



Examining the Requirements for the Realization of a Smart City on the Internet of Things Infrastructure

S. Hosseini¹,

¹ Department of Computer Science, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

ABSTRACT

RESEARCH PAPER

Received: 7 June 2024

Accepted: 18 October 2024

KEYWORDS:

Internet of things,
Smart city,
Requirements,
Infrastructure,
Challenges,

¹ **Corresponding author:**

✉ s.hosseini68@gmail.com

In recent years, the unlimited and borderless vision has been a prominent feature of the intelligentization based on the Internet of Things (IoT) architecture in the world, and due to the ever-increasing advances in infrastructure and the improvement of security issues, the limitations in this sector have been minimized. The IoT is a term to describe the world in which objects will be able to interact with other objects by connecting to the internet or with the help of communication tools and share their information with each other or with humans, and a new class of capabilities, applications provide applications and services. A world in which all objects and disparate devices are addressable and controllable. Due to its specific operational characteristics, IoT is extremely challenging and risky in the field of realizing smart cities, and so far extensive researches have been introduced in this field. Although each of these researches have somehow succeeded in solving the existing challenges, the studies indicate the existence of some other key requirements and challenges in this field. In this research, we intend to provide a comprehensive review of the realization of smart cities based on the IoT, the challenges, requirements, and opportunities. For this purpose, first, the dimensions of the smart city and the existing challenges will be discussed in detail, and then all kinds of practical requirements will be introduced and examined to realize the target. We will also introduce some of the most important past researches and analyze and explain the problem from different perspectives. At the end of the article, suggestions for the realization of smart cities and conclusions from the investigations are presented.

نشریه تخصصی آرمان پردازش، دوره ۵، شماره ۳، سال ۱۴۰۳



فصلنامه تخصصی آرمان پردازش
(APJ)

Homepage: www.armanprocessjournal.ir



فصلنامه تخصصی فناوری اطلاعات و ارتباطات
شماره مجوز: ۸۷۰۹۰

چالش ها و چشم اندازهای تحقق شهر هوشمند بر بستر اینترنت اشیا

سعید حسینی^۱

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر چشم انداز نامحدود و بدون مرز، ویژگی بارز هوشمندسازی مبتنی بر معماری اینترنت اشیا در دنیا بوده و با توجه به پیشرفت های روزافزون زیرساخت ها و نیز ارتقا مباحث امنیتی، محدودیت ها در این بخش، به حداقل رسیده است. اینترنت اشیا اصطلاحی است برای توصیف دنیایی که در آن اشیا قادر خواهند بود با اتصال به اینترنت یا به کمک ابزارهای ارتباطی، با سایر اشیا تعامل داشته باشند و اطلاعات خود را با هم و یا با انسان ها به اشتراک بگذارند و کلاس جدیدی از قابلیت‌ها، برنامه های کاربردی و سرویس ها را ارائه دهند. دنیایی که در آن تمامی اشیا و دستگاه‌های نامتجانس قابلیت آدرس دهی و در نتیجه قابلیت کنترل پذیری دارند. اینترنت اشیا به دلیل توزیع شدگی و از سوی دیگر به دلیل خصوصیات عملیاتی خاص، به شدت در حوزه تحقق شهرهای هوشمند پرمخاطب، چالش‌انگیز و پر مخاطره است و تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه معرفی شده‌اند. اگرچه این تحقیقات هر یک به نحوی در حل چالش های موجود موفق بوده‌اند، اما مطالعات حاکی از وجود برخی الزامات و چالش‌های کلیدی دیگر در این زمینه است. در این مقاله قصد داریم تا بررسی جامعی بر حوزه تحقق شهرهای هوشمند بر بستر اینترنت اشیا، چالش ها، نیازمندی ها، الزامات و فرصت های پیش رو ارائه نماییم. بدین منظور ابتدا بصورت دقیق به ابعاد شهر هوشمند و چالش های موجود پرداخته شده و در ادامه انواع الزامات و نیازمندی های کاربردی برای تحقق این هدف معرفی و بررسی خواهند شد. همچنین تعدادی از مهم‌ترین تحقیقات گذشته معرفی و از دیدگاه‌های مختلف مساله را تحلیل و تشریح خواهیم نمود. در پایان مقاله پیشنهاداتی برای تحقق شهرهای هوشمند و نتیجه گیری از بررسی های انجام شده ارائه می گردد.

مقاله پژوهشی

واژگان کلیدی:

