اینترنت اشیاء در مقابله با مخاطرات اقلیمی هم‌راستا و تأییدکننده است. همخوانی قابل‌توجهی بین نتایج این پژوهش و تحقیقات شهرانی و همکاران (۲۰۲۳) در زمینه پایش کیفیت هوا، گیل و همکاران (۲۰۲۲) در بهینه‌سازی مصرف انرژی، کونستانتاکوپولوس و همکاران (۲۰۱۸) در مدیریت منابع انرژی، گوبی و همکاران (۲۰۱۳) در معماری اینترنت اشیاء و هیبلر (۲۰۱۱) در افزایش آگاهی عمومی از مسائل زیست‌محیطی مشاهده شد.

این هم‌خوانی نشان‌دهنده اعتبار و کاربردپذیری یافته‌های حاضر است. همچنین تأکید ویژه این پژوهش بر نقش ترکیب اینترنت اشیاء با هوش مصنوعی در افزایش دقت پیش‌بینی‌های اقلیمی، نوآوری این تحقیق محسوب می‌شود که با یافته‌های گیل و همکاران (۲۰۲۲) در زمینه کاربرد یادگیری ماشین در تحلیل داده‌های زیست‌محیطی هم‌خوانی دارد اما ازنظر جامعیت و رویکرد روش‌شناختی از آن فراتر رفته است.

با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده به بررسی چالش‌های اجرایی و اقتصادی اینترنت اشیاء در مدیریت زیست‌محیطی بپردازند. همچنین، مطالعاتی که به ارزیابی اثرات بلندمدت این فناوری در مقابله با مخاطرات اقلیمی اختصاص یابند که می‌تواند به تدوین راهکارهای عملی و پایدار کمک نماید. سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌بایست با بهره‌گیری از توان علمی دانشگاه‌ها و ظرفیت‌های موجود در حوزه فناوری‌های نوین، چارچوبی جامع برای توسعه زیرساخت‌های اینترنت اشیاء تدوین کند تا زمینه بهره‌برداری مؤثر از این فناوری در کاهش مخاطرات اقلیمی فراهم شود.

۶- قدردانی

از اساتید و متخصصان در حوزه‌های فناوری اطلاعات، اقلیم و محیط‌زیست که به‌عنوان خبره، در خلال تحقیق خالصانه دیدگاه‌ها و نقطه نظرات علمی و کارشناسی خود را ارائه نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷- منابع

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.1017/9781009157896

2. Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., & Stocker, T. F. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. Nature, 453(7193), 379-382.

3. World Economic Forum (wef). (2023). Technology and adaptation in the climate crisis: Technology. https://doi.org/10.1108/ITP-03-2021-0188

۱۶- علمی، زهرامیلا؛ آریانفر، فاطمه؛ عیسی زاده روشن، یوسف. (۱۴۰۲). اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست با تأکید بر نظریه پناهگاه آلودگی در کشورهای عضو اوپک. تحلیل‌های اقتصادی توسعه ایران، ۱(۹)، ۱۹۲-۶۵. https://doi.org/10.22051/ieda.2023.42848.1347

۱۷- طیاری، مریم؛ محمودزاده، محمود؛ موسوی، میرحسین. (۱۴۰۱). فناوری اطلاعات و ارتباطات و کیفیت محیط‌زیست (شواهدی از کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه). مدل‌سازی اقتصادی، ۶۰(۱۶)،۸۷-۱۰۱. https://doi.org/10.30495/eco.2023.1983218.2741

۱۸- زاهدی خامنه، امین؛ پایدار، علی؛ تاج‌الدینی، عباس؛ ذوقی، حسن؛ بوالحسنی، سعید. (۱۴۰۱). مدیریت ریسک پیاده‌سازی مفهوم «ساختمان با کربن صفر» به‌عنوان نسل جدید سازگاری با محیط‌زیست در صنعت ساختمان. مدیریت نوآوری، ۱(۲)، ۱۱-۲۸.

۱۹- میگل، مارتین. (۱۳۹۶). دفاع آینده: نوآوری، فناوری و صنعت. ترجمه فقیه، محمدامین؛ نظری‌زاده فرهاد. چاپ اول. انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، تهران.

