پنجمین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر
۳۰ شهریور ماه ۱۴۰۱ - اصفهان
ISC پایگاه استنادی علوم جهان اسلام ۰۱۲۲۰-۹۰۱۳۵

سیستم کنترل هوشمند سطل‌های زباله با استفاده از اینترنت اشیا

مریم فنودی، دانشجوی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات[۱]
عطیه مختاری، دانشجوی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات[۲]
محمدرضا ابراهیمی، دانشجوی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات[۳]
سینا جلالی، دانشجوی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات[۴]
محمدحسن کیمیایی، دانشجوی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات[۵]
سید رضا تقی‌زاده، استاد گروه مهندسی برق و کامپیوتر[۶]

چکیده

وضعیت سطل‌های زباله نقش مهمی در فرایند جمع‌آوری زباله‌ها دارد و اگر مرتب نظارت شود می‌توان برای جمع‌آوری آن‌ها، خصوصاً زمانی که پراکندگی زیاد بوده و یا در مناطق دورافتاده قرار داده شده‌اند، برنامه‌ریزی نمود. در روش پیشین با استفاده از یک حس‌گر اولتراسونیک، ارتفاع زباله موجود در محفظه سطل زباله محاسبه می‌شود و اطلاعاتی ازجمله وضعیت و مکان محفظه‌ها توسط کاربران سیستم قابل‌مشاهده است. چالش‌هایی که در پژوهش‌های پیشین مطرح هستند، منابع مصرفی و فرایند تخلیه سطل‌های زباله است. در روش پیشنهادی ما یک سیستم هوشمند جمع‌آوری زباله‌های شهری برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی شده است که دارای امکاناتی از قبیل قابلیت مشاهده حجم زباله هر یک از سطل‌ها، امکان برقراری ارتباط و تعامل شهروندان با سیستم و به‌روزرسانی اطلاعات سطل‌ها بر اساس گزارش‌های شهروندی است. در این روش بعد از پیاده‌سازی، با محاسبه تعداد خودروهای موردنیاز برای حمل زباله‌ها و همچنین استفاده از ظرفیت خالی خودروهای حمل؛ درنهایت حجم زباله بیشتری نسبت به روش پیشین جمع‌آوری می‌گردد و در آخر ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی ما تعداد کمتری از ماشین‌های حمل زباله را به کار می‌گیرد و قابلیت جمع‌آوری حجم زباله بیشتری نسبت به روش‌های پیشین دارد.

کلمات کلیدی: هوشمندسازی سطل زباله، مدیریت پسماندها، اینترنت اشیا، سطل زباله هوشمند

[۱] دانشگاه شیراز واحد الکترونیک، maryamfanoudi99@gmail.com
[۲] دانشگاه شیراز واحد الکترونیک، atieh.mokhtary@gmail.com
[۳] دانشگاه شیراز واحد الکترونیک، ebrahimi.mr@gmail.com
[۴] دانشگاه شیراز واحد الکترونیک، snjalali@yahoo.com
[۵] دانشگاه شیراز واحد الکترونیک، m.h.kimiaei@gmail.com
[۶] دانشگاه شیراز ، s.rezataghizade@ut.ac.ir

www.SID.ir

۱. مقدمه

الگوی زندگی جوامع در قرن بیست و یکم به طور گسترده‌ای تحت‌تأثیر زندگی شهرنشینی قرار گرفته است. بر اساس داده‌های سازمان ملل تا سال ۲۰۵۰، تقریباً ۷۰ درصد از جمعیت در مراکز شهری زندگی خواهند کرد و این رشد سریع جمعیت ساکن در شهرها نگران‌کننده است [۲]. حقیقت امر این است که هدردادن هر چیزی در جوامع شهری به ضرر مردم آن جامعه خواهد بود. اما پیوسته شاهد هدررفت آب، برق و بقیه انرژی‌ها در زندگی روزمره خود هستیم. مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار بر طبیعت و محیط زندگی انسان، آلودگی‌های مربوط به آب، زمین، هوا و آلودگی صوتی است. به دلیل وجود همین آلاینده‌ها، ضخامت لایه اوزون روزبه‌روز در حال کاهش است، اما دراین‌بین وجود و افزایش بی‌رویه زباله‌های جامد شهری است که با گسترش شهرنشینی، برای انسان و سایر موجودات مشکلات اساسی به وجود آورده و بسیار مضر است [۳]. ممکن است در نگاه اول شهرنشین شدن جمعیت جهان نوعی پیشرفت به نظر آید اما به دنبال آن مشکلاتی همچون افزایش حجم زباله‌های تولیدی و افزایش آلودگی‌ها و مشکلات دفع و امحای زباله‌های تولیدشده توسط جمعیت ساکن در شهرها، به وجود خواهد آمد. مشکلات اساسی سیستم کنونی جمع‌آوری زباله‌ها شامل ناکارآمدی سیستم، اتلاف وقت و نیاز به انرژی عظیم انسانی است. این مشکلات به این دلیل است که مأمورین جمع‌آوری زباله‌ها باید به‌صورت حضوری بررسی کنند که آیا سطل‌های زباله طبق برنامه موردنظر پرشده است یا خیر و گاهی این بررسی‌ها از توان انسانی خارج خواهد شد [۴].