اینترنت اشیا،
شهر هوشمند،
الزامات،
زیرساخت،
چالش ها،

مقدمه

اینترنت اشیاء به معنی یک شبکه جهانی از اشیاء مرتبط و متصل است که هر یک دارای آدرس مختص به خود بوده و بر اساس قراردادهای استاندارد شده‌ای با یکدیگر در ارتباط‌اند. تعریف ایزو از اینترنت اشیاء آن را به عنوان زیرساختی از ارتباطات اشیاء، افراد، سیستم‌ها و منابع اطلاعاتی با خدمات هوشمند معرفی می‌کند که به آن‌ها اجازه پردازش اطلاعات جهان فیزیکی و مجازی و واکنش به آن را می‌دهد. آی‌تی‌یو، اینترنت اشیاء را زیرساخت جهانی برای اجتماع اطلاعات و ارائه خدمات پیشرفته به وسیله اتصال اشیاء (فیزیکی و مجازی) بر اساس فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی موجود و در حال تکامل می‌داند [۱]. اینترنت اشیاء به سیستمی اشاره دارد که از دستگاه‌های مجزا با سنسورهای مختلفی شامل شده که از طریق شبکه‌هایی در ارتباط هستند. هدف این تکنولوژی ارتباطی فراهم‌سازی سازوکاری بوده که از طریق آن بتوان در هر زمان و هر مکان به اشیاء فیزیکی، پدیده‌ها و در مجموع هر موجودیت عضو شبکه، دسترسی داشته و آن‌ها را مدیریت کرد. بدین منظور از اطلاعات مربوط به گره‌های شبکه برای اتصال به اعضای شبکه و مدیریت آن‌ها استفاده می‌شود. هر موجودیت عضو شبکه IOT، مجهز به حسگرها و آنتن‌های رادیویی بوده، و دارای آدرس الکترونیکی (هویت دیجیتال) منحصر به فردی هستند. این هویت دیجیتال منحصر به فرد قابلیت تفکیک اشیاء از یکدیگر را فراهم نموده و می‌توان به کمک آن به هر شیء و عضو خاصی از شبکه دسترسی یافته و آن را مدیریت نمود [۲]. شبکه‌های IOT بنابر خصایص متمایز و ویژگی‌های خاص، مزایا و قابلیت‌های فراوانی را فراهم ساخته که تاکنون در هیچ شبکه دیگری چنین قابلیت‌هایی فراهم نشده است. از مهم‌ترین این خصوصیات می‌توان به مواردی اعم از توزیع‌شدگی کامل ساختار شبکه، مقیاس‌پذیری بالا، بی‌نیاز به قدرت کنترل‌کننده مرکزی و زیرساخت‌های ثابت، توپولوژی پویا، هزینه‌های بسیار پایین و همبستگی عناصر ناهمگن را اشاره نمود. وجود این ویژگی‌های خاص در کنار سایر مزایای اینترنت اشیاء، باعث شده تا این شبکه‌ها در کاربردهای گسترده‌ای استفاده شده و روز به روز به کاربردها و اهمیت آن‌ها افزوده شود [۳]. پیشرفت این تکنولوژی ارتباطی تا جایی بوده که در آینده‌ای بسیار نزدیک به عنوان یک بستر جهانی عرضه خواهند شد. اما در سمت مقابل همین خصوصیات منحصر به فرد، مشکلات و مسائل متعددی را نیز برای اینترنت اشیاء در پی داشته است. یکی از کلیدی‌ترین و حائز اهمیت‌ترین این مسائل در ارتباط با مبحث ارتباطات و پشتیبانی از قابلیت اطمینان ارتباطات می‌باشد. ارتباطات و بحث قابلیت اطمینان در IOT مفهومی بسیار متمایز از سایر شبکه‌های توزیعی در انواع سیمی و بی‌سیم داشته و پشتیبانی از آن نیازمند ضرورت‌ها و نیازهایی متمایز است. اساس تمرکز مطالعات پژوهش جاری را بررسی این حوزه با رویکرد قابلیت اطمینان (به ویژه بحث قابلیت اطمینان ارتباطات در شهر هوشمند) تشکیل می‌دهد [۴].

دو مفهوم اینترنت اشیاء و شهر هوشمند با یکدیگر در هم تنیده شده اند و در واقع شهر هوشمند حاصل پیاده سازی و اجرای راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیاء در شهر هوشمند است. اینترنت اشیاء و شهر هوشمند

منجر به ارتقاء سطح کیفیت زندگی شهروندان و بهبود رضایت آنها، افزایش کارایی بودجه شهری و ایجاد جذابیت برای سرمایه گذاران می شود. به طور کلی اینترنت اشیاء و شهر هوشمند در بخش های اصلی و زیرساختی با یکدیگر عجین شده اند و اینترنت اشیاء کاربردهای ضروری و مختلفی در تحقق شهرهای هوشمند و حوزه های مختلف آن دارد [۵]. شهر هوشمند، شهری است که از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای افزایش بهره‌وری عملیاتی، بهبود کیفیت خدمات دولتی ارائه شده و در نتیجه بالا بردن سطح رفاه افراد جامعه استفاده می‌کند. مفهوم شهر هوشمند به منظور بهبود پایدار کیفیت زندگی شهروندان از مشارکت دولت و شبکه‌های تلفن همراه استفاده می‌کند [۶]. این راه حل باعث ایجاد منافع زیادی برای کسب و کارها و شهروندان می‌شود. در یک شهر هوشمند داده‌های به دست آمده از تجهیزات و زیرساخت‌ها جمع آوری و پردازش شده و تصمیمات مهمی بر اساس آن‌ها در حوزه‌های مختلف شهری گرفته می‌شود. در هر سه تعریف ارائه شده، سه اصل برای هر شهر هوشمند ضروری است [۷و۸]:

- قابلیت برقراری ارتباط: دستگاه‌های مختلف در شهرهای هوشمند باید به اینترنت دسترسی داشته باشند تا بتوانند اطلاعات را با یکدیگر به اشتراک بگذارند.
- داده‌ها: بدون تولید داده، دستگاه‌ها میزان محدودی اطلاعات خواهند داشت. بنابراین تولید اطلاعات (داده، ویدیو، عکس و ...) در شهر هوشمند یک ضرورت است.
- مشارکت دولت: بدون حمایت بخش دولتی، شهرهای هوشمند همان اینترنت اشیاء هستند. هر چند IoT بازاری جالب و در حال رشد دارد اما برای تبدیل شدن به یک شهر هوشمند واقعی، مشارکت بخش دولتی یک ضرورت است.

