مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۳ (۵۲-۳۵)

نقش و کاربرد اینترنت اشیا برای هوشمندسازی مدیریت پسماندهای شهری

محسن بیژن پور [۱]

رضا احتشام راثی [۲*]

rezaehteshamrasi@gmail.com

داوود قراخانی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳**

چکیده

زمینه و هدف: در سال های اخیر، موضوع پسماند ها در اغلب کشور های جهان خصوصا کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته به وضوح به یک بحران تبدیل شده است و بنابراین به کارگیری ابزار، برنامه ها و رویکردهای جدید و کارآمد برای پیشگیری و کنترل بحران پسماندهای شهری کاملا ضروری است. مدیریت پسماندها، مهمترین وظیفه مدیریت شهری است که هزینه های گزافی بر ساکنان شهرها تحمیل می‌کند. عملیات جمع آوری، دفع و بازیافت پسماندهای شهری مستلزم صرف هزینه های قابل توجه برای سرمایه گذاری در ایجاد ناوگان حمل پسماندها و نیز اجرای عملیات بازیافت و یا امحا پسماندهای شهری است. همچنین صرف هزینه های عملیاتی‌گزاف برای دستمزد کارگران و رانندگان، پرداخت هزینه های سوخت و تعمیر و نگهداری ناوگان ، مدیریت پسماندهای شهری را به فرآیندی پر هزینه اما ضروری در مدیریت شهری بدل کرده است. هدف اصلی در این پژوهش، بررسی امکان به کارگیری اینترنت اشیا (IOT) برای کاهش هزینه های مدیریت پسماندهای شهری است.

روش بررسی: در این مقاله که در تابستان سال ۱۴۰۲ نگارش شده است، ابتدا با بررسی ادبیات موضوع، مفهوم شهر هوشمند بیان شده، سپس ضرورت‌های بنیادی ایجاد شهرهای هوشمند مورد بررسی قرارگرفته است. درگام بعدی، پیش نیازها و شیوه های به کارگیری اینترنت اشیا و نیز تجهیزات ضروری برای بهره گیری از اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری معرفی شده اند.

یافته‌ها: بر اساس بررسی ادبیات موضوع و نیز تحقیقات پیشین و با در نظر گرفتن شرایط موجود کشور ، یک مدل ۵ لایه استقرار اینترنت اشیا برای بهینه سازی هزینه‌های مدیریت پسماندهای شهری پیشنهاد شده است . همچنین به اختصار ، موانع تکنولوزیک و فرهنگی به کارگیری شبکه اینترنت اشیا در شهرها بیان گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری: راه اندازی شبکه ۵ لایه اینترنت اشیا پیشنهادی این مقاله، به دلیل دردسترس قرار دادن مخازنی که مقدارکافی پسماند برای حمل در آنها جمع شده است، نقش مهمی درکاهش هزینه های حمل پسماندها دارد. به عبارت دیگر با به کارگیری شبکه اینترنت اشیا درشهرها، شبکه حمل و نقل پسماندهای شهری، فقط زمانی فعال می‌گردد که برداشت پسماندکافی ازمخازن هدف قطعی

۱- دانشجوی دکتری ، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲- استادیارگروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیارگروه مدیریت صنعتی ، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

است. همچنین شبکه اینترنت اشیا پیشنهادی، از طریق در دسترس قراردادن داده های مربوط به مقادیر قابل جمع آوری هر نوع از پسماندهای شهری، امکان برنامه‌ریزی تحویل مواد اولیه مورد نیاز برای تولید روزانه کارخانجات بازیافت هر یک از انواع پسماندهای شهری را میسر می نماید و از این طریق موجب افزایش تولیدکالاهای بازیافتی‌خواهد شد. برای به کارگیری اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری، عملیات تفکیک ازمبدا پسماندها به یک ضرورت اجرائی روزانه تبدیل می شود که خود موجب افزایش تولید کالاهای بازیافتی و کاهش عملیات دفن و یا امحا پسماندها در زباله سوزها می‌شود.

واژه‌ای کلیدی: اینترنت اشیا، بازیافت، پسماند، تفکیک، شهر هوشمند.

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No.11, February, 2025

Waste management in smart cities using the Internet of Things network (IOT)

Mohsen Bijanpour [1]
Reza Ehtsham Rathi [2*]
rezaehteshamrasi@gmail.com
Dawood Gharakhany [3]

Date of Acceptance: January 12, 2025 Date of Submission: May 24, 2023

Abstract

Background and Objective: Today's world is a world of consumption. Earth's resources are limited and human desire to consume all kinds of goods is increasing day by day. Protecting the environment is a global responsibility and the inhabitants of the planet all over the world should be committed to it. In recent years, the issue of waste has clearly become a crisis in most countries of the world, especially developing and underdeveloped countries, and therefore the use of new and efficient tools, programs and approaches to prevent and control the urban waste crisis is absolutely necessary. It is essential. Waste management is the most important task of city management that imposes huge costs on city residents. The collection, disposal and recycling of urban wastes requires spending significant costs to invest in the creation of a fleet of wastes, as well as the implementation of recycling or destruction of urban wastes. Also, spending exorbitant operating costs for the wages of workers and drivers, paying fuel costs and fleet maintenance has turned urban waste management into an expensive but necessary process in urban management. Internet of Things (IOT) is one of the new and desirable tools to reduce the costs of urban waste management.

Material and Methodology: In this article, by reviewing the literature on the subject, the concept of a smart city is first stated, and then the basic necessities of creating smart cities are examined. In the next step, the prerequisites and methods of using the Internet of Things as well as the necessary equipment for using the Internet of Things in urban waste management have been introduced.

Findings: Based on the review of the subject literature and previous research and considering the existing conditions of the country, a 5-layer model of Internet of Things deployment was proposed to optimize urban waste management costs. Also, the barriers to using the Internet of Things network in cities have been briefly stated.

Discussion and Conclusion: Setting up the 5-layer Internet of Things network proposed in this article has an important role in reducing the costs of waste transportation due to the availability of reservoirs in which a sufficient amount of waste has been collected for transportation. In other words, by using the Internet of Things network in cities, the urban waste transportation network will be activated only when the collection of sufficient waste from the target reservoirs is certain. Also, the proposed Internet of Things network, by making available the data related to the collectable amounts of each type of urban waste, enables the planning of the delivery of the raw materials needed for the daily production

1- PhD student, Department of Industrial Management, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. *(*Correspondence Author*)
3- Assistant Professor, Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

of the recycling factories of each type of urban waste, and from this This way will increase the production of recycled goods. In order to use the Internet of Things in urban waste management, the operation of separating waste from its origin becomes a daily operational necessity, which itself causes an increase in the production of recycled goods and a decrease in burial operations or disposal of waste in incinerators.

Keywords: Internet of things, recycling, waste, separation, smart city.

مقدمه

جمعیت جهان در سال های اخیر رشد چشمگیری داشته است. سرعت رشد جمعیت جهان، سالانه معادل۱/۱٪ برآورد شده است. در دسامبر سال ۲۰۱۷، بر اساس نظر سازمان آمار در ایالات متحده آمریکا، جمعیت جهان، بیش از ۷ میلیارد و ۶۰۰ میلیون نفر تخمین زده شده است (1) . اگر نرخ رشد سالانه جمعیت جهان برابر ۱/۱٪ فرض شود، تا سال ۲۰۴۰ جمعیت کره زمین به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید (2). روند افزایش جمعیت جهان در سال های اخیر، موجب افزایش بیش از پیش مصرف و در نتیجه افزایش تولید انواع پسماند در شهرها شده است. آمارها نشان می دهد در سال ۲۰۱۲، شهرهای مختلف جهان، حدود ۱/۳ میلیارد تن پسماند جامد تولید کرده اند. بعبارت دیگر، هر فرد در جهان، روزانه معادل ۱/۲کیلوگرم پسماند تولید می کند (2). بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۸، میزان تولید سالانه پسماند شهری در جهان حدود ۲/۱ میلیارد تن بوده است. در همین گزارش، بانک جهانی پیش بینی کرده است که اگر اقدامات فوری برای کنترل تولید پسماند در جهان انجام نشود، تا سال ۲۰۵۰ پسماند تولیدی سالانه جهان با رشدی ۷۰ درصدی به سالانه ۳/۴ میلیارد تن خواهد رسید (3).