افزایش جمعیت شهری فوق‌العاده و غیرعادی، منجر به تولید حجم عظیمی از زباله‌ها می‌شود. مکانیسم نادرست دفع نیز منجر به آلودگی‌های محیطی و آب‌وهوا می‌شود [۵]. مسئله جمع‌آوری زباله در کلان‌شهرها به یک مسئله مهم و حیاتی در سراسر جهان تبدیل شده است. در بخش بزرگی از مناطق شهری، سطل‌های زباله وضعیتی غیربهداشتی ایجاد کرده است. علاوه بر این باعث ظهور انواع مختلف بیماری‌ها در سطح شهر می‌شود. برای غلبه بر این مشکلات باید یک چارچوب هوشمندانه برای جمع‌آوری زباله‌ها پیشنهاد داده و ایجاد شود. مدیریت کارآمد زباله‌ها، پیش‌نیازی برای حفظ یک شرایط عالی و سبز است، زیرا ضایعات از طیف گسترده‌ای ازجمله زباله‌های مکانیکی، کشاورزی، خانگی و غیره به وجود آمده و با گسترش آن‌ها خطرات زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. جمع‌آوری ضایعات و استفاده مجدد از طریق فناوری‌های مختلف انجام می‌شود [۶]. برای جلوگیری از چنین وضعیتی و برای بهبود روند و سیستم جمع‌آوری زباله‌ها، انواع سیستم‌های هوشمند جمع‌آوری زباله مبتنی بر اینترنت اشیا پیشنهاد شده است [۵]. در شهرهای هوشمند مدیریت کارآمد زباله، چالشی حیاتی برای محیط‌زیست است که تکنولوژی اینترنت اشیا سعی بر آن دارد که به‌صورت گسترده به آن بپردازد [۷]. اینترنت اشیا[1] فناوری نوظهوری است که کاربردهای وسیعی در حوزه‌های مختلف دارد. در اینترنت اشیا همه دستگاه‌های متصل می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند تا اطلاعات را بین آن‌ها به اشتراک بگذارند و یک کار را آغاز کنند. با استفاده از فناوری اینترنت اشیا در مدیریت زباله‌های جامد در شهرهای هوشمند می‌توان بسیاری از مشکلات ذکرشده را برطرف نمود [۵].

طرح‌ها و پژوهش‌های متفاوتی در این زمینه پیشنهاد و اجرا شده است و هرکدام نقاط ضعف و قوت خود را دارد. این مقاله یک بررسی کامل از سیستم جمع‌آوری زباله هوشمند وابسته به اینترنت اشیا است که به بررسی و حل ایرادات مشاهده‌شده در مقاله‌های موردمطالعه و ارائه راه‌کارهای جهت بهبود کارایی این مقالات می‌پردازد. ادامه این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است:

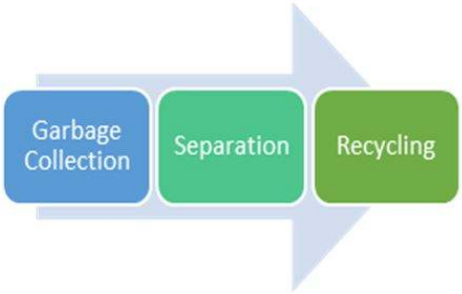
بخش ۲، کارهای مرتبط با مدیریت پسماند و زباله‌ها را ارائه می‌دهد و مرتبط‌ترین راه‌حل‌های موجود در مقالات را نشان می‌دهد. در بخش ۳، به بررسی چالش‌های سیستم‌های پایش پسماندهای شهری پرداخته‌ایم و راهکارهای مدنظر در کنار فلوچارت‌های پیشنهادی ارائه‌شده است. در بخش ۴ به بررسی و مقایسه داده‌های حاصل از پیاده‌سازی روش پیشنهادی کانادی و همکاران در مرجع [۱] و روش پیشنهادی ما در قالب جداول و نمودارها پرداخته‌ایم. در نهایت، نتیجه‌گیری نهایی در بخش ۵ بیان‌شده است.

۲. تئوری و پیشینه تحقیق

[1] Internet of Things

www.SID.ir

در سیستم مدیریت پسماند سنتی، سازمان جمع‌آوری و مردم در جمع‌آوری دستی زباله، تولید و بازیافت آن مشارکت دارند شکل (۱). سپس سازمان‌ها به‌تدریج شروع به استفاده از فناوری برای نظارت و جمع‌آوری زباله به روشی کارآمد کردند [۵].



شکل ۱- سیستم مدیریت پسماند سنتی

پژوهش انجام شده توسط کوری در مرجع [۳] پیاده‌سازی یک سطل زباله هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا، حس‌گر IR، میکروکنترلر و رابط کاربری گرافیکی را ارائه کرده است. این سیستم زمانی که سطح زباله به حداکثر می‌رسد، پاک‌سازی و تخلیه سطل‌های زباله را تضمین می‌کند. درصورتی‌که سطل زباله در زمان مشخصی تمیز نشود، هشدار پرشدن سطل ارسال می‌شود تا مأمور مربوطه اقدامات لازم را انجام دهد. مدل توضیح داده شده در مرجع [۵] یک مدل مدیریت پسماند کارآمد و مقرون‌به‌صرفه را با حداقل سرمایه‌گذاری با اجرای آخرین فناوری‌ها پیشنهاد می‌کند. تداخل انسانی را تا حدی کاهش می‌یابد و همه چیز خودکار است و داده‌ها به‌صورت آنلاین در دسترس هستند. بیسواس و همکاران در پژوهش [۶] با استفاده از ماژول WiFi و Arduino، سیستم نظارت بر زباله‌دان هوشمند مقرون‌به‌صرفه را پیشنهاد می‌کند. مزیت قابل‌توجه این روش این است که سطح زباله در سطل زباله متمرکز و با استفاده از تکنولوژی نظارت می‌شود. چارچوب جمع‌آوری زباله پیشنهاد شده توسط گوتییرز و همکاران [۸] به اطلاعات ابعاد زباله از سطل‌های زباله در یک منطقه شهری بستگی دارد. اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط حسگرها از طریق اینترنت به سروری فرستاده می‌شود که از راه دور مدیریت می‌شود. سپس اطلاعات جمع‌آوری‌شده سازنده برای بررسی و افزایش انتخاب روزانه سطل‌های زباله مورداستفاده قرار می‌گیرد.

