

بررسی و تحلیل زمان در جمع‌آوری پسماند تهران

مهندس همایون رضامدنی شاهرودی
کارشناس ارشد سازمان بازیافت و تبدیل مواد
شهرداری تهران

مقدمه

توسعه بی‌رویه شهر و شهرنشینی و تغییر در الگوهای مصرف در عصر حاضر موجب گردیده است انسان با انواع پدیده‌های «انسان ساخت» دست به گریبان شود. یکی از دستاوردهای «انسان ساخت» در چنگ اندازی به منابع طبیعی و رفع عطش سیری‌ناپذیر مصرف تولید روزافزون انواع پسماندها در کمیته‌ها و کیفیت‌های مختلف است. امروزه اهمیت حفظ بهداشت عمومی جوامع از یکسو و ضرورت کنترل پیامدهای زیست محیطی ناشی از این گونه پسماندها از سوی دیگر موجب شده است مدیران کلان شهرهای دنیا استفاده از سیستم‌های نوین مدیریت پسماندهای جامد را به صورت وظیفه‌ای محلی و ملی در دستور کار خود قرار دهند و در این چارچوب، دستورالعملها و استانداردهایی مشخص را در زمینه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی سیستم‌های جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و دفع مواد زائد وضع نمایند.

شرح عملیات اجرایی طرح

اختصاص بیشترین سهم هزینه‌های مدیریت مواد زائد جامد به سیستم‌های جمع‌آوری و حمل مواد زائد از یک سو و ضرورت بالا بردن بهره‌وری عملیاتی این سیستم با کاهش زمانهای صرف شده از سوی دیگر موجب می‌گردد زمانسجی و تجزیه و تحلیل زمانی خودروهای موظف در این گونه سیستمها به صورت یک اصل در طراحی و مدیریت جمع‌آوری و حمل مواد زائد جامد مطرح شود.

در این مطالعه پس از آموزش حدود ۲۵ نفر کارشناس و ثبت زمانی حدود ۶۰۰ سفر جمع‌آوری (سرویس) با خودروهای مختلف نیشان طرح، خاور طرح (میچکا) و خاور روباز طی ۱۵ شب، اطلاعاتی به شرح ذیل

از آنجا که بیش از ۵۰ درصد از بودجه مدیریت مواد زائد جامد صرف هزینه‌های جمع‌آوری و حمل و نقل می‌گردد، ارزیابی و تجزیه تحلیل این سیستمها و شناخت تأثیرات متقابل آنها بر دیگر عناصر موظف مدیریت مواد زائد جامد نقشی مثبت و بسزایی در کاهش مشکلات و بالا بردن

گردآوری شده در این بخش. دو مورد را به شرح ذیل بررسی و تجزیه و تحلیل کردیم:

الف) زمان برداشت

ب) میزان زباله جمع آوری شده در هر سرویس

براساس این اطلاعات، میانگین کل زمان صرف شده برای جمع آوری مواد زائد جامد ۹۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه است. همچنین میانگین کل زمان جمع آوری با خودروهای نیشان طرح، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۹۶ دقیقه و ۴۰ ثانیه، ۱۲۲ دقیقه و ۵۰ ثانیه و ۱۴۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه می باشد.

الف) زمان برداشت

بررسی زمانهای برداشت مواد زائد از محدوده جمع آوری مشخص نمود که میانگین کل زمان برداشت زباله برای ۶۷۴ خودروی مورد مطالعه در هر سرویس ۷۰ دقیقه و ۱۶ ثانیه است و با اطمینان ۹۵٪، این متوسط برای خودروهای موظف سیستم جمع آوری مواد زائد جامد شهر تهران به ترتیب ۶۸

زمان برداشت

کلیه زمانهای صرف شده برای برداشت زباله از سطح شهر را «زمان برداشت» می گویند. این زمان، از برداشت اولین کیسه یا بسته زباله شروع می شود و با برداشت آخرین کیسه یا بسته زباله طی یک سرویس خاتمه می یابد. با توجه به اطلاعات

