Journal of Green Management, Vol.3, No.1, May2023, pp1-24 ISSN:2821-0050

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

Mohsen Bijanpour[1]. Reza Ehtsham Rathi[2]*. Dawood Gharakhany[3]

Received date: 2023/04/10 Acceptance date: 2023/05/15

Abstract

In today's world, urban waste management is one of the most important tasks of urban management, which has many implementation problems and costs. Waste collection, disposal and recycling operations are very costly due to the high costs of investing in the creation of a fleet of waste trucks. Also, significant operating costs for workers, drivers, fuel and maintenance have turned municipal waste management into a costly operation. Considering the high costs of urban waste management, small improvements in urban waste management will lead to great savings in waste management costs. The Internet of Things (IoT) is one of the efficient and suitable tools to reduce the costs of collecting and managing urban waste. In this article, the indicators and infrastructural requirements of establishing a smart city have been stated. Then, the prerequisites for establishing the Internet of Things for urban waste management in the cases of separation, collection and recycling of urban waste have been introduced. After that, a 5-layer model of Internet of Things deployment has been proposed for urban waste management. At the end of the article, the obstacles to establishing the Internet of Things in cities are briefly discussed.

Keywords: Internet of Things, recycling, waste, separation, smart city

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 . PhD student, Department of Industrial Management, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. Email: mnbijanpoor@yahoo.com
2 . Assistant Professor, Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran (corresponding author). Email: rezaehteshamrasi@gmail.com
3 . Assistant Professor, Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. Email: davoodgharakhany@yahoo.com

مدیریت پسماندها در شهرهای هوشمند با استفاده از شبکه اینترنت اشیا (IOT)

محسن بیژن پور[۱]، رضا احتشام راثی[۲]* ، داوود قراخانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

چکیده:

در جهان امروز، مدیریت پسماند شهری یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت شهری است که هزینه و مشکلات اجرایی فراوانی دارد. عملیات جمع‌آوری، دفع و بازیافت پسماندها به دلیل صرف هزینه‌های گزاف برای سرمایه‌گذاری در ایجاد ناوگان کامیون‌های حمل پسماند بسیار پر هزینه است. همچنین صرف هزینه‌های عملیاتی قابل‌توجه برای کارگران، رانندگان، سوخت و تعمیر و نگهداری، مدیریت پسماندهای شهری را به عملیاتی پر هزینه تبدیل کرده است. باتوجه‌به هزینه‌های فراوان مدیریت پسماندهای شهری، ایجاد بهبودهای اندک در مدیریت پسماندهای شهری، منجر به‌صرفه جویی‌های بزرگ در هزینه‌های مدیریت پسماندها خواهد شد. اینترنت اشیا (IOT)[۴] یکی از ابزارهای کارآمد و مناسب برای کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و مدیریت پسماندهای شهری است. در این مقاله ابتدا شاخص‌ها و الزامات زیر ساختی استقرار شهر هوشمند بیان شده‌اند. سپس پیش‌نیازهای استقرار اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری در موارد تفکیک، جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای شهری معرفی شده‌اند. پس از آن یک مدل ۵ لایه استقرار اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری پیشنهاد شده است. در پایان مقاله، موانع استقرار اینترنت اشیا در شهرها به‌اختصار بیان شده است.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیا، بازیافت، پسماند، تفکیک، شهر هوشمند

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. دانشجوی دکتری ، گروه مدیریت صنعتی ، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران ایمیل: mnbijanpoor@yahoo.com

۲. استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین،ایران. (نویسنده مسئول) ایمیل: rezaehteshamrasi@gmail.com

۳. استادیار گروه مدیریت صنعتی ، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. ایمیل: davoodgharakhany@yahoo.com

4. Internet of Things (IOT)

مقدمه

جمعیت جهان در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. سرعت رشد جمعیت جهان، سالانه معادل ۱٫۱٪ 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 . (یک‌سوم زباله‌های شهری به زباله‌دان‌های باز ختم می‌شود، ۲۰۱۸)[1]

رشد زیاد جمعیت جهان، عمدتاً به سبب پیشرفت‌های پزشکی و کشاورزی رخ‌داده است. اگر نرخ رشد سالانه جمعیت جهان برابر ۱٫۱٪ فرض شود، تا سال ۲۰۴۰ جمعیت کره زمین به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید. (گپ میندر2017)[2]

روند افزایش جمعیت جهان در سال‌های اخیر، موجب افزایش بیش‌ازپیش مصرف و در نتیجه افزایش تولید انواع پسماند در شهرها شده است. آمارها نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۲، شهرهای مختلف جهان، حدود ۱٫۳ میلیارد تن پسماند جامد تولید کرده‌اند. به‌عبارت‌دیگر، هر فرد در جهان، روزانه معادل ۱٫۲ کیلوگرم پسماند تولید می‌کند. (گپ میندر 2017) [3]

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. (بانک جهانی 2018) [4]

جدول ۱: ترکیب فیزیکی و وزن حجمی غیرمتراکم پسماندهای تهران

نوع زباله	درصد وزنی ٪	دانسیته تراکم (Kg/m3) معمول دامنه		درصد ارزش ٪
		بالا پایین		
کاغذ و مقوا	۸/۷	۸۲	۱۲۸	۳۲	۱۷/۵۵
پلاستیک	۶/۳	۶۴	۱۲۸	۳۲	۱۶/۲۸
شیشه	۱/۶	۱۹۴	۴۸۰	۱۶۰	۱/۳۶
چوب	۰/۳	۲۴۰	۳۲۰	۱۲۸	۰/۲۲
لاستیک	۰/۶	۱۲۸	۲۵۶	۹۶	۰/۷۷
پارچه	۳/۱	۶۴	۹۶	۳۲	۸/۰۲
فلزات آهنی	۱/۱	۳۲۰	۱۱۲۰	۱۳۰	۰/۵۷
فلزات غیرآهنی	۰/۱	۱۶۰	۲۴۰	۶۴	۰/۱۱
آلی (ارگانیک)	۷۲/۲	۲۲۶	۳۹۴	۱۰۸	۵۲/۸۵
سایر	۶/۶	۴۸۰	۹۶۰	۳۲۰	۲/۲۷

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در ایران روزانه ۵۰ هزار تن پسماند تولید می‌شود و این در حالی است که فقط حدود ۱۰ درصد آنها بازیافت می‌شوند. در شهر تهران، باوجوداینکه بیش از ۱۰ سال از اجرای برنامه‌های اجتماعی و فرهنگی برای افزایش مشارکت شهروندان در تفکیک از مبدأ و بازیافت پسماندهای شهری می‌گذرد، هنوز میزان تفکیک از مبدأ پسماندهای شهری در حدود ۲ درصد پسماندهای تولیدی روزانه شهر تهران است.

1. A third of urban waste ends up in open dumpsites, 2018
2 . Gapminder
3 . Gapminder
4 . World Bank

مدیریت پسماندهای شهری یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت شهری درجهان است که هزینه و مشکلات اجرایی فراوانی دارد. عملیات جمع‌آوری و دفع پسماندها، به دلیل صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری گزاف برای ناوگان جمع‌آوری و حمل پسماند و نیز لزوم صرف هزینه‌های چشم گیرعملیاتی، مانند هزینه‌های سوخت، نگهداری و تعمیرات، عملیاتی بسیار پر هزینه است؛ بنابراین حتی کاهش‌های اندک در هزینه‌های عملیاتی جمع‌آوری و دفع پسماندها، منجر به‌صرفه جویی‌های بزرگ در هزینه‌های شهرداری‌ها می‌شود. تولید قابل‌توجه انواع پسماندها و بروز انواع ناسازگاری‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از آنها، مدیریت خدمات شهری را با مشکلات فراوانی برای جمع‌آوری، حمل، پردازش و دفع پسماندها مواجه کرده است. به طور میانگین بین ۶۰ تا ۸۰ درصد هزینه‌های مدیریت پسماندهای جامد شهری مربوط به هزینه‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماندها است. (سی وی زائو و جیو پینک ژو ۲۰۱۹) [1]

ارزیابی و بهینه سازی سیستم مدیریت جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای شهری،کاهش مشکلات مدیریت خدمات شهری را در پی خواهد داشت.

بر اساس تازه‌ترین آمارهای اعلام شده، در جهان سالانه حدود ۲ میلیارد تن پسماند صنعتی و شهری تولید می‌شود که ارزش بازار آن از مرحله جمع‌آوری تا بازیافت، به حدود ۵۰۰ میلیارد دلار می‌رسد. طبق آمارهای منتشرشده، روزانه بیش از ۵,۳ میلیون تن پسماند در جهان تولید می‌شود. ارزش‌افزوده حاصل از بازیافت پسماند در جهان به‌اندازه‌ای است که حدود ۱۵ درصد تولید ناخالص داخلی برخی کشورهای صنعتی را تشکیل می‌دهد. درحالی که در جهان به طور متوسط ۷۰ درصد پسماندهای تولید شده بازیافت می‌شود، به‌صورت خوش‌بینانه این رقم در ایران به حدود ۲۰ درصد می‌رسد و این به آن معناست که در کشور سالانه حدود ۱۶ میلیون تن پسماند، در خاک دفن می‌شود. در فرایند دفع پسماندها در کشور، تنها ۲ درصد از پسماندها با رعایت اصول بهداشتی دفن می‌شوند. (گردش مالی زباله در ایران, ۲۰۱۹)

طبق آمارهای جهانی، در استرالیا باتوجه‌به شرایط زمین ۷۰ درصد پسماندها دفن و ۳۰ درصد پس‌ماندها بازیافت می‌شود. در کشور ایتالیا ۵۴ درصد پسماندها دفن، ۱۲ درصد بازیافت و ۳۳ درصد به کمپوست تبدیل می‌شود. در کشور ژاپن تنها ۳ درصد پسماندها دفن می‌شود درحالی‌که ۱۷ درصد آنها بازیافت مواد و ۷۴ درصد پس‌ماندها در مسیر بازیافت انرژی قرار می‌گیرند. در کشور سوئیس یک درصد پسماندها دفن می‌شود، ۳۳ درصد در مسیر بازیافت مواد و ۵۰ درصد در مسیر بازیافت انرژی قرار می‌گیرد و در نهایت ۱۶ درصد پسماندها به کمپوست تبدیل می‌شوند. در ایالات متحده امریکا ۵۴ درصد پسماندها دفن می‌شوند، ۲۴ درصد در مسیر بازیافت مواد و ۱۴ درصد در مسیر بازیافت انرژی قرار می‌گیرند و نهایتاً ۸ درصد پسماندها به کمپوست تبدیل می‌شود. (گردش مالی زباله در ایران, ۲۰۱۹)