مصطفی و آذیر در مقاله [۴] با استفاده از حسگرهایی برای بررسی سطح زباله در سطل زباله، سیستم مدیریت زباله را در زمان واقعی پیاده‌سازی می‌کند. حس‌گر اولتراسونیک داده‌ها را از طریق ماژول WiFi ESP8266 به ThingSpeak ارسال می‌کند. داده‌های ThingSpeak داده‌ها را در زمان واقعی نشان می‌دهد؛ بنابراین مدیریت پسماندها را قابل نظارت می‌کند. استراتژی آرون و رآو در پژوهش [۹] این است که وقتی زباله‌ها به سطح لبه می‌رسند، حس‌گر اولتراسونیک مودم GSM را فعال می‌کند که دائماً هشدار می‌دهد تا زباله‌ها در سطل زباله له شوند. وقتی محتویات سطل زباله له می‌شود، افراد می‌توانند دوباره از سطل زباله استفاده کنند. در این استراتژی از مودم GSM 900A برای ارسال پیام‌ها استفاده می‌شود. روش دیگری که توسط راجاویزی در مقاله [۱۰] ارائه شده است شامل سطل‌های زباله مختلفی است که در سراسر شهر یا محوطه دانشگاه قرار دارند. این سطل‌های زباله با ابزاری که به‌راحتی در آن‌ها قرار داده می‌شود، به پیگیری و رصد سطل‌های زباله کمک می‌کند و یک شناسه مختص به آن سطل در هر سطل زباله موجود در سطح شهر قرار می‌گیرد. ماژول به دو بخش فرستنده و گیرنده تقسیم شده است.

سیستم پیشنهادی تهول در پژوهش [۱۱] مبتنی بر تصویر سنجشگر اینترنت اشیا است که سطح زباله موجود در سطل‌های زباله را اندازه‌گیری می‌کند و این داده‌ها را برای ذخیره‌سازی از طریق شبکه به سرور ارسال می‌کند. چودهاری و همکاران در پروژه [۱۲] با استفاده از حسگرهای اولتراسونیک، سیستم شناسایی خودکار سطح زباله ارائه شده است که به‌موقع به مسئول مربوطه اطلاع‌رسانی می‌کند. این حسگرهای اولتراسونیک عمق سطل زباله را اندازه‌گیری می‌کنند. سپس اطلاعات توسط برد Arduino Uno دریافت و پردازش می‌شود. هنگامی‌که سطح زباله از مقدار آستانه معینی فراتر رود، پیام هشدار ایجادشده و با استفاده از GSM برای کاربر ارسال می‌شود. همچنین یوسف و همکاران در مقاله [۱۳] یک سیستم نظارت بر زباله هوشمند که بر اساس میکروکنترلر Arduino Uno است را پیاده‌سازی کرده است. زریمان و همکاران در پژوهش [۱۴] نظارت بر زباله مبتنی بر اینترنت اشیا از طریق فرایند SDLC طراحی شده است. این تحقیق با استفاده از

www.SID.ir

Blynk به‌عنوان یک برنامه کاربردی، سطل‌های زباله را رصد کرده و در مورد میزان زباله‌های جمع‌آوری‌شده در سطل‌های زباله اطلاع‌رسانی را به جمع‌کننده زباله ارسال می‌کند. با دریافت اطلاعات سطح زباله، مأمور جمع‌آوری زباله به‌موقع در فرایند جمع‌آوری زباله‌ها حاضر می‌شود.

۳. مواد و روش‌ها

در بررسی‌هایی که بر روی مقالات این حیطه انجام شد، چالش‌هایی مشاهده شد که برای رفع آن‌ها در این مطالعه پیشنهادهایی ارائه شده است. چالش‌هایی که با آن‌ها مواجه شدیم به شرح زیر هستند:

۱- پرشدن محفظه سطل زباله و عدم حضور مأمور جمع‌آوری در زمان مورد انتظار و برنامه‌ریزی و ارائه پیشنهادهایی برای مدت‌زمان بین پرشدن سطل تا رسیدن خودروی جمع‌آوری.

۲- عدم تشخیص صحیح سطح زباله‌ها توسط حس‌گر اولتراسونیک و اشتباه و خطا در تشخیص فاصله صحیح از برخی مواد (درصد اشغال بودن سطل زباله) و ارسال اطلاعات نادرست.

۳- دشواری تأمین انرژی موردنیاز برای حسگرها و برد IoT دلیل پراکندگی سطل‌ها در سطح شهر و بالا بودن تعداد سطل‌های زباله.

پیشنهادها برای حل چالش اول در چهار مرحله به‌صورت زیر ارائه می‌شوند:

مرحله اول: برای کنترل سطح زباله در سطل می‌توان یک محفظه ۱۰ درصدی اضافی در پایین سطل زباله‌ها تعبیه کرد، درصورتی‌که حجم زباله موجود در سطل به ۹۰ درصد برسد، هم پیام هشدار در برنامه موبایل (ناظر) ارسال شود و هم دستوری اجرا شود (فرمان به موتور جابه‌جاکننده محفظه کف سطل) که محفظه اضافی پایین سطل آزاد شده است و به‌اندازه ۱۰ درصد به فضای سطل زباله اضافه شود تا زمان بیشتری، برای رسیدن خودرو تخلیه زباله‌های شهرداری، وجود داشته باشد.