جدول شماره ۲- آنالیز کل زمانهای جمع آوری به تفکیک منطقه

منطقه	تعداد مشاهده	متوسط زمان (دقیقه)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	Min	Max
۱	۵۲	۱۲۷.۹۵۴	۴.۲۰۳۰	۱۲۹.۵۳۳۳ تا ۱۱۲.۶۵۷۵	۶۸.۸۰۰۰	۱۷۹.۰۰۰۰
۲	۵۰	۱۰۷.۷۹۱۴	۴.۱۲۳۱	۱۱۰.۰۷۷۰ تا ۹۳.۵۰۵۸	۵۳.۷۷۰۰	۱۷۷.۰۰۰۰
۳	۱۴	۱۴۷.۰۴۵۷	۴.۰۴۹۹	۱۵۶.۷۹۴۹ تا ۱۳۹.۲۹۶۵	۱۱۶.۴۴۰۰	۱۷۶.۳۳۰۰
۴	۵۷	۸۹.۴۳۸۶	۳.۳۹۱۹	۹۶.۲۳۳۴ تا ۸۲.۶۴۳۸	۴۲.۰۰۰۰	۱۵۳.۰۰۰۰
۵	۲۵	۱۰۵.۷۲۰۰	۵.۰۰۱۲	۱۱۶.۰۴۱۹ تا ۹۵.۳۹۸۱	۵۷.۰۰۰۰	۱۵۷.۰۰۰۰
۶	۵	۱۶۴.۰۰۰۰	۶.۶۰۳۰	۱۸۲.۳۳۲۷ تا ۱۴۵.۶۶۷۳	۱۴۲.۰۰۰۰	۱۸۳.۰۰۰۰
۷	۷۲	۹۵.۱۳۸۶	۲.۴۹۵۲	۱۰۰.۷۱۴۱ تا ۹۰.۱۶۳۷	۴۷.۰۰۰۰	۱۷۷.۰۰۰۰
۸	۱۴	۸۵.۶۴۲۹	۳.۶۴۴۴	۹۳.۵۱۶۰ تا ۷۷.۷۶۹۷	۶۴.۰۰۰۰	۱۱۶.۰۰۰۰
۹	۲۲	۱۲۲.۱۸۱۸	۷.۶۸۰۴	۱۴۰.۲۳۳۷ تا ۱۰۴.۱۳۳۰	۷۰.۰۰۰۰	۲۲۰.۰۰۰۰
۱۰	۲۵	۹۵.۴۰۰۰	۴.۱۳۲۰	۱۰۳.۹۲۸۰ تا ۸۶.۸۷۲۰	۵۶.۰۰۰۰	۱۳۶.۰۰۰۰
۱۱	۲۸	۱۱۶.۶۴۲۹	۶.۰۷۴۵	۱۲۹.۱۰۶۸ تا ۱۰۴.۱۷۸۹	۷۰.۰۰۰۰	۲۰۴.۰۰۰۰
۱۲	۵۵	۷۷.۹۲۷۳	۲.۶۲۹۶	۸۴.۱۹۹۴ تا ۷۳.۶۵۵۱	۳۹.۰۰۰۰	۱۲۴.۰۰۰۰
۱۳	۲۹	۹۲.۴۴۸۳	۴.۰۴۳۱	۱۰۰.۷۳۰۱ تا ۸۴.۱۶۶۵	۶۵.۰۰۰۰	۱۴۷.۰۰۰۰
۱۴	۵۰	۱۱۵.۰۲۰۰	۳.۰۳۴۲	۱۲۱.۱۱۷۴ تا ۱۰۸.۹۲۲۶	۷۷.۰۰۰۰	۱۶۳.۰۰۰۰
۱۵	۵۲	۹۳.۵۹۶۲	۲.۴۳۵۰	۹۷.۴۸۴۷ تا ۸۷.۷۰۷۷	۶۲.۰۰۰۰	۱۵۲.۰۰۰۰
۱۶	۲۳	۸۴.۴۷۸۳	۳.۶۰۷۷	۹۱.۹۶۰۱ تا ۷۶.۹۹۶۴	۵۰.۰۰۰۰	۱۰۳.۰۰۰۰
۱۷	۲۵	۸۷.۴۴۰۰	۶.۴۶۵۲	۱۰۷.۷۸۳۲ تا ۷۵.۰۹۶۸	۵۵.۰۰۰۰	۱۷۶.۰۰۰۰
۱۸	۲۵	۸۳.۰۰۰۰	۴.۷۰۱۱	۹۲.۷۰۲۵ تا ۷۳.۲۹۷۵	۴۹.۰۰۰۰	۱۳۷.۰۰۰۰
۱۹	۲۵	۹۲.۵۸۳۳	۶.۰۲۸۹	۱۰۵.۰۵۵۰ تا ۸۰.۱۱۱۶	۵۷.۰۰۰۰	۱۷۲.۰۰۰۰
۲۰	۱۲	۸۵.۴۱۶۷	۴.۸۳۹۰	۹۶.۰۶۷۳ تا ۷۴.۷۶۶۱	۶۶.۰۰۰۰	۱۲۷.۰۰۰۰

