

## ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های نو مدیریت پسماندها در کشور

محمد علی عبدلی<sup>۱\*</sup>، مهدی جلیلی قاضی زاده<sup>۲</sup>

۱- استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکترا مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۰/۵

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۱/۱۲

### چکیده

افزایش بی‌رویه جمعیت از یک سو و رشد سریع مصنوعات بشر و تولید مواد شیمیایی بعد از انقلاب صنعتی از سوی دیگر باعث شده است که کمیت و کیفیت مواد زاید دچار تغییرات فراوانی شود. بنابراین در حال حاضر استفاده از روش‌ها، فناوری‌ها و تجهیزات قدیمی نمی‌تواند جوابگوی مشکلات مدیریت پسماندها باشد. از طرف دیگر از آنجا که روند مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران با اختلاف فاز ۷۰ ساله از کشورهای صنعتی طی طریق می‌کند، بنابراین به کار بردن فناوری‌های مورد استفاده در کشورهای صنعتی بدون در نظر گرفتن شرایط کشور نتیجه‌ای جز اتلاف سرمایه‌های ملی و هدر رفتن نیروی انسانی نخواهد داشت. سلسله مراتب یاد شده در مدیریت جامع زواید در کشورهای صنعتی عبارتند از: کاهش در مبدأ، بازیافت، زباله‌سوزی و دفن بهداشتی. در این مقاله بر اساس سلسله مراتب یاد شده ایران به دو گروه مجزا تقسیم شده است. گروه اول شامل استان‌های ساحلی دریای خزر و خلیج فارس، نظیر استان‌های گیلان، مازندران، گلستان، بوشهر، هرمزگان و قسمتی از استان خوزستان و گروه دوم شامل سایر استان‌های کشور است. شباهت شرایط اقلیمی استان‌های گروه اول با کشورهای توسعه‌یافته‌ای، نظیر سوئیس، سوئد و قسمتی از فرانسه و همچنین عدم وجود زمین مناسب برای دفن در این استان‌ها در مقایسه با سایر استان‌ها، موجب شده است سلسله مراتب در گروه اول مانند کشورهای ذکر شده انتخاب شود، در حالی که در گروه دوم با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای زباله‌سوزی و به دلیل آنکه امکان دفن درجه یک وجود دارد، این تقسیم‌بندی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود: ۱- کاهش در مبدأ ۲- بازیافت ۳- دفن بهداشتی براساس اندازه گیری‌های به عمل آمده در چارچوب این سلسله مراتب، ابتدا مدیریت مواد زاید به عناصر موظف تقسیم‌بندی شده و در هر عنصر فناوری‌های جدید مورد استفاده در کشورهای توسعه‌یافته شناسایی و بررسی شده و سپس با توجه به شرایط آب و هوایی و زیست‌محیطی، خواص فیزیکی و شیمیایی زباله، امکانات تکنولوژیکی و اقتصادی، خصوصیات فرهنگی و وضعیت قوانین مرتبط با سیستم مدیریت مواد زاید در ایران، فناوری‌هایی که می‌توانند در شرایط کشور موثر باشند انتخاب شده است.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت مواد زاید جامد، فناوری، انطباق، ایران

### سرآغاز

برخوردار است. بازیافت و پردازش مواد دومین اولویت در سلسله مراتب مدیریت مواد زاید جامد شهری است. در نتیجه فناوری‌های پردازش و بازیافت مواد و انرژی دارای اهمیت ویژه‌ای در سیستم مدیریت مواد زاید جامد است در تمام منابع تولید زباله، ذخیره در محل و نظافت شهری در حفظ بهداشت و محیط زیست از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین فناوری‌های مربوط به نگهداری، اداره و ذخیره در محل

سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری از هشت عنصر موظف تشکیل شده است. در هر عنصر موظف فناوری‌های خاصی استفاده می‌شود. امروزه کاهش در مبدأ به عنوان گزینه مقدم در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری مطرح است. بنابراین فناوری‌های مربوط به جداسازی و تفکیک از مبدأ در این سیستم از جایگاه ویژه‌ای

شده، صرفه‌جویی در اراضی مورد نیاز برای دفن زباله و کاهش هزینه‌های مربوط، کم شدن استهلاک و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری کارخانه‌های کمپوست و تولید کمپوست مرغوب و به عبارتی دیگر به منظور دستیابی به اهداف اقتصادی، بهداشتی و زیست‌محیطی مورد توجه است.

در برخی از کشورها کاغذ، شیشه، پلاستیک و فلزات هر یک جداگانه جمع‌آوری و تحویل می‌شوند. درپاره‌ای از شهرها نیز مواد زاید در قالب زباله‌های خشک (مجموعه شیشه، کاغذ، پلاستیک و فلز) در یک کیسه، یا سطل و زباله‌های تر شامل مواد فسادپذیر در کیسه، یا سطل جداگانه تحویل کارگران خدمات شهری می‌شود (Ludwing *et al.*, 2003).

در برنامه‌های تفکیک از مبدأ، فناوری‌های جدید چندان نقش نداشته بلکه سیاست‌گذاری‌های صحیح، برنامه‌های مدون و مناسب و آموزش مردم از طریق رسانه‌های گروهی و همچنین وجود قوانین و مقررات، کارساز و مؤثر است. آنچه می‌توان به عنوان مهم‌ترین فناوری‌های مربوط به تفکیک از مبدأ نام برد، استفاده از آخرین تکنولوژی‌های اطلاع‌رسانی و استفاده کافی از رسانه‌های همگانی و شیوه‌های نو آموزشی است که کار تفکیک از مبدأ را در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته محقق کرده است.

#### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به کاهش حجم مواد زاید جامد

از آنجا که زباله‌های شهری به دلیل حجیم بودن و وزن مخصوص کم به هزینه‌های جمع‌آوری و حمل و نقل زیادی نیاز دارند، کاهش حجم مواد زاید در مبدأ، یا در ایستگاه‌های مخصوص می‌تواند آثار اقتصادی بسیاری در سیستم‌های جمع‌آوری و دفع مواد زاید جامد داشته باشد.

روش‌های کاهش حجم در موارد مختلف متفاوت است. برای مثال در مورد بطری‌های PET استفاده از دستگاه‌های ساده و کوچک پرس در مکان‌های اصلی تولید این مواد مثل رستوران‌ها، مغازه‌های نوشابه‌فروشی، هتل‌ها و اماکن دیگری که مقادیر بسیاری از این بطری‌ها وجود دارد، رایج است. وسایل خانگی مثل مبلمان، میز و وسایل فلزی پس از جمع‌آوری و انتقال به ایستگاه‌های کاهش حجم، با استفاده از دستگاه‌های پرس قوی فشرده و خرد شده و به صورت عدل، یا خردشده به مراکز دفن و یا دفع انتقال می‌یابند. قطعات غیر قابل بازیافت برخی اثاث منزل مانند رادیو، تلویزیون، ماشین‌های لباسشویی و یخچال و مشابه آن نیز تحت عملیاتی خرد شده و حجم

در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری، به منظور حفظ بهداشت و محیط زیست و ایجاد سیستم‌های مکانیزه جمع‌آوری متناسب با شرایط منابع تولید باید همواره مورد توجه مدیران شهری باشد. جمع‌آوری زباله در حدود ۵۰ تا ۷۵ درصد از هزینه‌های سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری را به خود اختصاص می‌دهد (Theisen, 2002, Vesilind *et al.*, 2002). بنابراین بررسی فناوری‌های جمع‌آوری و حمل و نقل مواد از جنبه‌های بهره‌وری و افزایش بازده سیستم و نیز از نظر اقتصادی لازم و ضروری است. در نهایت دفع مواد زاید جامد به اشکال مختلف نیاز به حداقل امکانات و فناوری‌هایی دارد که باید به آن توجه شود. در نهایت انتخاب فناوری دفع متناسب با شرایط کشور، می‌تواند صرفه‌جویی در هزینه و حفظ بهداشت و محیط زیست را در بر داشته باشد.