هدف اصلی شهر هوشمند، بهینه سازی فعالیت‌های شهری و ارتقای رشد اقتصادی در کنار بهبود کیفیت زندگی شهروندان است. ارزش یک شهر هوشمند به کارایی فناوری‌ها است و نه تعداد آن‌ها. یک شهر هوشمند موفق زیرساختی قوی و بر پایه تکنولوژی دارد که امکان ایجاد ابتکارات محیطی را فراهم می‌کند. در این شهر حمل و نقل عمومی موثر و کارآمد است و برنامه‌های شهری به صورت مطمئن و پیشرو انجام می‌شود. برخی از ویژگی‌های این شهر عبارت‌اند از:

- محیط هوشمند: شهرهای هوشمند دوستدار محیط زیست هستند و برای حفظ آن و مدیریت منابع انرژی تلاش می‌کنند. افزایش میزان فضای سبز، جلوگیری از جنگل‌زدایی و مقابله با آلودگی هوا از جمله اقداماتی است که در زمینه ایجاد محیط هوشمند انجام می‌شود.
- حمل نقل هوشمند: سیستم حمل و نقل هوشمند یا ITS به مجموعه‌ای از مفاهیم و ابزارها اطلاق می‌شود که به صورت یکپارچه و به منظور بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. دوربین‌های کنترل وضعیت، سیستم شناسایی خودکار ماشین‌ها،

شهر هوشمند و اینترنت اشیا

IoT بنابر قابلیت‌های بی‌نظیری که فراهم می‌سازند، در عرصه‌های کاربردی گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از مهم‌ترین زمینه‌های کاربردی این تکنولوژی استفاده در شهر هوشمند می‌باشد. شهر هوشمند را می‌توان به عنوان فضایی خلاق تعریف نمود که هدف آن بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها است. شهر هوشمند با ایده بهبود مدیریت و هوشمندسازی جوامع شهری مطرح گردیده است. مدیریت سیستم شهری فعلی با مسائل فراوانی از جمله کارایی پایین، عدم سازگاری با محیط زیست، امنیت پایین، عدم قابلیت اطمینان و صدها مسئله دیگر مواجه است. شهر هوشمند به دنبال افزایش کارایی و بهبود کیفیت خدمات شهری برای کاهش ضایعات به واسطه استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات اینترنت اشیا است. شهر هوشمند به دلیل کاربردهای حساس و مهم (استفاده در مسائل مالی، ترانکشن‌های اقتصادی، تجاری و غیره) در قیاس با سایر کاربردهای IoT، بسیار بیشتر نیازمند تدابیری برای پشتیبانی از قابلیت اطمینان به خصوص اطمینان از مسیریابی و مبادلات است [۱۰]. در کاربردهای شهر هوشمند IoT هر موجودیت عضوی شبکه دارای یک شناسه دیجیتالی یکتا و منحصر به فرد است که از طریق آن از سایر گره‌ها متمایز شده و به صورت مجزا قابلیت مدیریت است. این مدیریت مجزا در کنار گستردگی و سایر مسائل مرتبط با کاربردهای شهر هوشمند اینترنت اشیا، باعث شده تا تمامی مفاهیم رایج در سایر شبکه‌های موجود (از قبیل امنیت، کیفیت سرویس‌دهی، قابلیت اطمینان، اعتماد، تحمل‌پذیری خطا و غیره) نیز در این شبکه‌ها از جنبه‌ها و زوایای دیگر مطرح باشند [۱۱ و ۱۲]. یکی از اساسی‌ترین این مسائل، در ارتباط با بحث قابلیت اطمینان و چگونگی پشتیبانی از قابلیت اطمینان مسیریابی و ارتباطات شبکه مطرح بوده که در ادامه به‌طور تخصصی‌تر تشریح شده است. کاربردهای شهر هوشمند اینترنت اشیا بنابر ویژگی‌های متمایز و خاص خود، و همچنین با توجه به جدید بودن فناوری‌ها و تکمیل نبودن الگوریتم‌ها و استانداردها، با مشکلات و مسائل متعددی مواجه است. وجود این مشکلات و چالش‌ها، باعث جلب توجه محققین بسیاری به این شبکه‌ها شده که هدف تمامی آن‌ها رفع این چالش‌ها و بهبود کارایی شبکه بوده است. از مهم‌ترین این چالش‌ها می‌توان به مسئله ارتباطات و تأمین قابلیت اطمینان ارتباطات بین گره‌های شبکه اشاره نمود [۱۳]. کاربردهای شهر هوشمند اینترنت اشیا از یک طرف به دلیل جدید بودن و تکمیل نبودن پروتکل‌ها و استانداردهای ارتباطی، و از سوی دیگر به دلیل خصایص خاص و محدودیت‌های فراوان، به شدت در آزاء پشتیبانی از قابلیت اطمینان ارتباطات چالش‌انگیز هستند. این در صورتی است که بخش عظیمی از کاربردهای اینترنت اشیا به ویژه شهر هوشمند، کاربردهای حساس و پر اهمیت هستند. از این‌رو اساسی‌ترین نیاز و ضرورت چنین کاربردی، تأمین قابلیت اطمینان از ارتباطات است تا در قبال آن پایداری و پیوستگی عملکرد شبکه تضمین گردد [۱۴]. بر همین اساس می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که کاربردهای شهر هوشمند اینترنت اشیا، از لحاظ ماهیت و ویژگی‌ها محدود بوده و از این نظر در تأمین قابلیت اطمینان ارتباطات ناکارآمدند. در سوی مقابل این عرصه

حمل و نقل عمومی یکپارچه و کارآمد و... از جمله راه حل‌های ITS است.