مدیریت سیستم‌ها ۴۱

دقیقه و ۶ ثانیه برای نیشان طرح، ۸۷ دقیقه و ۴۳ ثانیه برای خاور طرح و ۱۱۲ دقیقه و ۳۳ ثانیه برای خاور روباز می‌باشد. نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل را در جدول شماره ۳ می‌بینیم:

مابین دو میزان ۱۴۶۴/۸۵۱۳۸۹۶ کیلوگرم قرار دارد و رقم آن ۲۳/۱۴۲۴ کیلوگرم است. براساس تجزیه و تحلیل انجام شده، این میانگین برای خودرو نیشان ۱۳۳۲ کیلوگرم، برای خودرو خاور طرح ۲۲۸۵ کیلوگرم و برای خاور روباز ۲۶۸۷ کیلوگرم می‌باشد.

جدول شماره ۳- آنالیز زمانهای برداشت زباله به تفکیک نوع خودرو

نوع خودرو	تعداد مشاهده	متوسط زمان (دقیقه)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	Min	Max
نیشان طرح	۶۲۲	۶۸/۰۹	۰/۸۸۶۰	۶۹/۳۵۰۰ تا ۶۶/۳۸۰۰	۱۹	۱۷۵
خاور طرح	۳۴	۸۷/۶۴	۴/۲۲۰۰	۹۶/۱۲۰۰ تا ۷۹/۰۶۰۰	۴۹	۱۳۵
خاور روباز	۱۸	۱۱۲/۵۵	۳/۴۵۰۰	۱۱۹/۸۳۰۰ تا ۱۰۵/۳۷۰۰	۸۷	۱۴۷
کل	۶۷۴	۷۰/۲۷	۰/۰۳۹۰	۷۲/۰۵۰۰ تا ۶۸/۴۹۰۰	۱۹	۱۷۵

ب) میزان زباله جمع‌آوری شده در هر سرویس در خصوص اطلاعات گردآوری شده در این بخش، مسئله را از دو زاویه دیگر به شرح ذیل بررسی کردیم:

۱. بررسی کل میزان زباله (تناژ) جمع‌آوری شده در هر سرویس

۲. بررسی سرعت برداشت وزنی زباله بر حسب دقیقه مطابق جدول شماره ۴. میانگین کل وزن زباله جمع‌آوری شده با انواع خودروهای جمع‌آوری در فاصله اطمینان ۹۵٪ ۴۲ و دقیقه و ۳۲ ثانیه است.

در خصوص سرعت برداشت وزنی زباله بر حسب دقیقه همان‌گونه که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌فرمائید، سرعت برداشت زباله برای هر تن در فاصله اطمینان ۹۵٪ مابین ۴۷ دقیقه و ۳۵ ثانیه الی ۴۹ دقیقه و ۲ ثانیه قرار دارد که رقم میانگین آن ۴۸ دقیقه و ۲۸ ثانیه می‌باشد. برپایه این محاسبات، میانگین سرعت برداشت هر تن زباله برای خودروهای نیشان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۴۹ دقیقه و ۱۰ ثانیه، ۳۹ دقیقه و ۵۲ ثانیه و ۴۲ دقیقه و ۳۲ ثانیه است.

جدول شماره ۴ - آنالیز میزان زباله حمل شده به تفکیک نوع خودرو

نوع خودرو	تعداد مشاهده	متوسط وزن حمل شده (کیلوگرم)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	Min	Max
نیشان طرح	۴۶۸	۱۳۳۲/۸۲۰۰	۱۲/۱۹۰۰	۱۳۰۶/۷۸۰۰ تا ۱۳۰۸/۸۶۰۰	۶۸۵	۲۳۶۰
خاور طرح	۲۸	۲۲۸۵/۳۵۰۰	۱۲۷/۱۴۰۰	۲۵۴۶/۲۲۰۰ تا ۲۰۲۴/۴۸۰۰	۱۲۲۵	۴۱۹۰
خاور روباز	۱۶	۲۶۸۶/۸۷۰۰	۶۶۶۰۰۰	۲۸۲۸/۸۳۰۰ تا ۲۵۴۴/۹۱۰۰	۲۳۰۰	۲۳۷۰
کل	۵۱۲	۱۴۲۴/۲۳۰۰	۱۹/۱۵۰۰	۱۴۶۴/۸۵۰۰ تا ۱۳۸۹/۶۰۰	۶۸۵	۴۱۹۰