بر اساس آمارهای فائو (FAO) [2] هرسال ۱,۳میلیارد تن غذا درجهان ضایع می‌شود. بیشترین ضایعات مربوط به میوه و سبزیجات، ماهی و غلات است. ایران به‌تنهایی ۷,۲ درصد از ضایعات غذا در جهان را ایجاد می‌کند. این مقدار ضایعات معادل ۳۵ میلیون تن غذا است. بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۸ سرانه تولید جهانی پسماند در هر روز حدود ۳۰۰ گرم بوده است. (سی وی زائو و جیو پینک ژو ۲۰۱۹)[3] در ایران رقم سرانه تولید روزانه پسماند به بیش از ۷۱۰ گرم می‌رسد. سرانه تولید روزانه پسماند شهر تهران ۷۹۰ گرم است که بیش از ۲ برابر متوسط جهانی است. از طرفی عضو وقت شورای شهر تهران (دکترحجت نظری) مقدار سرانه تولید روزانه

1 . Siwei Zhao & Jiuping Xu
2 . Food and Agriculture Organization of the United Nations
3 . Siwei Zhao & Jiuping Xu

پسماند توسط ساکنان شهر تهران را ۹۰۰ گرم بیان نموده است و مجموع تولید روزانه پسماند در تهران را بالغ بر ۸ هزار تن می‌داند که تقریباً ۲ برابر میانگین جهانی است.

بنا بر اظهارات مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران در آبان‌ماه ۱۴۰۱ (مندرج در خبرگزاری مهر)، سالانه بیش از ۱۷۰۰ میلیارد تومان صرف هزینه‌های جمع‌آوری و حمل پسماندهای شهر تهران می‌گردد. این در حالی است که بیش از ۷۰ درصد این هزینه، فقط صرف هزینه‌های حمل‌ونقل و جمع‌آوری روزانه پسماندها می‌گردد. اهمیت موضوع تفکیک از مبدأ و نیز بهره‌گیری از تکنولوژی روز برای مدیریت هزینه در حمل‌ونقل پسماندها آنجا بارزتر می‌شود که بدانیم، برنامه‌هایی که حتی بتوانند کاهش اندکی در هزینه حمل و جمع‌آوری هر واحد پسماند ایجاد کنند، موجب صرفه‌جویی‌های بزرگی در هزینه‌های مدیریت پسماند شهری می‌گردند و بنابراین هر نوع برنامه‌ای که بتواند منجر به کاهشی حتی اندک در هزینه‌های مدیریت پسماندهای شهری شود مورد استقبال مدیران شهری قرار خواهد گرفت. یکی از دلایل مهم افزایش هزینه‌های جمع‌آوری و حمل هر واحد پسماند در مدیریت پسماندهای شهری، عدم تطبیق حجم پسماندهای موجود در مخازن هدف با حجم و ظرفیت کامیون‌های حمل زباله و نیز تفکیک نشده بودن پسماندهای مخازن جمع‌آوری است. به‌عنوان‌مثال ممکن است در برنامه مسیر جمع‌آوری استاندارد فعلی یا موجود یک کامیون جمع‌آوری پسماند شهرداری تهران، گذر از محل مخازن خالی مکرراً اتفاق بیفتد درحالی‌که کامیون ذی‌ربط علی‌رغم خالی بودن مخزن از پسماند یا ناکافی بودن آن اجباراً مسیرهای لازم را طی کرده است و علاوه بر این زمان یا ساعت کاری راننده یا کارگران جمع‌آوری نیز صرف شده است. این فرایند به آن معناست که هزینه‌های کارگری و نیز هزینه‌های سوخت مصرفی کامیون‌ها و نیز استهلاک آنها بدون عایدی کافی (حجم کافی پسماند قابل جمع‌آوری) صرف شده‌اند. به‌عبارت‌دیگر، در چنین شرایطی به‌طورقطع، هزینه جمع‌آوری هر واحد پسماند افزایش‌یافته است و البته این امر به زیان شهروندان و مدیریت شهری خواهد بود. علاوه بر این تفکیک نشده بودن پسماندهای داخل مخازن جمع‌آوری، هزینه‌های فراوانی بر شهرداری‌ها و نیز محیط‌زیست تحمیل می‌کنند. اگر بتوان در مبدأ تولید پسماندها، آنها را به انواع پسماندهای موجود تفکیک نمود و سپس برنامه جمع‌آوری پسماندها را بسته به هر نوع پسماند، برنامه‌ریزی کرد، قطعاً در کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و بازیافت پسماندها مؤثر خواهد بود. اما هر نوع برنامه‌ریزی دقیقی نیاز به اطلاعات دقیق خواهد داشت. به‌عبارت‌دیگر تا ندانیم که کدام مخزن پسماند، در کجا، چقدر از چه نوع زباله در خود جای‌داده است عملاً نمی‌توانیم برای مدیریت هزینه‌های کامیون‌های حمل زباله و نیز افزایش بازیافت کاری از پیش ببریم. بدون تردید، یکی از راه‌های کنترل هزینه‌های مدیریت پسماندهای شهری، خصوصاً در کلان‌شهرهای ایران، ایجاد شهرهای هوشمند و نیز شبکه‌های اینترنت اشیا در بستر شهرهای هوشمند است. در شهرهای هوشمند با بهره‌گیری از اینترنت اشیا می‌توان به اطلاعات دقیقی از وضعیت موجود مخازن جمع‌آوری پسماندهای شهری در هر زمان و هر مکان دست‌یافت. در این مقاله ابتدا به معرفی مفهوم و شاخص‌های" 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 کلان‌شهرهای ایران پیشنهاد می‌گردد.

ICT بستر اصلی شهر هوشمند

فن آوری اطلاعات و ارتباطات یا ICT [1] موجب افزایش تولید داده‌های شهری و ظهور ابزار و زمینه‌های مناسب برای ایجاد هوشمندی در شهرها گردیده است. مفهوم شهر هوشمند ابتدا در سال ۲۰۰۸ توسط شرکت IBM در شورای روابط خارجی در نیویورک مطرح شد و به‌عنوان کاربرد ICT برای به‌دست‌آوردن، 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. در چنین شرایطی برای بهبود پیچیدگی‌های مدیریت شهری، استفاده از ICT به‌منظور ارزیابی و نیز ساده‌کردن استفاده از منابع شهری و در نهایت دستیابی به توسعه شهری پایدار در تمام جنبه‌های زندگی و مدیریت شهری کاملاً ضروری است. مفهوم شهر هوشمند به طور گسترده‌ای برای روبروشدن با مسائل چالش برانگیزی همچون کمبود منابع، آلودگی‌های زیست‌محیطی، تراکم ترافیک و خطرات پنهان برای سلامتی و ایمنی مورداستفاده قرار می‌گیرد و در مدیریت پسماندهای جامد شهری (MSWM) [2] نیز مفید است. (فاطیما، گویندان و دیگران،۲۰۲۰) [3]

در دنیای امروز، مقدار تولید پسماندهای جامد شهری به‌شدت افزایش‌یافته است و لذا فشار شدیدی بر بخش‌های مدیریت پسماندهای جامد وارد می‌شود. روش دفع مؤثر پسماندهای جامد، به یک مشکل جدی برای شهرها تبدیل شده است. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که شهرهای سراسر جهان، سالانه ۱,۴۷ میلیارد تن پسماند جامد شهری تولید می‌کنند. عملیات جمع‌آوری پسماند، بخش مهمی از مدیریت پسماند جامد شهری (MSWM) را تشکیل می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر با بهبود استانداردهای زندگی و تغییر شیوه مصرف مردم، انواع پسماندها بیشتر و بیشتر تولید می‌شوند. (فاطیما، گویندان و دیگران،۲۰۲۰)

هزینه جمع‌آوری و حمل پسماندهای شهری ۶۰ - ۸۰ ٪ هزینه‌های کل مدیریت پسماندهای جامد شهری (MSMW) را تشکیل می‌دهد. استفاده ناکارآمد از نیروی انسانی و نیز ماشین‌آلات نقش مهمی در صرف این هزینه دارند؛ بنابراین، مدیریت جامع و علمی جمع‌آوری پسماند در کاهش و کنترل هزینه‌ها بسیار مهم است. شرکت‌های بهداشتی جمع‌آوری پسماند، عمدتاً از روش مدیریت پسماند ترکیبی (حمل‌ونقل ترکیبی) استفاده می‌کنند که نه‌تنها مشکلات پسماند و دفع را افزایش می‌دهد، بلکه به طور قابل‌توجهی مواد، نیروی کار و منابع زمین را هدر می‌دهد. (فاطیما، گویندان و دیگران،۲۰۲۰)

در کشورهای توسعه‌یافته، استفاده از ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و اینترنت اشیا (IOT) یک رویکرد نسل جدید برای بهبود مؤثر و کارآمد سیستم مدیریت جهانی پسماند است. ادغام ICT و IOT ، استفاده از سنجش محلی، ادغام داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل اشیا و اقدامات شناختی در حوزه مدیریت پسماند را ممکن می‌کند. با ادغام ICT و IOT ، انباشت پسماند می‌تواند در زمان واقعی ردیابی و نظارت شود تا مدیریت کارآمد و مؤثر پسماند را ممکن سازد و ویژگی‌های پسماندهای انبوه و متنوع را تغییر دهد تا به منبع مواد و انرژی ارزشمندی تبدیل شود. (سابینا کوف، ۲۰۱۹) [4]

1 . Information Communications Technology
2 . Municipal solid waste management
3 . Fatimah, Govindan, Murniningsih, & Setiawan
4 . Kauf, , Subina

