



# سامانه تفکیک پسماند جامد شهری

## بخش اول

الناز ملکی قلیچی

دانشجوی دکتری رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران

## مقدمه:

بر اساس قانون مدیریت پسماندها (۱۳۸۳)، پسماند عبارت است از: مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) که به طور مستقیم و یا غیر مستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده زائد تلقی می‌گردد. از ابتدای زندگی بشر، انسان‌ها برای تأمین نیازهای زندگی و دفع پسماندهای تولیدی خود از زمین بهره برده‌اند. در ابتدا دفع پسماندها با مشکل خاصی همراه نبوده است. با گذشت زمان، افزایش جمعیت و کاهش زمین مناسب جهت دفن پسماندها، رهاسازی آن‌ها در طبیعت و شهرهای تازه تأسیس شده باعث بروز مشکلات بهداشتی مختلفی شد که مهم‌ترین آن‌ها شیوع بیماری طاعون در قرن چهاردهم در قاره اروپا و مرگ نیمی از جمعیت این قاره بود. پیشرفت‌های صورت گرفته در قرن نوزدهم منجر به اقدامات کنترل بهداشت عمومی و مدیریت بهداشتی پسماندهای شهری گردید.



شایان ذکر است که امروزه در علم مدیریت پسماند نیز کلیه فعالیت‌های مرتبط در این حوزه از مرحله تولید تا دفع نهایی به ۷ عنصر موظف گروه‌بندی شده‌است و در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های صورت‌گرفته، این عناصر به‌عنوان اصول و مبنای تصمیم‌گیری مدنظر قرار گرفته شده‌اند. شکل (۲) ارتباط میان هر یک از این وظایف را به نمایش گذاشته‌است.

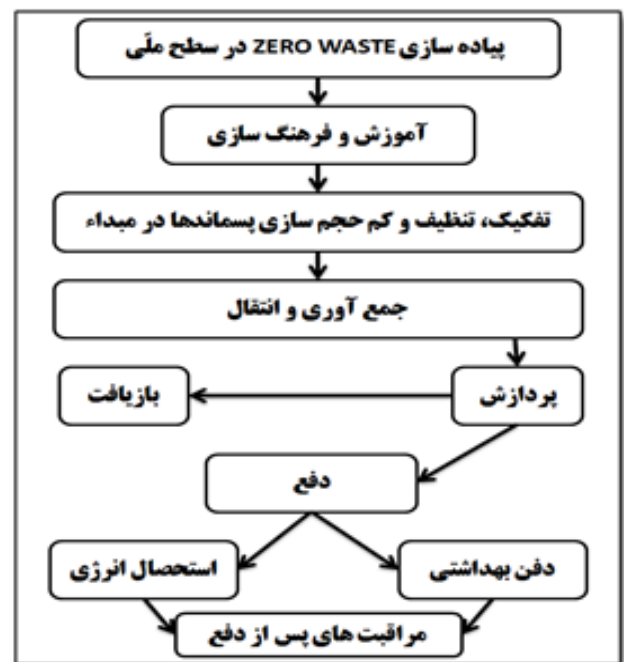
### تولید و ترکیب پسماند

پسماند از چند منظر می‌تواند دسته‌بندی شود: از نظر وضعیت فیزیکی (جامد، مایع، گاز)، از نظر کاربرد اصلی (بسته‌بندی، مواد غذایی و...)، از نظر مواد (شیشه، کاغذ و...)، از نظر ویژگی‌های فیزیکی (سختی، کمپوست‌شدنی، بازیافتنی)، از نظر منشأ (خانگی، تجاری، کشاورزی، صنعتی و...) و یا میزان ایمنی (خطرناک و بی‌خطر).

به پسماند خانگی و تجاری در مجموع، پسماند شهری (MSW<sup>۱</sup>) گفته می‌شود که معمولاً کم‌تر از ده درصد کل جریان پسماند را شامل می‌شود. نود درصد بقیه عبارت‌است از: پسماند کشاورزی، پسماند معدن‌کاوی، پسماند صنعتی و تولیدی، پسماند تولید انرژی، پسماند تصفیه آب و پسماند ساخت‌وساز و تخریب.