جدول شماره ۵ - آنالیز سرعت برداشت زباله به تفکیک نوع خودرو

نوع خودرو	تعداد مشاهده	متوسط سرعت برداشت (تن در دقیقه)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	Min	Max
نیشان طرح	۴۶۸	۴۹/۱۵	۰/۴۵۶	۵۰/۰۵ تا ۴۸/۲۶	۳۷/۲۵	۶۹/۱۷
خاور طرح	۲۸	۳۹/۸۴	۱/۵۴۶	۴۳/۰۲ تا ۳۶/۶۷	۳۷/۹۶	۶۳/۹۰
خاور روباز	۱۶	۴۲/۵۴	۱/۴۳۳	۴۵/۶۰ تا ۳۹/۴۹	۳۵/۶۳	۵۶/۷۲
کل	۵۱۲	۴۸/۴۴	۰/۴۴۰	۴۹/۳۰ تا ۴۷/۵۷	۳۷/۲۵	۶۹/۱۷



خودروهای نیسان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۵/۶۷، ۶/۰۷ و ۹/۳۱ کیلومتر می‌باشد.

در این مرحله از تحقیق، با توجه به تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی، مشخص گردید که از مجموع عوامل تأثیرگذار بر زمان حمل زباله و محل جمع‌آوری تا ایستگاه (مسافت، ساعت آغاز حرکت، وزن زباله بارگیری شده)، تنها مسافت، آن هم در دو شکل درجه ۲ و خطی (درجه یک)، بر زمان تأثیرگذار است و در این خصوص، زمان حمل زباله (از محل جمع‌آوری تا ایستگاه) از معادله ذیل تبعیت می‌نماید:

$$T = 2.37 X - 0.031X^2 - 0.43$$

که در این فرمول:

T (بر حسب دقیقه) زمان حمل زباله از محل جمع‌آوری تا ایستگاه و X (بر حسب کیلومتر) مسافت حمل زباله می‌باشد.

زمان صرف شده داخل ایستگاه

این زمان شامل تمام لحظاتی است که خودرو از بدو ورود به ایستگاه تا زمان خروج از آن صرف می‌کند. به طور کلی

زمان حمل زباله از محل جمع‌آوری تا ایستگاه

این زمان، همان‌گونه که از نام آن مشخص می‌شود، دربرگیرنده زمانهایی است که خودروهای مخصوص جمع‌آوری زباله صرف حمل زباله از محل برداشت تا ایستگاه می‌نمایند. این زمان عموماً از بارگیری آخرین کیسه زباله آغاز می‌شود و با ورود خودرو به ایستگاه خاتمه می‌یابد.

بررسی‌های انجام شده مؤید آن است که متوسط زمان صرف شده برای حمل زباله از محل جمع‌آوری تا ایستگاههای انتقال ۱۱ دقیقه و ۵۲ ثانیه است که این میزان برای هر یک از خودروهای نیسان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۱۱ دقیقه و ۴۰ ثانیه، ۱۳ دقیقه و ۴ ثانیه و ۱۷ دقیقه و ۱۲ ثانیه می‌باشد.

همچنین در این بررسی، مشخص گردید هر خودروی جمع‌آوری در شهر تهران برای حمل مواد زائد از محل برداشت تا ایستگاه انتقال به طور متوسط مسافتی حدود ۵/۷۸ کیلومتر طی می‌نماید که این مسافت حمل برای هر یک از

فعالیت‌های وقتگیر در ایستگاه‌های انتقال مواد زائد جامد را می‌توان به شرح ذیل در نظر گرفت:

۱. زمان باسکول شدن

۲. زمان حرکت به سمت سکو برای تخلیه

۳. زمان تخلیه در سمی تریلر

۴. زمان خروج از ایستگاه

زمان برگشت به محل جمع‌آوری

این زمان دربرگیرنده تمام لحظات صرف شده برای بازگشت خودروهای مخصوص جمع‌آوری زباله از محل ایستگاه انتقال تا محل جمع‌آوری است و عموماً از زمان خروج خودرو از ایستگاه آغاز می‌شود و با برداشت اولین کیسه در پست جمع‌آوری خاتمه می‌یابد.

مطابق آنالیز انجام شده، که نتایج آن در جدول شماره ۶ آمده است، کل زمان صرف شده در ایستگاه ۶ دقیقه و ۳۷ ثانیه است که این میزان برای سه نوع خودروی نیسان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۶ دقیقه و ۳۳ ثانیه، ۱۰ دقیقه و ۲۴ ثانیه و ۴ دقیقه و ۴۳ ثانیه می‌باشد.