مفهوم شهر هوشمند و اینترنت اشیا

ایجاد و توسعه یک شهر هوشمند برای مدیران و ساکنان شهر سودآور است. مدیریت یک شهر هوشمند آسان‌تر است، به‌عنوان‌مثال در یک شهر هوشمند با بهره‌گیری از مشارکت شهروندان از طریق بهبود دسترسی به اطلاعات و توسعه روش‌هایی که از عملیات مؤثر ادارات و خدمات پشتیبانی می‌کنند، فرایندهای مدیریت یک شهر بهبود می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، یک شهر هوشمند هم برای ساکنان شهر و هم برای مدیران شهر یک مکان رویایی برای زندگی است. (شارماو دیگران، ۲۰۲۰) [1]

مفهوم شهر هوشمند را می‌توان از دیدگاه‌های مختلفی که ناشی از توسعه ابعاد شهر است، موردتوجه قرارداد. به دلیل افزایش فرایندهای شهرنشینی و نیز افزایش تعداد ساکنان شهرها، معانی متعددی که باعث مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی در مناطق شهری شده‌اند در حیطه تعریف مفهوم شهر هوشمند قرار می‌گیرند. تکنولوژی‌های هوشمند، امکانات جدیدی را برای جلوگیری از اثرات منفی فرایندهای شهری در اختیار شهرها قرار می‌دهند. بر همین اساس است که شبکه‌های هوشمند انرژی اجازه می‌دهند تا در عین حالی که مصرف انرژی کاهش می‌یابد، انتشار CO_2 نیز کاهش یابد . مفهوم "شهر هوشمند" روزبه‌روز 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 شهر هوشمند، در دسترس قرار می‌دهد: (شارماو دیگران، ۲۰۲۰)

۱ گروهی شهر هوشمند را شهری می‌دانند که با فناوری‌های ICT کار می‌کند .

۲ گروهی شهر هوشمند را به‌عنوان یک پارادایم جدید در توسعه شهری می‌شناسند که در آن سرمایه انسانی و اجتماعی، آموزش و محیط طبیعی دارای نقش کلیدی است.

در ادبیات موضوع شهر هوشمند تعاریفی یافت می‌شود که بر جنبه تکنولوژیکی در مفهوم هوشمندی شهرها تأکید دارند.

سابینا کوف (۲۰۱۹) در مقاله خود شهر هوشمند را این‌گونه تعریف می‌کند:

" شهری پیشرفته و با فناوری بالا که با استفاده از فناوری‌های نوین، مردم، اطلاعات و عناصر شهری را به یکدیگر متصل می‌کند. شهر هوشمند، شهری پایدار، سبزتر، رقابتی، نوآورانه و افزاینده کیفیت زندگی است.

سابینا کوف (۲۰۱۹) در ادامه به نقل از شرکت " آی‌بی‌ام " تعریف شهر هوشمند را این‌گونه ارائه نموده است:

" یک شهر[هوشمند]، یک سیستم به‌هم‌پیوسته از سیستم‌ها است.[یک شهر هوشمند] در کنار پیشرفت به‌عنوان یک ایده، یک کار پویا است.[یک شهر هوشمند] یک سه‌پایه (زیرساخت ، عملیات، مردم) است که برای تبدیل‌شدن به شهری هوشمندتر برای همه، وابسته به پشتیبانی قوی از هر یک از ستون‌های آن است . "

هدف فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) استفاده از فناوری‌های افزاینده اثربخشی برای بهره‌گیری از منابع، ایجاد مکان‌های کاری جدید، افزایش کیفیت زندگی ساکنین شهرها و افزایش نوآوری است. ویژگی بارز شهر هوشمند تبادل هوشمند اطلاعات بین زیرسیستم‌های مختلف در شهر است. این امر به افزایش بهره‌وری و یکسان‌سازی اکوسیستم شهر کمک می‌کند. شهر هوشمند به جستجو و شناسایی راه‌حل‌های هوشمندی مربوط می‌شود که به شهرها اجازه می‌دهد تا کیفیت خدمات ارائه‌شده را افزایش دهند. شهرهای هوشمند نمی‌توانند بدون پشتیبانی لجستیک و راه‌حل‌های هوشمند کار کنند. درعین‌حال، لجستیک هوشمند می‌تواند مفاهیم

1 . Sharma

شهر هوشمند را پشتیبانی کند. در بررسی ادبیات موضوع، لجستیک هوشمند معانی زیادی دارد و در بسیاری از عملیات لجستیک شهر هوشمند (مانند حمل‌ونقل هوشمند، انبار هوشمند، مدیریت سفارشات) از عملیات لجستیکی‌که به شیوه‌ای هوشمندتر برنامه‌ریزی، مدیریت و کنترل می‌شوند، استفاده می‌شود. (شارماو دیگران، ۲۰۲۰)

لجستیک هوشمند به استفاده از هوشمندی در اجرای وظایف لجستیک اشاره دارد. فناوری‌های جدید هوشمندی که به‌عنوان سیستم‌های هوشمند پشتیبانی کامپیوتری شناخته می‌شوند، خودکارسازی کامل فرایندها را میسر می‌کنند. در میان راه‌حل‌های هوشمندسازی که به عملکرد سیستم لجستیک کمک می‌کنند و آن‌ها را هوشمندتر می‌سازند، موارد ذیل وجود دارند (گونزالس، ری یرایونز و دیگران، ۲۰۱۹)[1]:

۱- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)[2]: ترکیبی از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، زیرساخت‌ها و وسایل نقلیه، باهدف بهبود ایمنی، افزایش کارایی فرایندهای حمل‌ونقل و حفاظت از محیط‌زیست طبیعی هستند که استفاده ایمن‌تر، هماهنگ‌تر و هوشمندتر از شبکه حمل‌ونقل را تضمین می‌کنند. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، سیستم‌های لجستیک مستقلی هستند که بدون سرنشین، حرکت مستقل مردم و بار را با کم‌ترین سهم نیروی انسانی تأمین می‌کنند.

۲- اینترنت اشیا (IOT) : اینترنت اشیا جهان را به‌صورت جهانی کاملاً 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 فناوری‌های اینترنت، برنامه‌های هوشمندسازی اجرا می‌شوند.

IOT را می‌توان به‌عنوان 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 به‌عنوان عناصری در سازه‌ها یا وسایل نقلیه وجود دارند و یا در محیط اطراف پراکنده شده‌اند. IOT از طریق تکامل بسیاری از اجزا و مراحل خود پیشرفت کرده است تا به وضعیت فعلی خود رسیده است. مفهوم (IOT) به‌صورت ظرفیت و توانایی‌های اتصالات چندین لایه از ابزارها در یک محیط تعریف می‌شود و به این دلیل تنها منحصر به کامپیوترها نیست . (گونزالس، ری یرایونز و دیگران، ۲۰۱۹)[3]

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 کرده است. استفاده از فناوری اطلاعات در شهرهای هوشمند توسط " بنیاد جهانی جوامع هوشمند " تشویق می‌شود تا نیازهای اقتصاد جهانی را برآورده سازد. هریسون[4] و همکاران در سال ۲۰۱۰ شهر هوشمند را به‌عنوان گذرگاه اتصال زیرساخت‌های فیزیکی، اجتماعی، تجاری و ICT برای ارتقای سطح دانش جامعه توصیف کردند.

ستون‌های یک شهر هوشمند

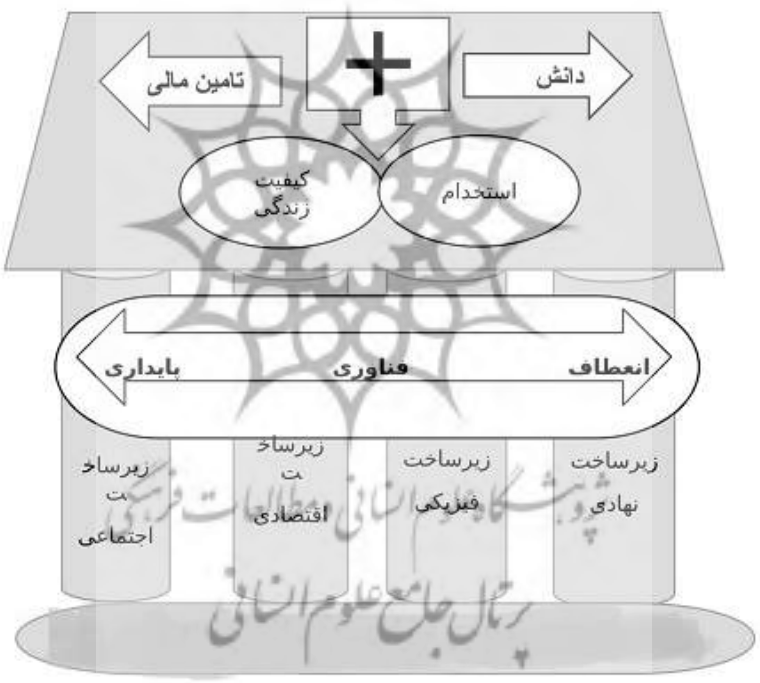
زیرساخت‌های نهادی (سازمان‌های خصوصی و دولتی)، زیرساخت‌های فیزیکی، زیرساخت‌های اجتماعی و زیرساخت‌های اقتصادی به‌عنوان چهارستون یا چهار مضمون در یک شهر هوشمند معرفی شده‌اند. چهارستون یک شهر هوشمند در شکل (۱) نشان‌داده‌شده

[1] - González-Briones
[2] - Intelligent transportation systems
[3] - González-Briones
[4] -Harrison

است. اداره شهرهای هوشمند ، وابسته به زیرساخت‌های نهادی است و با مشارکت در تصمیم‌گیری، خدمات عمومی و اجتماعی، حاکمیت شفاف، راهبردها و چشم‌اندازهای سیاسی مرتبط است . (کومار، سینگ و دیگران، ۲۰۱۸) [1]

هوشمندی شهرها نقش مهمی در هماهنگی بین شهروندان و سازمان‌های اداری دارد و از این طریق به مشارکت شهروندان در امور شهر کمک می‌کند. نهادها در واقع نقش پل ارتباطی میان تصمیم‌گیران، سیاست‌گذاران و مدیران شهر را با ساکنین شهرها ایفا می‌کنند و از طریق آنها و جلب مشارکت ساکنین شهرها در مدیریت و فرایندهای نوین، برنامه‌های نوآورانه و نوین قابلیت اجرایی بیشتری خواهند یافت.