- اقتصاد هوشمند: یکی از مولفه‌های اصلی شهرهای هوشمند، اقتصاد هوشمند است. منظور از اقتصاد هوشمند یا دیجیتال، استفاده از ICT برای تولید محصولات، خدمات و مدل‌های تجاری است. هوشمند سازی کسب و کارها و شهروندان در ایجاد یک اقتصاد پایدار و هوشمند بسیار موثر است.
- حکمرانی هوشمند: هوشمند سازی در شهر هوشمند به نهادهای حاکمیتی و دولتی توسعه می‌یابد. شفافیت در حکمرانی، استفاده موثر از ظرفیت‌های فناوری اطلاعات برای رویدادهای مختلف و توسعه زیرساخت‌ها برای تعامل با شهروندان، از مهم‌ترین اهداف حکمرانی هوشمند است.
- زندگی هوشمند: امکانات یک زندگی هوشمند مانند سلامت الکترونیک، ساختمان‌های هوشمند، امنیت، امکانات و تسهیلات مختلف آموزشی و فرهنگی و... در شهرهای هوشمند هوشمند باید وجود داشته باشد.
- مردم هوشمند: شهروندان شهرهای هوشمند باید بدانند که داده‌های به دست آمده از آن‌ها به چه صورت مورد استفاده قرار می‌گیرد. مردم باید بدانند که مزایای این شهرها چیست و چگونه می‌توانند بهترین استفاده را از آن‌ها کنند. به عبارتی سواد دیجیتال شهروندان باید افزایش یافته و مردم "هوشمند" شوند [۹].
- انرژی هوشمند: سیستم‌های هوشمند در یک شهر باید میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف را زیر نظر قرار داده و کنترل کنند. اطلاعات جمع‌آوری شده از سیستم‌های هوشمند مختلف می‌توانند در بلند مدت تا ۳۰ درصد بازدهی انرژی را افزایش دهند.

بنا به ضرورت پژوهش در حوزه شهرهای هوشمند در این مقاله ابعاد تحقق شهرهای هوشمند بر بستر اینترنت اشیا را بررسی خواهیم کرد. در بخش دوم مقاله به معرفی شهر هوشمند به عنوان یکی از کاربردهای مهم IoT پرداخته خواهد شد. در بخش سوم مفهوم ارتباطات و انواع آن روش‌های مسیریابی معرفی خواهند گردید. در ادامه بحث قابلیت اطمینان به خصوص قابلیت اطمینان مسیریابی و ارتباطات در این کاربردها تشریح خواهد شد. سپس تعدادی از مهم‌ترین تحقیقات گذشته را معرفی نموده و یک دسته‌بندی جدیدی برای آن‌ها معرفی خواهیم نمود. در ادامه مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی حوزه ارتباطات شهر هوشمند معرفی شده و پیشنهاداتی به منظور رفع آن‌ها عنوان خواهد گردید. سرانجام در بخش پایانی مقاله نتیجه‌گیری و جمع‌بندی خواهد گردید.

اینترنت اشیا از مهمترین چالش اینترنت اشیا در هوشمندسازی شهرهاست که لازم است از ابعاد مختلف و بصورت زیرساختی مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

الزامات و نیازمندی های تحقق شهر هوشمند

همان گونه که اشاره شد یکی از مهم ترین کاربردهای IoT، کاربردهای شهر هوشمند است. استفاده گسترده، اهمیت بالا و ماهیت متمایز (از قبیل تغییرات معماری شبکه، محدودیت های شدید منابع و انرژی، ارتباطات متفاوت)، منجر تمایز این کاربرد از سایر کاربردها گردیده، که بنابر قابلیت های بی نظیر خود در عصر کنونی بسیار جلب توجه نموده اند. شهر هوشمند یکی از ابزارهای بسیار مهم و مؤثر در حوزه مدیریت وضعیت شهرها محسوب شده و دنیای امروزی را متحول نموده اند. این فناوری شامل مجموعه ای گره های حسگر بوده که این عناصر به روزی اشیاء فیزیکی قرار می گیرند. وظیفه این عناصر بررسی و گزارش اطلاعات به امکان و مراکز مربوطه است. جدید بودن این فناوری خاص و حائز اهمیت (تکمیل نبودن تکنولوژی آن ها)، در کنار ماهیت و معماری منحصر به فرد، و محدودیت های شدید، چالش ها و معضل های فراوانی را برای این شبکه ها مطرح نموده است. یکی از اساسی ترین چالش های این فناوری جدید که به نوعی مهم ترین ضرورت آن نیز محسوب می شود، تأمین و تضمین قابلیت اطمینان از ارتباطات می- باشد [۲۰].