بررسی‌های انجام شده مؤید آن است که متوسط زمان صرف شده برای بازگشت خودروهای جمع‌آوری از ایستگاه‌های انتقال تا محل جمع‌آوری ۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه است که این میزان برای هر یک از خودروهای نیسان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۶ دقیقه و ۲۳ ثانیه، ۶ دقیقه و ۳ ثانیه و ۱۰

جدول شماره ۶

آنالیز زمان‌های صرف شده در ایستگاه‌های انتقال به تفکیک نوع خودرو

نوع خودرو	تعداد مشاهده	متوسط زمان در ایستگاه (دقیقه)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	Min	Max
نیسان طرح	۳۵۸	۶/۵۴۹۶	۰/۳۲۸۴	۷/۱۹۵۴ تا ۵/۹۰۳۹	۱/۴۳	۵/۵۰
خاور طرح	۱۶	۱۰/۴۰۱۹	۲/۸۶۰۵	۱۶/۴۹۹۰ تا ۴/۳۰۴۸	۳/۱۶	۴۹/۰۰
خاور روباز	۱۰	۴/۷۲۳۰	۰/۵۸۵۱	۶/۰۴۶۶ تا ۳/۳۹۹۴	۲/۷۴	۷/۳۳
کل	۳۸۴	۶/۶۲۱۰	۰/۲۳۱۹	۷/۳۱۱۹ تا ۶/۰۱۳۲	۱/۴۳	۵/۵۰



دقیقه و ۴۸ ثانیه می باشد.

که در این فرمول X مسافت بر حسب کیلومتر و T زمان بر حسب دقیقه می باشد.

در این بررسی، همچنین مشخص گردید که هر خودروی جمع آوری در شهر تهران برای بازگشت از ایستگاه انتقال و رسیدن به محل برداشت مواد زائد به طور متوسط مسافتی حدود ۴/۸۳ کیلومتر را طی می نماید که این مسافت حمل برای هر یک از خودروهای نیسان، خاور طرح و خاور روباز به ترتیب ۴/۷۹، ۴/۸۱ و ۶/۹۲ کیلومتر است.

زمان تلف شده در مسیر

این زمان شامل لحظاتی است که خودروهای مخصوص جمع آوری زباله خارج از سیستم جمع آوری صرف کرده اند. این زمانها عمدتاً شامل مواردی چون: توقف برای استراحت پرسنل، خرابی خودرو، پنچری، توقف پشت چراغ قرمز و غیره می باشد.

آنالیزهای رگرسیونی اطلاعات گردآوری شده، در این مرحله از تحقیق، مؤید آن است که در زمان بازگشت از ایستگاه تا محل جمع آوری مواد زائد تنها عامل مؤثر مسافت حمل آن هم در شکل خطی درجه یک می باشد.

با توجه به جدول شماره ۷ متوسط زمان تلف شده خودروهای مختلف در سیستم جمع آوری ۴ دقیقه است که برای سه نوع خودروی نیسان، خاور طرح و خاور روباز این زمان به ترتیب ۳ دقیقه و ۵۸ ثانیه، ۵ دقیقه و ۴۰ ثانیه و ۳ دقیقه و ۲۴ ثانیه می باشد.

بر اساس این تجزیه و تحلیل، معادله زمان برگشت از ایستگاه تا محل جمع آوری مواد زائد برابر:

$$T = 1.51x + 2.03$$

جدول شماره ۷

آنالیز زمانهای تلف شده در سیستم جمع آوری به تفکیک نوع خودرو

نوع خودرو	تعداد مشاهده	متوسط زمان تلف شده (دقیقه)	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵%	Min	Max
نیسان طرح	۳۵۸	۳/۹۶۱۸	۰/۳۰۰۰	۴/۵۵۱۷ تا ۳/۳۷۱۹	۰/۰۰۰۰	۴/۰۰۰۰
خاور طرح	۱۶	۵/۶۲۵۰	۲/۱۲۸۹	۱۰/۱۶۲۷ تا ۱/۰۸۷۳	۰/۰۰۰۰	۳۵/۰۰۰۰
خاور روباز	۱۰	۳/۴۰۰۰	۱/۳۵۱۵	۶/۴۵۷۴ تا ۰/۳۴۲۶	۰/۰۰۰۰	۱۵/۰۰۰۰
کل	۳۸۴	۴/۰۱۶۵	۰/۲۹۵۰	۴/۵۹۶۵ تا ۳/۴۳۶۵	۰/۰۰۰۰	۴/۰۰۰۰

پاورقی
۱. آنتروپوژنیک.