ستون زیرساخت‌های فیزیکی، استمرار منابع برای پایداری فرایندهای شهری را در حال و آینده تضمین می‌کند . (گونزالس، ری یرایونز و دیگران، ۲۰۱۹) [2]. کیفیت زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، عملکرد یک شهر هوشمند را افزایش می‌دهد. علاوه بر زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات، کیفیت و دردسترس‌بودن شبکه اشیا هوشمند از اهمیت مشابهی در تحقق شهرهای هوشمند برخوردار است. زیرساخت‌های فیزیکی بیشتر به ساختمان‌های سبز، برنامه‌ریزی شهری سبز، نوسازی ساختمان‌ها و امکانات و انرژی هوشمند اشاره دارند . (کومار، سینگ و دیگران، ۲۰۱۸) .



شکل ۱: ستون‌های یک شهر هوشمند

زیرساخت‌های اجتماعی یک شهر هوشمند متشکل از سرمایه‌های انسانی، سرمایه‌های فکری و کیفیت زندگی است. آگاهی، مسئولیت و تعهد شهروندان نقشی اساسی در مقبولیت مفهوم و کارکرد شهرهای هوشمند دارند و لذا زیرساخت‌های اجتماعی برای ارتقا، پیشرفت و نیز پایداری یک شهر هوشمند بسیار اهمیت دارند و بدون آگاهی اجتماعی، پایداری در یک شهر هوشمند عملاً تداوم نمی‌یابد. زیرساخت اقتصادی شهر هوشمند یا اقتصاد هوشمند نیز متناسب با بهره‌گیری از فرایندهای دیجیتالی روز جهان در اقتصاد شهر هوشمند تعریف می‌گردد. بهره‌گیری از برترین و کارآمدترین روش‌های تجارت و کسب‌وکار الکترونیکی باهدف افزایش بهره‌وری

1 . Kumar, Singh, Gupta, & Madaan
2 . González-Briones

در مدیریت شهرها را "اقتصاد هوشمند " می‌نامند. اقتصاد هوشمند، نوآوری‌های جدید در فناوری اطلاعات و ارتباطات، تولید و ارائه خدمات مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات و ادغام فناوری‌های پیشرفته را در برمی‌گیرد و موجب افزایش قابلیت اطمینان و بهبود عملکرد مدیریت اقتصادی شهرها می‌گردد. علی‌رغم مزیت‌های بی‌شمار ایجاد شهرهای هوشمند، بسیاری از پروژه‌های استقرار شهر هوشمند با چالش‌های فراوانی از جمله نیاز به بهره‌گیری از تکنولوژی‌های خاص و نیز اختلاف در تفسیر مفاهیم روش‌های استقرار شهر هوشمند مواجه هستند. ازجمله این چالش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱- چالش‌های مرتبط با سیاست‌گذاری‌ها و قوانین موردنیاز

۲- چالش ساختارها و زیرساخت‌های موجود و موردنیاز حمل‌ونقل و انرژی

۳- چالش‌های مربوط به امنیت شبکه

۴- چالش‌های فناوری یا میزان موردنیاز پوشش عملکردها و نیز ظرفیت عملی و اجرایی.

۵- چالش منابع مالی موردنیاز و نیز سودآوری و منافع مالی پروژه شهرهای هوشمند

۶- چالش عدم رغبت شهروندان به همکاری با پروژه‌های شهر هوشمند به دلیل عدم آشنایی با مزایا و فوائد آن

کاربرد اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری

ارزش داده‌ها خصوصاً در یک دهه اخیر به طور شگفت‌آوری افزایش‌یافته است . تا کم‌تر از یک دهه پیش، به نظر می‌رسید که ذخیره داده‌ها کاری عبث و بعضاً هزینه سازی است که کفایت لازم برای پیشبرد فرایندها و یا پیش‌بینی آنها را ندارد. پیشرفت‌های حاصل شده در دهه اخیر در محاسبات و تجزیه‌وتحلیل، عملاً داده‌ها را به یکی از منابع اصلی برای کار دانشمندان تبدیل کرده است. تحلیل‌گران داده‌ها و اطلاعات، با استفاده از تکنیک‌های سنتی و نیز هوش مصنوعی در بسیاری از موارد اطلاعات ارزشمندی را استخراج می‌کنند که پیش از آن غیرقابل‌تصور بود. یکی از منابع اصلی تولید داده که می‌تواند منجر به مزایای فراوانی شود، شهرها و افراد ذی‌نفع این داده‌ها، مردم ساکن شهرها هستند. باتوجه‌به 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 حمل‌ونقل عمومی، خدمات یا مدیریت عمومی تنها نمونه‌هایی از بخش‌هایی هستند که می‌توانند تا حد زیادی از تجزیه‌وتحلیل اطلاعات ایجاد شده در یک شهر بهره منع گردند .

در چند سال گذشته، از طریق برنامه‌های کاربردی مختلف، مطالعات مختلفی برای ایجاد پلتفرم‌های سازگار با بازیابی داده‌های شهری، پردازش داده‌ها و قراردادن اطلاعات در دسترس شهروندان انجام شده است. برخی مثال‌های شناخته‌شده، پلتفرم‌هایی هستند که در شهرهایی مانند بارسلونا بکار گرفته شدند. (Bakıcı, et al. ، ۲۰۱۳) بااین‌حال، هنوز هیچ استانداردی وجود ندارد که به‌عنوان مدلی برای پیاده‌سازی پلتفرم شهر هوشمند بکار گرفته شود و یک شهر را طبق الگوی مذکور به شهر هوشمند تبدیل کرد.(موهانتی و دیگران، ۲۰۱۶) [1]

یکی از این فعالیت‌های مفید، تشویق کاربران یک شهر به بازیافت پسماند است و لذا ضرورت دارد که راه‌حل‌هایی برای مسئله بازیافت و آنچه که باید با پسماند انجام شود، به کار گرفته شود. اکثریت‌قریب‌به‌اتفاق کشورهای اروپایی اقداماتی را برای بازیافت پسماندها و ضایعات اتخاذ کرده‌اند. ایجاد کارخانه‌های بازیافت و تصفیه پسماند شهری برای مدیریت پسماندهای تولید شده در شهرها از جمله این اقدامات است، بااین‌حال، برای اینکه این طرح‌ها بتوانند به وظیفه بازیافت کمک کنند، لازم است که یک شبکه جمع‌آوری پسماند نیز ایجاد شود. برخی کشورها یک سری ظروف یا مخازن رنگی جمع‌آوری تفکیکی پسماند در خیابان‌ها و معابر نصب کرده‌اند که در آن

1 . Mohanty

شهروندان یا کاربران پسماندها را باتوجه‌به نوع آنها در مخازن جمع‌آوری پسماند قرار می‌دهند. در برخی دیگر از کشورها نیز سیستم جمع‌آوری مواد اولیه برای صنعت بازیافت بعضاً در سوپرمارکت‌هایی استقرار دارند که در آن‌ها مصرف‌کنندگان مجاز به تحویل مجموعه‌ای از ضایعات و ظروف بسته‌بندی برای انجام فرایندهای بازیافت آنها هستند. (موهانتی و دیگران، ۲۰۱۶)

یکی از معایب اصلی سیستم‌های جمع‌آوری پسماندهای تفکیکی و بازیافت آنها این است که بازیافت پسماند اغلب به‌صورت داوطلبانه یا دوستانه انجام می‌شود، بنابراین توسعه مکانیزم‌هایی که بازیافت را تشویق کند تا شهرهای ما را به شهرهای هوشمند تبدیل کند، بسیار مفید و کارآمد خواهند بود. یکی از این مکانیزم‌ها می‌تواند یک ماژول از یک پلتفرم شهر هوشمند و یا یک پلتفرم خوداتکا باشد که 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 می‌شود که تمام فرایندهایی که برای بکار گرفتن پلتفرم اینترنت اشیا (IOT) در جمع‌آوری و بازیافت هوشمند پسماندهای شهری موردنیاز است را بیان می‌دارد. یک پلتفرم می‌تواند از طریق استفاده از الگوریتم " گیمیفیکیشن " تلفن همراه، کاربران یا شهروندان را به شرکت در تفکیک پسماندهای شهری و به‌تبع آن بازیافت آنها تشویق نماید. ارتباط با برنامه کاربردی تلفن همراه، شهروندان و کاربران را با مدیران ذی‌ربط جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای شهری در یک ارتباط دوطرفه قرار می‌دهد که به پیشبرد اهداف بازیافت پسماندهای شهری کمک می‌کند .

