



مدیریت هوشمند زباله‌های شهری مبتنی بر رادیوشناسه (RFID)

ترجمه و تألیف: صادق سلیمانی - شرکت آسانرم افزار

مقدمه

امروزه محیط زیست و کاهش اثرات منفی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر آن، توجه زیادی به خود جلب کرده است. نهادها و سازمان‌ها هر یک به سهم خود در این زمینه قوانینی تدوین و راهکارهایی پیشنهاد یا عملیاتی می‌کنند. در این میان شهرداری‌ها نیز در زمینه چگونگی مدیریت بازیافت یا دفع زباله‌های شهروندان راهکارهای مختلفی را بررسی کرده‌اند و علاوه بر تجهیز خود به سامانه‌هایی در این زمینه، حتی به شهروندان نیز مشوق‌هایی عرضه می‌کنند. به عبارت دیگر در حالی که هر شهروند بایستی مبلغی به خاطر تولید زباله بپردازد، مشوق‌هایی از سوی شهرداری برای کمک به بازیابی آن ارائه می‌شود. در این مقاله نگاهی خواهیم داشت به فعالیت‌های شرکت‌های جمع‌آوری زباله در جهت بهبود روند مذکور با استفاده از فناوری رادیوشناسه.

کسب و کار مدیریت زباله

برای درک بهتر فرصت‌های رادیوشناسه جهت پیشینه کردن کارایی مدیریت زباله شهری، لازم است ابتدا نگاهی به فرایند مربوط به جمع‌آوری زباله، روش‌های آن و مدل‌های پرداخت داشته باشیم. آنگاه درخواهیم یافت که رادیوشناسه نه تنها فعالیت‌های مدیریت زباله را بهبود می‌دهد بلکه میزان مسئولیت‌پذیری اجتماعی در زمینه مدیریت زباله شهری را نیز ارتقا می‌دهد. استفاده از رادیوشناسه به عنوان راه‌حلی جهت مدیریت بهینه زباله شهری را خود شرکت‌های جمع‌آوری زباله نیز، تنوع می‌دهند. بدین معنی که علاوه بر کمک رادیوشناسه برای بهبود زمان انجام مدیریت زباله‌های شهری، شرکت‌های مربوطه، از آن برای ردگیری دقیق سطل‌های حامل زباله و موقعیت آن‌ها نیز بهره می‌برند.

جمع‌آوری مجموعه‌های زباله عمدتاً یک فرایند دستی و برعهده راننده کامیون حامل آن است. شکل ۱ بیانگر یک روند معمول جمع‌آوری زباله در غیاب فناوری رادیوشناسه است. در این روند، کامیون‌های جمع‌آوری زباله، در دوره‌های زمانی مشخص اقدام به مراجعه به سطل‌های زباله و تخلیه آن‌ها می‌کنند. سپس براساس آمارهای دستی ثبت شده توسط راننده کامیون، قبض مربوطه صادر و به مشترک ارسال می‌شود. مشترک که می‌تواند یک شهروند یا نهاد اداری باشد، پس از دریافت قبض، پرداخت را انجام می‌دهد.



شکل ۱- روند معمول جمع آوری زباله در غیاب رادیوشناسه

گرچه شرکت های جمع آوری زباله از GPS برای کسب اطلاعات زمانی و مکانی خودورها استفاده می کنند، ردگیری دقیق مراجعه و تخلیه ی سطل های زباله مسأله ای فراتر از آن است که به این ترتیب حل شود. در روند دستی، شماره مشترکین ممکن است اشتباه خوانده شود یا اشتباه ثبت شود یا اشتباه گزارش شود یا اصلاً از قلم بیفتد. همچنین استفاده از فناوری بارکد نیز به دلیل عدم دوام در شرایط محیطی بیرون از ساختمان میسر نیست. زیرا بارکد در این شرایط سالم باقی نخواهد ماند. علاوه بر همه این ها، واداشتن رانندگان به جمع آوری داده، سبب اختلال در وظیفه ی اصلی ایشان که همانا رانندگی است می شود.