از سوی دیگر، شهر هوشمند، شهری است که دارای شش المان ارتباطات هوشمند، حکمرانی هوشمند، شهروند هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند، حمل و نقل هوشمند و انرژی هوشمند باشد. لذا زیرساخت های فناوری اطلاعات مهم ترین پارامتر در حرکت به سمت شهرهای هوشمند هدف ارائه خدمات برخط و امن به جامعه و مردمانش است. از این رو حمایت دولت از توسعه زیرساخت های فنی شامل توسعه زیرساخت ارتباطی باند پهن بر مبنای فیبر نوری، توسعه باند پهن موبایل (نسل پنجم ارتباطی)، توسعه مراکز داده، توسعه نرم افزارها، اپلیکیشن های هوشمند و حمایت از استارت آپ های فعال در این حوزه امری ضروری است. هوشمندسازی و استفاده از ظرفیت های بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات یکی از مهم ترین عوامل پیشرفت اقتصادی کشورهاست. این هوشمندسازی نیازمند زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری است. براساس تجربیات جهانی و استدلال متخصصان، در استقرار هر یک از حوزه های خدمات یک شهر هوشمند ضرورت داشتن زیرساخت شبکه های پهن باند و استفاده از فناوری های فیبر نوری راهکاری گریزناپذیر است. در همین راستا برخی از مهم ترین راهبردهای دیگر و رویکردهایی که می توانند در بلوغ شهرهای هوشمند و توسعه بعد مردم مورد توجه مدیران شهری مدنظر قرار گیرند به شرح زیر پیشنهاد می گردند [۲۱ و ۲۲]:

- سیاست گذاری در حوزه خلاقیت و مشارکت پذیری مردم در فرآیند هوشمند سازی،

کاربرد، عرصه های بسیار حساس و حائز اهمیت بوده که می بایست تا حد امکان قابلیت اطمینان ارتباطات و تبادلات در این کاربردها تأمین شود. در بخش بعدی مقاله حاضر به این موضوع اساسی خواهیم پرداخت.

چالش های تحقق شهر هوشمند

تحقق شهر هوشمند با اهداف آرمانی و بزرگ پیش رو در مسیر تحقق همواره با مشکلات و چالش هایی روبرو بوده است. شناسایی چالش های پیش روی تحقق پذیری شهرهای هوشمند می تواند این فرصت را پیش روی شهرهای هوشمند قرار دهد تا پروژه های هوشمند سازی را واقع بینانه تر و کارآمدتر تعریف کند. فراگیر و چندوجهی بودن راهبردهای شهرهای هوشمند عملیاتی سازی این شهرها را با چالش هایی مواجه کرده است. در ادامه این گفتار به برخی از مهم ترین چالش ها پرداخته شده است [۱۸-۱۵]:

- دشواری در مدیریت نیروهای انسانی؛ قرارگیری نیروهای انسانی در جایگاه مناسب با توجه به مهارت و دانش.
 - ایجاد تغییر در مدیریت حوزه عمومی امر بسیار دشواری است. چراکه نیازمند مقابله با جامعه و دولت ها است.
 - همچنین به دلیل دستور کارهای سیاسی تحقق شهر هوشمند؛ با چالش حمایت سیاسی مواجه است.
 - قوانین سخت گیرانه برای تهیه محصولات و خدمات که دستیابی به خدمات ICT فناوری محور حوزه در قرن بیست و یکم را با چالش مواجه کرده است.
 - حفاظت از حریم خصوصی و روشی که اطمینان دهد خطری متوجه داده های باز نیست.
 - محدودیت منابع مالی، شهرهای می بایست نسبت به تأمین بودجه خلاقیت داشته باشند.
 - فقدان مشارکت مردم و زیرساخت ها و مناسبات علمی، فرهنگی مورد نیاز
- همچنین چالش های حوزه مدیریت شهری در تحقق شهرهای هوشمند به شرح زیر می باشد [۱۹]:
- اولویت ها با توجه به مسائل سیاسی تغییر می کند.
 - استراتژی های کسب و کار به روشنی ساختار بندی نمی شود.
 - تصمیم گیری در این حوزه پیچیده و چندبعدی است.
 - راهبردهای شهر هوشمند اغلب غیرواقعی و دست نیافتنی هستند.
 - ارزش ها قابل اندازه گیری نیستند.
 - مدل های کسب و کار و فرهنگی مطابقت ندارند.
 - قابلیت ها و امکانات در حال حاضر آماده نیستند.

علاوه بر موارد فوق، تأمین انرژی حسگرها، رعایت استانداردها، برقراری امنیت، حفظ حریم شخصی، زیرساخت های شبکه و مسائل حقوقی

نه تنها می‌تواند کنترل آن‌ها را بسیار راحت کند بلکه در مصرف انرژی نیز صرفه‌جویی می‌کند. مدیریت هوشمند و اتوماتیک روشنایی شهر با سیستم‌های مبتنی بر IoT تأثیر شگرفی در کاهش هزینه‌ها و مصرف انرژی دارد.