معماری سامانه مدیریت هوشمند پسماندهای شهری

در لایه‌های مختلف معماری شبکه، سیستم‌ها اغلب بر اساس یک الگو یا مدل مرجع ساخته می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر الگوی مرجع در ساخت شبکه، درواقع یک چهارچوب تکنولوژیک و نیز مفهومی است که روش و ابزار تولید داده‌ها، مسیر انتقال داده‌ها و نیز ترتیب انتقال داده بین لایه‌های مختلف شبکه در آن تعیین گردیده است. معروف‌ترین مدل یا الگوی معماری ساخت شبکه، اتصال متقابل سامانه‌های باز (OSI)[1] است که در آن ۷ لایه در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از:

۱) لایه‌ی فیزیکی ۲) لایه‌ی پیوند داده ۳) لایه‌ی شبکه ۴) لایه‌ی انتقال ۵) لایه‌ی جلسه ۶) لایه‌ی نمایش ۷) لایه‌ی کاربرد

شبکه اینترنت اشیا نیز با مدلی چندلایه ساخته می‌شود. برخی از مدل هفت‌لایه OSI برای ساخت شبکه اینترنت اشیا استفاده می‌کنند و سایرین ممکن است از مدل‌های ذیل استفاده نمایند:

مدل سه‌لایه : ادراک ، شبکه ، کاربرد

مدل چهارلایه : ادراک ، پشتیبانی ، شبکه، کاربرد

مدل پنج‌لایه : ادراک ، انتقال، پردازش، کاربرد، کسب‌وکار (لایه فیزیکی)

پیوند داده‌ها، شبکه، انتقال و کاربرد پروتکل‌های مورداستفاده به طور معمول بر اساس تعداد لایه‌های شبکه متفاوت خواهند بود. به‌عنوان‌مثال یک شبکه IoT می‌تواند چند پروتکل را بکار گیرد که هر پروتکل می‌تواند امکانات ارتباطی میان‌لایه‌های مختلف شبکه را میسر کند و یا با سایر پروتکل‌ها در جهت ایجاد امنیت و یا انتقال داده‌ها ارتباط برقرار نماید. به‌عنوان‌مثال، بلوتوث و وایرلس، برقراری ارتباط در لایه پایینی شبکه را میسر می‌کنند و پروتکل DDS [2] (سرویس توزیع داده‌ها) و پروتکل MQTT[3] در لایه کاربرد بکار گرفته می‌شوند. شکل ۲ طرح شماتیک یک پروژه ۳ لایه اینترنت اشیا را نشان می‌دهد برای استانداردسازی

1 . Interconnection of open systems
2 . Data Distribution Service
3 . Message Queue Telemetry Transport

معماری اینترنت اشیا، نیاز به پشتیبانی از یک مدل معماری مرجع بسیار مهم است. بسیاری از مدل‌های پروژه بر روی یک معماری معمولی مبتنی بر تجزیه‌وتحلیل نیازها یا بر روی برخی لایه‌ها متمرکز شده‌اند که الگوی اساسی معماری مرجع را تشکیل می‌دهند. حتی با یک معماری انعطاف‌پذیر، هنوز هم چالش‌های مربوطه بخصوص امنیت و حریم خصوصی وجود خواهند داشت؛ بنابراین، برای غلبه بر این چالش‌ها، معماری‌های جدید استاندارد می‌بایست با تمرکز بر روی سیستم‌های کیفیت خدمات، فاکتورهای مهمی مانند، پایداری، یکپارچگی داده‌ها، محرمانه بودن و قابلیت اطمینان را تقویت کند. کیفیت خدمات (QoS)[1]، به هر فناوری اطلاق می‌شود که ترافیک داده را برای کاهش ازدست‌دادن بسته‌ها، تأخیر و نوسان در شبکه مدیریت می‌کند. QoS با تعیین اولویت برای انواع خاصی از داده‌ها، منابع شبکه را کنترل و مدیریت می‌کند.

شکل ۲: لایه‌های یک شبکه اینترنت اشیا ۳ لایه‌ای برای جمع‌آوری پسماندهای شهری

1 . Quality of service

پروتکل‌های اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری

پروتکل‌های اینترنت اشیا [1] بخش مهمی از تکنولوژی اینترنت اشیا هستند و بدون وجود آنها هیچ‌یک از سخت‌افزارهای لایه‌های مختلف اینترنت اشیا کار نخواهند کرد؛ زیرا در واقع این *پروتکل‌های* IoT هستند که سخت‌افزارهای لایه‌های مختلف اینترنت اشیا را قادر می‌سازند تا داده‌ها را به شیوه‌ای ساختارمند و هدف‌مند تبادل نمایند. در واقع این تبادل داده و اطلاعات بین سنسورها، دستگاه‌ها، گیت‌ها، سرورها و برنامه‌های کاربردی کاربر (اپلیکیشن‌ها) هستند که ماهیتی را با عنوان " اینترنت اشیا " خلق می‌کنند. *پروتکل اینترنت اشیا* در واقع زبان مشترکی است که تمامی سنسورها، گیت‌ها و دستگاه‌ها و... در ساختار اینترنت اشیا برای تبادل اطلاعات و برقراری ارتباط از آن استفاده می‌نمایند. در جهان، مؤسسات و شرکت‌های بسیاری برای تدوین چنین پروتکل‌ها و استانداردهایی تلاش کرده‌اند که ازجمله آنها می‌توان مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک، کمیته‌های فعال مهندسی در حوزه اینترنت و مؤسسه استاندارد ارتباط از راه دور اروپا را برشمرد. برای مدیریت پسماند مبتنی بر اینترنت اشیا، به فراخور نیاز شبکه می‌توان از هریک از استانداردهای موجود استفاده کرد؛ ولی لزوماً نیاز به کاربرد همه آنها در شبکه اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری وجود ندارد. به‌عبارت‌دیگر هر یک از پروتکل‌ها طراحی شده دارای قابلیت‌ها یا ترکیبی خاص از ویژگی‌ها هستند که آنها را قادر می‌سازد در یک فعالیت ویژه کاربردی برای ایجاد شبکه‌های اینترنت اشیا، کارآمدی بیشتری نسبت به پروتکل‌های مشابه دیگر از خود بروز دهند. به‌عبارت‌دیگر، هر یک از پروتکل‌های مطرح اینترنت اشیا، بین دستگاه با دستگاه، دستگاه با گیت یا دروازه، دستگاه با ابر یا مرکز داده (سرور)، مرکز داده با مرکز داده و یا تلفیقی منطقی از ارتباطات میان دستگاه‌ها را به‌صورت یک نوع ارتباط ویژه ممکن می‌سازد. عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، موقعیت مکانی، نوع انرژی مصرفی، ضرورت استفاده از باتری، وضعیت توپوگرافی منطقه‌ای که پروژه اینترنت اشیا در آن اجرا می‌شود و نیز مجموع هزینه‌های استقرار اینترنت اشیا در پروژه موردنظر از جمله عوامل اصلی و کلیدی در انتخاب نوع پروتکل اینترنت اشیا هستند. پروتکل‌های مطرح برای ایجاد شبکه‌های اینترنت اشیا به شرح ذیل هستند . (پروتکل‌های اینترنت اشیا، ۲۰۲۲) [2] :

پروتکل ۱) برنامه‌های محدود شده (COAP) [3]

پروتکل برنامه‌های محدود 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) [4]

یک پروتکل پیام‌رسان سبک‌وزن 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 تأیید ناشران و مشترکان است.

1 . IoT Protocols
2 . Internet of Things Protocls, 2022
3 . Constrained Application Protocol
4 . Message Queuing Telemetry Transport

پروتکل ۳) وای‌فای (WIFI)[1]

پروتکل وای‌فای یک اتصال اینترنت فراهم می‌کند تا دستگاه‌های نزدیک به آن که در محدوده‌ی خاصی قرار دارند، متصل شوند. راه دیگر برای استفاده از " وای‌فای "[2] ایجاد یک نقطه اتصال یا " هات اسپات " [3] وای‌فای است ؛ یعنی تلفن‌ها یا کامپیوترها می‌توانند با پخش یک سیگنال، اتصال اینترنت بی‌سیم یا سیمی را با دستگاه‌های دیگر به اشتراک بگذارند.

پروتکل ٤) زیگبی [4]

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...فراهم کرده است. استاندارد زیگبی یک پروتکل نسبتاً ساده و مقاوم در برابر خطاهای ارتباطی و خوانش‌های غیرمجاز و پروتکل تبادل داده‌های بسته است که اغلب در دستگاه‌هایی با نیازهای کم، مانند میکروکنترلرها، سنسورها و غیره قرار بکار برده می‌شود.

پروتکل ٥) بلوتوث[5]

تکنولوژی بلوتوث یک استاندارد باز است که در مشخصه‌ی (IEEE)[6] 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 ٦) پیام‌رسانی و حضور گسترش‌پذیر (XMPP)[7]

این پروتکل امکان تبادل فوری داده‌های ساختاریافته اما قابل‌توسعه بین دو یا چند مشتری شبکه را فراهم می‌کند. از آغاز به طور گسترده‌ای به‌عنوان یک پروتکل ارتباطی مورداستفاده قرار گرفته است. باگذشت زمان و ظهور مشخصات سبک‌وزن XMPP، یعنی XMPP-IoT ، در زمینه‌ی اینترنت اشیا نیز مورداستفاده قرار گرفت.

پروتکل ۷) سرویس توزیع داده‌ها (DDS)[8]

پروتکل DDS برای ارتباطات فوری ماشین به ماشین که توسط گروه مدیریت شیء OMG)[9] طراحی شد، تبادل داده‌های مقیاس‌پذیر، قابل‌اعتماد، با کارایی بالا و قابل‌تعامل 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 .

1 . Wireless Fidelity(WIFI)
2 . WiFi
3 . Hotspot
4 . ZigBee
5 . Bluetooth
6 . Institute of Electrical and Electronic Engineers
7 . Extensible Messaging Presence Protocol
8 . Data-Distribution Service
9 . Object management group

معماری پروتکل DDS مبتنی بر لایه‌ی انتشار-اشتراک داده‌محوری (DCPS)[1] ولایه‌ی (اختیاری) بازسازی محلی داده DLRL[2] است. درحالی‌که لایه‌ی DCPS مسئول توزیع داده آگاهانه، قابل مقیاس و کارآمد برای مشترکین است، DLRL رابطی برای عملکردهای DCPS ارائه می‌دهد که امکان انتقال داده‌ها بین اشیا متصل به اینترنت اشیا را فراهم می‌کند. اگرچه DDS یک راه‌حل معمول برای اینترنت اشیاء نیست؛ اما کاربرد خود را در برخی استفاده‌های صنعتی اینترنت اشیا مانند کنترل ترافیک هوایی، مدیریت شبکه‌ی هوشمند، اتومبیل‌های مستقل، سیستم‌های حمل‌ونقل، روباتیک، تولید برق و خدمات مراقبت بهداشتی، دارد. روی‌هم‌رفته، پروتکل DDS می‌تواند برای مدیریت تبادل اطلاعات بین دستگاه‌های سبک‌وزن و ارتباط داخلی شبکه‌های حسگر بزرگ با کارایی بالا مناسب باشد. این پروتکل IoT بعلاوه می‌تواند داده‌ها را از فضای ابری ارسال و دریافت کند.