برای رسیدگی به چنین مخاطره ای و حل مشکل جمع آوری دستی داده، شرکت های به نامی مانند Texas Caen RFID.Instrument و ... از فناوری رادیوشناسه در فرکانس های مختلف استفاده کرده اند. برچسب خوان و آنتن تعبیه شده در آن، که در خودرو مستقر شده است شناسه ی برچسب الصاق شده به سطل را می خواند و مورد استفاده قرار می دهد. چنین شناسه ای فعالیت جمع آوری زباله را به درستی ثبت می نماید و دقت صددرصد در خواندن داده را میسر می سازد. خودکارسازی حاصل شده از این طریق، سبب رهایی راننده از مسئولیت جانبی می شود و وظیفه ی اصلی ایشان که رانندگی ایمن و توجه به مسیر است را میسر می سازد. در نهایت همانطور که ذکر شد، امروزه شرکت های جمع آوری زباله از GPS برای اطلاع از بازه های زمانی و توقف های مربوط به خودرو استفاده می کنند که صدا البته داده ی برچسب به علاوه داده GPS و حتی داده های دوربین های نظارتی مرتبط، در کنار هم سبب دقت بیشینه در ارائه خدمت مذکور خواهند شد. همچنین رادیوشناسه در شرایط محیطی دشوار به خوبی دوام می آورد و قابل استفاده است.



تغییرات حاصل شده در روش معمول جمع آوری زباله

نه تنها کسب و کار مدیریت زباله از طریق استفاده از فناوری رادیوشناسه بهبود می یابد بلکه فناوری رادیوشناسه به محرک تغییر روش پرداخت هزینه ی مربوطه توسط مشترک نیز بدل شده است. روش های جدید صدور صورتحساب، پی آمد خودکار شدن جمع آوری زباله از طریق رادیوشناسه است. بدین ترتیب، مشترکین، متناسب با میزان زباله ی تولیدی و بازیافتی، پرداخت انجام خواهند داد و این امر با سامانه پایه ی مورد استفاده شرکت های جمع آوری زباله در این رابطه تفاوت دارد. روش جدید به یک فشارسنج تعبیه شده در جلو یا کنار بازوی گیرنده و تخلیه گر سطل زباله که در کامیون مربوطه قرار دارد نیازمند است. چنین نیازی ناگزیر است زیرا روش های جاری جمع آوری زباله و صدور صورتحساب، ناکارآمد هستند و تفاوتی بین سطل خالی یا پر قائل نمی شوند. در بسیاری از شهرهای جهان، سطل های زباله ی شهروندان، هفتگی تخلیه می شود. سپس زباله های جمع آوری شده به محل های دفن زباله یا مراکز بازیابی آن منتقل می شود. در چنین مدل جمع آوری زباله ای، هزینه ی تمام شهروندان فارغ از میزان زباله تولیدی یا قابل بازیافت، یکسان است و توسط شهرداری آن شهر تعیین می شود.

لذا بسیاری از نهادهای رسمی و دولتی تمایل دارند تا صورتحساب ها را تعدیل کنند و علاوه بر آن حتی مشوق هایی برای بازیافت نیز قرار دهند و برای پیاده سازی سامانه ی حاوی چنین مشوق هایی به اطلاعات دقیق نیاز دارند تا مشترکین خصوصی و دولتی را براساس میزان زباله واقعی جمع آوری شده و نیز قابل بازیافت، شارژ کنند.

نقش رادیوشناسه در مدیریت زباله شهری

بیشتر تغییرات و ایده های جدید در مدیریت زباله شهری برای شهرداری ها، شرکت های جمع آوری زباله و نهادهای مرتبط با محیط زیست، بر اثر نقش آفرینی رادیوشناسه است. فناوری رادیوشناسه سبب ایجاد یک روند خودکار ثبت سطل ها در زمان تخلیه آن در کامیون مربوطه می شود. سامانه ای که بر مبنای رادیوشناسه عمل می کند، تخلیه شدن سطل ها را تضمین می کند، میزان تولید زباله را اندازه می گیرد و کارایی کامیون در مسیر را تعیین می کند. یکی دیگر از مزایای استفاده از برچسب های رادیوشناسه در این زمینه، دوام آن ها در شرایط متغییر محیط بیرون است. زیرا این سطل ها معمولاً در خارج از ساختمان ها هستند و در معرض شرایط محیطی مختلفی هستند.