- مرحله دوم: LED سبز و قرمز بر روی درب سطل تعبیه شود و به این صورت باشد که LED سبزرنگ به معنی جا داشتن محفظه و LED قرمزرنگ جهت نمایش پر بودن محفظه باشد تا برای شهروندان نمایش داده شود.
- مرحله سوم: پس از پرشدن کامل ظرفیت سطل (با درنظرگرفتن ۱۰ درصد محفظه اضافی که در مرحله یک در نظر گرفته شده است) اگر همچنان تخلیه سطل انجام نشده باشد، درب سطل قفل شده، LED قرمز روشن می‌شود و پیام بالاترین اولویت تخلیه برای این سطل به برنامه موبایل ارسال می‌شود.

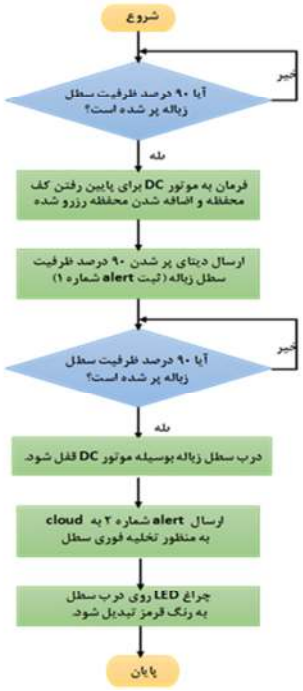
مرحله چهارم: بر روی هر سطل یک QR کد قرار داده می‌شود. که به‌وسیله یک اپلیکیشن جامع خدمات شهری (برنامه موبایل ناظر) یا پرتال وب متصل به پایگاه‌داده[1] موجود (firebase DB) که با اسکن این کد روی سطل زباله (با دوربین تلفن همراه) بتوان به پرتال وب مربوط به این سطل دسترسی پیدا کرد. (با اسکن کد، اطلاعات سطل و موقعیت[2] آن نمایش داده می‌شود). در این مرحله دو پیشنهاد مطرح می‌گردد که:

- پس از اسکن کد QR شهروند بتواند با ارسال پیام پر بودن سطل زباله را به سرور اعلام کند.
- یک صفحه‌نمایش بر روی همه سطل‌ها تعبیه شده تا در هنگام قفل شدن درب سطل، آدرس و فاصله نزدیک‌ترین سطل دارای ظرفیت خالی را از سیستم کنترل‌کننده دریافت و نمایش می‌دهد.

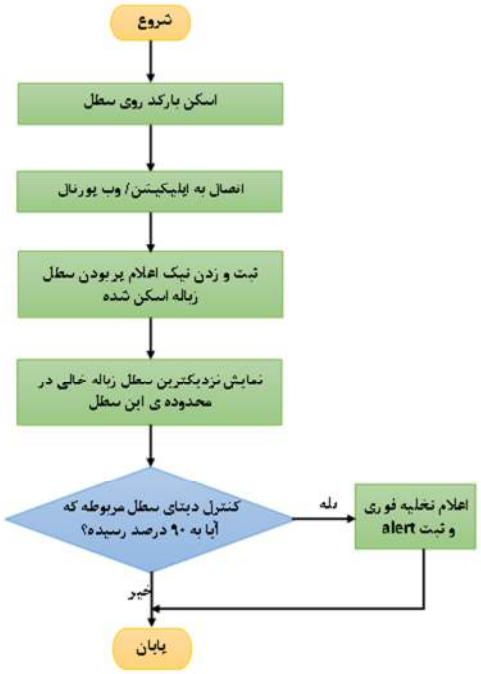
فلوچارت‌های مربوط به پیشنهادها برای مراحل پرشدن سطل و اسکن بارکد سطل‌ها توسط کاربران به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده می‌شود.

[1] Data Base
[2] Location

www.SID.ir



شکل ۲- فلوچارت پیشنهادی برای زمان پر شدن سطل زباله



شکل ۳-فلوچارت اسکن بارکد روی سطل زباله

برای حل چالش خطای حس‌گر اولتراسونیک پیشنهادهای زیر مطرح شده‌اند:

- به‌منظور پوشش دادن خطای عدم تشخیص صحیح حس‌گر اولتراسونیک هر شهروند به‌وسیله پرتال جامع یا برنامه موبایل، این امکان را داشته باشد که گزارش پرشدن هر سطل را به سیستم داده و یک اعلان برای سیستم کنترل ارسال نماید. ضمناً برای جلوگیری از اعمال و ثبت هشدارهای غیرواقعی باید مقایسه با آخرین داده‌های حس‌گرهای خود سطل زباله را هم در نظر داشته باشیم (محاسبه در سطح ابر) و همچنین اگر تعداد هشدارهای شهروندی بیش از سه مورد بود ترتیب اثر داده شده و در لیست سطل‌های بحرانی قرار گرفته و تخلیه آن در اولویت قرار می‌گیرد.
- می‌توان با اضافه‌کردن حس‌گرهای اضافی (ازجمله حس‌گر وزن) برای بالاتر بردن دقت سیستم، خطای عدم تشخیص صحیح حس‌گر اولتراسونیک را پوشش داد. (به این صورت است که اگر وزن محتویات محفظه از مقدار استاندارد تعیین شده فراتر برود هشدارهای مربوط به پرشدن محفظه ارسال شده و در ادامه آن اقدامات مراحل پرشدن انجام شود.)