تجربه‌های گذشته نشان داده است که در تمامی موارد فوق استفاده از این فناوری‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و همچنین مشخصات فیزیکی و شیمیایی زباله ایران نتیجه‌ای جز اتلاف سرمایه‌های ملی و هدر رفتن نیروی انسانی نداشته است. بنابراین به نظر می‌رسد شناخت دقیق این فناوری‌ها و بررسی امکان استفاده از آنها با توجه به شرایط ایران لازم و ضروری است. در این تحقیق با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، روش‌ها، فناوری‌ها و تجهیزات مورد استفاده در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در شرایط ایران بررسی و ارزیابی خواهد شد و محدودیت‌ها و توانایی‌های کشور در استفاده از آنها مشخص خواهد شد. با توجه به اینکه کمبودهای زیادی در ایجاد سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد در کشور وجود دارد، اقدامات لازم برای رفع این کمبودها نیز بیان خواهد شد.

#### روش کار

در این قسمت ضمن بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به عناصر موظف در مدیریت مواد زاید، توانایی انطباق این فناوری‌ها در شرایط ایران مورد توجه قرار می‌گیرد.

#### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به تفکیک از مبدأ مواد زاید جامد

تفکیک از مبدأ با اهدافی چون بازیافت بخش عمده‌ای از زباله‌های شهری و برگشت آن به چرخه تولید و مصرف مجدد، کاهش چشمگیر حجم و وزن زباله‌های شهری، کاهش هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری و دفع مواد زاید، منافع اقتصادی قابل کسب از مواد تفکیک

جمع‌آوری مواد زاید چهارمین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید است. آنچه در جمع‌آوری مواد زاید مهم است تعداد دفعات جمع‌آوری در هفته و ابزار و وسایل مورد استفاده و آموزش‌های لازم به شهروندان و کارکنان و کارگران خدمات شهری است. در بیشتر کشورهای پیشرفته جهان جمع‌آوری زباله، یک روز در میان، دو روز در میان، هفته‌ای دو بار و گاهی هفته‌ای یک بار انجام می‌گیرد.

#### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به تنظیف فضاهای شهری

افزایش سریع جمعیت شهری و توسعه شهرنشینی و شهرها، توجه کافی به پاکیزگی شهرها را به عنوان یکی از وظایف اصلی و روزمره شهرداری‌ها ضروری می‌کند. گسترش شهرها و توسعه فیزیکی آن، نظافت شهرها را به روش‌های سنتی و با استفاده از روش‌های کارگرطلب و غیرمکانیزه با مشکل رو به رو می‌کند. در کشورهای توسعه‌یافته، شهرداری‌ها و سازمان‌های موظف در این مورد و برای حل این مشکل بررسی‌های مختلفی انجام داده‌اند که حاصل آن اقدامات اصولی زیر خلاصه می‌شود:

- ۱- آموزش و جلب مشارکت مؤثر مردم برای همکاری با شهرداری در زمینه تمیز نگه‌داشتن معابر و محیط شهرها.
  - ۲- نصب سطل‌ها و جایگاه‌های مناسب در کلیه معابر و سطوح شهری برای انداختن آشغال و همچنین نصب ظروف مناسب برای انداختن ته‌سیگار، دستمال کاغذی و موارد مشابه دیگر.
  - ۳- قانونمندی‌های لازم برای حفظ نظافت شهر و برخورد قاطع با متخلفان.
  - ۴- مکانیزه کردن پاکیزگی محیط شهر
- فناوری‌های جدید در این زمینه، ساخت انواع ماشین‌آلات چند منظوره است که یکی از عملیات این نوع ماشین‌آلات جارو کردن معابر است. عملیات مختلف دیگری چون آب‌پاشی معابر، برف‌روبی، نمک‌پاشی، شن‌پاشی، تسطیح و خاکبرداری و فعالیت‌های مختلف دیگر به وسیله ماشین، با الحاق اتصالات و ملحقات مربوط، انجام می‌شود. در ایران نظافت شهرها به طور مکانیزه بسیار محدود است و در بیشتر مناطق، این کار به طریق سنتی و با استفاده از کارگران خدمات شهری انجام می‌شود. در روش‌های نظافت سنتی بخشی از گرد و غبار و ذرات سرب و لاستیک و دیگر آلاینده‌های ناشی از تردد وسایل نقلیه موتوری، در هوای شهرها پراکنده شده و آلودگی‌های هوا را تشدید می‌کند. بخشی نیز به داخل جوی‌ها و مجاری آب ریخته شده و آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی را ایجاد می‌کند.

آن به مقدار چشمگیری کاهش می‌یابد که این عملیات را به اصطلاح Pulverized کردن مواد زاید می‌نامند. در این فرایند از انواع آسیاب‌های کوچک، رنده‌ها، آسیاب‌های بزرگ، خردکننده‌های آرواره‌ای، دستگاه‌های سوهان‌کاری، ریزکننده‌ها، قیچی‌ها، تراشنده‌ها، چکش آسیابی و خمیرکننده‌های هیدرولیکی استفاده می‌شود. آنچه به عنوان جدیدترین سیاست‌ها و برنامه‌ها در مورد کاهش حجم مواد زاید مطرح است، توجه به استفاده از تکنولوژی‌های نو و یا آخرین فناوری‌ها برای کاهش حجم عظیم زباله‌های تولید شده نیست، بلکه سیاست‌های مرتبط با کاهش تولید زباله است که دارای آثار اقتصادی عمده‌ای است. این سیاست‌ها بر این مناسبت که به جای انجام هزینه و سرمایه‌گذاری‌های کلان برای توسعه صنایع و کارخانه‌های زباله‌سوزی، کمپوست، بازیافت فلزات و شیشه و غیره و یا اختصاص اراضی وسیع و صرف سرمایه‌های هنگفت برای دفن بهداشتی، بهتر است که سیاست‌های مربوط به حداقل رساندن میزان زباله (Waste Minimization) به اجرا در آید (عبدلی، ۱۳۸۴).

#### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به نگهداری و جمع‌آوری مواد زاید جامد

سومین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری، جابه‌جایی، نگهداری و پردازش در محل است. البته پردازش مواد در سرتاسر سیستم در جریان است. روش‌های مورد استفاده برای جابه‌جایی، نگهداری و پردازش مواد زاید جامد به عوامل مختلفی چون کمیت مواد زاید، بافت فیزیکی شهر، الگوی مسکن و همچنین مسائل اقتصادی و وضعیت درآمدی شهرداری‌ها بستگی دارد. در جابه‌جایی، نگهداری و پردازش مواد، عواملی نظیر بهداشت محیط شهری و سلامت شهروندان، حفظ محیط زیست شهر و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های انجام عملیات و امکان اجرایی بودن آن با توجه به شرایط مالی شهرداری، عوامل زیباشناختی و روش جمع‌آوری باید مورد توجه و دقت قرار گیرند.

در مورد نگهداری زباله در محل تولید آن در کشورهای پیشرفته، ظروف و وسایل مختلفی استفاده می‌شوند. از جمله این ظروف می‌توان از انواع سطل‌های پلاستیکی معمولی، کیسه‌های پلاستیکی در رنگ‌های متنوع و برای مواد مختلف، کانتینر و ظروف مکعبی شکل چرخدار، یا بدون چرخ از جنس پلاستیک و مشابه آن و کیسه کاغذی نام برد. فناوری جدیدی که در این زمینه استفاده شده است، کیسه پلاستیکی قابل تجزیه در طبیعت است.

### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به حمل و نقل مواد زاید جامد

حمل و نقل مواد زاید، متناسب با شبکه عبور و مرور و بافت فیزیکی شهرهای مختلف، امکان تعریف و طراحی دارد. نوع ماشین‌آلات مورد استفاده متناسب با وسعت شهر، جمعیت، میزان زباله تولید شده و شبکه عبور و مرور و بافت فیزیکی شهر قابل طراحی و استفاده است (عبدلی، ۱۳۸۲).