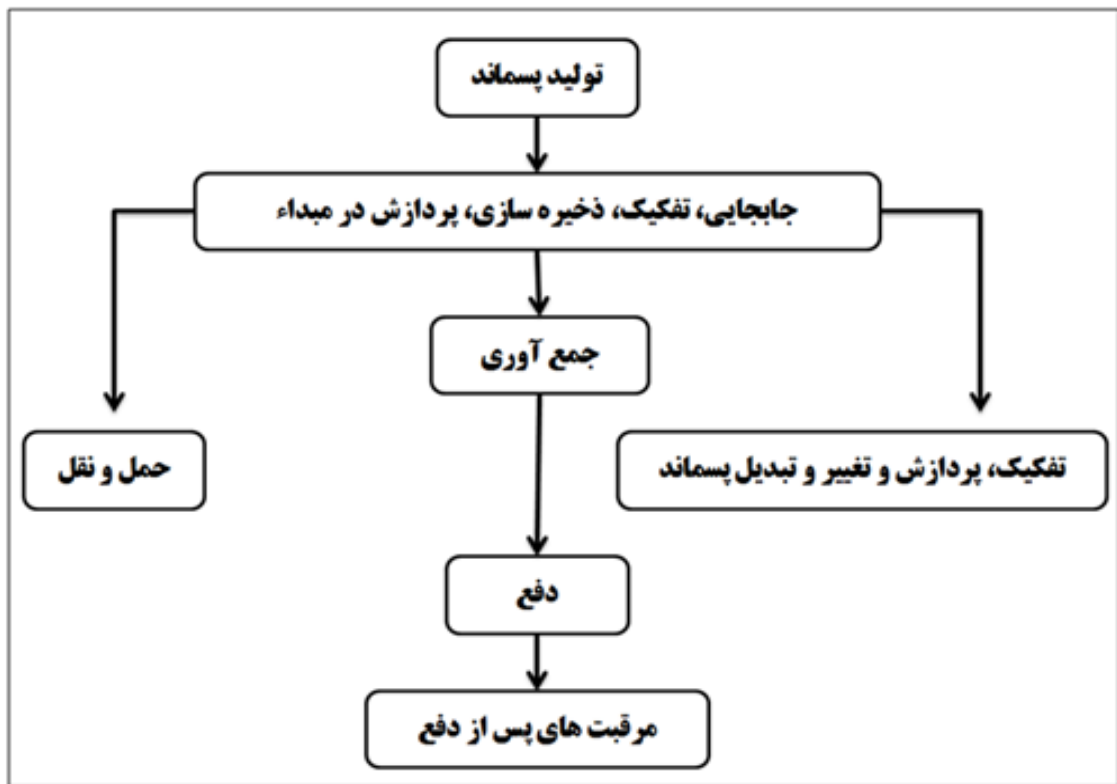


از آن‌پس، روش‌های مختلفی جهت دفع بهینه و بهداشتی پسماندهای جامد شهری در قاره اروپا و آمریکای شمالی و به‌تبع آن‌ها در سرتاسر دنیا صورت پذیرفت که هر یک از مزایا و معایب مختلفی برخوردار بودند. این موضوع باعث گردید تا استانداردهای زیست‌محیطی مختلفی جهت کنترل ویژگی‌ها و مشخصات مواد ورودی و خروجی به روش‌های مختلف دفع پسماندهای شهری (برای مثال سامانه‌های پسماندسوزی و تولید کمپوست) تدوین شوند و پس از تأیید، در سطح دنیا مورد استفاده قرار گیرند. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا، بسته به شرایط مختلفی چون جمعیت، شرایط جغرافیایی، میزان دسترسی به انرژی، شرایط آب‌وهوایی و ترکیب پسماند تولیدی، از روش‌های مختلفی برای مدیریت و دفع نهایی پسماندهای شهری استفاده می‌گردد. بنابراین الگوی رایج مدیریت پسماندهای جامد شهری در کشورهای توسعه‌یافته را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:



شکل ۱: الگوی رایج مدیریت پسماندهای جامد شهری در کشورهای توسعه‌یافته





شکل ۲: روابط متقابل بین عناصر موظف در سیستم مدیریت پسماندهای جامد شهری

آمار موجود نشان دهنده‌ی این حقیقت است که با افزایش میزان درآمد و سطح رفاه اجتماعی و توسعه‌یافتگی کشورها، سرانه تولید پسماند افزایش و از سوی دیگر بر میزان و درصد تفکیک و بازیافت پسماندها و مشارکت شهروندان افزوده می‌شود. از طرفی در خصوص ترکیب پسماند بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته بایستی یادآور شد که درصد پسماندهای خشک و قابل بازیافت، بیشتر از درصد پسماندهای تر (آلی) می‌باشد. در حالی که در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌نیافته، درصد پسماندهای تر بیشتر از نوع خشک قابل بازیافت می‌باشد.