پروتکل ۸) پیشرفته‌ی صف‌بندی پیام (AMQP)[3]

این پروتکل ویژگی‌هایی مانند جهت‌گیری پیام، صف‌بندی، مسیریابی (از جمله سرتاسری و انتشار/اشتراک)، قابلیت اطمینان و امنیت را ارائه می‌دهد. احتمالاً 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. ازآنجایی‌که AMQP سنگین است برای دستگاه‌های حسگر با حافظه، توان یا پهنای باند شبکه محدود مناسب نیست؛ اما برای موارد خاصی از IoT می‌تواند تنها پروتکل قابل‌اجرا برای کاربردهای سرتاسری باشد. از جمله مثال‌هایی مانند ماشین‌های صنعتی سنگین.

پروتکل ۹) موج ضعیف ماشین به ماشین[4] (LwM2M)

آنچه LwM2M را از دیگر پروتکل‌های اینترنت اشیا متمایز می‌سازد این است که این استاندارد به طور ویژه برای برآورده‌ساختن الزامات مدیریت جامع دستگاه‌های دارای محدودیت منابع طراحی شده است LwM2M .در سال ۲۰۱۴ توسط اوپن موبایل آلیانس[5] راه‌اندازی شد و یک استاندارد کاملاً مناسب و تعریف‌شده برای ارتباطات داده‌های اینترنت اشیا و مدیریت دستگاه ارائه می‌دهد.

پروتکل ۱۰) شبکه سلولی[6]

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 موردنیاز است. اگرچه استانداردهای سلولی قدیمی ۲ Gو ۳ G امروزه در حال حذف‌شدن هستند؛ اما شرکت‌های مخابراتی به‌سرعت در حال گسترش استانداردهای جدیدتر و سریع‌تر مانند ۴ G/LTEو ۵ G هستند. شبکه سلولی پهنای باند بالا و ارتباط قابل‌اطمینان را ارائه می‌دهد و قادر است مقادیر بالایی از داده‌ها را ارسال کند که برای بسیاری از کاربردهای IoT مهم است. بااین‌حال، این ویژگی‌ها با هزینه‌ای همراه هستند که شامل قیمت بالاتر و مصرف بالاتر انرژی نسبت به سایر گزینه‌ها می‌شود.

1 . Data-centric publishing-sharing layer
2 . Local data reconstruction layer
3 . Advanced Message Queuing Protocol
4 . Light weight M2M
5 . Open Mobile Alliance
6 . Cellular

پروتکل ۱۱) لورا ون و لورا [1]

لورا یک تکنولوژی بی‌سیم غیر سلولی برای بردهای طولانی است که همان‌طور که از نام آن مشخص است، یک ارتباط دوربُرد ارائه می‌دهد. این پروتکل کم‌مصرف 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 [2]محسوب می‌شود . لورا ون [3] .نیز به دنبال لورا طراحی شده و به‌عنوان یک پروتکل باز، مبتنی برابر به دستگاه‌ها امکان می‌دهد با لورا ارتباط برقرار کنند.

پروتکل ۱۲) پروتکل Z-Wave

یکی دیگر از گزینه‌های اختصاصی در پروتکل اینترنت اشیا، پروتکلZ-Wave است ؛ یک پروتکل ارتباطی شبکه‌ی بی‌سیم که بر اساس فناوری فرکانس رادیویی کم‌مصرف 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 معمولاً برای محصولات هوشمندسازی خانگی و سیستم‌های امنیتی و همین‌طور در کاربردهای تجاری مانند تکنولوژی‌های مدیریت انرژی، استفاده می‌شود.

پروتکل ۱۳) پروتکل RPL [4]**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 (IETF) [5]برای اینترنت اشیا استانداردسازی شده است .پروتکل RPL از پروتکل‌های مسیریابی در اینترنت اشیا، یک توپولوژی درخت‌مانند را شکل می‌دهد که مبتنی بر فرایند بهینه‌سازی متفاوتی به نام تابع هدف (OF) [6]است. در بیشتر موارد اینترنت اشیا باید با دستگاه‌های کم‌توان و شبکه‌های پراتلاف کار کند، بنابراین، منبع توان محدود، طول عمر شبکه و قابل‌اطمینان بودن شبکه .محدودیت‌های اصلی RPL هستند .

پروتکل‌های اینترنت اشیا را می‌توان بر اساس نقش آنها در یک شبکه اینترنت اشیا نیز گروه‌بندی یا طبقه‌بندی کرد. به‌عنوان‌مثال می‌توان پروتکل‌ها را در گروه‌های " پروتکل‌های زیرساخت‌های اتصال، پروتکل‌های ارتباطات، پروتکل‌های انتقال داده، پروتکل‌های امنیتی اینترنت اشیاء و پروتکل‌های مدیریت دستگاه و تله‌متری " گروه‌بندی کرد.

پیشنهاد سامانه‌ای برای مدیریت هوشمند پسماندهای شهری

در این مقاله، مبتنی بر بکار گیری پروتکل‌های ذی‌ربط در ایجاد شبکه اینترنت اشیا، طراحی و ساخت یک سامانه جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای شهری پیشنهاد گردیده است. این سامانه شامل مخازن یا سطل‌های پسماند هوشمند تفکیکی است که دارای سنسورهای ویژه نشان‌دهنده مقدار پسماند موجود در مخازن است و داده‌های تولیدی سنسورها از طریق اینترنت و با بکار گیری پروتکل‌های طراحی شبکه‌های اینترنت اشیا، به سرورها منتقل می‌گردد.

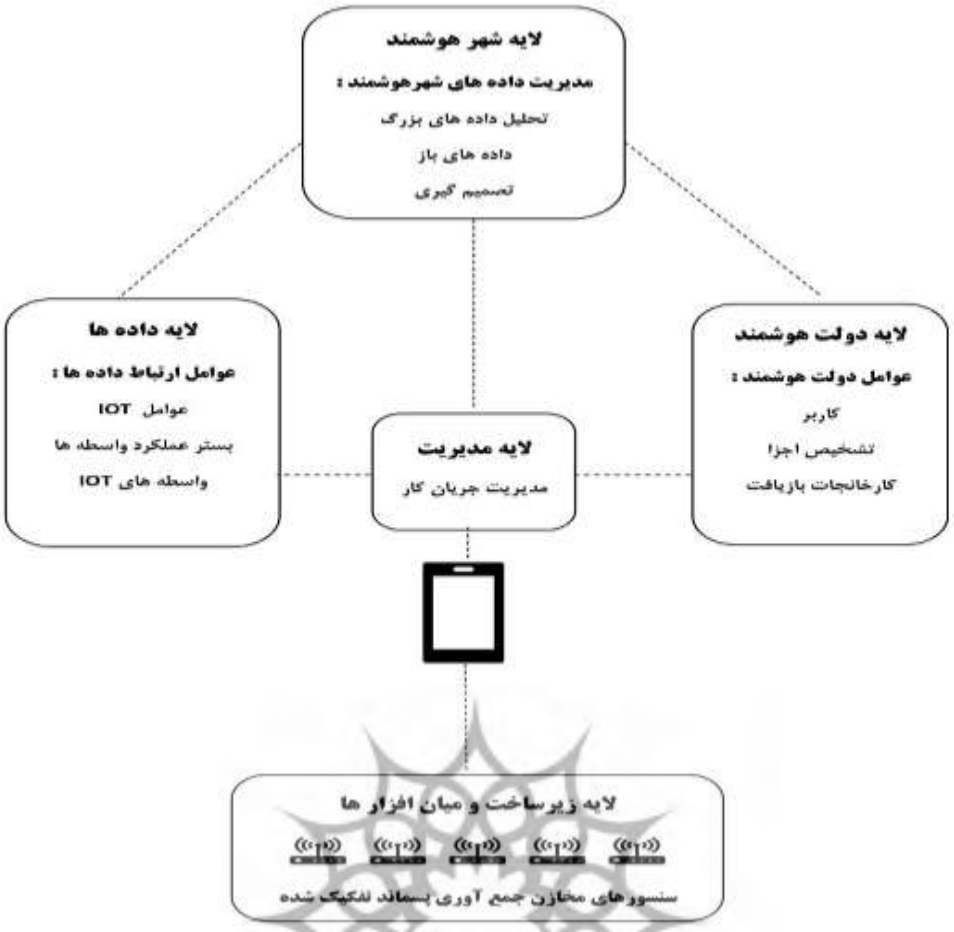
1 . LORA : Long Range
2 . Semtech
3 . LoRaWAN
4 . Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks
5 . Internet Engineering Task Force
6 . Objective Function

پس از انتقال داده‌های مخازن پسماند تفکیکی مستقر در مناطق مختلف مسکونی شهر به سرورها، داده‌های دریافت شده به کمک نرم‌افزارهای طراحی شده و نیز توانایی‌های تعیین شده برای اپلیکیشن اندروید ذی‌ربط درگوشی‌های تلفن‌های همراه کاربران (شهروندان)، آنالیز و تحلیل می‌شود در نهایت مخازن پسماند ی که می بایست در فرآیند اجرای بهینه سازی هزینه‌های جمع‌آوری و حمل پسماندهای تفکیکی تخلیه شوند، معین و به‌صورت روزانه محتویات آنها به مراکز هاب تخصصی ویژه هر نوع پسماند انتقال می‌یابد. در این فرآیند، عملیات مسیریابی نیز با لحاظ اهداف کمترین فاصله و کمترین مدت حمل برای تخلیه مخازن پسماند معین شده انجام می‌شود و لذا کارگران ویژه جمع‌آوری و حمل پسماند، برای دستیابی سیستم به بهینه سازی هزینه‌های جمع‌آوری و حمل و بازیافت پسماندهای شهری به‌صورت روزانه و بر اساس شرایط روز، مسیرحرکت ماشین جمع‌آوری پسماند را از طریق اتصال به شبکه اینترنت اشیاء طراحی شده دریافت می نمایند. انتخاب بهینه مخازن پسماند برای جمع‌آوری باتوجه‌به قواعد تعریف شده اقتصادی، موجب کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و در نتیجه بهبود کارآیی شبکه جمع‌آوری پسماندهای شهری خواهد شد.