از مشخصه‌های ماشین‌آلات مخصوص حمل زباله در کشورهای توسعه‌یافته، تناسب طراحی بدنه و ماشین با شبکه‌های عبور و مرور و بافت مناطق مختلف شهر، سر پوشیده بودن ماشین، استفاده از ورقه‌های ضد زنگ در قسمت‌های مختلف ماشین، داشتن محفظه مناسب برای جمع‌آوری شیرابه و جلوگیری از ریزش آن در معابر و مسیرها، داشتن دستگاه کمپکتور برای کاهش حجم و صرفه‌جویی در هزینه‌های حمل و نقل، داشتن چنگک‌ها و وسایل مخصوص برداشت مستقیم ظروف زباله و تخلیه آن به داخل کامیون، داشتن وسایل و امکانات لازم از جمله زنگ و بوق‌های مخصوص برای اعلام انجام عملیات جمع‌آوری و سایر تجهیزات ضروری دیگر است.

در انجام طراحی‌ها، فناوری‌های جدید در این زمینه برای بهداشتی بودن عملیات جمع‌آوری و حمل و نقل، عدم امکان پراکندگی زباله، حمل مقادیر بیشتر زباله در هر مرحله با کمک دستگاه‌های پرس و کمپکتورهای قوی و برداشت و تخلیه مستقیم ظروف و کانتینرهای مختلف است.

در ایران، اکثر ماشین‌آلات مورد استفاده در حمل و نقل مواد زاید از تنوع و تکنولوژی مناسب برخوردار نبوده و در سیستم‌های حمل و نقل مواد زاید شهرها، بیشتر از ماشین‌آلات متفرقه مانند انواع کمپرسی‌های غیرمسقف، وانت بارهای غیرمسقف و انواع ماشین‌آلات دیگر و تعدادی ماشین‌های مخصوص حمل زباله استفاده می‌شود.

### بررسی آخرین فناوری‌های مربوط به دفع مواد زاید جامد

روش‌های دفع شامل دفن بهداشتی، زباله‌سوزی و کمپوست در کشورهای مختلف مورد توجه و اقدام قرار گرفته است.

دفن بهداشتی زباله با قدمتی بیش از ۷۰ سال در جهان هنوز به عنوان روشی متداول در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود. هر چند دفن دارای مخاطراتی چون آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب اراضی است و در مناطقی که زمین دارای ارزش

زیاد است، تأمین زمین به عنوان یکی از مشکلات اجرایی این گونه طرح‌ها محسوب می‌شود، ولی هنوز در بسیاری از کشورهای جهان به عنوان روش غالب دفع استفاده می‌شود. در کشورهای توسعه‌یافته، انتخاب مکان‌های دفن زباله با در نظر گرفتن کلیه جوانب به دلیل عدم آلودگی منابع آب و مبتنی بر بررسی‌های دقیق علمی و انجام مطالعات ارزیابی آثار زیست‌محیطی انجام می‌شود. علاوه بر این موارد، با صرف هزینه‌های گزاف، لایه‌های زیرین را با آسترهای غیر قابل نفوذ پوشانده و امکان نشت شیرابه را بکلی منتفی می‌کنند. کنترل شیرابه از طریق جمع‌آوری و امحاء آن انجام می‌شود. در این گونه سیستم‌های دفن بهداشتی، کنترل گاز و سیستم‌های جمع‌آوری و استفاده از گاز نیز بخشی از فرایند دفن بهداشتی محسوب شده و بدقت انجام می‌شود. همچنین متراکم‌سازی زباله در محل دفن با استفاده از ابزار مناسب به دلیل کاهش حجم مواد و صرفه‌جویی در زمین، مورد توجه و اقدام قرار می‌گیرد. در نهایت با انجام بازرسی‌ها و مراقبت‌های ویژه از آب‌های زیرزمینی، هرگونه آلودگی جزئی نیز بررسی می‌شود.

تبدیل مواد زاید به کود کمپوست، روش دیگری از دفع مواد زاید جامد است که در کشورهای مختلف انجام می‌شود. روش‌های تولید کود کمپوست در مناطق مختلف متفاوت بوده و تکنولوژی‌های گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در گذشته فناوری رایج و غالب تصفیه بیولوژیکی در اروپا، کمپوست رو باز بود ولی در حال حاضر تکنولوژی رایج، کمپوست در راکتورهای بسته است. این فناوری عبارت است از تصفیه بیولوژیکی مواد در فضایی بسته که از اطراف کاملاً ایزوله شده است. بدین معنی که متغیرهای این روند مثل رطوبت، ترکیب مواد معدنی، درجه حرارت، PH، گاز و زمان ماند می‌توانند کنترل و تنظیم شدند. تصفیه بیولوژیکی در راکتورهای بسته، به فرم کمپوست یا هضم، بسادگی برای مواد بیولوژیکی قابل تجزیه مثل زواید غذایی، شاخه و برگ درختان، زواید کشتارگاه‌ها، لجن تصفیه‌خانه‌ها و غیره که به دلیل رطوبت بالا برای روش‌های دیگر مناسب نیستند، کاربرد دارد (Bagchi, 2004).

### نتایج

**ارزیابی توانایی انطباق هر یک از ماشین‌آلات و فناوری‌ها با شرایط ایران**

#### به لحاظ فنی و زیست محیطی

برای ارزیابی توانایی انطباق ماشین‌آلات و فناوری‌های مدیریت مواد زاید جامد با شرایط ایران باید به این نکته توجه کرد که این

۱- کاهش در مبدأ؛

۲- بازیافت؛

۳- دفن بهداشتی .

حال در چارچوب این سلسله مراتب باید تجهیزات، ماشین‌آلات و فناوری‌های مطلوب در هر گروه را انتخاب و توانایی انطباق آنها را در شهرهای هر گروه بررسی کرد. برای بررسی توانایی انطباق تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران باید عوامل مؤثر را شناسایی کرد و تفاوت‌ها و شباهت‌های بین این عوامل را در کشورهای صادر کننده تکنولوژی و ایران شناخت. عوامل مؤثر در انتخاب و کاربرد ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری را می‌توان به- صورت زیر بیان کرد :

۱- شرایط آب و هوایی و زیست‌محیطی؛

۲- خواص فیزیکی و شیمیایی زباله؛

۳- امکانات تکنولوژیکی؛

۴- امکانات اقتصادی؛

۵- ویژگی‌های فرهنگی؛

۶- طراحی شهری .

از نظر آب و هوا و شرایط زیست‌محیطی، به طور کلی ایران در منطقه نیمه‌خشک قرار دارد و بجز از استان‌های شمالی کشور که بارندگی زیاد و توسعه گسترده است، در سایر مناطق کشور بارندگی کم و زمین‌های لم‌بزرع و مناطق بیابانی وجود دارد. در جدول شماره ۱ مشخصه‌های مورد نیاز برای شناخت اقلیم و مقدار آنها برای شهرهای مختلف مشخص شده است. در جدول شماره ۲ شرایط اقلیمی استان‌های شمالی ایران با کشورهای نظیر سوئیس، سوئد و قسمتی از فرانسه به سه روش کوپن، دومارتن و آمبرژه مقایسه شده است.