۲۰- سعادتی، زینب و مهرشاد، بتول. (۱۳۹۶). اینترنت اشیاء و برنامه‌های کاربردی کلان‌داده‌ها در شهرهای هوشمند پایدار. سیاست‌نامه علم و فناوری، ۷(۳)، ۳۰-۱۷. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24767220.1396.07.3.2.6

۲۱- وزیری، ژاله؛ مساح بوانی، علیرضا؛ متوسلی، محمدرضا؛ دهقانی سانیج، حسین؛ کشاورز، عباس؛ ملک‌زاده، سحر؛ روستایی، مریم. (۱۳۹۴). تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۲۲- اسکندری، محمد، دارابی، مسعود، صالحی، محمدرضا و سهامی، حبیب اله. (۱۴۰۴). سنجش و پایش بحران خشکسالی با استفاده از داده‌کاوی مکانی با تأکید بر حوضه آبریز دریاچه ارومیه. مدیریت بحران، ۱۴(۲)، ۱۸-۱. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.2.1.1

۲۳- فرهنگ، سجاد. (۱۴۰۴). ارائه الگوی بهبود مدیریت بحران با تأکید بر نقش رسانه‌های اجتماعی. مدیریت بحران، ۱۴(۱)، ۳۷-۵۲.

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.1.2.0

4. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29 (7), 1645-1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.

۵- سعادتی، زینب و مهرشاد، بتول. (۱۳۹۶). اینترنت اشیاء و برنامه‌های کاربردی کلان‌داده‌ها در شهرهای هوشمند پایدار. سیاست‌نامه علم و فناوری، ۷(۳)، ۳۰-۱۷. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24767220.1396.07.3.2.6

6. Mu, W., Kleter, G. A., Bouzembrak, Y., Dupouy, E., Frewer, L. J., Radwan Al Natour, F. N., & Marvin, H. J. P. (2024). Making food systems more resilient to food safety risks by including artificial intelligence, big data, and internet of things into food safety early warning and emerging risk identification tools. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 23, 1–18.

7. Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Kamble, S., Gupta, S., & Sivarajah, U. (2022). Adoption of artificial intelligence and cutting-edge technologies for production system sustainability: A moderator-mediation analysis. Information Systems Frontiers. https://doi.org/10.1007/s10796- 022-10317-x

8. Alan M. (2019). LEARNING FOR THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. First published 2019 by Routledge. https://lccn.loc.gov/2018055470

9. AghaKouchak, A., Cheng, L., Mazdiyasni, O., & Farahmand, A. (2015). Global drought monitoring using satellite-based observations. Remote Sensing of Environment, 169, 45-61. https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.006

10. Linardos, V., Drakaki, M., Tzionas, P., & Karnavas, Y. L. (2022). Machine Learning in Disaster Management: Recent Developments in Methods and Applications. Machine Learning and Knowledge Extraction, 4, 446–73

11. Alshahrani, A., Mahmoud, A., El-Sappagh, S., & Ali Elbelkasy, M. (2023). An Internet of Things Based Air Pollution Detection Device for Mitigating Climate Changes. Information Sciences Letters, 12(4), 1891-1900. https://digitalcommons.aaru.edu.jo/isl/vol12/iss4/13

12. Gill, S. S., Minxian, Xu., Ottaviani, C., Patros, P., Bahsoon, R., Shaghaghi, A., Golec, M., Stankovski, V., Huaming, Wu., Abraham, A., Singh, M., Mehta, H., Ghosh, S. K., Baker, T., Parlikad, A. K., Lutfiyya, H., Kanhere, S. S., Sakellariou, R., Dustdar, S., … Uhlig, S. (2022). AI for next generation computing: Emerging trends and future directions. Internet of Things, 19, 100514

13. Konstantakopoulos, I. C., Barkan, A. R., He, S., Veeravalli, T., Liu, H., & Spanos, C. J. (2018). A Deep Learning and Gamification Approach to Energy Conservation at Nanyang Technological University. arXiv preprint arXiv:1809.05142.

14. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29 (7), 1645-1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.

15. Peterová, M., & Hybler, P. (2011). Environmental sensing and its impact on public awareness. Journal of Environmental Studies.