همانگونه که می دانیم این برچسب ها الزاماً کاغذی نیستند و می توانند در قالب پلاستیک فشرده محکم، به سطل ها پیچ یا چسبانده شوند و تغییرات دمایی و فشار بالایی را تحمل کنند و نیازی به دید مستقیم برای خوانده شدن ندارند. شناسه ی سطل بدون دخالت عامل انسانی و به صورت صحیح خوانده و ثبت می شود و ترتیب خوانده شدن و زمان دقیق خوانده شدن برچسب سطل ها مشخص است و از قلم افتادن یا حتی عدم رعایت ترتیب مراجعه به آن ها نیز ثبت می شود. برچسب ها قابل جعل نیستند و حافظه ی درون آن ها امکان ثبت داده هایی مربوط به پرداخت را نیز می تواند داشته باشد. این در حالی است که خود مدیریت زباله های شهری نیز دارای استاندارد مرتبط ISO است و می تواند از چنین تسهیلاتی در برچسب ها، بیشینه استفاده را بکند.

در شکل ۲ یک روند پردازش و مدیریت زباله مبتنی بر رادیوشناسه، نمایش داده شده است که رادیوشناسه امکان جمع آوری بی سیم داده در تمام مراحل بازیافت و دفع از تخلیه سطل مشترک تا صدور قبض را فراهم می کند.



شکل ۲- چرخه مدیریت مبتنی بر فناوری و رادیوشناسه در روند جمع آوری زباله

جزئیات عملکرد رادیوشناسه

تجهیزات رادیوشناسه، در این سامانه، جزیی از سامانه‌ی بزرگتر نصب شده بر خودرو هستند. سامانه‌ی رادیو شناسه علاوه بر برچسب خوان، شامل آنتن یا آنتن‌های آن نیز می‌باشد که شرکت‌های مختلف در فرکانس‌های مختلفی از این برچسب خوان‌ها استفاده کرده‌اند و هم فرکانس پایین (LF) و هم فرکانس بالا (UHF) برای این موضوع مورد استفاده قرار گرفته است. جزء مهم دیگر سامانه، برچسب‌های الصاقی به سطل‌های زباله مشتریان است. داده‌های برچسب خوان می‌تواند به صورت بی‌سیم و تحت پروتکل‌هایی مانند شبکه محلی بی‌سیم (WLAN) با برد صد متر، در ایستگاه‌های خاص، تخلیه شود یا حتی از طریق بستر اینترنت تلفن همراه (GPRS) ارسال گردد. لذا پردازشگری باید در کابین راننده برای کسب داده‌ی رادیو شناسه و ارسال آن وجود داشته باشد یا اینکه خود تجهیزات رادیوشناسه به شبکه‌ی بی‌سیم یا تلفن همراه مجهز باشند. بدین ترتیب کل فرایند خودکار و بدون نیاز به دخالت راننده است. سامانه مورد نظر قابل نصب بر کامیون‌های تمام خودکار یا نیمه خودکار است. برچسب الصاقی به سطل‌های زباله که دارای شناسه‌ی یکتا و حافظه‌ی ایمنی است که قابل خوانده شدن و دستکاری توسط برچسب خوان غریبه نیست، از پارامترهای مقاومت بالا در برابر شرایط محیطی (Ingress Protection یا IP) برخوردار است و نیاز خاصی به نگهداری ندارد. آنتن‌های تعبیه شده در خودرو طوری است که در زمان برداشته شدن سطل، بهترین زاویه و فاصله‌ی خواندن با برچسب را پیدا کنند و لذا الزاماً همه‌ی شرکت‌ها و خودروها، آنتن را در مکان یکسانی نصب نمی‌کنند. در ادامه عکس‌هایی برای درک بیشتر از آنچه تشریح شد قرارداد شده است:



شکل ۳- برچسب الصاقی به سطل ها در موقعیت خاص، قابل پیچ یا چسباندن است



شکل ۴- حسب نحوه ی تخلیه و خصوصیات کامیون زباله، آنتن و برچسب خوان در مکان مناسب تعبیه می شوند

روش ها و هزینه های پیاده سازی

نیاز به دانستن چه کسی/چه زمانی/کجا/کدام تخلیه زباله را انجام داده است، نیاز مبرهنی است که با رادیوشناسه برای شهرداری ها و شرکت های متولی جمع آوری و مدیریت زباله شهری، فراهم می شود. علاوه بر آن رویکرد پرداخت همراه با تخلیه موسوم به PAYT (Pay-As-You-Throw) به ویژه برای زباله های جامد که قابل بازیافت نیز هستند با مزایایی مانند معافیت از پرداخت هزینه برای زباله های قابل بازیافت، تاکنون در ۶۰۰۰ شهر دنیا پیاده سازی شده است. در این رویکرد، مشترک براساس میزان زباله تولیدی، هزینه خواهد داد. چنین امتیازی، مشوق خوبی برای شرکت های خصوصی جمع آوری زباله و شهروندان، در جهت احساس مسئولیت بیشتری در قبال محیط زیست نیز



بوده است. البته چنین رویکردی جزییات و پیچیدگی‌های خاص خود برای اجرای صحیح را دارد که از مجال این نوشتار خارج است.