این مقایسه نشان می‌دهد که شمال کشور را می‌توان از نظر آب و هوایی شبیه کشورهای ذکر شده فرض کرد. از طرف دیگر در مقایسه‌ای که بین یازده کشور صنعتی دنیا (انگلستان، امریکا، کانادا، ایتالیا، اسپانیا، آلمان، هلند، ژاپن، سوئیس، سوئد و فرانسه) صورت گرفته است کشور سوئیس با ۱۰ درصد دفن زواید، رتبه اول از لحاظ کاهش سهم دفن در مدیریت پسماندها را به خود اختصاص داده است. همچنین سوئد و فرانسه در این رده‌بندی در رتبه سوم و چهارم قرار گرفته‌اند (عبدلی، ۱۳۸۴). بنابراین شباهت شرایط اقلیمی استان‌های

فناوری‌ها به مرور توسعه پیدا کرده‌اند و به شیوه‌های مدیریت مواد زاید جامد و در نهایت به محورهای اصلی و چارچوب سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد در کشورهای صنعتی تبدیل شده‌اند. این محورها تقریباً در تمام کشورهای صنعتی با قوت و ضعف‌های متفاوت پذیرفته شده و در حال اجراست. به نظر می‌رسد که در شرایط کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، این محورها می‌توانند به عنوان چارچوب اصلی سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد پذیرفته شوند، با توجه به اینکه شدت و ضعف برنامه‌هایی که در چارچوب هر یک از این محورها تعریف می‌شوند باید متناسب با شرایط محلی باشند. بنابراین در انطباق محورها با شرایط ایران مشکلی وجود ندارد. البته سلسله مراتب در مناطق مختلف ایران نمی‌تواند یکی باشد و طبعاً بر اساس محدودیت‌ها و توانایی‌های محیطی سلسله مراتب تغییر خواهد کرد.

سلسله مراتب در مدیریت جامع زواید در کشورهای صنعتی عبارتند از (Mc Dougall et al., 2001):

۱. کاهش در مبدأ؛

۲. بازیافت؛

۳. زباله‌سوزی؛

۴. دفن بهداشتی .

بر اساس تقسیم‌بندی فوق ایران را می‌توان به دو گروه مجزا تقسیم کرد:

گروه اول: شامل استان‌های ساحلی دریای خزر و خلیج فارس مثل استان‌های گیلان، مازندران، گلستان، بوشهر، هرمزگان و قسمتی از استان خوزستان.

گروه دوم: شامل سایر استان‌های کشور.

در بررسی‌های به‌عمل آمده در طرح جامع بازیافت و دفع زباله‌های شهری کشور مشخص شد که استان‌های گیلان، مازندران و بخشی از استان گلستان، استان بوشهر، شهرهای حاشیه خلیج فارس در استان خوزستان مثل (اهواز، آبادان، خرمشهر، شادگان، بستان، بندر ماهشهر، حمیدیه، ملاثانی و اروندکنار) و استان هرمزگان، از نظر دفن بهداشتی محدودیت‌های بسیاری دارند و در این مناطق امکان دفن درجه یک وجود ندارد. در حالی که در سایر شهرهای کشور امکان دفن درجه یک وجود دارد (عبدلی، ۱۳۷۴).

با این تعریف سلسله مراتب در مدیریت جامع زواید برای شهرهای واقع در گروه اول مانند کشورهای صنعتی است و سلسله مراتب در شهرهای واقع در گروه دوم عبارت است از:

جدول شماره (۱): مقادیر مشخصه‌های مورد نیاز برای شناخت اقلیم به سه روش کوپن، دومارتن و آمبرژه

مشخصه* شهر	بارندگی سالانه (mm)	درجه حرارت سالانه (°C)	حداکثر درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال (°C)	حداقل درجه حرارت در سردترین ماه سال (°C)
رشت	۱۲۵۵/۷۲	۱۵/۹۷	۳۱/۰۹	۲/۵۸
انزلی	۱۶۹۳/۱۸	۱۶/۵۲	۲۹/۰۹	۴/۹۳
گرگان	۵۴۸/۳۵	۱۷/۴۹	۳۳/۵۶	۲/۷۳
بابلسر	۹۵۲/۰۷	۲۱/۲۹	۳۱/۵۸	۴/۷
زوریخ	۱۰۸۶	۸/۷۹	۲۳	-۲/۸
استکهلم	۵۳۹	۶/۷۹	۲۲	-۵
پاریس	۶۴۹/۶	۱۲/۰۳	۲۴/۶	۲/۵

\* تمامی مشخصه‌ها به صورت میانگین در یک دوره آماری ۱۰ ساله در نظر گرفته شده‌اند.

منبع: سایت سازمان هواشناسی کشور (weather.ir) و سایت سازمان جهانی هواشناسی (www.worldweather.org)

جدول شماره (۲): مقایسه شرایط اقلیمی استان‌های گیلان، مازنداران و گلستان با کشورهای سوئیس، سوئد و فرانسه

روش شهر	کوپن (Coppén)	دومارتن (De Martonne)	آمبرژه (Emberger)
رشت	مرطوب	بسیار مرطوب	خیلی مرطوب
انزلی	مرطوب	بسیار مرطوب	خیلی مرطوب
گرگان	مرطوب	مرطوب	مرطوب معتدل
بابلسر	مرطوب	مرطوب	مرطوب معتدل
زوریخ	مرطوب	بسیار مرطوب	مرطوب سرد
استکهلم	مرطوب	مرطوب	مرطوب سرد
پاریس	مرطوب	مرطوب	مرطوب معتدل

منبع: (Oliver, 2002)

در کشورهای صنعتی است. حدود ۷۵ درصد از زباله‌های شهری را در ایران مواد فسادپذیر تشکیل می‌دهند، در حالی که در کشورهای صنعتی حدود ۲۵ درصد از زباله، مواد فسادپذیر است. همچنین تفاوت زیادی در درصد کاغذ، ارزش حرارتی و اندازه ذرات مواد متشکله زباله‌های شهری در کشورهای صنعتی و ایران وجود دارد. بنابراین باید فن‌آوری و برنامه‌های مدیریت مواد زاید جامد در ایران متناسب با شرایط فیزیکی و شیمیایی زباله‌های شهری کشور انتخاب شوند. با توجه به اختلاف فاحش بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زباله ایران با زباله‌های شهری کشورهای صنعتی، خرید ماشین‌آلات و تجهیزات از کشورهای صنعتی بدون توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زباله‌های شهری ایران نتیجه‌ای جز اتلاف سرمایه در بر نخواهد داشت.

موضوع مهم در انطباق فناوری‌ها و تجهیزات در شرایط ایران، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری تجهیزات است. باید تأسیسات، تجهیزات، ماشین‌آلات و برنامه‌های مورد استفاده در سیستم مدیریت

فوق (یکی از مهم‌ترین ملاک‌های تصمیم‌گیری در مورد امکان-سنجی دفن بهداشتی است) با این کشورها یکی از دلایلی است که باعث شده است مدیریت زواید در این استان‌ها به کاهش سهم دفن بهداشتی ترغیب شود. علاوه بر آن در شمال برای دفن زباله زمین بسختی یافت می‌شود و اصولاً زمین لم‌یزرع وجود ندارد. سطح آب‌های زیرزمینی بالاست و شهرها تقریباً به هم چسبیده‌اند. بنا به دلایل ذکر شده در این نواحی و بعضی از نواحی ساحلی خلیج فارس زباله سوزی بر دفن بهداشتی ترجیح داده شده است. در حالی که در سایر مناطق کشور دفن بهداشتی توصیه شده است. ترکیب زباله‌های شهری در ایران با کشورهای صنعتی تفاوت‌های زیادی دارد. برای نمونه دانسیته زباله در کشورهای صنعتی حدود  $120 \text{ kg/m}^3$  است، در حالی که این مقدار در ایران حدود  $350 \text{ kg/m}^3$  است. همچنین رطوبت زباله‌های شهری در ایران حدود ۷۰ درصد است، در حالی که میزان رطوبت در زباله کشورهای صنعتی حدود ۲۵ درصد است. یعنی دانسیته و رطوبت زباله‌های شهری در ایران سه برابر دانسیته و رطوبت زباله‌های شهری

وجود دارد، ولی باید توجه کرد که برای اجرای برنامه‌های بازیافت راهبرد مشخصی را طراحی کرد. در طراحی این راهبرد نقش مشارکت مردم بسیار مهم است. به عبارت دیگر مهم‌ترین عامل در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه تفکیک از مبدأ، جلب اعتماد و همکاری مردم است. برای جلب اعتماد و همکاری مردم باید زمینه‌های اعتمادسازی از طرق مختلف فراهم شود. نقش روابط عمومی شهرداری و رسانه‌های جمعی در آموزش و آگاه‌سازی مردم بسیار مؤثر است. شناخت ارزش‌های مردم در هر محله و تأکید بر این ارزش‌ها می‌تواند درصد مشارکت مردم را بالا ببرد. از طرف دیگر حذف موانع بازدارنده مشارکت مردم از دیگر وظایف روابط عمومی است که باید به تناسب هر محله با آن برخورد شود.