این مقاله برای جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای شهری، طراحی و ساخت یک سامانه شبکه اینترنت اشیا با معماری ۵ لایه را پیشنهاد می‌کند. لایه‌های سامانه پیشنهادی به شرح ذیل خواهند بود :

لایه برنامه و مدیریت کسب‌وکار: لایه برنامه و مدیریت کسب‌وکار 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 به‌روزرسانی می‌کند و جریمه‌ها و جوایز کاربر یا شهروند را به وی نشان می‌دهد . (این جرایم یا پاداش‌ها همان جوایز یا جریمه‌هایی هستند که از طریق لایه هوشمند دولت (شهرداری) به شهروند یا کاربر ذی‌ربط تخصیص‌یافته است). لایه برنامه و مدیریت کسب‌وکار، متشکل از حداقل یک عامل اجرایی است که مسئول استقرار و راه‌اندازی اجزای اصلی در سایر لایه‌ها است. ارتباط مدیر کسب‌وکار با کاربران (شهروندان) از طریق اپلیکیشن یا برنامه‌های نرم‌افزاری ذی‌ربط انجام می‌شود. بروز رسانی مداوم برنامه‌های اجرایی و اپلیکیشن‌ها از جمله وظایف لایه مدیریت کسب‌وکار است. علاوه بر این "مدیریت جامع" سامانه اینترنت اشیا شامل استفاده از برنامه‌های مربوط به تولید اطلاعات (مانند تولید گزارش حاصل از آنالیز داده‌های دریافتی از سایر لایه‌ها)، تولید نمودارها و موارد مشابه از جمله وظایف لایه مدیریت کسب‌وکار است.

پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳: یک شبکه اینترنت اشیا ۵ لایه‌ای برای جمع‌آوری پسماندهای شهری

لایه زیر ساخت شهر هوشمند: عوامل این لایه، اطلاعات را از ساختارهای داده‌ای لایه مدیریت کسب‌وکار دریافت می‌کنند. این لایه در صورت لزوم، وضعیت مخازن پسماند را برای تصمیم‌گیری بررسی می‌کند. عوامل موتور کلان‌داده، داده‌های دریافت‌شده توسط " پردازش رویداد پیچیده " را برای تشخیص الگوی آنها تجزیه‌وتحلیل می‌کنند. این معماری برای به‌دست‌آوردن داده‌های مرتبط برای تجزیه‌وتحلیل، دارای یک عامل " داده باز " است (مانند داده هواشناسی). در واقع، اجزای لایه زیر ساخت شهر هوشمند، به‌عنوان میان‌افزار، بین کاربران و سیستم چندعاملی 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 به‌طورکلی حجم اشغال شده مخزن پسماند و...) . این ابزار میان‌افزار با استفاده از LPWAN[1] ، داده‌ها را به عوامل لایه داده ارسال می‌کنند. فناوری LPWAN به دستگاه‌های IoT اجازه می‌دهد تا با یک‌بار شارژ کامل باتری، تا سقف ۱ سال با اطمینان کامل کار کنند .این فناوری، برای راهکارهایی با محدودیت جابه‌جایی که فاقد منبع قدرت قابل‌اطمینان برای شارژ مجدد هستند بسیار ایدئال است.

فناوری‌های LPWAN برای استفاده در دستگاه‌های اندازه‌گیری، زیرساخت‌های شهر هوشمند، مسیریابی، ردیابی، کشاورزی هوشمند و برنامه‌های کاربردی در ساختمان‌های هوشمند ایدئال هستند. به دلیل اینکه شبکه‌های LPWAN باقدرت و پهنای

1 . low-power wide-area network

باند بیشتر و در یک منطقه بزرگ‌تر کار می‌کنند، به زیرساخت‌ها و سخت‌افزار کمتری نیاز دارند و لذا این مزیت به افزایش راندمان کاری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند . (ال پی وان ۲۰۲۲) [1]

لایه ارتباطی شبکه: لایه ارتباطی شبکه، وظیفه انتقال داده‌های اندازه‌گیری شده در لایه زیر ساخت یا ادراک را به لایه پردازش شبکه بر عهده دارد. در سامانه‌های پردازش، فناوری‌های GSM [2]، Z-wire ، ZigBee وجود دارند .

لایه تولید اطلاعات: در این لایه، اشیا یا دستگاه‌های بکار رفته در معماری شبکه اینترنت اشیا، از فعالیت یا به‌کارگیری زیرساخت‌های شهر هوشمند، اطلاعات ضروری و لازم را تولید می‌کنند. در معماری شبکه‌های اینترنت اشیا، لایه تولید داده یا لایه درک و شناسایی، با سطوح و کیفیت‌های متفاوت سخت‌افزاری طراحی و اجرا می‌شوند . وظیفه دریافت داده‌های فیزیکی، پردازش و انتقال امن آنها به لایه‌های دیگر در شبکه اینترنت اشیا، بر عهده لایه تولید اطلاعات است. این لایه با بکار گیری فناوری‌های روز، داده‌های موردنیاز در مورد عملکرد مخازن پسماند تفکیکی نظیر وزن، سطح پرشدگی، دما، رطوبت و محل استقرار مخازن پسماند تفکیکی را تولید و به سایر لایه‌ها ارائه می‌دهد.

لایه دولت هوشمند: این لایه، نتایج به‌دست‌آمده برای جمع‌آوری پسماند از مخازن پسماند توسط لایه شهر هوشمند را در یک منطقه خاص مدیریت می‌کند. اگر ظرفیت کامیون‌های حمل پسماندهای تفکیکی تا اندازه موردنیاز یا برآورد شده تکمیل نگردد، وظیفه لایه دولت هوشمند (شهرداری)، ترغیب کاربران یا شهروندان برای پیوستن به تفکیک پسماندها و انتقال آنها به مخازن پسماند تفکیکی است و این وظیفه را از طریق برنامه‌ریزی پرداخت پاداش به شهروندان (کاربران)، جریمه‌کردن شهروندان و نیز ایجاد تغییر در قیمت خرید پسماندهای تفکیک شده توسط شهروندان (کاربران) انجام می‌دهد .

شکل ۴: یک نمونه اپلیکیشن اندروید برای تحویل و مدیریت مقدار پسماند متعلق به کاربر

[1] - LPWAN, 2022
[2] - Group Special Mobile

موانع کاربرد اینترنت اشیا در مدیریت پسماندهای شهری

در سال‌های اخیر، خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه مانند هند، به دلیل افزایش تولید پسماند، لزوم دفع اصولی پسماند و [انتخاب] محل‌های دفن پسماند ، مدیریت کارآمد پسماند، یک نگرانی اصلی در جهان است . هر شهر یک اکوسیستم انسانی بزرگ و دائمی است که خدمات و فرصت‌های زیادی را برای شهروندان خود فراهم می‌کند .شهرنشینی سریع و افزایش جمعیت، فشار زیادی را بر زیرساخت‌های شهری و ارائه خدمات وارد کرده است . شهرنشینی کنونی ، نیازمند استراتژی‌های قوی و برنامه‌ریزی نوآورانه برای مدرن کردن زندگی شهری است .بسیاری از شهرها با دیجیتالی‌شدن، هوشمند شدن و هوشمندتر شدن، کیفیت و عملکرد خدمات شهری را افزایش می‌دهند . سیاست‌گذاران و مقامات شهری ، در حال بررسی راه‌حل‌هایی برای ارائه خدمات جدید به شیوه‌ای کارآمد، پاسخگو و پایدار برای جمعیت بزرگ در شهرها هستند . در کشور هند ایده‌های مربوط به هوشمندسازی خدمات از طریق یک فرایند آنلاین بنام " جمع‌سپاری خلاقانه تأیید شده همتا " جمع‌آوری می‌شوند و به‌وسیله یک تحلیل محتوای متعارف کیفی و جهت‌دار، ایده‌های جمع‌آوری‌شده مورد تحلیل، انتخاب و استفاده قرار می‌گیرند. (شارماو دیگران، ۲۰۲۰)

مانو شارما و سادهان شو جوشی و همکاران (۲۰۲۰) 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 داده‌اند و به نتایج جالبی در مورد شناسایی موانع کاربرد اینترنت اشیا در کشورهای درحال‌توسعه دست‌یافته‌اند. آنها در مطالعه خود از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کردند و ۱۵ مانع استقرار اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند هند را بررسی و شناسایی کردند.

نتایج مطالعات انجام شده در مورد استقرار اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری، نشان می‌دهد که تنگناهای متعددی در اجرای پروژه‌های اینترنت اشیا مدیریت پسماندهای شهری وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به هزینه‌های عملیاتی و بازپرداخت آنها؛ فقدان استانداردهای لازم برای اجرای پروژه‌های اینترنت اشیا، فقدان قوانین و مقررات لازم و یا مانع سازی قوانین موجود برای اجرای پروژه‌های اینترنت اشیا، جهت‌گیری‌ها و هنجارها و خط‌مشی‌ها جامعه یا دولت و یا شهرداری‌ها؛ دانش فنی ناقص در میان سیاست‌گذاران؛ وجود یا کیفیت ارتباطات اینترنتی، حریم خصوصی و مسائل امنیتی؛ مشکلات مربوط به تحرک، شفافیت و فقدان زیرساخت‌های ضروری فناوری اطلاعات اشاره نمود. با جمع‌بندی مطالعات مشخص می‌گردد که مهم‌ترین موانع استفاده از اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری که مانع توسعه شهرهای هوشمند، به‌ویژه در بخش مدیریت پسماند آن‌ها می‌شوند . عبارت‌اند از: فقدان مقررات، جهت‌گیری‌ها و هنجارهای سیاسی، فقدان استانداردسازی، وجود و کیفیت اتصال به اینترنت. پانزده مانع استقرار اینترنت اشیا در بخش مدیریت پسماندهای شهری از نظر مانو شارما و سادهان شوجوشی و همکاران (۲۰۲۰) [1]به شرح ذیل هستند:

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. دستیابی به قابلیت همکاری بین دستگاه‌های متصل، تسهیل دستگاه‌ها با بهترین خدمات از طریق رفتار تطبیقی و هم‌زمان حفظ امنیت و حریم خصوصی کاربران و داده‌های شخصی آن‌ها مشکل اصلی در موضوع حفظ امنیت و حریم خصوصی کاربران است.

