



بررسی شیوه‌های مدیریت پسماندهای الکترونیکی

علیرضا طاهری‌نسب^۱، رضا بهمنی^۲، بهناز راحلی‌نمین^{۳*}

۱- دکتری برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی

۲- دانشجوی دکتری مدیریت اجرایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات

۳- دکتری آلودگی محیط‌زیست، سازمان مدیریت پسماند شهرداری‌های شهرستان‌های رباط کریم و بهارستان

Raheli.namin.b@gmail.com

چکیده

امروزه افزایش جمعیت شهرها باعث شده است که مدیریت پسماند شهری پیچیده‌تر شود. مدیریت پسماند شامل جمع-آوری، پردازش و بازیافت می‌باشد، هر یک از نظام‌های مدیریت پسماند شامل یک یا تمام بخش‌های ذکر شده است. در برخی از کشورها به دلیل درآمدزایی بالای صنعت بازیافت زباله، آنها را ترغیب به واردات زباله، بازیافت و صادر به دیگر کشورها کرده است که توانسته‌اند از این طریق به درآمدزایی بالا و اشتغالزایی دست پیدا کنند. طبق مطالعات انجام شده تولید کالا از مواد قابل بازیافت، ۹۰ درصد انرژی کمتری در مقایسه با تولید آنها از مواد خام احتیاج دارد. در دنیای مدرن امروزی استفاده از وسایل الکترونیکی مثل رایانه، موبایل، تلویزیون و ... که دارای عناصر آلوده کننده محیط‌زیست مثل سرب و روی هستند باعث شده است که اخیراً بازیافت قطعات الکترونیکی به عنوان جدی‌ترین موضوع در بخش بازیافت زباله‌ها مطرح شده باشد. در این مقاله وضعیت فعلی ایران در مورد بازیافت زباله‌های الکترونیکی به اختصار توضیح داده شده است.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، کاهش مصرف انرژی، اشتغال‌زایی، دفع، مدیریت پسماندهای الکترونیکی

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و انتظارات مردم باعث شده است که مدیریت جامع پسماند شهری پیچیده‌تر شود [۱] مدیریت پسماند شامل جمع‌آوری و انتقال پسماند از سطح شهر، پردازش به صورت بازیافت، انتقال بخش قابل سوخت زباله به کوره‌های زباله سوز و استحصال انرژی از آن و دفع نهایی مواد باقی مانده در لندفیل‌های بهداشتی است که پسماند از طریق آن پردازش می‌یابد. هر یک از نظام‌های مدیریت پسماند می‌تواند شامل یک بخش یا تمام بخش‌های ذکر شده باشد [۲].

از آنجایی که مدیریت پسماند، به عنوان یکی از مسایل کلیدی محیط زیستی مطرح شده و لذا تقاضای روز افزونی جهت تجزیه و تحلیل و مقایسه کارایی و اثرات محیط زیستی و فنی سیاست‌های مختلف مدیریت پسماند به وجود آمده است در مدیریت مواد زاید جامد، روش‌های مختلفی برای دفع و از بین بردن زباله وجود دارد، اما در دنیای امروزی بازیافت و استفاده مجدد از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، چون علاوه بر کاهش حجم زباله و جلوگیری از آلودگی بیشتر محیط، باعث صرفه جویی در هزینه، انرژی و منابع طبیعی می‌شود [۳].

امروزه کمتر از ۱۰ درصد مواد زاید شهری در کشورهای در حال توسعه بازیافت می‌شوند و تنها مقدار اندکی از این مواد بازیافتی از استانداردهای قابل قبولی برخوردارند [۴]. رشد جمعیت، رشد اقتصادی، افزایش شهرنشینی و اساساً شیوه جدید زندگی انسانها باعث تغییر الگوی مصرف و افزایش میزان پسماند تولیدی و در نتیجه آن مشکلات زیست محیطی فراوان شده است [۵] به گونه‌ای که یکی از مشکلات زیست محیطی که امروزه در سطح جهان مطرح می‌شود، تولید بالای پسماند است. اگر چه این مسئله به میزان زیادی در جوامع پیشرفته حل شده، در جوامع در حال توسعه همچنان به عنوان یکی از معضلات اساسی مطرح است. البته وجود مشکلات زیست محیطی از این دست، به معنای میرا بودن سایر کشورهای توسعه یافته از پیامدهای آن نیست چرا که مشکلات زیست محیطی کنونی، مشکلاتی فراملی و جهانی اند [۶]. بنابراین، بازیافت مهم‌ترین روش برای تسکین و تخفیف مواد زائد جامد است [۷].