بنابراین می‌توان گفت که در طراحی برنامه‌های بازیافت نمی‌توان از الگوهای کشورهای صنعتی پیروی کرد. البته آگاهی از تجربیات آنها لازم است. حتی در شهری در داخل ایران مثل شهر تهران برنامه‌های تفکیک از مبدأ ممکن است از یک محله به محله دیگر متفاوت باشد. بنابراین شناخت محیط اجتماعی مثل جو خاص حاکم بر جامعه، فضای فرهنگی و ارزشی، هنجارها و باورها و تعیین اثرپذیری اجزا و عناصر برنامه‌های تفکیک از مبدأ بسیار حائز اهمیت است. بررسی این عوامل و شناخت روابط تعاملی آنها با اجزای برنامه‌های تفکیک از مبدأ به مطالعات دقیق روان‌شناختی و جامعه‌شناسی شهر و محله بستگی دارد. طبیعی است که برای اجرای برنامه‌های تفکیک از مبدأ به تجهیزات خاصی نظیر ماشین‌های ویژه جمع‌آوری جداگانه مواد ظروف با رنگ‌های مختلف برای نگهداری مواد نیز نیاز هست. همچنین برنامه‌ریزی خاص برای دریافت ظروف از شهروندان و ایجاد سازوکارهای تشویقی متناسب با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی هر محله برای همکاری مردم الزامی است. کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز برای تفکیک از مبدأ در داخل کشور قابل ساخت هستند و می‌توان متناسب با شرایط هر محله تجهیزات مورد نیاز برنامه‌های تفکیک از مبدأ را فراهم کرد و این تجهیزات می‌توانند با شرایط کشور قابل انطباق باشند.

#### ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های کاهش حجم

کاهش حجم زباله می‌تواند در مکان تولید، داخل وسایل جمع‌آوری و حمل و نقل، ایستگاه انتقال و محل دفن انجام شود. همچنین کاهش حجم می‌تواند به صورت مکانیکی، یا شیمیایی باشد. در کاهش حجم به روش مکانیکی از کمپکتور استفاده می‌شود، در

مواد زاید جامد شهری باعث افزایش ناگهانی و غیرمترقبه نرخ خدمات نشود. هرچند محیط زیست و بهداشت و سلامتی انسان بسیار مهم است ولی باید توجه کرد که مردم باید بتوانند هزینه خدمات را بپردازند. حتی یارانه و تسهیلاتی هم که دولت برای مدیریت زواید در نظر می‌گیرد نمی‌تواند همیشگی و پایدار باشد و اصولاً این امکان وجود ندارد که دولت بتواند برای مدیریت مواد زاید جامد در ۸۵۰ شهر کشور یارانه اختصاص دهد. بنابراین به نظر می‌رسد که باید در انتخاب برنامه‌ها، فناوری‌ها و تجهیزات، توان شهرداری‌ها را در نظر گرفت و بر اساس آن اقدام کرد. اگر توسعه سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری بر این اساس صورت گیرد، می‌توان به پایداری آن امیدوار بود. در غیر این صورت توسعه ناپایدار خواهد بود و به شکست خواهد انجامید.

مهم‌ترین عامل در موفقیت برنامه‌های سیستم مدیریت مواد زاید جامد، بویژه در برنامه‌های کاهش از مبدأ، جداسازی در مبدأ، بازیافت، ذخیره در محل، جمع‌آوری و پردازش، همکاری مردم است. مشکلات مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران از ویژگی‌های خاصی برخوردار است. این ویژگی‌ها مشتق از نوع زندگی مردم است که به نحوی از فرهنگ آنان متأثر است. عدم آگاهی مردم از تعهدات اجتماعی و شهرنشینی، بخصوص در امور بهداشت و حفظ محیط زیست و تصور غلط مردم از مدیریت زباله به عنوان وسیله‌ای که باید زباله را از محیط خانه در بعد فردی دور کرد، باعث می‌شود که اجرای برنامه‌های مدیریت مواد زاید جامد از موفقیت کمی برخوردار شوند. بنابراین در انطباق برنامه‌های مدیریت مواد زاید جامد که به نحوی با مردم در ارتباط هستند باید خصوصیات فرهنگی، اجتماعی و سطح آگاهی‌های آنها ملحوظ شود.

حال با ذکر مطالب اصولی و بیان مفاهیم علمی در مورد انطباق فناوری‌ها، برنامه‌ها، تجهیزات و ماشین‌آلات در شرایط ایران می‌توان به صورت جداگانه در مورد هر یک از فناوری‌ها و تجهیزات در چارچوب مفاهیم علمی فوق اظهار نظر کرد.

#### ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های تفکیک از مبدأ

تفکیک از مبدأ زباله‌های شهری بهترین روش بازیافت است که به صورت گسترده در کشورهای صنعتی اجرا می‌شود. روش‌ها و برنامه‌های تفکیک از مبدأ از یک شهر به شهر دیگر و حتی از یک منطقه در داخل یک شهر به منطقه دیگر می‌تواند متفاوت باشد. به هر صورت گزینه‌های متعددی برای جداسازی زباله‌های شهری از مبدأ

۳- ماشین‌های زباله‌کش بدون کمپکتور

برای بررسی توانایی انطباق، ظروف ذخیره در محل به دو دسته ظروف ثابت و ظروف متحرک تقسیم‌بندی می‌شوند.

بر اساس این دو نوع ظرف، دو نوع سیستم جمع‌آوری وجود دارد

(عبدلی، ۱۳۸۴):

۱- سیستم‌های جمع‌آوری با ظروف متحرک؛

۲- سیستم‌های جمع‌آوری با ظروف ثابت<sup>۲</sup>.

هر کدام از این دو سیستم از اصول مهندسی و آنالیز اقتصادی خاصی تبعیت می‌کنند. ظروف در هر دو سیستم در ارتباط با کامیون زباله‌کش طراحی شده‌اند و در هر دو سیستم، جمع‌آوری به صورت مکانیزه انجام خواهد شد.

این ظروف توانایی انطباق با شرایط ایران را دارند و در مقابل سرما، گرما، بارندگی و برف مقاوم بوده و امکان جا به جایی آنها در مسافت‌های کوتاه توسط کارگر وجود دارد. تنها مشکلی که استفاده از این ظروف می‌تواند ایجاد کند، امکان آتش‌سوزی و دزدیدن آنهاست که باید با آموزش، آگاه‌سازی و انجام تمهیدات دیگر از احتمال انجام یا تکرار این وقایع کاست.

ظروف متحرک معمولاً برای منابع بزرگ تولید زباله استفاده می‌شوند. بنابراین بیشتر در شهرهای بزرگ و یا مکان‌های دور افتاده اطراف شهرها مثل شهرک‌ها، پادگان‌ها و یا کمپ‌های تفریحی و آموزشی و کارخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ظروف یاد شده در مناطق شمالی کشور، یا در استان‌هایی که برف و باران زیاد است باید سرپوشیده باشند تا عامل بهره‌وری ظرف در اثر ورود برف و باران به داخل آن کم نشود. این ظروف نیز بخوبی با شرایط ایران انطباق دارند و هم‌اکنون نوعی از آنها به نام غلتان در بسیاری از شهرهای کشور استفاده می‌شود.