در ایران روزانه ۵۰ هزار تن پسماند تولید می شود و این در حالیست که فقط حدود۱۰درصد آنها بازیافت می‌شوند. در شهر تهران، میزان تفکیک از مبدأ پسماند های شهری درحدود ۲ درصد پسماند های تولیدی روزانه است(4). عملیات جمع آوری و دفع پسماندها، به دلیل صرف هزینه های سرمایه گذاری گزاف برای ناوگان جمع آوری و حمل پسماند و نیز لزوم صرف هزینه های چشم گیرعملیاتی، مانند هزینه های سوخت، نگهداری و تعمیرات، عملیاتی بسیار پر هزینه است . بنابراین حتی کاهش های اندک در هزینه های عملیاتی جمع آوری و دفع پسماندها، منجر به صرفه جویی های بزرگ در هزینه ها ی شهرداری ها می شود. بطور میانگین بین ۶۰ تا ۸۰ درصد هزینه های مدیریت پسماند های جامد شهری مربوط به هزینه‌های جمع آوری و حمل و نقل پسماند ها است (5) .

براساس تازه‌ترین آمارهای اعلام شده، در جهان سالانه حدود ۲ میلیارد تن پسماند صنعتی و شهری تولید می‌شود که ارزش بازار آن از مرحله جمع آوری تا بازیافت، به حدود ۵۰۰ میلیارد دلار می‌رسد. ارزش افزوده حاصل از بازیافت پسماند در جهان به اندازه‌ای است که حدود ۱۵ درصد تولید ناخالص داخلی برخی کشورهای صنعتی را تشکیل می دهد(6). درحالی که در جهان به طور متوسط ۷۰ درصد پسماندهای تولید شده بازیافت می‌شود، بصورت خوشبینانه این رقم در ایران به حدود ۲۰ درصد می‌رسد و این به آن معناست که در کشور سالانه حدود ۱۶میلیون تن پسماند، در خاک دفن می شود . در فرآیند دفع پسماند ها در کشور، تنها ۲ درصد از پسماند ها با رعایت اصول بهداشتی دفن می شوند. طبق آمارهای جهانی، در استرالیا با توجه به شرایط زمین ۷۰ درصد پسماند ها دفن و ۳۰ درصد پس ماندها بازیافت می شود. در کشور ژاپن تنها ۳ درصد پسماند ها دفن می شود در حالیکه ۱۷ درصد آنها بازیافت مواد و ۷۴ درصد پس ماندها در مسیر بازیافت انرژی قرار می-گیرند(7). بر اساس آمارهای فائو (FAO)[1] هرسال ۱/۳ میلیارد تن غذا درجهان ضایع می شود. بیشترین ضایعات مربوط به میوه و سبزیجات، ماهی و غلات است. ایران به

1- Food and Agriculture Organization of the United Nations

تنهایی ۲/۷ درصد از ضایعات غذا در جهان را ایجاد می کند . این مقدار ضایعات معادل ۳۵میلیون تن غذا است .براساس اعلام سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۸ سرانه تولید جهانی پسماند در هر روز حدود ۳۰۰ گرم بوده است (5) . در ایران رقم سرانه تولید روزانه پسماند به بیش از ۷۱۰ گرم می رسد. سرانه تولید روزانه پسماند شهر تهران ۷۹۰ گرم است که بیش از ۲ برابر متوسط جهانی است (8) .

بنا براظهارات مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران در آبان ماه ۱۴۰۱، سالانه بیش از ۱۷۰۰ میلیارد تومان صرف هزینه های جمع آوری و حمل پسماندهای شهر تهران می گردد (9) . این در حالی است که بیش از ۷۰ درصد این هزینه، فقط صرف هزینه های حمل و نقل و جمع آوری روزانه پسماندها می گردد. یکی از دلایل مهم افزایش هزینه های جمع آوری و حمل هر واحد پسماند در مدیریت پسماندهای شهری ، عدم تطبیق حجم پسماند های موجود در مخازن هدف با حجم و ظرفیت کامیون های حمل زباله و نیز تفکیک نشده بودن پسماند های مخازن جمع آوری است. به عنوان مثال ممکن است در برنامه مسیر جمع آوری استاندارد فعلی یا موجود یک کامیون جمع آوری پسماند شهرداری تهران، گذر از محل مخازن خالی مکررا اتفاق بیفتد در حالی که کامیون ذیربط علی رغم خالی بودن مخزن از پسماند یا ناکافی بودن آن اجبارا مسیر های لازم را طی کرده است وعلاوه بر این زمان یا ساعت کاری راننده یا کارگران جمع آوری نیز صرف شده است . این فرآیند به آن معناست که هزینه های کارگری و نیز هزینه های سوخت مصرفی کامیون ها و نیز استهلاک آنها بدون عایدی کافی (حجم کافی پسماند قابل جمع آوری) صرف شده اند. اگر بتوان در مبدا تولید پسماند ها، آنها را به انواع پسماند های موجود تفکیک نمود و سپس برنامه جمع آوری پسماندها را بسته به هر نوع پسماند، برنامه ریزی کرد، قطعا در کاهش هزینه های جمع آوری و بازیافت پسماند ها موثر خواهد بود . اما هرنوع برنامه ریزی دقیقی نیاز به اطلاعات دقیق خواهد داشت. بعبارت دیگر تا ندانیم که کدام مخزن پسماند، در کجا، چقدر و از چه نوع زباله ای در خود جای داده است عملا نمی توانیم برای مدیریت هزینه های کامیون های حمل زباله و نیز افزایش بازیافت کاری از پیش ببریم. بدون تردید، یکی از راه های کنترل هزینه های مدیریت پسماندهای شهری، خصوصا در کلان شهرهای ایران، ایجاد شهرهای هوشمند و نیز شبکه های اینترنت اشیا در بستر شهرهای هوشمند است. در شهرهای هوشمند با بهره گیری از اینترنت اشیا می توان به اطلاعات دقیقی از وضعیت موجود مخازن جمع آوری پسماند های شهری درهر زمان و هر مکان دست یافت. در این مقاله ابتدا به معرفی مفهوم و شاخص های" شهر هوشمند " پرداخته خواهد شد. سپس از طریق گذر از مفاهیم و تجربیات ایجاد شهرهای هوشمند در جهان، یک شبکه ۵ لایه اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری در کلان شهرهای ایران پیشنهاد می گردد.

ICT بستر اصلی شهر هوشمند

فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات یا ICT[1] موجب افزایش تولید داده های شهری و ظهور ابزار و زمینه های مناسب برای ایجاد هوشمندی در شهرها گردیده است. مفهوم شهر هوشمند ابتدا در سال ۲۰۰۸ توسط شرکت IBM مطرح شد و به عنوان کاربرد ICT برای به دست آوردن، تحلیل و ادغام اطلاعات مهم در مورد شهرها تعریف گردید. هدف اساسی شهر هوشمند، دستیابی به توسعه پایدار شهری و افزایش توان رقابتی کلی شهرها است. مفهوم شهر هوشمند به طور گسترده‌ای برای روبرو شدن با مسائل چالش برانگیزی همچون کمبود منابع، آلودگی-های زیست محیطی، تراکم ترافیک و خطرات پنهان برای سلامتی و ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مدیریت پسماند های جامد شهری (MSWM)[2] نیز مفید است (10). در کشور های توسعه یافته، استفاده از ادغام فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و اینترنت اشیا (IOT) یک رویکرد نسل جدید برای بهبود موثر و کارآمد سیستم مدیریت جهانی پسماند است. ادغام ICT و IOT، استفاده از سنجش محلی، ادغام داده‌ها، تجزیه و تحلیل اشیا و اقدامات شناختی در حوزه مدیریت پسماند را ممکن می کند. با ادغام ICT و IOT،

1- Information Communications Technology
2- Municipal solid waste management

انباشت پسماند می‌تواند در زمان واقعی ردیابی و نظارت شود تا مدیریت کارآمد و موثر پسماند را ممکن سازد و ویژگی‌های پسماند های انبوه و متنوع را تغییر دهد تا به منبع مواد و انرژی ارزشمندی تبدیل شود (11).