تحقیقات صورت‌گرفته در بسیاری از کشورهای دنیا نشان دهنده‌ی این حقیقت است که میزان و ترکیب پسماند تولیدی، بسته به شرایط حاکم در جوامع و کشورهای مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- \* میزان شهرنشینی و توسعه شهرها
- \* شرایط اقتصادی، میزان درآمد و سطح رفاه اجتماعی شهروندان
- \* شرایط آب‌وهوایی
- \* شرایط جغرافیایی
- \* شرایط فرهنگی

## دیدگاه‌های نظری حاکم بر سیستم مدیریت جامع پسماند

مدیریت جامع پسماند (IWM<sup>۲</sup>) این چنین تعریف می‌شود: سیستمی که جریان پسماند، جمع‌آوری پسماند و روش‌های پردازش و دفع پسماند را در تعامل با یک‌دیگر مدیریت می‌کند؛ به نحوی که اهداف محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی مطلوب در یک منطقه مشخص به دست آید. مدیریت پایدار پسماند باید از لحاظ محیط‌زیستی مؤثر، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه و از لحاظ اجتماعی مقبول باشد. در بیان روشن‌تر باید کارایی محیط‌زیستی، صرفه‌ی اقتصادی و مقبولیت اجتماعی لازم را داشته باشد.

## مدیریت جامع پسماند در کشورهای در حال توسعه (شهری)

یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت پسماند شهری است. معضل مربوط به پسماند به دلیل رشد سریع جمعیت و گسترش شهرنشینی در اکثر نقاط آسیا، آمریکای لاتین و آفریقا بیش از گذشته موجب نگرانی‌های مختلف شده است. اگرچه ماهیت مسائل مدیریت پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه تا حدود زیادی مشابه کشورهای صنعتی است. در حالی که شرایط خاص فرهنگی، اعتقادی، اقتصادی، محیطی و اقلیمی این کشورها باعث تفاوت‌هایی و شاید مشکلاتی در اداره این سیستم‌ها گردیده است. رشد سریع شهرنشینی و عدم برنامه‌ریزی صحیح و اصولی در ایجاد زیرساخت‌های شهری باعث شده تا کمبودهای جدی و اساسی در ارائه خدمات شهری قابل قبول مانند: مدیریت پسماند در این کشورها به وجود آید. پراکندگی پسماندهای خانگی در کوچه، خیابان و معابر عمومی،

ضعف در جمع‌آوری مکانیزه و در نتیجه تلمبارشدن مواد زائد و آلودگی‌های ناشی از آن، فقدان بهره‌گیری از دفع بهداشتی با مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی گوناگون که تهدیدکننده سلامت جامعه است؛ مواجه شده‌اند. لذا عدم کفایت سیستم جمع‌آوری و دفع پسماندها از مهم‌ترین عوامل اصلی در توسعه‌ی بیماری‌های خطرناک در این شهرها است. شواهد عینی و نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مهم‌ترین مسائل در ارتباط با مدیریت مواد زائد جامد در کشورهای در حال توسعه عبارت‌اند از:

- \* عدم تناسب ظرفیت سیستم جمع‌آوری مواد زائد با جمعیت زیر پوشش سیستم
- \* عدم بازدهی کافی سرویس خدمات شهری و مدیریت مواد زائد شهری
- \* محدودیت در به‌کارگیری بخش‌های رسمی و غیر رسمی در فعالیت‌های بازیافت مواد
- \* مشکلات ویژه در ارتباط با دفع نهایی پسماند
- \* مشکلات مربوط به جمع‌آوری و دفع پسماند خطرناک شهری

بررسی پسماند تولیدی در کشورهای در حال توسعه نشان‌گر آن است که سهم عمده‌ای از ترکیبات زائد جامد شهری را ترکیبات آلی تشکیل می‌دهد. میزان تولید این نوع از زائدات در این کشورها رقمی مابین ۴۵ تا ۸۵ درصد از کل زائدات جامد تولیدی را شامل می‌گردد. در حالی که این میزان در کشورهای توسعه‌یافته، تنها ۲۵ تا ۴۵ درصد از کل زباله تولیدی آن‌ها را تشکیل می‌دهد و این ارقام بیانگر افزایش فرهنگ مصرف‌گرایی در کشورهای در حال توسعه است. از مهم‌ترین ویژگی‌های مدیریت پسماند در شهرهای جهان، روش‌های نظام‌مند و سیستماتیک برای جمع‌آوری، انتقال، دفع، پردازش و بازیافت آن در شهرهای صنعتی است.