موضوع دیگری که در اینجا قابل طرح است نوع ماشین‌آلات مورد استفاده در سیستم جمع‌آوری با ظروف ثابت است. در ایران دانسیته و رطوبت زباله همان‌گونه که دریافت می‌شود بالاست. ماشین‌های زباله‌کش کمپکتور سرخود با دانسیته نهایی ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌تواند حجم زباله را در کشورهای صنعتی به ۳۰ درصد برساند که در این صورت نسبت تراکم ۳ خواهد بود. در حالی که در مورد زباله‌های شهری ایران، نسبت تراکم بین ۱/۲ تا ۱/۵ خواهد بود. بنابراین در خرید ماشین‌آلات کمپکتور سر خود باید به این موضوع دقت شود. در ضمن باید برای تولید شیرابه اولیه در اثر تراکم

حالی که کاهش شیمیایی حجم با زباله‌سوزی امکان‌پذیر است. در این قسمت، کاهش مکانیکی حجم مورد بحث قرار می‌گیرد. در بررسی توانایی انطباق تجهیزات و فناوری‌های کاهش حجم زباله‌های شهری در ایران باید به نکات زیر توجه کرد:

۱- کاهش حجم زباله، در صورتی که قبل از مراحل پردازش و بازیافت انجام گیرد کار بیهوده‌ای است و در پردازش و بازیافت خلل ایجاد می‌کند.

۲- کاهش حجم و عدلسازی مواد جداسازی شده مثل فلزات، کاغذ و مواد پلاستیکی برای بهره‌وری بیشتر از وسایل حمل و نقل کار مناسبی است.

۳- کاهش حجم باید بر اساس فشار مجاز وارد بر هر محور کامیون زباله‌کش صورت گیرد. فشار مجاز بر هر محور وسیله نقلیه توسط پلیس راه تعیین می‌شود.

۴- با توجه به دانسیته بالای زباله در ایران برای کاهش حجم زباله شهری به دستگاه‌های عدلساز با فشار بالا نیاز است. حداقل دانسیته نهایی باید  $800 \text{ kg/m}^3$  باشد. این دستگاه‌ها علاوه بر هزینه بالا از پیچیدگی خاصی برخوردارند و در اثر کار با زباله و تولید شیرابه تعمیر و نگهداری ویژه‌ای نیاز دارند.

۵- شیرابه حاصل از عدل کردن زباله باید مدیریت شود.

۶- دفن عدل، در زمین به تکنولوژی خاصی نیاز دارد.

۷- برای حمل عدل، به وسایط نقلیه با ابعاد معینی نیاز است.

۸- همواره بیش نیاز عدلسازی، خردکن است.

بنابراین کاهش حجم زباله در ایستگاه‌های انتقال و عدلسازی با شرایط ایران سازگار نیست. با وجود این عدلسازی اجزای زباله مثل کاغذ و فلز و پلاستیک در محل تولید، مثبت ارزیابی می‌شود. کاهش حجم زباله در مکان دفن به کمک کمپکتورهای متحرک مثل بولدورهای زنجیری، یا غلتک‌های پاره‌بزی با شرایط ایران سازگاری دارد و هم‌اکنون در تعدادی از شهرهای کشور که در آنها دفن بهداشتی وجود دارد از این تجهیزات استفاده می‌شود.

#### ارزیابی توانایی انطباق تجهیزات و ماشین‌آلات نگهداری و جمع‌آوری

##### مواد زاید جامد

تجهیزات و ماشین‌آلات نگهداری و جمع‌آوری مواد زاید جامد عبارتند از:

۱- ظروف ذخیره در محل؛

۲- ماشین‌های زباله‌کش کمپکتور سرخود؛



فناوری سوم، ایجاد شرایط فیزیکی مناسب برای شهروندان است که بتوانند بسادگی قوانین و ضوابط مربوط به نظافت شهری را رعایت کرده و زباله‌های شخصی خود را در هنگام عبور از این فضاها به داخل سطل و یا ظروف معینی که بدین منظور در معابر عمومی تعبیه شده است، بیندازند. بنابراین در همه معابر و فضاهای شهری که عبور و مرور مردم زیاد است باید به تعداد کافی ظروف مناسب نصب شود. البته ضمانت اجرایی برای انداختن زباله توسط شهروند به داخل این ظروف همان آموزش، آگاه سازی و قانونمندی است. از این رو باید با انجام آموزش و ارتقای فرهنگ شهروندی و نیز قانونمندی‌های لازم، زمینه را برای موفقیت برنامه نصب ظروف آماده کرد که در این صورت این فناوری نیز با شرایط کشور قابل انطباق خواهد بود. فناوری چهارم در این زمینه، مکانیزه کردن روش‌های نظافت شهری است که امروزه در کشورهای صنعتی به شدت مورد استفاده قرار گرفته است. در مکانیزه کردن پاکیزگی معابر و کوچه‌ها باید به این نکته توجه کرد که ماشین‌آلات نظافت شهری باید با توجه به بافت فیزیکی و شکل کوچه و خیابان، مبلمان شهری، جدول‌گذاری معابر، کانال‌های هدایت آبهای سطحی، رفوژها و نوع دسترسی‌ها طراحی و ساخته شوند. در ایران هنوز استاندارد مشخصی برای این تأسیسات وجود ندارد و اصولاً توسعه شهرها بیشتر بر اساس برنامه‌ریزی‌های قبلی انجام نمی‌گیرد. بنابراین طراحی ماشین‌آلات مربوط به نظافت شهری نمی‌تواند از استانداردهای بین‌المللی برای تمام شهرهای کشور تبعیت کند. بنابراین از نظر کلی و اصولی استفاده از فناوری مکانیزه کردن پاکیزگی شهری در کشور لازم است، ولی انتخاب ماشین‌آلات و تکنولوژی باید بر اساس نوع معابر و خیابان‌ها و شرایط خاص فضاهای شهری انجام گیرد.

#### ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های حمل و نقل مواد زاید جامد

حمل و نقل پنجمین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری است. حمل و نقل زباله زمانی ضرورت پیدا می‌کند که از وسایل نقلیه به نسبت کوچک برای جمع‌آوری زباله استفاده شود و فاصله محل دفع تا مرکز ثقل تولید زباله در شهر زیاد باشد. در این صورت در ایستگاه‌های انتقال، زباله از چند وسیله نقلیه کوچک داخل یک وسیله نقلیه بزرگتر انتقال می‌یابد و این وسیله نقلیه بزرگتر زباله را به محل دفع حمل می‌کند.

کمپکتور در ایستگاه‌هایی که به روش تخلیه و سپس بارگیری کار می‌کنند به منظور کاهش حجم زباله نصب می‌شود. در ایران به

برنامه‌ریزی کرد. پس با توجه به دو مورد بالا استفاده از ماشین‌های کمپکتور سرخود برای بیشتر مناطق ایران قابل توجه نیست. استفاده از ماشین‌های زباله‌کش بدون کمپکتور، با توجه به دانسیته بالای زباله‌های شهری و تکنولوژی ساده‌تر آن با شرایط ایران انطباق کامل دارد. بعلاوه در صورت اجرای برنامه‌های تفکیک از مبدأ و حذف مواد خشک از جریان زباله، دانسیته زباله بالاتر خواهد رفت و ماشین‌های بدون کمپکتور کاربرد بهتری پیدا خواهند کرد.

#### ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های نظافت فضای شهری

یکی از اقدامات اساسی که باید در مدیریت شهری صورت گیرد، ارتقای عملکرد سیستم‌ها و عوامل پاکیزگی شهری در کشور است. به این منظور استفاده از تکنولوژی و مدرن و پیشرفته نظافت شهری که امروزه در کشورهای صنعتی کاربردهای وسیعی پیدا کرده‌اند، ضروری است.