مفهوم شهر هوشمند و اینترنت اشیا

به دلیل افزایش فرآیندهای شهرنشینی و نیز افزایش تعداد ساکنان شهرها، معانی متعددی که باعث مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی در مناطق شهری شده اند در حیطه تعریف مفهوم شهر هوشمند قرار می گیرند. بر همین اساس است که شبکه‌های هوشمند انرژی اجازه می‌دهند تا در عینحالی که مصرف انرژی کاهش می یابد، انتشار CO_2 نیز کاهش یابد. مفهوم "شهر هوشمند" روز به روز محبوب‌تر می‌شود، اما تا به امروز هیچ تعریف پذیرفته شده‌ای برای شهر هوشمند وجود ندارد. تحلیل ادبیات موضوع در این زمینه، دو تعریف را برای عنوان شهرهوشمند، در دسترس قرار می دهد: (12). گروهی شهر هوشمند را شهری می دانند که با فن‌آوری‌های ICT کار می کند و گروهی دیگر، شهر هوشمند را به عنوان یک پارادایم جدید در توسعه شهری می شناسندکه در آن سرمایه انسانی و اجتماعی، آموزش و محیط طبیعی دارای نقش کلیدی است. سابینا کوف (11). [1]در مقاله خود شهر هوشمند را "شهری پیشرفته و با فن‌آوری بالا که با استفاده از فن‌آوری‌های نوین، مردم، اطلاعات و عناصر شهری را به یکدیگر متصل می‌کند. " تعریف می کند. ویژگی بارز شهر هوشمند تبادل هوشمند اطلاعات بین زیرسیستم های مختلف در شهر است. این امر به افزایش بهره‌وری و یکسان سازی اکوسیستم شهرکمک می‌کند شهرهای هوشمند نمی‌توانند بدون پشتیبانی لجستیک و راه‌حل‌های هوشمندکار کنند. در عین حال، لجستیک هوشمند می‌تواند مفاهیم شهر هوشمند را پشتیبانی کند(12). لجستیک هوشمند به استفاده از هوشمندی در اجرای وظایف لجستیک اشاره دارد. فن‌آوری‌های جدید هوشمندی، که به عنوان سیستم‌های هوشمند پشتیبانی کامپیوتری شناخته می‌شوند، خودکارسازی کامل فرآیندها را میسر می کنند. در میان راه‌حل‌های هوشمندسازی سیستم لجستیک می توان به موارد ذیل اشاره کرد(13) :

۱- سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS)[2]: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، سیستم‌های لجستیک مستقلی هستند که بدون سرنشین، حرکت مستقل مردم و بار را با کم‌ترین سهم نیروی انسانی تامین می‌کنند.

۲- اینترنت اشیاء (IOT): اینترنت اشیا جهان را به صورت جهانی کاملا پیوسته تصور می‌کند که در آن همه اشیا صلاحیت و توانایی برقراری ارتباط با یکدیگر را دارند. این اتصال منجر به شکل‌گیری دنیایی دیجیتال می‌شود که در آن برای تشکیل جوامع هوشمند، از طریق کاربرد فن‌آوری‌های اینترنت، برنامه‌های هوشمندسازی اجرا می‌شوند.

IOT را می توان به عنوان اکوسیستمی که در آن تعدادی از دستگاه‌های تعبیه‌شده دیجیتالی از طریق سرویس‌های اینترنتی با مرکز پشتیبانی یا سرور تعیین شده ارتباط برقرار می‌کنند تعریف کرد. این وسایل، اغلب اشیا هوشمند نامیده می‌شوند و به عنوان عناصری در سازه‌ها یا وسایل نقلیه وجود دارند و یا در محیط اطراف پراکنده شده‌اند(13). ظهور تکنولوژی‌های اینترنت مانند رایانش ابری، اینترنت اشیا (IOT) و تکنولوژی‌های تلفن همراه در شهرهای هوشمند، توجهات را در شهرهای هوشمند به سمت توسعه یک اکوسیستم پایدار جلب کرده‌است. هریسون[3] و همکاران در سال ۲۰۱۰ شهر هوشمند را به عنوان گذرگاه اتصال زیرساخت‌های فیزیکی، اجتماعی، تجاری و ICT برای ارتقاء سطح دانش جامعه توصیف کردند (6).

ستون های یک شهر هوشمند

زیرساخت های نهادی (سازمانهای خصوصی و دولتی)، زیرساخت های فیزیکی، زیرساخت های اجتماعی و زیرساخت-های اقتصادی به عنوان چهار ستون یا چهار مضمون در یک

1- Kauf, Sabina

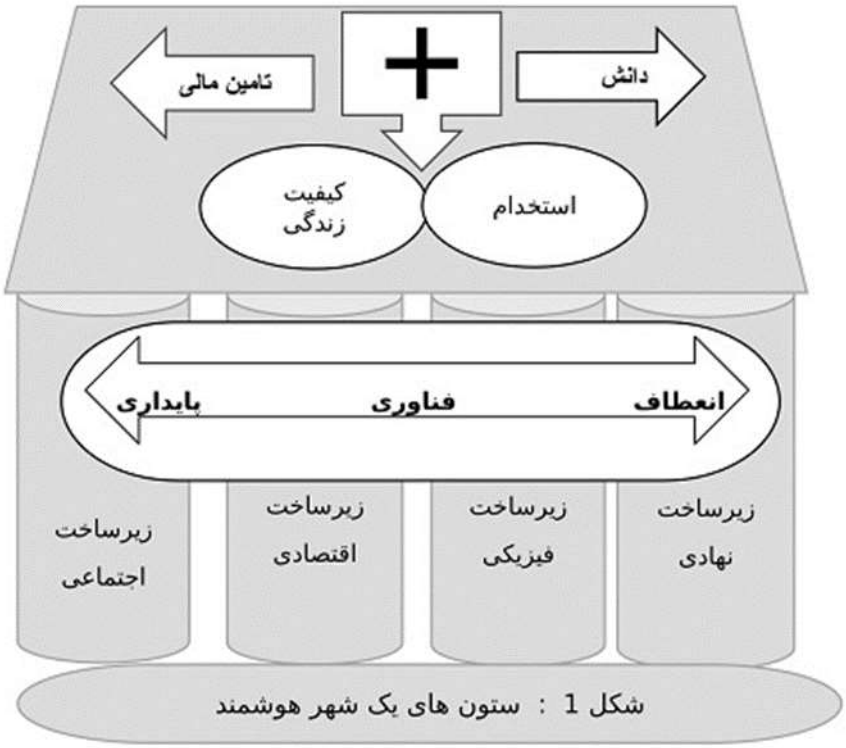
2- Intelligent transportation systems
3- Harrison

شهر هوشمند معرفی شده اند .چهار ستون یک شهر هوشمند در شکل ۱ نشان داده شده است. اداره شهرهای هوشمند، وابسته به زیرساخت های نهادی است و با مشارکت در تصمیم گیری، خدمات عمومی و اجتماعی، حاکمیت شفاف، راهبرد ها و چشم اندازهای سیاسی مرتبط است(14). نهادها در واقع نقش پل ارتباطی میان تصمیم گیران، سیاستگذاران و مدیران شهر با ساکنین شهرها را ایفا می کنند و از طریق آنها و با جلب مشارکت ساکنین شهرها در مدیریت و فرآیندهای نوین، برنامه های نوآورانه و نوین، قابلیت اجرایی بیشتری خواهند یافت. ستون زیرساخت های فیزیکی، استمرار منابع برای پایداری فرآیندهای شهری را در حال و آینده تضمین می-کند(13). کیفیت زیرساخت های فناوری اطلاعات و ارتباطات، عملکرد یک شهر هوشمند را افزایش می دهد. علاوه بر زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات، کیفیت و در دسترس بودن شبکه اشیا هوشمند از اهمیت مشابهی در تحقق شهرهای هوشمند برخوردار است. زیرساخت های فیزیکی بیشتر به ساختمان های سبز، برنامه ریزی شهری سبز، نوسازی ساختمان ها و امکانات و انرژی هوشمند اشاره دارند(14). زیرساخت های اجتماعی یک شهر هوشمند متشکل از سرمایه-های انسانی، سرمایه های فکری و کیفیت زندگی است. آگاهی، مسئولیت و تعهد شهروندان نقشی اساسی در مقبولیت مفهوم و کارکرد شهرهای هوشمند دارند و لذا زیرساخت های اجتماعی برای ارتقا، پیشرفت و نیز پایداری یک شهر هوشمند بسیار اهمیت دارند و بدون آگاهی اجتماعی، پایداری در یک شهر هوشمند عملا تداوم نمی یابد. زیرساخت اقتصادی شهر هوشمند یا اقتصاد هوشمند نیز متناسب با بهره گیری از فرایندهای دیجیتالی روز جهان در اقتصاد شهر هوشمند تعریف می گردد. بهره گیری از برترین و کارآمدترین روش های تجارت و کسب و کار الکترونیکی با هدف افزایش بهره وری در مدیریت شهر ها را " اقتصاد هوشمند" می نامند.

علی رغم مزیت های بی شمار ایجاد شهرهای هوشمند، بسیاری از پروژه های استقرار شهر هوشمند با چالش های فراوانی از جمله نیاز به بهره گیری از تکنولوژی های خاص و نیز اختلاف در تفسیر مفاهیم روش های استقرار شهر هوشمند مواجه هستند. ازجمله این چالشها می توان به چالش های مرتبط با سیاستگذاری ها و قوانین مورد نیاز ،چالش ساختارها و زیر ساخت های موجود و مورد نیاز حمل و نقل و انرژی، چالش های مربوط به امنیت شبکه، چالش های فناوری یا میزان مورد نیاز پوشش عملکرد ها و نیز ظرفیت عملی و اجرایی، چالش منابع مالی مورد نیاز و نیز سودآوری و منافع مالی پروژه شهرهای هوشمند و چالش عدم رغبت شهروندان به همکاری با پروژه های شهرهوشمند اشاره نمود.