کنترل ترافیک هوشمند با اینترنت‌اشیا: اگر در شهرهای بسیار شلوغ و پر جمعیت زندگی کرده باشید، بدون شک می‌دانید ترافیک سنگین یکی از بزرگترین مشکلات و دردسرهای شهروندان است. سنسورهای هوشمند نصب شده روی چراغ‌های ترافیک و ایست می‌تواند به مدیریت این مشکل کمک کند. این سنسورهای هوشمند که توسط IoT مدیریت می‌شوند در هنگام ترافیک سنگین قادر خواهند بود تا بر اساس جریان ترافیک و میزان تراکم هر محور ثانیه‌های کمتر یا بیشتری را به توقف یا حرکت اختصاص دهند. همچنین خرابی چراغ‌ها و علائم رانندگی نیز می‌تواند باعث بروز مشکلات فراوانی شود. با نصب کردن سنسورهای هوشمند روی این دستگاه‌ها، خرابی‌ها خیلی زود رصد و پیگیری می‌شوند. همچنین از هزینه‌های انسانی و مالی اداره شهر نیز کاسته خواهد شد.

کنترل پسماند در شهرهای هوشمند با اینترنت اشیا: دفن و مدیریت بهینه پسماندهای شهری از بزرگترین چالش‌های زیستی است که هر شهر بزرگی با آن روبرو می‌شود. دفن هوشمند پسماند نه تنها آسیب کمتری به محیط زیست وارد می‌کند بلکه زندگی راحتتری را نیز برای شهروندان به وجود می‌آورد و آن‌ها را از خطرات و بیماری‌های ناشی از زباله دور نگه می‌دارد. برای مثال یکی از روش‌های مدیریت در شهرهای هوشمند با اینترنت اشیا، نصب سنسورهای هوشمند IoT روی سطل‌های زباله است. این سنسورها به صورت خودکار اطلاع می‌دهد چه زمانی کاملاً پر شدند. اینگونه سطل‌ها به موقع خالی شوند تا بوی تعفن و بیماری باعث آلودگی محیط زندگی شهروندان نشود.

حمل و نقل عمومی و پارک در شهرهای هوشمند با اینترنت‌اشیا: جا به جایی و حمل و نقل در شهرهای پر جمعیت دنیا یکی از سخت‌ترین و وقت‌گیرترین کارها برای شهروندان است. بدون شک بهبود و تسریع حمل و نقل عمومی می‌تواند از هزینه‌های مالی گزاف جلوگیری کند و کیفیت زندگی در شهر را بالا ببرد. سنسورهای نصب شده روی دوربین‌های کنترل ترافیک، برای تحلیل و بررسی روند ایجاد ترافیک‌های سنگین استفاده می‌شوند. همچنین از طریق همین سنسورها، خرابی‌ها و نقاط کوری که باعث بالا رفتن حجم ترافیک و بسته شدن آن می‌شود را نیز نشان می‌دهد. از طریق بررسی

- تدوین چارچوب اخلاقی شهرهای هوشمند به منظور ایجاد امنیت و اعتماد شهروندان،
- توانمندسازی شهروندان از طریق وضع دستورالعمل‌های مناسب برای تمام نهادهای عمومی در راستای آموزش و آگاه‌سازی اجتماعی نسبت به موضوع شهر هوشمند، اهداف آن و فرصت‌های مشارکت،
- گسترش رویدادهای شهری هوشمند به منظور ایجاد آگاهی و آشنا کردن مردم با مفاهیم و نمودهای عملیاتی شهر هوشمند،
- مشارکت گروه‌های خالق و نخبگان هنری باهدف گسترش خلاقیت و نوآوری در میان شهروندان،
- گسترش خدمات شهروندی در زمینه آموزش و یادگیری فناوری‌های نوین برای تمامی سنین به‌ویژه سالمندان،

لازم به ذکر است، راه‌های مختلفی برای رسیدن به یک شهر هوشمند پایدار وجود دارد؛ البته هر شهر نیازهای خاص خود را دارد و نقطه آغاز فرایند هوشمندسازی در هر شهر با شهر دیگر متفاوت است. در این شرایط، استانداردهایی برای ایجاد چارچوبی مشترک مورد نیاز است که بتواند به طور مستمر از توسعه پایدار حمایت و آن را تقویت کند و در عین حال امکان مقایسه و ارزیابی نتایج را برای شهرهای مختلف فراهم کند. فرآیند تبدیل شدن به یک شهر هوشمند پایدار اقدامی کوتاه مدت نیست و یک تعهد آینده‌نگر است که در آینده بلندمدت انجام می‌شود و برای تکمیل موفقیت‌آمیز این مسیر و دستیابی به آن می‌بایست همه سطوح مختلف دخیل در مدیریت شهری در تعریف استراتژی‌ها نقش‌ها موثر داشته باشند و به پروژه متعهد باقی بمانند.

دستاوردها و چشم اندازها

شهر هوشمند به عنوان یک پارادایم نوین در حوزه شهرسازی برآمده است که از ادغام فناوری‌های پیشرفته، به ویژه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) با هوش مصنوعی، به منظور بهبود کارایی و کیفیت زندگی شهروندان بهره می‌برد. تحقق شهرهای هوشمند علیرغم پرهزینه و پرچالش بودن دارای مزایا و دستاوردهای زیادی می‌باشد که در ادامه به مهم‌ترین این موارد اشاره می‌گردد [۲۳ و ۲۴]:

- سیستم روشنایی هوشمند با اینترنت‌اشیا: تأمین روشنایی شهر یکی از اساسی‌ترین چالش‌های اداره شهرهای بزرگ است. همانطور که می‌دانید میزان روشنایی مورد نیاز شهرها بسیار بالا است و انرژی بالایی نیز صرف روشن نگه داشتن خیابان، کوچه و بزرگراه می‌شود. یکی از خدمات IoT برای مدیریت بهینه شهر، هوشمندسازی روشنایی شهر است. سنسورهای نصب شده و هوشمند روی دستگاه‌های تأمین روشنایی شهر،