بزرگترین عامل موفقیت کشورهای صنعتی در پاکیزگی فضاهای شهری جلب مشارکت مؤثر مردم برای همکاری با شهرداری در زمینه تمیز نگه‌داشتن فضاهای شهری است. این موضوع مدیون فرهنگ بالای شهروندی و آموزش مستمر و همگانی مردم است که به وسیله شهرداری‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم انجام می‌شود. بنابراین اولین و حساس‌ترین فناوری را باید فناوری آموزش و آگاه‌سازی شهروندان ذکر کرد. آموزش و آگاه‌سازی باید بر اساس واقعیات جامعه انجام شود. پس با بومی کردن برنامه‌های آموزش و آگاه‌سازی می‌توان به موفقیت این برنامه‌ها امیدوار بود. فناوری‌های آموزش و آگاه‌سازی پاکیزگی فضاهای شهری از نظر اصولی می‌تواند در شرایط ایران قابل انطباق باشد ولی باید از جنبه‌های روان‌شناختی و جامعه‌شناسی و ویژگی‌های فرهنگی و اقتصادی شرایط کشور ملحوظ شود.

فناوری دوم که در حفظ نظافت فضاهای شهری در کشورهای صنعتی تعیین‌کننده است، قانونمند بودن وظایف مردم و شهرداری در انجام وظایف و باید و نبایدهاست. برخورد سخت با متخلفان و کسانی که نظافت عمومی را رعایت نکرده و بر اساس ضوابط و دستورالعمل‌های سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری عمل نکنند باعث می‌شود که رعایت بهداشت و نظافت فضاهای شهری ساده‌تر از آلوده کردن آنها باشد. تطبیق این قوانین، ضوابط، آیین‌نامه و دستورالعمل‌ها با شرایط ایران به بررسی‌های کارشناسانه نیازمند است که همگی در گرو ایجاد سیستم‌های کامل مدیریت مواد زاید جامد شهری با تمام ابعاد آن در شهرهای کشور است.

اصول زهکشی و آماده‌سازی زمین دفن در مورد ایران هم باید رعایت شود. ولی از نظر جزییات کار، زهکشی و آماده‌سازی زمین دفن بهداشتی نیاز به تهیه نقشه‌های اجرایی دارد که این نقشه‌ها بر اساس توپوگرافی زمین تهیه می‌شوند. بنابراین جزییات در مورد هر زمین با زمین دیگر فرق خواهد کرد.

کف‌سازی مکان دفن به دلیل جلوگیری از نفوذ شیرابه به زمین، هدایت شیرابه به سمت کانال‌های جمع‌آوری شیرابه و ایجاد شیب مناسب بر اساس نقشه‌های اجرایی از اهمیت زیادی در دفن بهداشتی زباله برخوردار است. کف‌سازی مکان دفن را می‌توان با استفاده از مواد و مصالح طبیعی مثل خاک رس محل انجام داد و نفوذپذیری کف را به محدوده‌های کمتر از  $10^{-7}$  سانتیمتر بر ثانیه رساند. برای این منظور لایه‌های خاک رس را در کف محل باید کوباند. در صورتی که خاک رس در محل نباشد می‌توان از خاک قرصه استفاده کرد. روش دیگر استفاده از آسترهای مصنوعی است. این آسترها در داخل کشور تولید می‌شوند و همچنین می‌توان آنها را از خارج از کشور خرید.

برای اطمینان از عملکرد بهتر این لاینرها معمولاً از یک آستر زهکش در کنار این آسترها استفاده می‌شود. تکنولوژی استفاده از این آسترها در کشور موجود است و بسادگی می‌تواند با شرایط ایران قابل انطباق باشد. البته هزینه خرید و نصب این آسترها زیاد است و معمولاً شهرداری‌ها برای تأمین بودجه برای انجام این کار با مشکل مواجه هستند.

برای جمع‌آوری شیرابه می‌توان از لوله‌های زهکشی که در بازار موجودند استفاده کرد. علاوه بر آن لوله‌های سیمانی هم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لوله‌های سیمانی را می‌توان با فاصله در کنار هم قرار داد و یا در زاویه  $120^\circ$  درجه (ساعت ده و دقیقه) شکاف‌هایی را در جداره‌های آن ایجاد کرد. به هر صورت فناوری مورد استفاده در جمع‌آوری شیرابه با شرایط کشور قابل انطباق است.

تصفیه شیرابه به روش‌های مختلفی می‌تواند انجام شود. اصولاً می‌توان نوعی سیستم تصفیه شیمیایی - بیولوژیکی برای محل دفن ایجاد کرد. در کشورهای صنعتی معمولاً محل‌های دفن در نزدیکی تصفیه‌خانه‌های شهر قرار دارند و شیرابه توسط لوله‌کشی به تصفیه‌خانه ارسال می‌شود (Vesilind et al., 2002). ایجاد تصفیه‌خانه مستقل برای محل‌های دفن در شهرهای ایران در حال حاضر عملی نیست و هنوز بسیاری از شهرهای کشور دارای سیستم تصفیه‌خانه فاضلاب

دلیل دانسته و درصد رطوبت بالای زباله، استفاده از تراکم‌ساز و عدل کردن زباله با شرایط زباله‌های کشور و سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری توانایی انطباق ندارد.

ایستگاه‌های انتقال بدون استفاده از کمپکتور و انتقال مستقیم با شرایط زباله کشور سازگار است. اصولاً هر کجا که شرایط لازم برای انجام عملیات حمل و نقل فراهم باشد، به ایستگاه انتقال نیاز است و عملیات حمل و نقل جزیی از سیستم مدیریت مواد زاید جامد در آن شهر خواهد بود. البته ایستگاه انتقال شرایطی دارد که باید در هنگام ساخت، آن شرایط را رعایت کرد.

#### ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های دفع مواد زاید جامد

دفع، هفتمین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری است. دفن بهداشتی، زباله‌سوزی و کمپوست سه روش متداول دفع هستند. البته روش‌های دیگری مثل احیای زمین، آسیاب کردن زواید غذایی و تغذیه دام و طیور برای دفع زباله‌های شهری وجود دارند که به دلیل کاربرد محدود آنها در شرایط خاص، هنوز عمومیت پیدا نکرده‌اند. بنابراین در این قسمت به بررسی توانایی انطباق فناوری‌های دفن بهداشتی، زباله‌سوزی و کمپوست پرداخته خواهد شد.

#### دفن بهداشتی

دفن بهداشتی عبارت است از تخلیه زباله در داخل ترانشه، متراکم کردن و پوشاندن آن با خاک، یا سایر مواد بهداشتی به روش کاملاً نظام مند، به نحوی که زباله کاملاً در داخل یک کپسول محصور شود و امکان نفوذ شیرابه و گاز به اطراف سلول وجود نداشته باشد. فناوری‌های مورد استفاده در مکان دفن بهداشتی زباله‌های شهری را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

انتخاب زمین مناسب، زهکشی، آماده‌سازی زمین، کف‌سازی محل دفن، جمع‌آوری شیرابه، تصفیه شیرابه، حفر ترانشه و دفن سلولی، جمع‌آوری گاز، تصفیه و استفاده از گاز، پوشش نهایی محل دفن و کاربری آتی زمین و مراقبت‌های بعد از دفن (Bagchi, 2004). در انتخاب زمین برای محل‌های دفن روش‌های علمی وجود دارد که در ایران از آنها می‌توان بهره گرفت ولی شرایط دیگری هم وجود دارد که تابع مکان است. برای مثال مکان‌یابی در استان‌های شمالی ایران با سایر مناطق کشور متفاوت است. بنابراین می‌توان گفت که بعضی از فناوری‌ها قابل انطباق هستند. به هر صورت اصول علمی حاکم بر مکان‌یابی قابل انطباق است و در سایر موارد باید بر اساس شرایط محلی عمل کرد (عبدلی، ۱۳۷۲).

شرایط ایران می‌تواند مطلوب باشد. با توجه به این که سوزاندن زباله روش گرانی برای دفع زباله است، باید در مناطق شمالی کشور و سواحل خلیج فارس که محدودیت زمین برای روش‌های دیگر دفع وجود دارد از آن استفاده کرد. در مورد زباله‌سوزی ۹۰ درصد کاهش حجم در زباله وجود دارد و می‌توان آن را به عنوان نوعی روش دفع بررسی کرد.