کاربرد اینترنت اشیا در مدیریت پسماند های شهری

در شکل ۱ ستون هایی که یک شهر هوشمند بر روی آنها بنا می گردد نشان داده شده است. ارزش داده ها خصوصا در یک دهه اخیر به طور شگفت آوری افزایش یافته است. تا کم‌تر از یک دهه پیش، به نظر می‌رسید که ذخیره داده ها کاری عبث و بعضا هزینه سازی است که کفایت لازم برای پیشبرد فرآیندها و یا پیش بینی آنها را ندارد. پیشرفت‌های حاصل شده در دهه اخیر در محاسبات و تجزیه و تحلیل، عملا داده ها را به یکی از منابع اصلی برای کار دانشمندان تبدیل کرده‌است. تحلیل گران داده ها و اطلاعات، با استفاده از تکنیک‌های سنتی و نیز هوش مصنوعی در بسیاری از موارد اطلاعات ارزشمندی را استخراج می کنند که پیش از آن غیرقابل تصور بود .



شکل ۱ – ستون های یک شهر هوشمند

Figure 1. The pillars of a smart city

یکی از منابع اصلی تولید داده که می‌تواند منجر به مزایای فراوانی شود، شهر ها هستند. با توجه به مطالعات متعدد، شهرها می‌توانند مقادیر زیادی از داده‌های روزانه را تولید کنند و در سراسر طیف وسیعی از بخش‌های شهر گسترش دهند. بخش‌های انرژی، ترافیک و حمل و نقل عمومی، خدمات یا مدیریت عمومی تنها نمونه‌هایی از بخش‌هایی هستند که می‌توانند تا حد زیادی از تجزیه و تحلیل اطلاعات ایجاد شده در یک شهر بهره مندگردند. در چند سال گذشته، از طریق برنامه‌های کاربردی مختلف، مطالعات مختلفی برای ایجاد پلتفرم‌های سازگار با بازیابی داده های شهری، پردازش داده ها و قرار دادن اطلاعات در دسترس شهروندان انجام شده‌است. با این حال، هنوز هیچ استانداردی وجود ندارد که به عنوان مدلی برای پیاده سازی پلتفرم شهرهوشمند به کارگرفته شود و یک شهر را طبق الگوی مذکور به شهر هوشمند تبدیل کرد(15).

یکی از این فعالیت‌های مفید، تشویق کاربران یک شهر به بازیافت پسماند است و لذا ضرورت دارد که راه‌حل‌هایی برای مسئله بازیافت به کارگرفته شود. اکثریت قریب به اتفاق کشورهای اروپایی اقداماتی را برای بازیافت پسماند ها و ضایعات اتخاذ کرده‌اند با این حال، برای اینکه این طرح ها بتوانند به وظیفه بازیافت کمک کنند، لازم است که یک شبکه جمع‌آوری پسماند نیز ایجاد شود. برخی کشورها یک سری ظروف یا مخازن رنگی جمع آوری تفکیکی پسماند در خیابان ها و معابر نصب کرده‌اند که در آن شهروندان یا کاربران پسماندها را با توجه به نوع آنها در مخازن جمع آوری پسماند قرار میدهند. در برخی دیگر از کشور ها نیز سیستم جمع آوری مواد اولیه برای صنعت بازیافت بعضا در سوپرمارکت‌هایی استقرار دارند که در آن‌ها مصرف کنندگان مجاز به تحویل مجموعه‌ای از ضایعات و ظروف بسته‌بندی برای انجام فرایندهای بازیافت آنها هستند (16).

یکی از معایب اصلی سیستم های جمع آوری پسماند های تفکیکی و بازیافت آنها این است که، بازیافت پسماند اغلب به صورت داوطلبانه انجام می‌شود، بنابراین توسعه مکانیزم هایی

که بازیافت را تشویق کند تا شهرهای ما را به شهرهای هوشمند تبدیل کند، بسیار مفید و کارآمد خواهند بود. یکی از این مکانیزم ها می تواند یک ماژول از یک پلتفرم شهر هوشمند و یا یک پلتفرم خود اتکا باشدکه می‌تواند داده‌های خود را به دست آورد، آنها را پردازش کند و در نهایت تصمیم‌گیری کند. برای دستیابی به این هدف، در این مقاله یک پلتفرم پیشنهاد می شود که تمام فرایندهایی که برای به کار گرفتن پلتفرم اینترنت اشیا (IOT) درجمع آوری و بازیافت هوشمند پسماند های شهری مورد نیاز است را بیان می دارد . یک پلتفرم می تواند از طریق استفاده از Gamification Algorithm تلفن همراه، کاربران یا شهروندان را به شرکت در تفکیک پسماند های شهری و به تبع آن بازیافت آنها تشویق نماید. ارتباط با برنامه کاربردی تلفن همراه، شهروندان وکاربران را با مدیران ذیربط جمع آوری و بازیافت پسماند های شهری در یک ارتباط دو طرفه قرار می دهد که به پیشبرد اهداف بازیافت پسماند های شهری کمک می کند .

معماری سامانه مدیریت هوشمند پسماند های شهری :

درلایه‌های مختلف معماری شبکه، سیستم‌ها اغلب بر اساس یک الگو یا مدل مرجع ساخته می شوند. بعبارت دیگر الگوی مرجع در ساخت شبکه، درواقع یک چهارچوب تکنولوژیک و نیز مفهومی است که روش و ابزار تولید داده ها، مسیر انتقال داده‌ها و نیز ترتیب انتقال داده بین لایه های مختلف شبکه درآن تعیین گردیده است. معروفترین مدل یا الگوی معماری ساخت شبکه، اتصال متقابل سامانه‌های باز[1] (OSI) است که در آن ۷ لایه در نظر گرفته شده است که عبارتند از لایه فیزیکی، لایه پیوند داده، لایه شبکه، لایه انتقال، لایه جلسه، لایه‌نمایش و لایه‌ی کاربرد. شبکه اینترنت اشیا نیز با مدلی چند لایه ساخته می شود. برخی از مدل هفت لایه OSI برای ساخت شبکه اینتر نت اشیا استفاده می کنند و سایرین ممکن است از مدل های سه لایه (ادراک، شبکه، کاربرد)، مدل چهار لایه(ادراک، پشتیبانی، شبکه، کاربرد) و یا مدل پنج لایه (ادراک، انتقال، پردازش، کاربرد، کسب و کار یا لایه فیزیکی) استفاده کنند .

1- Interconnection of open systems

پیوند داده ها، شبکه، انتقال و کاربرد پروتکل‌های مورد استفاده به طور معمول بر اساس تعداد لایه های شبکه متفاوت خواهند بود. به عنوان مثال یک شبکه IoT می‌تواند چند پروتکل را کار گیرد که هر پروتکل می تواند امکانات ارتباطی میان لایه های مختلف شبکه را میسر کند و یا با سایر پروتکل ها درجهت ایجاد امنیت و یا انتقال داده ها ارتباط برقرار نماید. به عنوان مثال، بلوتوث و وایرلس، برقراری ارتباط در لایه پایینی شبکه را میسر می کنند و پروتکل[2] DDS (سرویس توزیع داده‌ها) و پروتکل[3] MQTT در لایه کاربرد به کار گرفته می شوند. شکل ۲ طرح شماتیک یک پروژه ۳ لایه اینترنت اشیا را نشان می دهد برای استاندارد سازی معماری اینترنت اشیا، نیاز به پشتیبانی از یک مدل معماری مرجع ، بسیار مهم است. بسیاری از مدل های پروژه بر روی یک معماری معمولی مبتنی بر تجزیه و تحلیل نیازها یا بر روی برخی لایه ها متمرکز شده اند که الگوی اساسی معماری مرجع را تشکیل می دهند. حتی با یک معماری انعطاف پذیر، هنوز هم چالش های مربوطه بخصوص امنیت و حریم خصوصی وجود خواهند داشت. بنابراین، برای غلبه بر این چالش‌ها، معماری های جدید استاندارد می بایست با تمرکز بر روی سیستم های کیفیت خدمات، فاکتورهای مهمی مانند، پایداری، یکپارچگی داده ها، محرمانه بودن و قابلیت اطمینان را تقویت کند. کیفیت خدمات[4](QoS)، به هر فناوری اطلاق می شود که ترافیک داده را برای کاهش از دست دادن بسته‌ها، تأخیر و نوسان در شبکه مدیریت می‌کند. QoS با تعیین اولویت برای انواع خاصی از داده‌ها، منابع شبکه را کنترل و مدیریت می‌کند.