1 . Manu Sharma a, Sudhanshu Joshi

قابلیت اطمینان / عدم تحرک: چالش‌های " قابلیت اطمینان " باتوجه‌به مشارکت گسترده و تعداد زیادی از فناوری‌های 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 می‌بایست در سیستم فعال شده IoT وجود داشته باشند. این امر خطر جداسازی افراد با فناوری شهر هوشمند را افزایش می‌دهد .

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 دوطرفه و تبادل اطلاعات میان دستگاه‌های هوشمند، محیط‌ها، اشیا 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 راهنمایی‌های ناقص برای انجام اقدامات در شبکه اینترنت اشیا خواهد شد؛ بنابراین چهارچوب‌های قانونی برای پشتیبانی از پیاده‌سازی IoT می‌بایست قوی و کارآمد باشند.

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

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

نیروی کار ماهر محدود: پیاده‌سازی IOT نیازمند متخصصان فنی و آموزش‌دیده است. برای فراهم‌کردن دسترسی آسان و کاربرپسند به خدمات اینترنت اشیا، می‌بایست نیروی انسانی فنی و ماهر مربوط کارآمد باشند. فقدان دانش و مهارت فنی در میان‌برنامه ریزان، مقامات و سیاست‌گذاران که ممکن است فاقد قابلیت‌های سازمانی و مهارت‌های حرفه‌ای نیز باشند، سیستم مدیریت پسماند را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فقدان دانش فنی در میان‌برنامه ریزان: مقامات و سیاست‌گذاران ممکن است فاقد قابلیت‌های سازمانی و مهارت‌های حرفه‌ای موردنیاز شبکه‌های اینترنت اشیا باشند. این موضوع، سیستم مدیریت پسماند را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد.

اتصال ناکافی اینترنت: به دلیل اتصال ضعیف اینترنت، ممکن است مشکلاتی در پیاده‌سازی IOT مدیریت پسماند به وجود 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 به‌روز می‌شوند و هر زمان که توسط کاربران نهایی در دسترس قرار می‌گیرند، به شکل اصلی خود خواهند بود.

دردسترس‌بودن داده‌ها: دسترسی فوری به اطلاعات برای کاربران با دردسترس‌بودن فوری داده‌ها تضمین می‌شود. فراهم‌کردن داده‌ها در هر زمان که موردنیاز 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 می‌شوند . با افزایش تقاضا برای دستگاه‌های IOT ، انتظار می‌رود که هزینه انرژی زنجیره‌های ارزش به طور مداوم افزایش یابد.

زیرساخت / معماری فناوری اطلاعات: زیرساخت‌های فناوری اطلاعات باید باتوجه‌به نیاز شهرهای هوشمند توسعه یابند. فناوری‌های ارتقا یافته، تنها وقتی متناسب با معماری شبکه اینترنت باشند، قابل‌پذیرش و مفید خواهند بود.

با عنایت به مباحث پیش‌گفته، موانع اصلی استقرار اینترنت اشیاء را می‌توان در ۳ گروه اصلی طبقه‌بندی نمود:

الف) مدیریت شهر هوشمند (SCG) ب) فناوری شهر هوشمند ج) زیرساخت‌ها SCT)

باتوجه‌به اینکه، در حال حاضر مدیریت پسماندهای شهری، یک مسئله مهم و درحال‌رشد کشورهای درحال‌توسعه است؛ بنابراین یکی از راه‌حل‌های مؤثر و کارآمد برای حل مشکل مدیریت پسماندهای شهری بهره‌گیری از اینترنت اشیاء IOT) است. با این فرض، می‌توان گفت که هر یک از موانع ایجاد شبکه اینترنت اشیا پیش‌گفته، در هر منطقه یا شهری ممکن است به عامل اصلی و مهم بازدارنده برای بهره‌گیری از اینترنت اشیا تبدیل گردند و موجب عدم موفقیت پروژه‌های اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری شوند.

نتیجه‌گیری

شهر هوشمند به دلیل دیدگاه جامع خود، از صفات ویژه‌ای برخوردار است. به‌عبارت‌دیگر، شهر هوشمند، به‌عنوان ترکیبی از اشکال دیگر راهبردهای مدیریت محیط‌زیست شهری عمل می‌کند. چنانچه در راه‌اندازی شهر هوشمند، دستیابی به شهر دانش در سرلوحه برنامه‌ها قرار نگیرد، امکان دستیابی به زندگی بهتر در شهرهای ماشینی شده وجود نخواهد داشت. شهر هوشمند سامانه‌ای است که قابلیت همکاری بین سامانه‌های فرعی مختلف، برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان را تسهیل می‌کند. اگرچه، شهرهای هوشمند در دنیای مدرن به یک کلمه کلیدی تبدیل شده‌اند، ولی به دلیل نیاز به پردازش فراوان داده‌ها و نیز به دلیل ناهمگونی ابزارهای هوشمند مرتبط در شبکه‌های هوشمند شهری، هنوز با چالش‌های جدی روبرو هستند.

مفهوم شهر هوشمند هنوز در حال تحول است و آزمایش و اجرای آن در محدوده کشورهای توسعه‌یافته محدود شده است. اعمال فرایندهای مدیریت دانش در لایه‌های مختلف مدیریت شهری می‌تواند باتکیه‌بر دانش بومی، سهم کشورهای درحال‌توسعه از شهرهای هوشمند را ارتقا دهد. چنین فرایندی، دستیابی به شهر دانش را تسهیل خواهد کرد.دستگاه‌های هوشمند ، مقدار عظیمی از داده‌ها را تولید می‌کنند و لذا به ذخایر بزرگ‌داده نیاز دارند. در نتیجه تولید داده‌های کلان، روش‌های معمول پردازش داده برای استفاده در معماری‌های مدرن شهر هوشمند کارآمد نیستند؛ بنابراین، کشف، ادغام، تجزیه‌وتحلیل داده‌های کلان در محیط‌های شهر هوشمند ضروری است؛ بنابراین، تحلیل و آزمایش داده‌های کلان در شهرهای هوشمند واقعی، یک فرصت تحقیق امیدوارکننده برای شهرهای هوشمند آینده است. حفظ امنیت داده‌های حساس در محیط‌های متصل از ضروریات بهره‌گیری از IOT است . اگر شهروندان در مورد امنیت داده‌های حساس خود قانع نشوند، تمایلی به استفاده از پلت فرم‌های ذی‌ربط در شهرهای هوشمند نخواهند داشت. این امر مانع پایداری و قابلیت اطمینان در مورد مداومت عملیات در شهرهای هوشمند می‌شود؛ بنابراین، یکی از مهم‌ترین مراحل آمده سازی جامعه برای استفاده از وسایل هوشمند در مدیریت پسماندهای شهری، آموزش مردم، فرهنگ‌سازی و مدیریت دانش شهری است. بر اساس تحقیق انجام شده ایجاد یک شبکه اینترنت اشیا برای مدیریت پسماندهای شهری، باهدف کاهش هزینه‌های مدیریت پسماندهای

شهری بسیار به‌صرفه خواهد بود. راه‌اندازی شبکه ۵ لایه اینترنت اشیا پیشنهادی این مقاله، به دلیل در دسترس قراردادن مخازنی که مقدار کافی پسماند برای حمل در آنها جمع شده است، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های حمل پسماندهای شهری دارد. به‌عبارت‌دیگر با بکار گیری شبکه اینترنت اشیا در شهرها، شبکه حمل‌ونقل پسماندهای شهری، فقط زمانی فعال می‌گردد که برداشت پسماند کافی از مخازن هدف قطعی است. همچنین شبکه اینترنت اشیا پیشنهادی، از طریق در دسترس قراردادن داده‌های مربوط به مقادیر قابل جمع‌آوری هر نوع از پسماندهای شهری، امکان برنامه‌ریزی تولید روزانه مراکز تخصصی بازیافت هر نوع از پسماندها را فراهم می‌نماید و از این طریق بر افزایش تولید کالاهای بازیافتی از پسماندهای شهری اثر مثبت خواهد داشت. برای بکار گیری اینترنت اشیا ضرورت تفکیک از مبدأ پسماندها به یک عملیات روزانه اجرایی تبدیل می‌شود و این موضوع در بازیافت بیشتر کالاها از پسماندها منجر می‌شود و نقش مهمی در حفاظت محیط‌زیست خواهد داشت؛ بنابراین راه‌اندازی یک شبکه اینترنت اشیا ۵ لایه در یک کلان‌شهر، از طریق افزایش بازیافت می‌تواند به حفاظت از محیط‌زیست و نیز کاهش هزینه‌های جمع‌آوری پسماندهای شهری کمک شایانی نماید.

منابع

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

Bakıcı,T.,Almirall,E.,Wareham,J.,(2013).AsmartcityinitiativeːThecaseofBarcelona.JournaloftheKnowledgeEconomy4(2),135–148.

Candanedo,I.S.,Nieves,E.H.,González,S.R.,Martín,M.T.S.,Briones,A.G.,(2018).Machinelearningpredictivemodelforindustry4.0.In:Proceedings oftheInternational Conference onKnowledgeManagementinOrganizations,pp.501–510. Cham:Springer.

Bettina Yanling, T. F. (2015). Creating the cities of tomorrow. Singapore: Danish Smart City Competencies in the Singaporean Market.

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.

Gapminder, U. n. (2017). world Population prospects, Population Divisio . United Nations , Department Of Economic and social Affairs.

González-Briones, A., Chamoso, P., asado-Vara, R., Rivas, A., Omatu, S., & MCorchado, J. (2019). Internet ofThingsPlatformtoEncourageRecyclinginaSmartCity. Elsevier.

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), 1-16.

Internet of Things Protocls. (2022). Retrieved from smartic: https://smartic.ir/internet Of Things Protocols

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.

Kauf, S. (2019). Smart logistics as a basis for the development of the smart city. Published by Elsevier.

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)

LPWAN. (2022). Retrieved from Meftah: https://meftah.com/news/LPWAN

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.

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.

(2020). Retrieved from Mashreghnews: www.mashreghnews.ir/947927

(2019). Retrieved from EghtesadOnLine: https://www.eghtesadonline.com/n/1nVc

(2018). Retrieved from World Bank: www.wordbank.com