توسعه صنعت الکترونیک کیفیت زندگی را بهبود داده است اما به دلیل نرخ بالا رشد این صنعت و کم بودن عمر مفید قطعات الکترونیکی، ضایعات ناشی از وسایل الکترونیکی در حال افزایش است. به همین دلیل مهم‌ترین موضوع تاثیر این زباله‌ها بر محیط زیست و انسان به دلیل وجود عناصر سمی مثل سرب، کادمیم و جیوه است به همین دلیل است که زباله‌های الکترونیکی بزرگترین منبع فلزات سنگین در زباله‌های جامد شهری به حساب می‌آید [۸].

اهمیت و ضرورت

بازیافت زباله مزایای اساسی دارد. به کمک بازیافت در مصرف منابع طبیعی صرفه جویی می‌شود، زیرا به جای استفاده از مواد خام برای تولید محصولات نو، از مواد بازیافتی استفاده می‌شود [۹]. انجام درست این فرایند موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می‌شود؛ البته برای بازیافت مواد زاید هم نیاز به مقداری انرژی است اما انرژی لازم برای بازیافت زباله، خیلی کمتر از انرژی مورد نیاز برای تولید محصولات جدید از مواد خام است. از دیگر فواید بازیافت، نیاز به فضای کمتر برای دفن زباله هاست [۱۰]. بازیافت موجب کاهش آلودگی حاصل از دستگاه‌های زباله‌سوز، زباله‌دان‌ها و معادن می‌شود. در ضمن پسماند کمتری دفن یا سوزانده شده و مواد خام کمتری از دل خاک بیرون کشیده می‌شود. این روش به زیبایی شهرها و محیط اطراف آنها نیز کمک می‌کند [۱۱].

در جوامع بزرگ شهری میزان زیاد زباله‌های تولیدی نتیجه فعالیت‌های گسترده انسان است و تولید مواد زاید چه به صورت جامد یا مایع، هدیه تمدن جامعه بشری به جهان است [۱۲]. تولید این مواد زاید که مشکل جدی زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه است، باعث شده که در سالهای اخیر بیشتر این کشورها شروع به بهبود شیوه‌های مدیریت مواد زائد جامد شهری خود کنند [۱۳]. بنابراین مواد زائد جامد شهری همچنان به صورت یک چالش بزرگ، جوامع شهری را در بر گرفته و اثرات قابل توجهی چون نگرانی‌های زیست محیطی، کاهش ظرفیت مکان‌های دفن و شرایط مختلف قانونی و سیاسی بر مجموعه مدیریت مواد زائد شهری داشته است [۱۴].

تولید مواد زائد جامد، جزء لاینفک زندگی انسان از ابتدای خلقت بشر تاکنون بوده است. اما در دهه‌های اخیر، با رشد تکنولوژی و استفاده بیشتر از وسایل الکترونیکی بهره‌گیری بیشتر از منابع طبیعی، مثل استفاده از نفت و گاز طبیعی و تبدیل آنها به انواع مواد پتروشیمی و پلیمری بر ابعاد و پیچیدگی تولید این مواد افزوده است مشکل افزایش زباله‌های الکترونیکی دولتمردان کشورهای مختلف را بر آن داشته است که چاره‌ای در این زمینه بیندیشند. در بسیاری از کشورهای پیشرفته شرکت‌های سازنده محصولات الکترونیکی ملزم به بازیافت محصولات از رده خارج خود می‌باشند و هزینه‌های بازیافت را در قیمت محصولاتشان در نظر می‌گیرند. علاوه بر این شرکت‌های زیادی در دنیا بر