2- Data Distribution Service
3- Message Queue Telemetry Transport
4- Quality of service

شکل ۲ - لایه های یک شبکه اینتر نت اشیا ۳ لایه ای برای جمع آوری پسماند های شهری

Figure 2. Layers of an internet network of 3-layer objects for collecting urban waste

پروتکل های اینترنت اشیا در مدیریت پسماند های شهری

پروتکل های اینترنت اشیا [1]بخش مهمی از تکنولوژی اینترنت اشیا هستند و بدون وجود آنها هیچ یک از سخت افزارهای لایه های مختلف اینترنت اشیا کار نخواهند کرد، زیرا در واقع این *پروتکل‌های* IoT هستند که سخت‌افزارها ی لایه های مختلف اینترنت اشیا را قادر می‌سازند تا داده‌ها را به شیوه ای ساختارمند و هدفمند تبادل نمایند. در واقع این تبادل داده و اطلاعات بین سنسورها، دستگاه‌ها، گیت‌ها، سرورها و برنامه‌های کاربردی کاربر (اپلیکیشن ها) هستند که ماهیتی را با عنوان "اینترنت اشیا" خلق می کنند. *پروتکل اینترنت اشیا* در واقع زبان مشترکی است که تمامی سنسور ها ، گیت ها و دستگاه ها و ... در ساختار شبکه اینترنت اشیا برای تبادل اطلاعات و برقراری ارتباط از آن استفاده می نمایند . برای مدیریت پسماند مبتنی بر اینترنت اشیا، به فراخور نیاز شبکه میتوان از هریک از استاندارد های موجود استفاده کرد ولی لزوما نیاز به کاربرد همه آنها در شبکه اینترنت اشیا وجود ندارد. عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، موقعیت مکانی، نوع انرژی مصرفی، ضرورت استفاده از باتری، وضعیت توپوگرافی منطقه ای که پروژه اینترنت اشیا درآن اجرا می شود و نیز مجموع هزینه‌های استقرار اینترنت اشیا در پروژه مورد نظر از جمله عوامل اصلی و کلیدی در انتخاب نوع پروتکل اینترنت اشیا هستند. پروتکل های مطرح برای ایجاد شبکه های اینترنت اشیا به شرح ذیل هستند(17) [2] :

1- IoT Protocols

2- Internet of Things Protocls, 2022

پروتکل ۱) برنامه‌های محدود شده (COAP)[1]

پروتکل برنامه‌های محدد شده برای ترجمه‌ی مدل HTTP طراحی شد تا بتوان از آن در محیط‌های محدودکننده‌ی دستگاه و شبکه استفاده کرد.

پروتکل ۲) انتقال تله‌متری صف‌بندی پیام‌ها (MQTT)[2]

یک پروتکل پیام‌رسان سبک وزن از نوع انتشار و اشتراک (pub/sub). این پروتکل برای دستگاه‌های مبتنی بر باتری طراحی شده و معماری آن ساده و سبک‌وزن است که باعث مصرف کم‌تر انرژی در دستگاه‌ها می‌شود. پروتکل مبتنی بر مدل اشتراک، انتشار و کارگزار است. در این مدل، وظیفه‌ی ناشر جمع‌آوری داده و ارسال اطلاعات به مشترکین از طریق لایه میانجی یعنی کارگزار است. از سوی دیگر نقش کارگزار تضمین امنیت از طریق بررسی متقابل تایید ناشران و مشترکان است.

پروتکل ۳) وای فای (WIFI)[3]

پروتکل وای فای یک اتصال اینترنت فراهم می‌کند تا دستگاه‌های نزدیک به آن که در محدوده‌ی خاصی قرار دارند، متصل شوند. راه دیگر برای استفاده از " وای فای "[4] ایجاد یک نقطه اتصال یا " هات اسپات "[5] وای فای است ؛ یعنی تلفن‌ها یا کامپیوترها می‌توانند با پخش یک سیگنال، اتصال اینترنت بی‌سیم یا سیمی را با دستگاه‌های دیگر به اشتراک بگذارند.

پروتکل ۴) زیگبی [6]

شبکه‌های مبتنی برزیگبی با مصرف انرژی کم، توان عملیاتی کم (حداکثر ۲۵۰ کیلوبیت در ثانیه) و محدوده‌ی اتصال ۱۰۰ متر بین گره‌ها شناخته می‌شوند. کاربردهای معمول استفاده از این پروتکل اینترنت اشیا شامل شبکه‌های حسگر، شبکه‌های شخصی(WPAN) ، اتوماسیون خانگی، سیستم‌های هشدار و سیستم‌های نظارتی می‌شود .پروتکل زیگبی، توان استانداردی برای شبکه‌های رادیویی خودپیکربندی و کوتاه‌برد و برای استفاده در سیستم‌های تله‌متری، ارتباط بین انواع سنسورها و دستگاه‌های نظارتی و نیز خواندن بی‌سیم نتایج اندازه‌گیری کنتورهای انرژی و گرما و ... فرآهم کرده است.

پروتکل ۵) بلوتوث[7] تکنولوژی بلوتوث یک استاندارد باز است که در مشخصه‌ی (IEEE)[8] با شماره IEEE 802.15.1 تعریف می‌شود و ویژگی‌های فنی آن شامل سه کلاس توان انتقال ERP 1-3 با محدوده‌ی به ترتیب ۱۰۰، ۱۰ و ۱ متر در فضای باز می‌شود. رایج‌ترین کلاس آن نیز مورد دوم یعنی ۱۰ متر است که به فرد امکان می‌دهد به دستگاه‌هایی در اتاق‌های مختلف و حتی در طبقات مختلف، متصل شوند.

پروتکل ۶) پیام‌رسانی و حضور گسترش‌پذیر (XMPP)[9]

این پروتکل امکان تبادل فوری داده‌های ساختاریافته اما قابل توسعه بین دو یا چند مشتری شبکه را فراهم می‌کند. از آغاز به طور گسترده‌ای به عنوان یک پروتکل ارتباطی مورد استفاده قرار گرفته است. با گذشت زمان و ظهور مشخصات سبک‌وزن XMPP، یعنیXMPP-IoT، در زمینه‌ی اینترنت اشیا نیز مورد استفاده قرار گرفت.

پروتکل ۷) سرویس توزیع داده‌ها (DDS)[10]

پروتکل DDS برای ارتباطات فوری ماشین به ماشین که توسط گروه مدیریت شیء[11](OMG) طراحی شد، تبادل داده‌های مقیاس‌پذیر، قابل اعتماد، با کارآیی بالا و قابل تعامل را بین دستگاه‌های متصل مستقل از سخت‌افزار و پلتفرم نرم‌افزاری را امکان‌پذیر می‌سازد. این پروتکل از معماری بدون واسطه و چندپخش برای ارائه‌ی QoS باکیفیت بالا و اطمینان از ارتباط دستگاه‌ها استفاده می‌کند. معماری پروتکل DDS مبتنی بر لایه‌ی انتشار-اشتراک داده محوری(DCPS)[12] ولایه‌ی (اختیاری) بازسازی محلی داده‌DLRL[13] است. درحالی که لایه‌ی DCPS مسئول توزیع داده آگاهانه، قابل مقایس و

1- Constrained Application Protocol
2- Message Queuing Telemetry Transport
3- Wireless Fidelity(WIFI)
4- WiFi
5- Hotspot
6- ZigBee
7- Bluetooth
8- Institute of Electrical and Electronic Engineers
9- Extensible Messaging Presence Protocol
10- Data-Distribution Service
11- Object management group
12- Data-centric publishing-sharing layer
13- Local data reconstruction layer

کارآمد برای مشترکین است، DLRL رابطی برای عملکردهای DCPSارائه می‌دهد که امکان انتقال داده‌ها بین اشیا متصل به اینترنت اشیا را فراهم می‌کند.

پروتکل ۸) پیشرفته‌ی صف‌بندی پیام (AMQP) [1]

این پروتکل ویژگی‌هایی مانند جهت‌گیری پیام، صف‌بندی، مسیریابی (از جمله سرتاسری و انتشار/اشتراک)، قابلیت اطمینان و امنیت را ارائه می‌دهد. احتمالا بزرگترین مزیت AMQP) مدل، ارتباطی قوی آن است. این پروتکل می‌تواند تراکنش‌های کامل را تضمین کند؛ اگرچه این ویژگی کاربردی است اما همیشه چیزی نیست که کاربردهای IoT به آن احتیاج داشته باشند.

پروتکل ۹) موج ضعیف ماشین به ماشین[2] (LwM2M)

آنچه LwM2M را از دیگر *پروتکل های اینترنت اشیا* متمایز می‌سازد این است که این استاندارد به طور ویژه برای برآورده ساختن الزامات مدیریت جامع دستگاه‌های دارای محدودیت منابع طراحی شده است LwM2M .در سال ۲۰۱۴ توسط اوپن موبایل آلیانس [3] راه‌اندازی شد و یک استاندارد کاملا مناسب و تعریف‌شده برای ارتباطات داده‌های اینترنت اشیا و مدیریت دستگاه ارائه می‌دهد.