هزینه‌های پیاده‌سازی چه برای مشترکین و چه برای شرکت‌های بازیافت و دفع زباله قابل قبول و به‌صرفه است. شرکت‌های دفع و بازیافت، می‌توانند هزینه‌ها را با مخاطبین و همکاران خود مشترک کنند. بدین معنی که شرکت‌های تولید کامیون جمع‌آوری زباله، آن را به سامانه‌ی رادیوشناسه تجهیز کنند و مشترکین نیز بهای اندکی علاوه بر بهای سطل زباله، برای الصاق برچسب بپردازند. زیرا در مقیاس زیاد، بهای تولید برچسب‌های الصاقی، کاهش قابل توجهی خواهد داشت. بدین ترتیب بازگشت سرمایه نیز قابل توجیه و قبول خواهد بود.

توجیه خوشایندتر برای شرکت‌های زباله آن است که خودروها به دلیل نظارت دقیق، مسیر بهینه‌ای را در جمع‌آوری زباله طی خواهند کرد و استهلاک و هزینه‌های اضافی آن‌ها نیز کمینه می‌شود. حتی در هماهنگی با مرکز تخلیه یا بازیافت زباله نیز، می‌توان آنجا را به برچسب‌خوان‌های رادیوشناسه تجهیز کرد تا عملیات تردد کامیون‌ها به این مراکز خودکار و آمار تردها دقیق شود.

از دیدگاه شهرداری‌ها نیز که ممکن است با شرکت‌های خصوصی جمع‌آوری زباله در تعامل باشند، فرایند پرداخت‌ها به دلیل تبدیل به PAYT، دقیق‌تر خواهد شد و بهتر از پرداخت ثابت ماهیانه می‌باشد. البته بررسی‌ها و تخمین‌های دقیق‌تری که وابسته به مکان و شرایط شهرها و مناطق نیز هستند راهگشای نحوه‌ی انتخاب نحوه‌ی پرداخت است. مزیت احتمالی دیگر، کاهش میزان زباله‌ی تولیدی به دلیل لحاظ کردن هزینه‌ی متناسب با آن است که مشترکین را در این جهت سوق می‌دهد. آمارهای مربوط به نهادهای استفاده کننده از رویکرد پرداخت PAYT نشان دهنده‌ی افزایش زباله‌ی بازیافتی و کاهش زباله‌ی غیر قابل بازیافت است.

نتیجه‌گیری

افزایش بازیافت و کاهش امحای زباله، افزایش دقت و کاهش هزینه‌ها، از مزایای استفاده از سامانه‌های رادیوشناسه در مدیریت زباله‌های شهری است. با کمک رادیوشناسه، فرایند مدیریت زباله‌های شهری، خودکارسازی بیشتر و روند بهینه‌تری را تجربه خواهد کرد و این در حالی است که تأثیرات مثبت محیطی را به عنوان یک پی‌آمد طبیعی به دنبال خواهد داشت. علاوه بر آن، سامانه‌های رادیوشناسه دارای مقاومت محیطی مناسب و دوام بالا هستند و عمر مفید آن‌ها طولانیست و بدین ترتیب صرفه مناسبی دارند. بدین ترتیب به‌طور کلی چه مشترکین خصوصی و حقوقی، چه شهرداری‌ها و چه شرکت‌های خصوصی جمع‌آوری و بازیافت زباله، از تجهیز به سامانه‌های رادیوشناسه، هر یک به دلیل منافع خود استقبال خواهند کرد. استقبال شهرهای مختلفی در دنیا از چنین سامانه‌هایی برای مدیریت زباله شهری، می‌تواند محرکی برای شهرداری‌ها در جهت امکان‌سنجی و ارزیابی مشابه برای پیاده‌سازی در داخل کشور باشد.

مراجع

Wyatt, J. "Maximizing Waste Management Efficiency through the Use of RFID", *Texas Instruments*, ۲۰۰۸.



Tang, Ling-Lang, Ming-Tsang Lu, and Wei-Chin Hung. "RFID Application in Waste Monitoring Management of Electronic Products". *IJEBM* ۲۰۰۸.

Abdoli, S. "RFID Application in Municipal Solid Waste Management System." *International Journal of Environmental Research*. ۲۰۰۹.