برای چالش تأمین انرژی موردنیاز برای بردها[1] پیشنهاد زیر مطرح شده است:

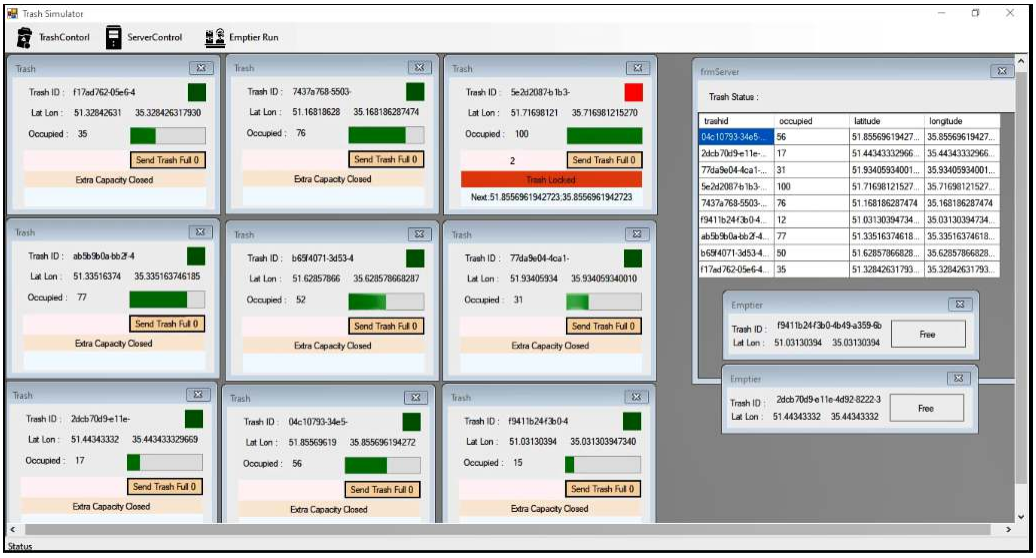
- استفاده از پنل‌های خورشیدی بر روی درب سطل‌های زباله جهت تأمین انرژی الکتریکی موردنیاز برای کارکرد سطل‌ها.

شبیه‌سازی عملکرد سطل‌های زباله و فرایند انتقال اطلاعات آن‌ها به سرور و بالتبع آن ارسال دستور به خودروهای جمع‌آوری زباله و برنامه‌ریزی بهینه برای زمان و مسیر حرکت از اهداف این مقاله است. برای پیاده‌سازی از visual studio 2019 استفاده شده است، کدنویسی با زبان C# انجام شده است. همچنین برای ذخیره‌سازی و نگهداری اطلاعات سطل‌های زباله (طول و عرض جغرافیایی سطل‌ها) و وضعیت آنها، از پایگاه‌داده sql server استفاده شده است. در این پیاده‌سازی موقعیت جغرافیایی شهر تهران به‌عنوان شهر موردمطالعه در نظر گرفته شده است.

[1] Board

www.SID.ir

برای شبیه‌سازی سطل‌های زباله از یک فرم استفاده کردیم که در آن یک تایمر یا زمان‌سنج تعبیه شده است تا کد را به‌صورت مکرر اجرا کرده و ارسال اطلاعات را در فواصل زمانی مختلف برای ما شبیه‌سازی کند. (شکل ۴)



شکل ۴-شبیه ساز سطل های زباله

در حالت بهبودیافته سطل‌های زباله سه وضعیت یا status دارند:

- سطح سبز: ظرفیت مطمئن که بیانگر ارتفاع زباله تا قبل از حجم ۸۰ درصد پرشدگی از حجم کل سطل است.
- سطح زرد: ظرفیت در حال پرشدن و یا نیمه بحرانی، یعنی حجم زباله ۹۰ تا ۹۹ درصد (زمانی که حجم زباله موجود در سطل به این میزان رسید، توسط سخت‌افزار تعبیه‌شده یا همان عملگرها[1] ظرفیت اضافی به سطل اضافه خواهد شد.)
- سطح قرمز: سطل‌های در وضعیت بحرانی با سطح کاملاً پر و درب‌های قفل شده است.

سرور (سیستم کنترل) نیز با کمک یک فرم شبیه‌سازی‌شده است. از ۲ ماشین تخلیه برای حمل زباله‌ها در شبیه‌سازی استفاده شده است که این تعداد قابل تغییر است. در اینجا تأخیر[2] در نظر گرفته شده، شبیه‌ساز مدت زمانی است که ماشین به سمت سطل زباله ارسال می‌شود. زمانی که به سمت سطل زباله رفته و آن را تخلیه نمود، نزدیک‌ترین سطل زباله بعدی برای تخلیه را نسبت به موقعیت فعلی و با درنظرگرفتن مسیر بهینه و با استفاده از مسیریاب گوگل پیدا می‌کند و یک صف چندگانه برای تخلیه تشکیل می‌شود که باتوجه‌به اولویت‌بندی و ظرفیت سطل‌ها به آن‌ها مراجعه و تخلیه می‌کند.

برای در گیرکردن شهروندان در این سیستم، سطل‌های زباله را به QR کد مجهز کردیم تا شهروندان با اسکن آن کد وارد اپلیکیشن مربوطه شده و بتوانند درصورتی‌که سطل کاملاً پر شده و حس‌گرها به‌درستی عمل‌نکرده و یا اطلاعات ارسال شده به سرور نادرست باشد، اطلاع‌رسانی و پرشدن سطل را اعلام کنند. در پیاده‌سازی به‌جای آدرس فیزیکی نزدیک‌ترین سطل از ID سطل استفاده می‌شود که مرتبط با یک آدرس واقعی است. الگوریتم مسیریابی پیشنهادی برای سیستم جمع‌آوری، از سرورهای گوگل استفاده می‌کند اما فاکتور بحرانی بودن سطل را هم اعمال می‌نماید و در زمانی که خودروهای جمع‌آوری یک سطل زباله پر را خالی می‌کنند، مسیر بعدی به نزدیک‌ترین سطل زباله که در حالت بحرانی قرار دارد برای مأمور جمع‌آوری نمایش داده می‌شود.