پروتکل ۱۰) شبکه سلولی[4]

شبکه سلولی یکی از گسترده‌ترین و شناخته‌شده‌ترین گزینه‌های موجود برای برنامه‌های اینترنت اشیا است و یکی از بهترین گزینه‌ها برای مواردی است که ارتباط در فواصل طولانی‌تر مورد نیاز است. اگرچه استانداردهای سلولی قدیمی ۲ Gو ۳ G امروزه درحال حذف شدن هستند اما شرکت‌های مخابراتی به سرعت در حال گسترش استانداردهای جدیدتر و سریع‌تر مانند ۴ G/LTEو ۵ G هستند.

پروتکل ۱۱) لورا ون و لورا [5]

لورا یک تکنولوژی بی‌سیم غیرسلولی برای بردهای طولانی است که همانطور که از نام آن مشخص است، یک ارتباط دوربُرد ارائه می‌دهد. این پروتکل کم مصرف و با انتقال ایمن داده برای کاربردهای ماشین به ماشین و استقرار اینترنت اشیا است. لورا یک فناوری اختصاصی است که اکنون بخشی از پلتفرم فرکانس رادیویی سمتک[6] محسوب می‌شود. لورا ون [7] نیز به دنبال لورا طراحی شده و به عنوان یک پروتکل باز، مبتنی بر ابر به دستگاه‌ها امکان می‌دهد با لورا ارتباط برقرار کنند.

پروتکل ۱۲) پروتکل Z-Wave

یکی دیگر از گزینه‌های اختصاصی در پروتکل اینترنت اشیا، پروتکل Z-Wave است ؛ یک پروتکل ارتباطی شبکه‌ی بی‌سیم که بر اساس فناوری فرکانس رادیویی کم مصرف ساخته شده است. Z-Wave همانند وای‌فای و بلوتوث به دستگاه‌های هوشمند امکان می‌دهد با رمزگذاری ارتباط برقرار کنند و در نتیجه سطحی از امنیت را در اینترنت اشیا ارائه می‌دهد. از این پروتکل معمولا برای محصولات هوشمند سازی خانگی و سیستم‌های امنیتی و نیز درکاربردهای تجاری مانند تکنولوژی‌های مدیریت انرژی، استفاده می‌شود.

پروتکل ۱۳) پروتکل RPL [8]در اینترنت اشیا

پروتکل مسیریابی برای شبکه‌های کم‌توان و پراتلاف در اینترنت اشیا یا *پروتکل* RPL *در اینترنت اشیا* یک پروتکل مسیریابی IPv6 است که توسط کارگروه مهندسی اینترنت[9] (IETF) برای اینترنت اشیا استانداردسازی شده است. پروتکل RPL از پروتکل‌های مسیریابی در اینترنت اشیا، یک توپولوژی درخت مانند را شکل می‌دهد که مبتنی بر فرآیند بهینه‌سازی متفاوتی به نام تابع هدف[10] (OF) است

پیشنهاد سامانه ای برای مدیریت هوشمند پسماند های شهری :

دراین مقاله، مبتنی بر به کارگیری پروتکل های ذیربط در ایجاد شبکه اینترنت اشیا، طراحی و ساخت یک سامانه جمع آوری و بازیافت پسماند های شهری پیشنهاد گردیده است. این سامانه شامل مخازن یا سطل های پسماند هوشمند تفکیکی است که

1- Advanced Message Queuing Protocol
2- Light weight M2M
3- Open Mobile Alliance
4- Cellular
5- LORA : Long Range

6- Semtech
7- LoRaWAN
8- Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks
9- Internet Engineering Task Force
10- Objective Function

دارای سنسور های ویژه نشان دهنده مقدار پسماند موجود در مخازن است و داده های تولیدی سنسورها از طریق ابنترنت و با به کارگیری پروتکل های طراحی شبکه های اینترنت اشیا، به سرور ها منتقل می گردد. پس از انتقال داده های مخازن پسماند تفکیکی مستقر در مناطق مختلف مسکونی شهر به سرور ها، داده های دریافت شده به کمک نرم افزار های طراحی شده و نیز توانایی های تعیین شده برای اپلیکیشن اندروید ذیربط درگوشی های تلفن های همراه کاربران (شهروندان)، آنالیز وتحلیل می شود ودر نهایت مخازن پسماند ی که می-بایست در فرآیند اجرای بهینه سازی هزینه های جمع آوری و حمل پسماند های تفکیکی تخلیه شوند، معین و بصورت روزانه محتویات آنها به مراکز هاب تخصصی ویژه هر نوع پسماند انتقال می یابد. در این فرآیند، عملیات مسیریابی نیز با لحاظ اهداف کمترین فاصله و کمترین مدت حمل برای تخلیه مخازن پسماند معین شده انجام می شود و لذا کارگران ویژه جمع آوری و حمل پسماند، برای دستیابی سیستم به بهینه سازی هزینه های جمع آوری و حمل و بازیافت پسماند های شهری بصورت روزانه و بر اساس شرایط روز، مسیرحرکت ماشین جمع آوری پسماند را از طریق اتصال به شبکه اینترنت اشیاطراحی شده دریافت می نمایند. انتخاب بهینه مخازن پسماند برای جمع آوری با توجه به قواعد تعریف شده اقتصادی، موجب کاهش هزینه های جمع آوری و در نتیجه بهبود کارآیی شبکه جمع آوری پسماند های شهری خواهد شد. این مقاله برای جمع آوری و بازیافت پسماند های شهری، طراحی و ساخت یک سامانه شبکه اینترنت اشیا با معماری ۵ لایه را پیشنهاد می کند. لایه های سامانه پیشنهادی به شرح ذیل خواهند بود :

لایه برنامه و مدیریت کسب و کار : لایه برنامه و مدیریت کسب وکار در واقع، یک برنامه کاربردی ساده توسعه‌یافته در اندروید است که مشخصات کاربران را مدیریت می‌کند . این برنامه نتایج عملکرد هر کاربر یا شهروند را به وی نشان میدهد و آنها را به روز رسانی می‌کند و جریمه ها و جوایز کاربر یا شهروند را به وی نشان میدهد. (این جرایم یا پاداش ها همان جوایز یا جریمه هایی هستند که از طریق لایه هوشمند دولت – شهرداری - به شهروند یا کاربر ذیربط تخصیص یافته است). لایه برنامه و مدیریت کسب وکار، متشکل از حداقل یک عامل اجرایی است که مسئول استقرار و راه اندازی اجزای اصلی در سایر لایه ها است. ارتباط مدیر کسب و کار با کاربران (شهروندان) از طریق اپلیکیشن یا برنامه های نرم افزاری ذیربط انجام می شود. به روز رسانی مداوم برنامه های اجرایی و اپلیکیشن ها از جمله وظایف لایه مدیریت کسب و کار است. علاوه بر این "مدیریت جامع" سامانه اینترنت اشیا شامل استفاده از برنامه های مربوط به تولید اطلاعات (مانند تولید گزارش حاصل از آنالیز داده های دریافتی از سایر لایه ها)، تولید نمودارها و موارد مشابه از جمله وظایف لایه مدیریت کسب و کار است.

لایه زیر ساخت شهر هوشمند : عوامل این لایه، اطلاعات را از ساختارهای داده‌ای لایه مدیریت کسب و کار دریافت می‌کنند. این لایه در صورت لزوم، وضعیت مخازن پسماند را برای تصمیم‌گیری بررسی می‌کند. عوامل موتورکلان داده، داده‌های دریافت‌شده توسط " پردازش رویداد پیچیده" را برای تشخیص الگوی آنها تجزیه و تحلیل می‌کنند. این معماری برای به دست آوردن داده های مرتبط برای تجزیه و تحلیل ، دارای یک عامل " داده باز " است(مانند داده هواشناسی). در واقع، اجزای لایه زیر ساخت شهر هوشمند، بعنوان میان افزار ، بین کاربران و سیستم چند عاملی اینترنت اشیا عمل می‌کنند. هر مخزن پسماند، دارای یک یا چند ابزار مرتبط است که مسئولیت ایجاد یا تولید " ساختار داده " تعریف شده را بر عهده دارد. (مانند مقدار و نوع پسماند موجود در مخازن پسماند، وضعیت پر یا خالی بودن یا بطور کلی حجم اشغال شده مخزن پسماند و ...). این ابزار میان افزار با استفاده از LPWAN[1] داده ها را به عوامل لایه داده ارسال می‌کنند (18).

فناوری LPWAN به دستگاه های IoT اجازه می دهد تا با یک بار شارژ کامل باتری، تا سقف ۱ سال با اطمینان کامل کار کنند. این فناوری، برای راهکارهایی با محدودیت جابجایی که فاقد منبع قدرت قابل اطمینان برای شارژ مجدد هستند بسیار ایده‌آل است.