زندگی در شهرها را نیز دگرگون خواهد کرد. استفاده از پتانسیل تکنولوژی IoT برای اداره بهتر و هوشمند شهرهای مختلف می‌تواند باعث کاهش چشمگیر مخاطرات و آسیب‌های زندگی در شهرهای بزرگ شود. همچنین صرفه جویی در وقت و هزینه‌های مالی نیز از مزیت‌های بسیار مهم دیگر شهرهای هوشمند با اینترنت اشیا است. شهرهایی مانند کپنهاگ، نیویورک، لندن و بسیاری در دیگر هم اکنون از IoT برای مدیریت منابع و مشکلات شهری استفاده می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود هر روزه بر تعداد شهرهای هوشمند جهان که از فناوری اینترنت اشیا استفاده می‌کنند افزوده شود. ایجاد شهرهای هوشمند باید بعنوان یک امر ضروری توسط شهرداری‌های کلانشهرها مورد توجه قرار گیرد. زیرا هوشمندسازی سبب خواهد بسیاری از مشکلات موجود در کلانشهرها کاهش یافته و شهرهای بزرگ تبدیل به محیط‌هایی برای زندگی شوند. برای ایجاد شهر هوشمند، مهمترین فاکتور فناوری اطلاعات و ارتباطات و نوآوری می‌باشد که نقش مؤثر در ایجاد شهر هوشمند دارد. در نتیجه بسیاری از رویکردهای رسیدن به شهر هوشمند، نتیجه‌ای از مطالعات خاص آن شهر خواهد بود.

نتیجه گیری

شهر هوشمند به عنوان یک رویکرد نوین در حوزه شهرسازی، با ارائه یک ساختار هوشمند و یکپارچه، می‌تواند به بهبود کارایی سیستم‌های شهری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر شود. این مفهوم با بهره‌گیری از توانایی‌های فناوری به شکلی کارآمد و پایدار، به توسعه پایدار و هوشمندانه شهرها کمک می‌کند. ایجاد، ادغام و استفاده از قابلیت‌های شهر هوشمند نیاز به مجموعه‌ای منحصر به فرد از چارچوب‌ها برای تحقق بخشیدن به کانون‌های فرصت و نوآوری در پروژه‌های شهر هوشمند دارد که دستیابی به این چارچوب در گرو تحلیل صحیح و رسمی مساله از ابعاد اساسی می‌باشد. در این مقاله، مطالعه جامعی بر ابعاد بنیادین تحقق شهرهای هوشمند بر بستر اینترنت اشیا انجام و نتایج بصورت تفصیلی ارائه گردید. برای این منظور در ابتدا شهر هوشمند و بحث مزایا، دستاوردها، محدودیت‌های فعلی، کاربدها و ارتباطات براساس اینترنت اشیا نقد و بررسی گردید. سپس چالش‌ها و نیازمندی‌های تحقق شهرهای هوشمند بر بستر اینترنت اشیا بحث گردید. در پایان نیز پیشنهاداتی در جهت دستیابی به چشم اندازها و دستاوردهای این آرمان مطرح گردید.

مراجع

- [1] Atzori L, Iera A, Morabito G. The internet of things: A survey. Computer networks. 2010 Oct 28;54(15):2787-805.
- [2] Ray PP. A survey on Internet of Things architectures. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences. 2018 Jul 1;30(3):291-319.

این داده‌ها برنامه‌ریزی جدید منطبق بر امکانات هر مسیر طراحی می‌شود تا حجم ترافیک سنگین محور کاسته شود. پیدا کردن جای پارک نیز یکی از مشکلات همیشگی شهروندان در سطح شهر است. سنسورهای تعبیه شده روی دستگاه‌های IoT نقاط پارک خالی در منطقه مورد نظر را گزارش می‌کنند. اینگونه دیگر نیازی نیست شهروندان برای پیدا کردن جای پارک مناسب ساعت‌ها در شهر سرگردان باشند. همچنین از حجم ترافیک در مناطق پر تراکم شهر نیز کاسته می‌شود.

- حفاظت محیط زیست شهرهای هوشمند با اینترنت اشیا: آلودگی‌های محیط زیستی و جلوگیری از آسیب بیشتر، یکی از مهمترین چالش‌های قرن بیست و یکم است. مهم نیست در چه شهری زندگی می‌کنید. تقریباً تمامی شهرهای دنیا بخصوص کلانشهرهای پر جمعیت با مشکلات محیطی زیستی درگیر هستند.
- شهرهای هوشمند اینترنت اشیا به طرق مختلفی می‌توانند به بهبود وضعیت محیط زیست شهری کمک کند. یکی از خدمات فناوری IoT برای شهرهای پر جمعیت رصد و مانیتورینگ وضعیت آلودگی هوا و کیفیت هوا در مناطق متفاوت شهر است. همچنین سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیا قادر هستند تا با گزارش میزان دی اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها از حجم و میزان مصرف سوخت‌های فسیلی مضر در شهر بکاهند. علاوه بر موارد ذکر شده، هدر رفتن و نشتی لوله‌های اصلی آب یکی دیگر از خطرات محیط زیستی است. نصب سنسورهای هوشمند IoT روی درپچه‌های آب میزان و زمان نشتی آب را گزارش می‌کند. توسط این گزارش و اقدام‌های به موقع می‌توانند جلوی خرابی و هدر رفت بیشتر را بگیرند.