[1] Actuator
[2] delay

www.SID.ir

در کدنویسی‌ها تنظیمات مربوط به دیتابیس و اتصال به SQL Server انجام شده و توابعی برای گرفتن اطلاعات هر سطل زباله و ظرفیت باقیمانده آن، درج داده جدید و همچنین به‌روزرسانی داده‌ها در دیتابیس در نظر گرفته شده است. کلاسی از یک سطل زباله در شکل (۵) نمایش‌داده‌شده است.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace TrashSimulator
{
  public class Trash
    {
        public Guid ID { get; set; }
        public double Lon { get; set; }
        public double Lat { get; set; }
        public int  Occupied { get; set; }
    }
}
```

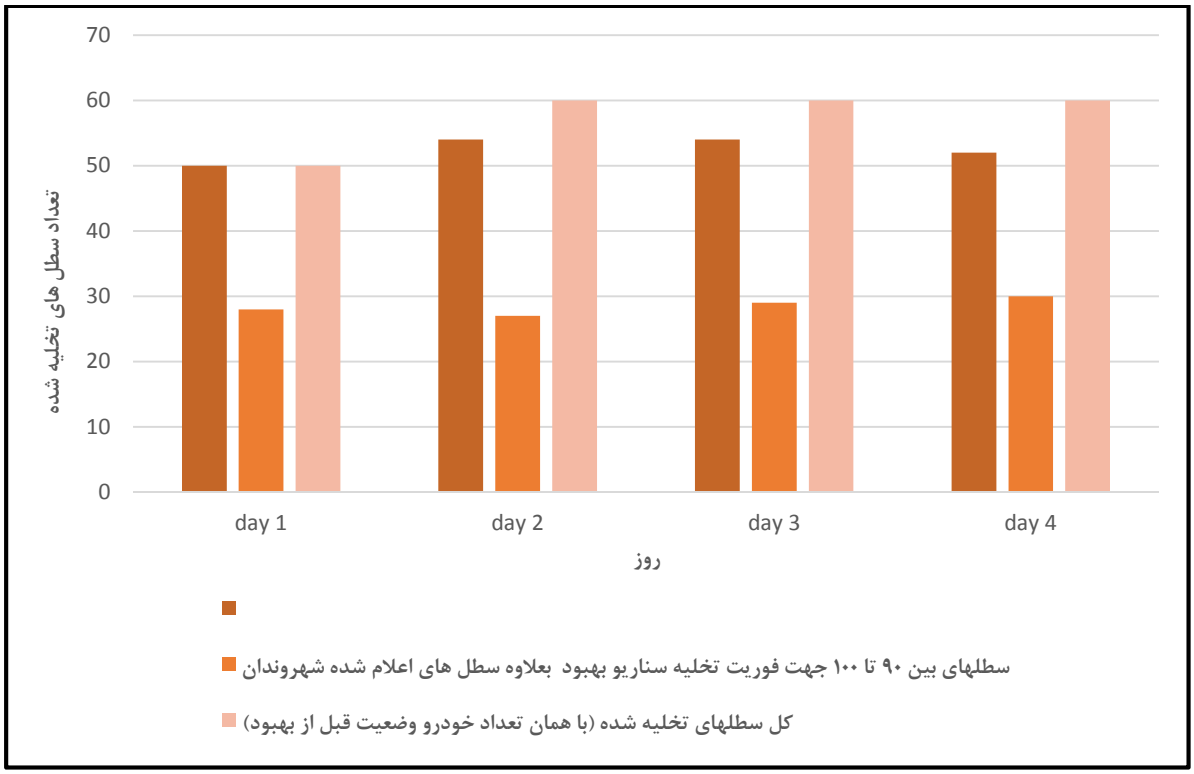
شکل ۵- کلاس سطل زباله

۴.بررسی و مقایسه

بهبود موردنظر ما، استفاده از ظرفیت خالی احتمالی خودروهای تخلیه در هر مراجعه است که می‌تواند منجر به تخلیه تعداد بیشتری سطل در بازه زمانی روزانه شود. در این بهبود فرض بر این است که تعداد خودروها نسبت به سناریوی اصلی مقاله ثابت است. در سناریوی اصلی باتوجه‌به سیگنال‌های ارسال شده به سرور و بر اساس تعداد سطل‌هایی که به سطح هشدار رسیده‌اند، روزانه تعدادی خودرو جهت تخلیه سطل‌ها ارسال می‌شود. در اینجا هر سطل زباله برابر با یک واحد حجم و هر ماشین تخلیه معادل ۱۰ واحد حجم در نظر گرفته می‌شود. سناریوی بهبودیافته را با داده‌های سناریوی اصلی اجرا می‌کنیم بنابراین اطلاعات پرشدن سطل‌ها و تعداد خودروهای تخلیه مانند سناریوی قبل است. در این سناریو علاوه بر سطل‌هایی که در وضعیت هشدار جهت تخلیه قرار دارند (ظرفیت بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد)، تعدادی سطل نیز از سوی کاربران معرفی می‌شوند (که به دلیل خطای سنسور از طریق سیگنال در وضعیت هشدار تخلیه قرار نگرفته‌اند) و تعدادی سطل نیز از هشدار سطح بعد (ظرفیت بین ۴۰ تا ۸۰ درصد) تا پرشدن کامل ظرفیت خودرو جهت تخلیه انتخاب می‌شوند.

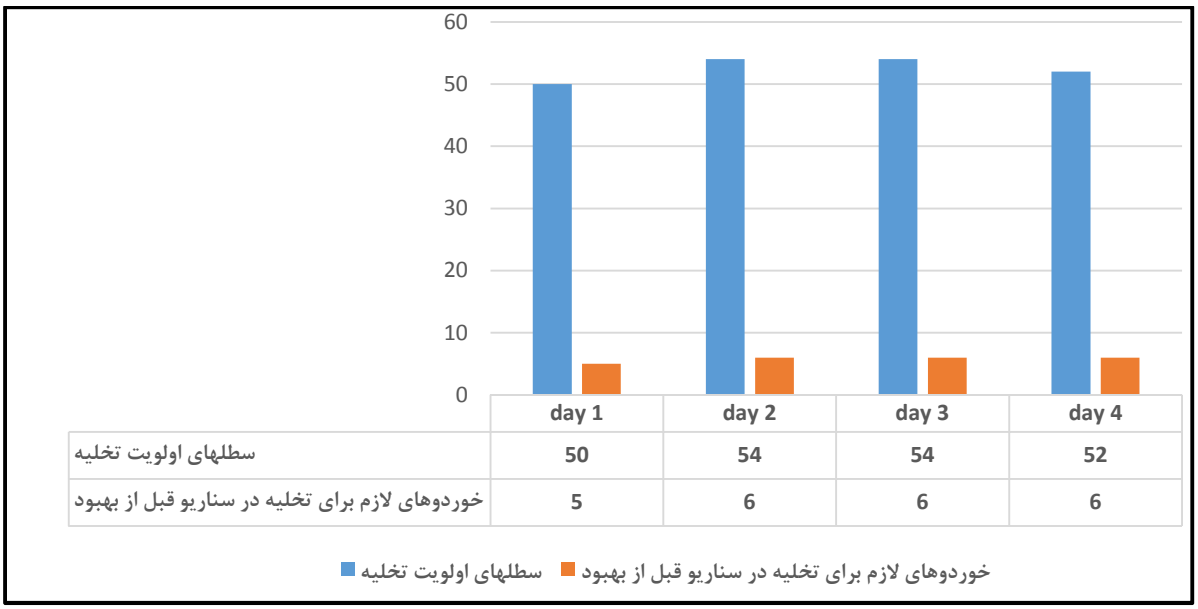
اطلاعات لازم جهت شبیه‌سازی و رسم نمودار از طریق اجرای کد برنامه در ۴ بازه زمانی مختلف (معادل ۴ روز) برای تعداد ۱۰۰ سطل زباله تولید شده است. سپس باتوجه‌به سه سطح پرشدن سطل‌ها، این اطلاعات طبقه‌بندی‌شده و در دو سناریوی قبل و بعد از اعمال تغییر در نمودارهای نشان‌داده‌شده در شکل‌های ۶ و ۷ مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. مقایسه روش پیشنهادی این مطالعه و روش ارائه شده توسط کانادی و همکاران در پژوهش [۱] نیز به‌صورت جدول شماره ۱ درآورده و نمایش‌داده‌شده است. لازم به ذکر است برخی از قسمت‌ها قابلیت پیاده‌سازی را نداشتند و فقط پیشنهادهایی برای اعمال آن‌ها ارائه شد.

www.SID.ir



شکل ۶ – مقایسه تعداد کل سطل‌های زباله تخلیه شده در دو حالت قبل و بعد از بهبود

www.SID.ir



	day 1	day 2	day 3	day 4
سطلهای اولویت تخلیه	50	54	54	52
خوردوهای لازم برای تخلیه در سناریو قبل از بهبود	5	6	6	6

شکل ۷- نتایج سناریو قبل از اعمال بهبود

جدول ۱- مقایسه روش پیشنهادی ما و مرجع [۱]

ردیف	چالش‌ها	راه‌حل‌ها	
		روش پیشنهادی در مرجع [۱]	روش پیشنهادی ما
۱	پرشدن سطل زباله	ارسال هشدار پرشدن سطل به ناظر و ارجاع آن توسط ناظر به مأمور جمع‌آوری و منتظر ماندن برای رسیدن ماشین تخلیه و حمل زباله	تعبیه محفظه اضافی در زیر سطل زباله و ارسال هشدار برای خالی‌کردن سطل در زمان باز شدن محفظه اضافی در لحظه رسیدن زباله‌ها به ظرفیت ۹۰ درصد در سطل