1- low-power wide-area network

لایه ارتباطی شبکه : لایه ارتباطی شبکه، وظیفه انتقال داده‌های اندازه گیری شده در لایه زیر ساخت یا ادراک را به لایه پردازش شبکه بر عهده دارد. در سامانه های پردازش، فناوری های[1] GSM ، Z-wire ، ZigBee وجود دارند.

لایه تولید اطلاعات: در این لایه، اشیا یا دستگاه های کار رفته در معماری شبکه اینترنت اشیا، از فعالیت یا به کارگیری زیرساخت های شهر هوشمند، اطلاعات ضروری و لازم را تولید می کنند. در معماری شبکه های اینترنت اشیا، لایه تولید داده یا لایه درک و شناسایی، با سطوح و کیفیت های متفاوت سخت افزاری طراحی و اجرا می شوند. وظیفه دریافت داده های فیزیکی، پردازش و انتقال امن آنها به لایه های دیگر در شبکه اینترنت اشیا، بر عهده لایه تولید اطلاعات است. این لایه با به کارگیری فناوری های روز، داده های مورد نیاز در مورد عملکرد مخازن پسماند تفکیکی نظیر وزن، سطح پر شدگی، دما، رطوبت و محل استقرار مخازن پسماند تفکیکی را تولید وبه سایر لایه ها ارائه می دهد. در شکل ۳ لایه های یک شبکه اینترنت اشیای ۵ لایه برای جمع آوری پسماند های شهری نشان داده شده است.

لایه دولت هوشمند: این لایه، نتایج به دست‌آمده برای جمع‌آوری پسماند از مخازن پسماند توسط لایه شهر هوشمند را در یک منطقه خاص مدیریت می‌کند. اگر ظرفیت کامیون‌های حمل پسماند های تفکیکی تا اندازه مورد نیاز یا برآورد شده تکمیل نگردد، وظیفه لایه دولت هوشمند- شهرداری- ترغیب کاربران یا شهروندان برای پیوستن به تفکیک پسماند ها و انتقال آنها به مخازن پسماند تفکیکی است و این وظیفه را از طریق برنامه ریزی پرداخت پاداش به شهروندان(کاربران)، جریمه کردن شهروندان و نیز ایجاد تغییر در قیمت خرید پسماند های تفکیک شده توسط شهروندان (کاربران) انجام می دهد .

موانع کاربرد اینترنت اشیا در مدیریت پسماند های شهری

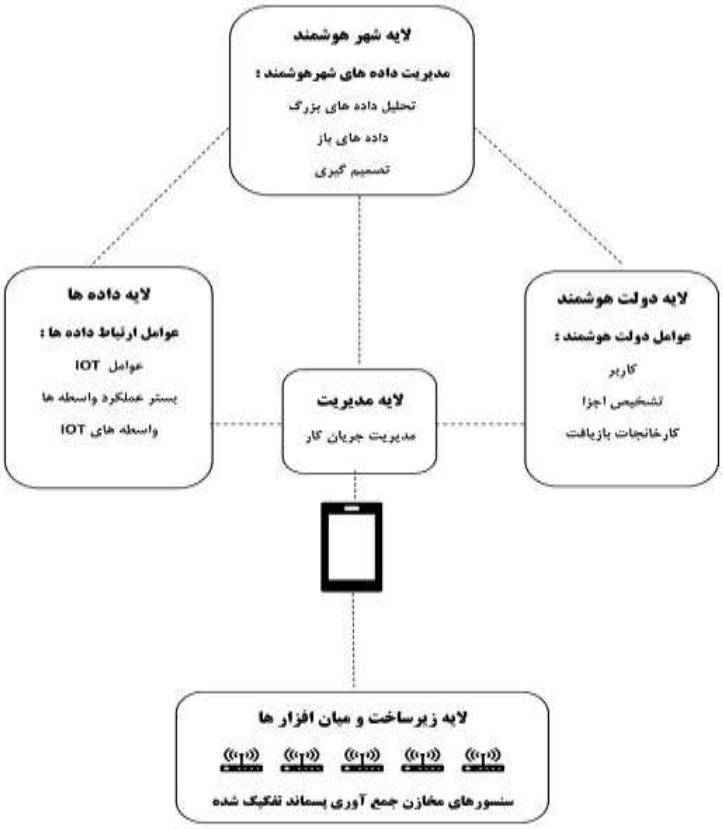
شهرنشینی کنونی، نیازمند استراتژی‌های قوی و برنامه‌ریزی نوآورانه برای مدرن کردن زندگی شهری است. بسیاری از شهرها با دیجیتالی شدن، هوشمند شدن و هوشمند تر شدن، کیفیت و عملکرد خدمات شهری را افزایش می‌دهند. مانو شارما و سادهان شو جوشی و همکاران (12) در مقاله خود تحت عنوان "اینترنت اشیا (IOT) موانع مدیریت پسماند شهرهای هوشمند: یک زمینه هندی" با رویکردی مقدماتی، یک چهارچوب ساختاری از موانع پذیرش اینترنت اشیا (IOT) در مدیریت پسماند شهرهای هوشمند را توسعه داده اند. آنها در مطالعه خود از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کردند و ۱۵ مانع استقرار اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند هند را به شرح ذیل شناسایی کردند :

امنیت و حریم خصوصی: سیستم‌ها ممکن است با حملاتی مانند نوشتن متن از طریق سایت، یا داشتن کانال‌های جانبی که منجر به آسیب‌پذیری می‌شوند، مواجه شوند.

قابلیت اطمینان / عدم تحرک: چالش‌های "قابلیت اطمینان" با توجه به مشارکت گسترده و تعداد زیادی از فن‌آوری‌های هوشمند افزایش می‌یابند. ریسک شکست در تحرک بیشتر است و ارتباط درونی میان آن‌ها کم‌تر قابل‌اعتماد است.

فقدان شفافیت: ابهام و عدم شفافیت در پاسخگویی تسهیلاتی که می بایست در سیستم فعال شده IoT وجود داشته باشند. این امر خطر جداسازی افراد با فن‌آوری شهر هوشمند را افزایش می‌دهد .

1- Group Special Mobile



شکل ۳- یک شبکه اینتر نت اشیای ۵ لایه ای برای جمع آوری پسماند های شهری

Figure 3. A 5-layer Internet of Things network for urban waste collection

هزینه عملیاتی و دوره بازپرداخت تمدید شده: هزینه‌ها، نگرانی اصلی ذینفعان در پیاده‌سازی IoT به دلیل هزینه بالای متخصصان، دستگاه‌های هوشمند، نصب، نگهداری، و هزینه آموزش برای انتقال دانش به کارگران است.

استانداردسازی: استانداردسازی ارتباط دو طرفه و تبادل اطلاعات میان دستگاه‌های هوشمند، محیط‌ها، اشیای هوشمند و دیگر سیستم‌ها در شبکه اینترنت اشیا ضروری است.

فقدان هنجارهای نظارتی، سیاست‌ها و جهت‌ها: فقدان نرم‌ها و سیاست‌های نظارتی، منجر به استانداردهای ناامن و راهنمایی های ناقص برای انجام اقدامات در شبکه اینترنت اشیا خواهد شد. بنابراین چهارچوب های قانونی برای پشتیبانی از پیاده‌سازی IoT می بایست قوی و کارآمد باشند.

فقدان سیستم اطلاعات مشترک: در هنگام اتخاذ تصمیم برای ایجاد یک شبکه IOT، فقدان یکپارچگی در میان شبکه‌های فن‌آوری اطلاعات به دلیل عدم تجانس یا ادغام در میان شبکه‌های موجود، یکی از موانع ایجاد وگسترش شبکه اینترنت اشیا است.

فقدان یکپارچگی در میان شبکه‌های فن‌آوری اطلاعات : یکی از مشکلات راه اندازی شبکه اینترنت اشیا، اختلال عدم تجانس شبکه، به دلیل ادغام شبکه های غیرمتجانس موجود اینترنت اشیا است. برای اجرای موفق IOT، به یک زیرساخت یکپارچه برای تفکیک پسماند، جمع‌آوری پسماند و جا به جایی پسماند نیاز است.

نیروی کار ماهر محدود: پیاده‌سازی IOT نیازمند متخصصان فنی و آموزش‌دیده است. برای فراهم کردن

دسترسی آسان و کاربر پسند به خدمات اینترنت اشیا، میبایست نیروی انسانی فنی و ماهر مربوط کارآمد باشند. فقدان دانش و مهارت فنی در میان برنامه ریزان، مقامات و سیاست گذاران که ممکن است فاقد قابلیت‌های سازمانی و مهارت‌های حرفه‌ای نیز باشند ، سیستم مدیریت پسماند را تحت‌تاثیر قرار خواهد داد .

فقدان دانش فنی در میان برنامه ریزان : مقامات و سیاست گذاران ممکن است فاقد قابلیت‌های سازمانی و مهارت‌های حرفه‌ای مورد نیاز شبکه های اینترنت اشیا باشند. این موضوع، سیستم مدیریت پسماند را تحت‌تاثیر قرار خواهد داد .