#### کمپوست

در ایران به دلیل عادات غذایی و الگوی مصرف، بیش از ۶۵ درصد زباله، مواد فسادپذیر و قابل تبدیل به کمپوست است. در نتیجه امکان تبدیل بخش عمده زباله‌های شهری به کمپوست فراهم است. از طرف دیگر استفاده از کمپوست برای اراضی کشاورزی کشور ضروری است و کود کمپوست می‌تواند به وفور استفاده شود. البته ایجاد کارخانه کمپوست به عنوان روش دفع نه تنها از نظر اقتصادی بلکه از نظر کاهش حجم مواد زاید جامد شهری نیز توجیه ندارد، زیرا که کاهش حجم چشمگیری در تولید کمپوست ایجاد نمی‌شود. به عبارت دیگر نمی‌توان کمپوست را روش دفع دانست و باید در ایجاد کارخانه کمپوست تولید مواد مورد نظر باشد. البته در محاسبات اقتصادی کارخانه کمپوست، هزینه فرصت را می‌توان محاسبه کرد.

#### نتیجه‌گیری

در ارزیابی توانایی انطباق ماشین‌آلات، تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده در سیستم مواد زاید جامد شهری در ایران باید به تمام جنبه‌هایی که در این تحقیق به آنها اشاره شد توجه شود. مدیریت مواد زاید جامد شهری فعالیتی فرابخشی است که از حیطة شهرداری بسیار فراتر است. بنا براین در بررسی توانایی انطباق فناوری و تجهیزات سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری باید جنبه‌های فرابخشی را مورد توجه قرار داده و در هر تصمیم‌گیری باید حتماً به ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زباله ایران که تفاوت‌های اساسی با خصوصیات زباله‌های شهری در کشورهای صنعتی دارد توجه شود و ویژگی‌های فرهنگی، سابقه تاریخی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری در کشور و سایر موارد ذکر شده را بدقت در بررسی‌ها ملحوظ کرد. در ورود تکنولوژی از تکنولوژی‌های اثبات شده استفاده کرد و همواره در ورود فناوری کلیت سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری را مورد توجه قرار داد و در آن چارچوب تصمیم‌گیری کرد.

نیستند. بنابراین بهترین راه‌حل در شرایط فعلی کشور استفاده از روش‌های امحای شیرابه است.

حفر ترانشه با ماشین‌آلات رایج در کارهای خاکی و جاده‌سازی قابل انجام است و هم اکنون بعضی از شهرداری‌های شمال کشور زباله‌ها را در ترانشه دفن می‌کنند. بنا براین مشکل خاصی در انجام این کار برای شهرداری‌ها وجود ندارد. برای ایجاد سلول و متراکم کردن زباله و خاک پوششی به ماشین‌آلات مناسب نیاز است، مثل بولدوزرهای چرخ‌زنجیری و یا غلتک‌های پاچه‌بزی که در ایران وجود دارند. مشکل اصلی فقط در تأمین بودجه برای خرید این ماشین‌آلات است. جمع‌آوری گاز و استفاده از آن از تکنولوژی ساده‌ای برخوردار است، البته در شرایط فعلی پروژه‌های استحصال گاز و تولید انرژی از گاز محل دفن توجیه اقتصادی ندارد.

پوشش نهایی به ماشین‌آلات خاصی نیاز ندارد و از همان ماشین‌آلات موجود در محل دفن می‌توان استفاده کرد. مراقبت‌های بعد از دفن نیاز به حفر چاه در اطراف محل دفن و ایجاد سیستم‌های ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی و خاک اطراف محل دفن دارد که تکنولوژی این کار در ایران وجود دارد.

به طور خلاصه می‌توان گفت که فناوری‌های دفن بهداشتی تمامی برای شرایط ایران قابل انطباق هستند. تنها محدودیت اجرای طرح‌های دفن بهداشتی در شهرهای گروه اول (استان‌های ساحلی دریای خزر و خلیج فارس)، مکان‌یابی است.

#### زباله‌سوزی

مواد اولیه مورد نیاز برای بازیافت انرژی به روش زباله‌سوزی باید دارای خواص زیر باشند:

- ۱- ارزش حرارتی بالا (حداقل ۵۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم)؛
- ۲- رطوبت پایین (حداکثر ۴۵ درصد)؛
- ۳- کربن ثابت کمتر از ۱۵ درصد؛
- ۴- مواد خنثی کمتر از ۳۵ درصد؛
- ۵- مواد آلی (فرار) بیشتر از ۴۰ درصد

بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، رطوبت زباله‌های ایران حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد و ارزش حرارتی آنها کمتر از ۵۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم است. بنابراین زباله‌های کشور برای تبدیل به انرژی مناسب نیستند. در نتیجه فناوری زباله‌سوز با تبدیل انرژی، توانایی انطباق با شرایط کشور را ندارد. البته فناوری زباله‌سوزی با سوخت کمکی در

عبدلی، م. ع. ۱۳۷۹. مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید شهری در ایران. سازمان شهرداری‌های کشور، تهران. ۱۵۵ صفحه.

عبدلی، م. ع. ۱۳۸۲. شناسایی روش‌ها و تجهیزات تفکیک از مبدأ و بازیافت مواد و انرژی از زباله‌های شهری. وزارت کشور، تهران.

عبدلی، م. ع. ۱۳۸۴. بازیافت مواد زاید شهری (کاهش، استفاده مجدد و بازچرخش). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۶۴ صفحه.

Bagchi, A. 2004. Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management. John Wiley and Sons, Inc., new Jersey. 3<sup>rd</sup> ed., P : 509-532.

Ludwing, C., Hellweg, S. and Stucki, S. 2003. Municipal Solid Waste Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York. P : 52-53.

Theisen, H. 2002. Collection of Solid Waste. In Tchobanoglous, G. and Kreith, F. (Eds.). Handbook of Solid Waste Management. McGraw-Hill Handbooks. 2<sup>nd</sup> Edition. P : 7.1.

Vesilind, P.A., Worrell, W. and Reinhart, D. 2002. Solid Waste Engineering. BROOKS/COLE. Australia. P : 96 & 138-140.

World Weather Information Service. 2006. Climatological Information. (weather.org).

با توجه به مطالب ذکر شده و شرایط ایران به طور کلی پیشنهاد می‌شود در بررسی توانایی انطباق شیوه‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری که امروزه در کشورهای صنعتی متداول است موارد زیر مد نظر قرار داده شود :

۱. سابقه تاریخی سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری در جهان و ایران .
۲. وضع موجود مدیریت مواد زاید جامد در جهان و ایران.
۳. شرایط فرهنگی و اجتماعی کشورهای صنعتی و ایران.
۴. وضعیت تکنولوژی ایران.
۵. وضعیت اقتصادی ایران.
۶. وضعیت ساختاری و سازمانی شهرداری‌ها.
۷. ظرفیت‌های بخش خصوصی در زمینه حرف و مشاغل مرتبط با سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری در کشور.
۸. وضعیت سیاسی جامعه در پذیرش تغییرات مبتنی بر عوامل تکنولوژیکی، اقتصادی و مدیریتی در سیستم‌های مدیریت مواد زاید جامد شهری
۹. وضعیت قوانین مرتبط با مدیریت مواد زاید جامد شهری در ایران
۱۰. محدودیت‌ها و امکانات محیطی مناطق مختلف کشور در استفاده از تکنولوژی‌های مورد استفاده در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری.

#### یادداشت

- 1- Hauled Container Systems (HCS)
- 2- Stationary Container Systems (SCS)

#### منابع مورد استفاده

سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۸۵. آمار و اطلاعات. آمار و اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک و کليماتولوژی.

عبدلی، م. ع. ۱۳۷۲. سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روش‌های کنترل آن. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، تهران. ۳۲۴ صفحه.

عبدلی، م. ع. ۱۳۷۴. طرح جامع بازیافت و دفع مواد زاید جامد شهری در ایران. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.