			پس از پرشدن ده درصد ظرفیت اضافی تعبیه شده، درب سطل زباله در زمان رسیدن به نقطه بحرانی قفل می‌شود.
			مشخص‌کردن قفل بودن و غیرقابل‌استفاده بودن سطل با LED رنگ قرمز بر روی سطل
			نشان‌دادن نزدیک‌ترین سطل زباله با ظرفیت مناسب به کاربر یا شهروند از طریق اسکن کردن QR کد موجود بر روی سطل
۲	عدم تشخیص صحیح حس‌گرها برای پرشدن سطل زباله یا ارسال اطلاعات اشتباه	راه‌حلی ارائه نشده است	استفاده از حس‌گرهای کمکی مانند حس‌گر تشخیص وزن در کنار حس‌گر اولتراسونیک برای بالابردن دقت
			سطل‌های زباله متناسب برای تفکیک مواد قرار داده شود و برای هر جنس از مواد دورریز در سطل از حس‌گر مناسب برای آن مواد استفاده شود.
			قراردادن یک QR کد بر روی سطل‌های زباله و امکان تبادل اطلاعات با شهروندانی که از سطل استفاده می‌کنند. (درواقع با این پیشنهاد، اطلاع‌رسانی پرشدن سطل می‌تواند توسط شهروندان انجام بشود و بعدازاین که توسط ۳ شهروند این پیغام ارسال بشود، سطل زباله موردنظر در لیست سطل‌های بحرانی قرار خواهد گرفت)
۳	تأمین انرژی موردنیاز برد و حس‌گرها	راه‌حلی ارائه نشده است	استفاده از پنل‌های خورشیدی بر روی درب سطل‌های زباله جهت تأمین انرژی الکتریکی موردنیاز برای کارکرد سطل‌ها.

۵. نتایج و بحث

www.SID.ir

در این پژوهش سعی شد با الهام از نکات روش‌های مطرح شده در مقالات مورد بررسی، در جهت پایش وضعیت پسماندهای شهری و مکانیزم‌های اولویت‌بندی برای تخلیه سطل‌های زباله؛ مواردی را در جهت بهبود کارایی این سیستم لحاظ نماییم.

۱. ضمن تحلیل نحوه اولویت‌بندی و ارسال خودروهای حمل زباله در پژوهش کانادی و همکاران در مرجع[۱] ، با تغییر درصد اشغال بودن سطل‌های زباله و درنظرگرفتن یک سطح اولویت رزرو جهت بهره‌گیری از ظرفیت خالی خودروهای حمل زباله، موفق به جمع‌آوری حجم بیشتری زباله در سیستم شدیم.

۲. امکان تعامل کاربران و برقراری ارتباط دوطرفه بین شهروندان و سیستم هوشمند پایش زباله‌های شهری را ایجاد نموده و قابلیت واردکردن سطل‌های گزارش شده توسط کاربران و شهروندان در صف سطل‌های بحرانی را اضافه کردیم. همچنین با تغییر وضعیت سطل‌ها به حالت بحرانی طبق تشخیص سنسورها و یا گزارش شهروندان از طریق سامانه‌های موردنظر؛ درب سطل‌ها قفل شده و بحرانی‌ترین هشدار و در نتیجه آن اولویت تخلیه ایجاد می‌گردد و ضمن اعلام این مورد در سیستم پایش و بر روی هر سطل زباله، نزدیک‌ترین سطل زباله دارای ظرفیت خالی از طریق صفحه‌نمایش تعبیه شده بر روی سطل‌ها و همچنین پورتال یا اپلیکیشن متصل به سیستم، به شهروندان مراجعه‌کننده نمایش داده می‌شود.

۳. ضمن لحاظ‌کردن یک ظرفیت رزرو[1] (۱۰٪) در مکان‌هایی که امکان جمع‌آوری برای مأمورین حمل زباله محدودتر است، این سطل‌ها را به‌گونه‌ای در فرایندهای سطح‌بندی و اولویت‌دهی وارد کردیم تا ضمن تخلیه به‌موقع این‌گونه موارد از انباشت زباله‌ها و به‌وجودآمدن آلودگی پیشگیری نماییم.

۴. با مقایسه و بررسی داده‌های حاصل از پیاده‌سازی قبل و بعد از اعمال بهبودی بر روی روش کانادی و همکاران در پژوهش [۱] و با استفاده از ظرفیت خالی خودروهای حمل زباله این امکان فراهم شد تا در بلندمدت در منابع مصرفی (نیروی انسانی، وسایل جمع‌آوری، منابع تأمین انرژی بردها و حس‌گرها و ...) صرفه‌جویی نموده و تا حدی قابل‌توجه از به‌وجودآمدن آلودگی‌های حاصل از انباشت زباله‌ها در سطل‌های زباله و جمع‌شدن حشرات و موجودات در اطراف آن جلوگیری کرده و به حفظ محیط‌زیست کمک کنیم.