با وجود عدم استاندارد جهانی در این زمینه، عمدتاً تعداد زیادی از کشورها در چارچوب جدول (۱) پسماندهای خود را دسته‌بندی کردند و امروزه این دسته‌بندی در بسیاری از کشورهای جهان متداول است.

تعریف	گروه پسماند
پسماند تولیدشده از فعالیتهای کشاورزی، به خصوص دامداری	کشاورزی
پسماند باقی‌مانده از فعالیتهای معدن کاوی و استخراج سنگ معدن	معدن کاوی و استخراج سنگ معدن
پسماند آلی و معدنی ناشی از فعالیتهای لایروبی مجراها	لایروبی
پسماند ساخت‌وساز، به خصوص مواد معدنی و چوب باقی‌مانده	ساخت‌وساز و تخریب
پسماند تولیدشده از فعالیتهای صنعتی، در برخی موارد شامل: صنایع تولید انرژی	صنعتی
پسماند ناشی از صنایع تولید انرژی، شامل خاکستر زغال سنگ	تولید انرژی
پسماند آلی تصفیه‌خانه‌ها (خانگی و یا صنعتی)	لجن تصفیه‌خانه
پسماند حاوی مواد خطرناک برای حیات و محیط‌زیست	مواد خطرناک/ ویژه
پسماند دفاتر، مغازه‌ها، رستوران‌ها و.....	تجاری
پسماند جمع‌آوری‌شده و کنترل‌شده توسط مقامات محلی و یا شهرداری شامل: پسماند خانگی، پسماند تجاری و پسماند سازمان‌ها	پسماند شهری (MSW)

جدول ۱- دسته‌بندی رایج پسماند

مالی گسترده‌تر، موجب پیشرفت سیستم مدیریت پسماند در شهر استانبول شده‌است. تشکیل یک آژانس محلی برای مدیریت پسماند به نام "شرکت حفاظت زیست‌محیطی و پردازش پسماند استانبول" یکی از مهم‌ترین عوامل این پیشرفت بوده‌است.

از مهم‌ترین برنامه‌ها و پروژه‌های دیگر که در دهه‌ی اخیر، در استانبول در زمینه مدیریت پسماند انجام گرفته و پیشرفت خوبی داشته‌است؛ می‌توان به ایجاد دو سایت دفن بهداشتی زباله یکی در بخش اروپایی شهر و یکی در بخش آسیایی یا اصلاح محل‌های تلمبار پسماند قدیمی، ایجاد سیستم جمع‌آوری گاز و ایجاد پوشش نهایی مناسب و تجهیزات جمع‌آوری و تصفیه شیرابه اشاره کرد.

### وضعیت مدیریت پسماند در شهر استانبول - ترکیه

استانبول شهری با ۱۳ میلیون نفر جمعیت و تولید حدود ۱۴۰۰۰ تن در روز، به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر تولیدکننده پسماند در ترکیه به‌شمار می‌رود. با تخمین هزینه جمع‌آوری هر تن از پسماند معادل ۴/۲۴ دلار، مشکلات متعددی در زمینه مدیریت پسماند برای آن‌ها به‌وجود آمده‌است. از این‌رو مسئولین محلی همواره جهت رفع این موانع در جست‌وجوی یافتن روش‌های جایگزین و تلاش برای کاهش نرخ تولید پسماند بوده‌اند. بر این اساس در چند دهه‌ی اخیر عوامل متعددی مانند سازماندهی قوی‌تر، قانون‌گذاری مناسب، ورود بخش خصوصی و منابع

تجاری را ملزم به تفکیک پسماندشان می‌نماید. این شرکت با استفاده از ظروف ذخیره‌ی پسماند چرخ‌دار در سطح شهر به سه رنگ سیاه، آبی و سبز به حجم ۲۴۰ لیتر، پسماندهای بازیافت‌پذیر و پسماندهای کمپوست‌شدنی را جداسازی نمود. سپس به وسیله کامیون‌هایی با دو بخش مجزا برای مواد بازیافتی و سایر پسماندها به صورت هم‌زمان جابه‌جا می‌نماید و بیش‌تر خیابان‌ها به صورت مکانیکی و حداقل یک‌بار در هفته و مناطق پرتردد به صورت روزانه رفت‌وروب می‌شوند.