اتصال ناکافی اینترنت: به دلیل اتصال ضعیف اینترنت، ممکن است مشکلاتی در پیاده‌سازی IOT مدیریت پسماند بوجود بیاید .

مسائل شکست سیستم / یکپارچگی: داده‌ها می‌توانند توسط عوامل مختلفی که فراتر از کنترل فردی هستند، مانند خرابی سرور، تحریف شوند. یکپارچگی داده‌ها نشان‌دهنده حافظت از داده‌ها و نیز حفاظت از شبکه است. داده‌ها به طور مداوم به روز می‌شوند و هر زمان که توسط کاربران نهایی در دسترس قرار می‌گیرند، به شکل اصلی خود خواهند بود .

در دسترس بودن داده‌ها: دسترسی فوری به اطلاعات برای کاربران با در دسترس بودن فوری داده‌ها تضمین می‌شود. فراهم کردن داده‌ها در هر زمان که مورد نیاز کاربران است، هدف سیستم فعال شده با IOT است. جریان اطلاعات ممکن است با دسترسی ضعیف به داده‌ها مسدود شود.

مصرف بالای انرژی: مصرف برق دستگاه‌های IOT یک نگرانی جدی است. دستگاه‌های RFID بدون منبع قدرت برای پیاده‌سازی IOT ترجیح داده می شوند. با افزایش تقاضا برای دستگاه‌هایIOT، انتظار می‌رود که هزینه انرژی زنجیره‌های ارزش به طور مداوم افزایش یابد .

زیرساخت/معماری فن‌آوری اطلاعات: زیرساخت‌های فن‌آوری اطلاعات باید با توجه به نیاز شهرهای هوشمند توسعه یابند. فن‌آوری های ارتقا یافته، تنها وقتی متناسب با معماری شبکه اینترنت باشند، قابل پذیرش و مفید خواهند بود .

در حال حاضر مدیریت پسماند های شهری، یک مساله مهم درکشورهای در حال توسعه است. یکی از راه حل های موثر و کارآمد برای حل مشکل مدیریت پسماند های شهری بهره گیری از اینترنت اشیا (IOT) است. با این فرض، می توان گفت در هر شهری، هر یک از موانع ایجاد شبکه اینترنت اشیا، ممکن است به یک عامل مهم بازدارنده برای بهره گیری از اینترنت اشیا تبدیل و موجب عدم موفقیت پروژه های اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری شود.

نتیجه گیری

شهر هوشمند سامانه ای است که قابلیت همکاری بین سامانه های فرعی یک شهر را، برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان تسهیل می کند. شهرهای هوشمند به دلیل نیاز به پردازش فراوان داده ها و نیز به دلیل ناهمگونی ابزارهای هوشمند مرتبط در شبکه های هوشمند شهری، هنوز با چالش های جدی روبرو هستند.

مفهوم شهر هوشمند هنوز در حال تحول است و آزمایش و اجرای آن در محدوده کشورهای توسعه یافته محدود شده است. دستگاه های هوشمند، مقدار عظیمی از داده ها را تولید می کنند و لذا به ذخایر بزرگ داده نیاز دارند. در نتیجه تولید داده های کلان، روشهای معمول پردازش داده برای استفاده در معماری های مدرن شهر هوشمند کارآمد نیستند. بنابراین تحلیل و آزمایش داده های کلان در شهرهای هوشمند واقعی، یک فرصت تحقیق امیدوارکننده برای شهرهای هوشمند آینده است. حفظ امنیت داده های حساس در محیط های متصل از ضروریات بهره گیری از IOT است. اگر شهروندان در مورد امنیت داده های حساس خود قانع نشوند، تمایلی به استفاده از پلت فرم های ذیربط در شهرهای هوشمند نخواهند داشت بنا بر این، یکی از مهمترین مراحل آمده سازی جامعه برای استفاده از وسایل هوشمند در مدیریت پسماند های شهری، اطمینان بخشی به آنها برای حفظ حریم خصوصی، فرهنگ سازی و مدیریت دانش شهری است. بر اساس تحقیق انجام شده ایجاد یک شبکه اینترنت اشیا برای مدیریت پسماند های شهری، با هدف کاهش هزینه های مدیریت پسماندهای شهری

بسیار بصرفه خواهد بود. راه اندازی شبکه ۵ لایه اینترنت اشیای پیشنهادی این مقاله، به دلیل در دسترس قرار دادن مخازنی که مقدارکافی پسماند برای حمل در آنها جمع شده است، نقش مهمی در کاهش هزینه های حمل پسماندهای شهری دارد. به عبارت دیگر با به کارگیری شبکه اینترنت اشیا در شهرها، شبکه حمل و نقل پسماندهای شهری، فقط زمانی فعال می گردد که برداشت پسماند کافی از مخازن قطعی است. همچنین شبکه اینترنت اشیای پیشنهادی، از طریق در دسترس قراردادن داده های مربوط به مقادیر قابل جمع آوری هر نوع از پسماند-های شهری، امکان برنامه ریزی تولید روزانه مراکز تخصصی بازیافت هر نوع از پسماند ها را فراهم می نماید و از این طریق بر افزایش تولید کالاهای بازیافتی از پسماند های شهری اثر مثبت خواهد داشت. برای به کارگیری اینترنت اشیا ضرورت تفکیک از مبدا پسماندها به یک عملیات روزانه اجرایی تبدیل می شود و این موضوع به بازیافت بیشتر کالاها از پسماندها منجر می گردد و نقش مهمی در حفاظت محیط زیست خواهد داشت .بنابراین در یک کلان شهر، راه اندازی شبکه اینترنت اشیای ۵ لایه، از طریق افزایش بازیافت می تواند به حفاظت از محیط زیست و نیز کاهش هزینه های جمع آوری پسماند های شهری کمک شایانی نماید.

References

1. A third of urban waste ends up in open dumpsites. (2018). Retrieved from united nation environment programme: https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/third-urban-waste-ends-open-dumpsites-or-environment-latin-america
2. Gapminder, U. n. (2017). world Population prospects, Population Divisio (2017). United Nations , Department Of Economic and social Affairs .
3. (2018). Retrieved from World Bank: www.wordbank.com
4. Retrieved from Mashreghnews : www.mashreghnews.ir/947927 " How much waste is produced in Iran? " , 2020. (In Persian)
5. Bakıcı, T., Almirall, E., Wareham, J., 2013. Asmartcityinitiative: The case of Barcelona. Journal of the Knowledge Economy 4(2),135–148.
6. Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M.T.S., Briones, A.G., 2018. Machin elearningpredictivemodelforindustry4. 0.In:Proceedings oftheInternational Conference on Knowledge Managementin Organizations, pp.501–510. Cham:Springer
7. Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., Williams, P., 2010. Foundations for smarter cities. IBM J. Res. Dev. 54 (4), 1e16.)
8. Retrieved from EghtesadOnLine: https://www.eghtesadonline.com/n/1nVc " Garbage turnover in Iran " , 2019. (In Persian)
9. Jiuping Xu, M., Yi Shi, S., & and Siwei Zhao, S. (2019). Reverse Logistics Network-Based Multiperiod Optimization for Construction and Demolition Waste Disposal. Journal of Construction Engineering and Management.
10. Retrieved from mehrnews.com/xYTfZ :Retrieved from Mehrnews.com , " The cost of 1700 billion tomans for garbage collection", 2022 . (In Persian)
11. Fatimah, Y., Govindan, K., Murniningsih, R., & Setiawan, A. (2020). A sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: Case study in Indonesia. Journal of Cleaner Production.

12. Kauf, S. (2019). Smart logistics as a basis for the development of the smart city. Published by Elsevier.
13. Sharma, M., Joshi, S., Kannan, D., Govindan, K., Singh, R., & Purohit, H. (2020). Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context. Journal of Cleaner Production 270.
14. González-Briones, A., Chamoso, P., asado-Vara, R., Rivas, A., Omatu, S., & MCorchado, J. (2019). Internet ofThingsPlatformtoEncourageRecycli nginaSmartCity. Elsevier.
15. Kumar, H., Singh, M. K., Gupta, M., & Madaan, J. (2018). Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework. Technological Forecasting & Social Change(journal homepage: www.elsevier.com/locate/techfore)
16. Mohanty, S. ,. (2016). Every thing you wanted to Know about smart cities : The Internet Of things Is The Backbone. IEEE concumer Electronic Magazine,5 , 60-70.
17. Bettina Yanling, T. F. (2015). Creating the cities of tomorrow. Singapore: Danish Smart City Competencies in the Singaporean Market.
18. Internet of Things Protocls. (2022). Retrieved from smartic: https://smartic.ir/internet Of Things Protocols
19. LPWAN. (2022). Retrieved from Meftah: https://meftah.com/news/LPWAN.