۶.منابع

[1] Reserve

www.SID.ir

[1] P. Kanade, D. . J. P. Prasad, P. Alva and S. Kanade, *"Smart Garbage Monitoring System using Internet of Things (IoT),"* in 2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, 2021.

[2] K. Pardini and J. Rodrigues, *"A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens,"* Sensors, vol. 20, no. 8, 2020.

[3] V. K. Kurre, *"Smart Garbage Collection Bin overflows Indicator using IOT,"* International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), vol. 3, no. 5, pp. 2288-2290, 2016.

[4] M. Mustafa and K. N. Ku Azir, *"Smart Bin: Internet-of-Things Garbage Monitoring System,"* in 2017 International Conference on Emerging Electronic Solutions for IoT (ICEESI 2017), 2017.

[5] M. N. Rajaprabha, P. Jayalakshmi, R. V. Anand and N. Asha, *"IoT Based Smart Garbage Collector,"* International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), vol. 9, no. 12, pp. 435-439, 2018.

[6] A. B. Biswas, A. M. Dahiwale, A. Kumar, A. Sharma, R. Kumar and P. P. Hatwar, *"A Review on Smart Garbage Bin Monitoring System,"* International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology IJSRSET, vol. 7, no. 1, pp. 140-145, 2020.

[7] M. Marchiori, *"The Smart Cheap City: Efficient Waste Management on a Budget,"* in 2017 IEEE 19th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 15th International Conference on Smart City; IEEE 3rd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), Bangkok, Thailand, 2017.

[8] J. M. Gutierrez, M. Jensen, M. Henius and T. Riaz, *"Smart Waste Collection System Based on Location Intelligence,"* Procedia Computer Science, vol. 61, pp. 120-127, 2015.

[9] M. k. Arun, N. Rao and P. S. B, *"Smart Dustbin-An Efficient Garbage Monitoring System,"* International Journal of Engineering Science and Computing,, vol. 6, no. 6, pp. 7113-7116, 2016.

[10] N. Rajavizhi, *"IoT Based Waste Management In Smart City,"* International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), vol. 5, no. 2, pp. 1984-1986, 2018.

[11] P. A. Thole, N. J. Dhage and K. D. Kalbhor, *"IOT Based Smart Waste Management System,"* International Journal of Scientific Research and Engineering Development.

[12] S. Choudhary, P. Deshpande, V. Gupta, P. Sontakke and A. Hutke, *"Smart Garbage Bin*," International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, vol. 6, no. 4, pp. 25-27, 2018.

[13] N. M. Yusof, A. Z. Jidin and M. I. Rahim, *"Smart Garbage Monitoring System for Waste Management,"* in MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, 2017.

[14] A. Zariman, M. S. Abd Latif and A. A. Ismail, *"Smart Garbage Monitoring,"* International Journal of Artificial Intelligence, vol. 6, no. 1, pp. 75-81, 2019.

www.SID.ir