\* بخشی از پسماند شهر به محل دفنی در فاصله ۸۵ کیلومتری شهر منتقل شده و بخشی دیگر جهت تولید کمپوست متعلق به شرکت رکولوژی در ۹۷ کیلومتری شهر منتقل می‌شود. این سیستم تأثیر به‌سزایی بر موفقیت استراتژی انحراف جریان پسماند از محل دفن و برنامه‌های زیست‌محیطی داشته‌است.

\* ایالت کالیفرنیا با تکیه بر توافق همه‌جانبه میان مدیران ارشد و همین‌طور حمایت و مشارکت گسترده‌ی مردم، بخش تجاری و آژانس‌های دولتی، اهدافی نظیر انحراف ۵۰ درصدی پسماند و دست‌یابی به شهر بدون پسماند در سال ۲۰۲۰ را دنبال می‌کند. تمرکز بر این اهداف به دلیل وجود بخش غیرانتفاعی فعال، سازمان‌های منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای حرفه‌ای، و بازارهای پایدار بازیافت میسر شده‌است.

علاوه‌براین در خصوص تفکیک پسماند، پیشگیری از تولید زباله و یا به‌حداقل رساندن آن و یا تشویق به‌حداقل رساندن مقدار ضایعات پرخطر، به‌عنوان اصلی‌ترین اولویت‌ها در نظر گرفته‌شده‌است. این اولویت‌ها با بازیابی مواد زائد از طریق روش‌های استفاده مجدد، بازیافت، کمپوست، تولید انرژی تضمین گردیده‌است. به‌گونه‌ای که مقدار زیادی از صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید از طریق آن حاصل شده‌است. از سوی دیگر تبدیل مواد با افزایش بازیافت مواد زائد که دارای ارزش اقتصادی است؛ هزینه‌های دفع زباله را کاهش داده و فشار زباله به محیط‌زیست را می‌کاهد.

### وضعیت مدیریت پسماند در شهر سان‌فرانسیسکو - آمریکا

شهر سان‌فرانسیسکو در ایالت کالیفرنیا، آمریکا، با مساحت ۱۲۲ کیلومترمربع و جمعیت بالغ بر ۸۳۶ هزار نفر، آغازگر برنامه زیست‌محیطی ملل متحد بوده‌است که با تمرکز بر مسائل محیط‌زیستی در ترکیب با مدیریت منابع در بعد ملی و فراملی، شهری پیشرو محسوب می‌شود. هم‌گرایی بالای میان شهروندان این اجازه را به مدیران می‌دهد تا برنامه‌های پیشرفته و خلاقانه را در آن پیاده کنند. این ویژگی‌ها، به‌همراه وجود پیمانکاران قوی در زمینه جمع‌آوری، سیستم خدماتی کارآمد و همچنین محاسبه هزینه‌های انتقال، پردازش و دفن در زمین به‌صورت پله‌ای، موجب پیشرفت روزافزون سیستم مدیریت پسماند در این شهر شده‌است. در مجموع از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در فرآیند مدیریت پسماند این شهر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

\* جمع‌آوری پسماند به‌طور پیشرفته توسط شرکت رکولوژی که قانون اجباری بازیافت و کمپوست را به اجرا درآورده‌است و همچنین همه‌ی ساکنان و بخش





میانگین سرانه تولید پسماند در سان فرانسیسکو، ۷/۱ کیلوگرم در روز بوده است که ۷۲ درصد آن بازیافت می شود. سه چهارم از پسماند باقی مانده، به وسیله برنامه های اجرا شده کنونی می تواند منحرف شود که این رقم به زودی به ۹۰ درصد خواهد رسید.



شکل ۳- کامیون جمع آوری مواد بازیافتی و سایر پسماندها در دو بخش مجزا در شهر سان فرانسیسکو

## وضعیت مدیریت پسماند در شهر آدلاید- استرالیا

از خلاقانه ترین جنبه های فعالیت این نهاد این بود که درآمد آن مستقیماً به درآمد دولت ایالتی از محل مالیات دفن در زمین وابسته بود.