به عنوان پیشنهاداتی براساس بررسی‌های تفصیلی انجام شده در این پژوهش، در شهرهای کشور ما با توجه به ارجحیت رفع مشکلات محیط زیست و خدمات شهری گام‌های زیر پیشنهاد در جهت نیل به این اهداف می‌گردد:

- شناخت وضع موجود
- ارزیابی آمادگی حرکت به سمت شهر هوشمند
- تعیین اهداف شهر
- بررسی نمونه‌های موفق و الگو گیری از آن
- انتخاب پلت فرم
- سرمایه گذاری و پیاده سازی
- فرهنگ سازی و آموزش
- ارزیابی مستمر

در پایان لازم به ذکر است، تکنولوژی IoT علاوه بر ایجاد تغییرات بنیادین در زندگی و شیوه تعامل با وسایل و کالاهای هوشمند، تجربه

- cities based on the internet of things concept. *Energies*. 2017 Mar 23;10(4):421.
- [14] Houssein EH, Othman MA, Mohamed WM, Younan M. Internet of Things in Smart Cities: Comprehensive Review, Open Issues and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2024 Aug 26.
- [15] Nižetić S, Šolić P, Gonzalez-De DL, Patrono L. Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of cleaner production*. 2020 Nov 20;274:122877.
- [16] Scuotto V, Ferraris A, Bresciani S. Internet of Things: Applications and challenges in smart cities: a case study of IBM smart city projects. *Business Process Management Journal*. 2016 Apr 4;22(2):357-67.
- [17] Ejaz W, Anpalagan A, Ejaz W, Anpalagan A. Internet of things for smart cities: overview and key challenges. *Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security*. 2019:1-5.
- [18] Losavio MM, Chow KP, Koltay A, James J. The Internet of Things and the Smart City: Legal challenges with digital forensics, privacy, and security. *Security and Privacy*. 2018 May;1(3):e23.
- [19] Gurani P, Sharma M, Nigan S, Soni N, Kumar K. IOT smart city: Introduction and challenges. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019;8(3):3484-7.
- [20] Hui TK, Sherratt RS, Sánchez DD. Major requirements for building Smart Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies. *Future Generation Computer Systems*. 2017 Nov 1;76:358-69.
- [21] Tariq N, Khan FA, Asim M. Security challenges and requirements for smart internet of things applications: A comprehensive analysis. *Procedia Computer Science*. 2021 Jan 1;191:425-30.
- [22] Kumar R, Banga HK, Kaur H. Internet of Things-supported smart city platform. *InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020 Nov 1 (Vol. 955, No. 1, p. 012003)*. IOP Publishing.
- [3] Gazis V, Görtz M, Huber M, Leonardi A, Mathioudakis K, Wiesmaier A, Zeiger F, Vasilomanolakis E. A survey of technologies for the internet of things. In 2015 international wireless communications and mobile computing conference (IWCMC) 2015 Aug 24 (pp. 1090-1095). IEEE.
- [4] Said O, Masud M. Towards internet of things: Survey and future vision. *International Journal of Computer Networks*. 2013 Feb 3;5(1):1-7.
- [5] Hassan R, Qamar F, Hasan MK, Aman AH, Ahmed AS. Internet of Things and its applications: A comprehensive survey. *Symmetry*. 2020 Oct 14;12(10):1674.
- [6] Ejaz W, Anpalagan A, Ejaz W, Anpalagan A. Internet of things for smart cities: overview and key challenges. *Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security*. 2019:1-5.
- [7] Shahrour I, Xie X. Role of Internet of Things (IoT) and crowdsourcing in smart city projects. *Smart Cities*. 2021 Oct 1;4(4):1276-92.
- [8] Alsamhi SH, Ma O, Ansari MS, Meng Q. Greening internet of things for greener and smarter cities: a survey and future prospects. *Telecommunication Systems*. 2019 Dec;72:609-32.
- [9] Alavi AH, Jiao P, Buttler WG, Lajnef N. Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. *Measurement*. 2018 Dec 1;129:589-606.
- [10] Mehmood Y, Ahmad F, Yaqoob I, Adnane A, Imran M, Guizani S. Internet-of-things-based smart cities: Recent advances and challenges. *IEEE Communications Magazine*. 2017 Sep 8;55(9):16-24.
- [11] Rejeb A, Rejeb K, Simske S, Treiblmaier H, Zailani S. The big picture on the internet of things and the smart city: a review of what we know and what we need to know. *Internet of Things*. 2022 Aug 1;19:100565.
- [12] Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*. 2014 Feb 14;1(1):22-32.
- [13] Talari S, Shafie-Khah M, Siano P, Loia V, Tommasetti A, Catalão JP. A review of smart

- [24] Park E, Del Pobil AP, Kwon SJ. The role of Internet of Things (IoT) in smart cities: Technology roadmap-oriented approaches. *Sustainability*. 2018 May 1;10(5):1388.
- [23] Abadía JJ, Walther C, Osman A, Smarsly K. A systematic survey of Internet of Things frameworks for smart city applications. *Sustainable Cities and Society*. 2022 Aug 1;83:103949.

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by the **Islamic Azad University, Khodabandeh Branch, Zanjan**. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