- تفکیک اتوماتیک و فشرده سازی مواد جهت انتقال به مراکز پردازش و بازیافت و در نهایت صادرات آن به سایر کشورها از بخش های مهم این مدیریت است.
- سیستم جمع آوری پسماند در آدلاید بسیار مدرن و با استانداردهای سطح بالا انجام می شود. بر اساس سیستم سه سطلی برای جمع آوری مواد بازیافتی، مواد آلی سبز و سایر پسماندها به صورت جداگانه، حدود هفتاد درصد جمعیت این شهر خدمات جمع آوری را از بخش خصوصی دریافت می کند.

یکی از مدیریت های پیشرو در زمینه پسماند، شهر آدلاید- استرالیا است که نسبت به مسائل زیست محیطی بسیار هوشمندانه عمل نموده است. وجود سطح بالای تکنولوژی در این شهر و در نتیجه وجود فرآیندهای پیشرفته و قانون مند مدیریت پسماند در آن، از جمله مواردی است که نشانگر توجه آن ها به حفظ محیط زیست می باشد. مهم ترین اقدامات این شهر در زمینه مدیریت پسماند عبارت است از:

- مدیریت منابع از بزرگ ترین اولویت های سیاست گذاری در این شهر است. در جولای ۲۰۰۳ نهاد جدیدی در دولت استرالیا تحت عنوان «استرالیای جنوبی بدون پسماند»<sup>۴</sup> بنا نهاده شد تا فرآیندهای کاهش پسماند، بازیافت و استفاده ی مجدد را هدایت و اجرا کند. یکی



شهری تولیدی (به‌غیر از پسماندهای ساختمانی، عمرانی و لجن و سرشاخه) تولیدی مناطق مسکونی، اداری، آموزشی، تجاری و... که به‌صورت روزانه از سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران جمع‌آوری و جهت بازیافت و دفع نهایی به مراکزی چون مجتمع پردازش و دفع آرادکوه و ایستگاه‌های تفکیک (بازیافت) ارسال می‌شود. در مجموع فرایند مدیریت پسماندهای جامد شهری تهران را می‌توان به‌صورت نمودار صفحه‌ی بعد خلاصه کرد.



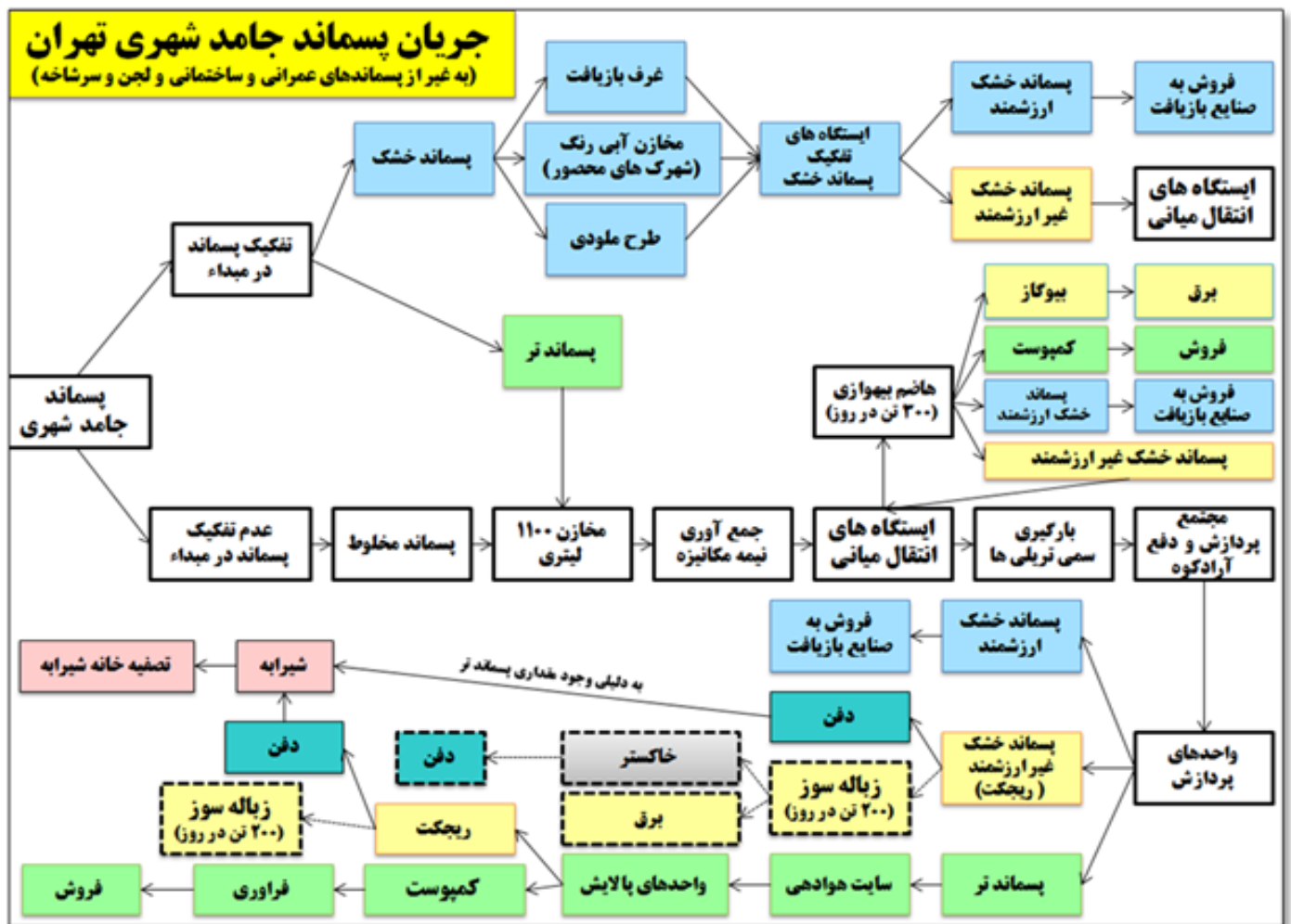
- دفن پسماند در این شهر در طول چندین دهه در بالاترین سطح استاندارد حفاظت زیست‌محیطی انجام گرفته‌است. از سوی دیگر، سیاست اصلی مدیریت پسماند در این شهر بر انحراف پسماند از طریق ایجاد محدودیت برای ورود مواد مشخص، افزایش مالیات دفن در زمین و تأمین هزینه‌های برنامه‌های تحقیقاتی و نوآوری‌های گسترده در زمینه بازیافت و استفاده مجدد استوار است.

مدیریت پسماند در استرالیا جنوبی و به‌خصوص شهر آدلاید، یکی از نمونه‌های عملی موفق در این زمینه می‌باشد. قانون پسماند صفر و ممنوعیت کیسه‌های پلاستیکی، دو نمونه‌ی عالی برای نمایاندن قدرت رهبری و اجرایی سیاست‌مداران استرالیا جنوبی از طریق ایجاد ساختارهای نهادینه، مکانیسم‌های اقتصادی و ظرفیت‌های سازمانی برای رسیدن به هدف اصلی سیستم مدیریت پسماند (3R<sup>۵</sup>) می‌باشد.

### فرآیند مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهر تهران:

بر اساس آمار سال ۱۳۸۵، در کلان شهر تهران بالغ بر ۷۴۴۹/۷ تن در روز انواع پسماند تر و خشک تولید گردیده‌است که حدود ۳٪ آن در مبدأ تفکیک شده و ۱۲/۲۱٪ آن به کمپوست تبدیل شده و باقی‌مانده آن به‌صورت نیمه‌بهداشتی دفن شده‌است. سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران نیز هم‌زمان با پیشرفت‌های صورت‌گرفته در سایر کشورهای دنیا از روش‌های استاندارد و نوین متعددی جهت مدیریت بهینه پسماند جامد شهری پایتخت‌نشینان بهره برده‌است. منظور از پسماندهای جامد شهری در این بخش عبارت‌است از: کلیه پسماندهای جامد





شکل ۳: نمودار جریان مدیریت پسماندهای جامد شهری تهران (دی ماه ۱۳۹۳)

## منابع:

۱. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران، گزارش شماره ۲۰۷، شهریور ۱۳۹۲.
۲. ذخیره سازی، جمع آوری و انتقال پسماند، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، ۱۳۹۰.
۳. سازمان مدیریت پسماند شهر تهران.
۴. - بررسی زباله شهر، تهران گروه انرژی های تجدیدپذیر، پژوهشگاه نیرو.
۵. Waste sorting plants Extracting value from waste an introduction, International Solid Waste Association (ISWA).