مبنای بازیافت زباله‌های الکترونیکی شکل گرفت‌اند که مورد حمایت دولت‌ها نیز قرار دارند. مدیریت زباله‌های الکترونیکی، به روش‌های مختلف دفع لوازم الکترونیکی و الکترونیکی از کار افتاده و از رده خارج می‌پردازد. این فرایند می‌تواند به فناوری‌های مدرن که منطبق با استانداردهای سلامت انسان و محیط زیست هستند و فناوری‌ها پرخطر که سلامت انسان و محیط زیست را به خطر می‌اندازند تقسیم شود [۱۵]

روش‌های سنتی و پرخطر

روش‌های بازیافت پرخطر بر خلاف استانداردهای رایج بین‌المللی بوده و باعث به خطر افتادن سلامت انسان و محیط زیست می‌شوند. این روش‌ها عمدتاً به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- سوزاندن

در این روش زباله‌ها از طریق سوزاندن تجزیه می‌شوند. سوزاندن می‌تواند در محیط باز و در شرایط غیر قابل کنترل باشد و یا اینکه در یک محیط بسته و کنترل شده باشد تا مانع از انتشار ذرات آلوده کننده در هوا گردد. به دلیل تنوع مواد موجود در قطعات الکترونیکی، در این روش خطر انتشار آلودگی و مواد سمی زیاد است. سوزاندن زباله‌های رایانه‌ای بزرگترین منبع تولید دی‌اکسیدها و انتشار فلزات سنگین نظیر جیوه در جو است و به هیچ وجه توصیه نمی‌شود [۱۶]

۲- دفن کردن

نفوذ ناپذیری محل دفن، شرط اصلی دفن زباله‌های رایانه‌ای است. تقریباً چنین مکانی اصلاً وجود ندارد به عبارت بهتر در طولانی مدت تمام محل‌های دفن زباله‌های الکترونیکی نفوذ ناپذیری خود را از دست می‌دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که در محل دفن مانیتورهای CRT، هر عدد لامپ اشعه کاتدی می‌تواند تا ۱/۸۶ گرم سرب وارد شیرابه محل دفن کند [۱۷]

روش‌های مدرن و زیست سازگار

فناوری‌های مدرن شامل سه مرحله هستند:

- جداسازی و آلودگی زدایی

در این فرایند مواد سمی و مضر برای محیط زیست مانند CRT‌ها و باتری‌ها باید جدا شوند که این کار طبق دستورالعمل استاندارد WEEE انجام می‌شود.

- فرایندهای مکانیکی

این فرایندها برای جداسازی مواد مختلف قابل بازیافت و آلاینده‌ها انجام می‌شود. عموماً شامل واحد شکستن و خرد کردن و جداکننده‌های مغناطیسی، جداکننده‌های بادی، جداکننده‌های جریان گردابی و ... می‌شود. در این فرایندها گرد و غبارهای تولیدی بایستی قبل از رهاسازی برای کاهش آلودگی، فیلتر شوند [۱۸]

- پالایش

مواد موجود در زباله‌های الکترونیکی می‌توانند به صورت مواد خام بازیابی شوند و برای این منظور باید از فرایندهای مختلفی مانند فرایندهای پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و الکتروشیمیایی عبور کنند. عمده موادی که از فرایند پالایش بدست می‌آیند شامل فلزات، پلاستیک‌ها و شیشه می‌باشد [۱۹]

مدیریت بازیافت زباله‌های الکترونیکی در ایران

در ایران سالانه حجم وسیعی از قطعات الکترونیکی از رده خارج می‌شوند اگر چه هنوز به صورت رسمی آماری برای مقدار این زباله‌ها اعلام نشده است. وسایل الکترونیکی از جمله رادیو، تلویزیون و رایانه با توجه به سرعت بالای رشد فناوری، در بسیاری از موارد حتی قبل از پایان عمر مفیدشان از رده خارج می‌شوند. در ایران نیز تعداد زیادی از

این دست وسایل در انبارها وجود دارد. تفکیک و جداسازی اجزاء پسماند به عنوان یکی از ارکان اقتصادی در هر برنامه بازیافت مطرح می‌باشد. بازیافت و استفاده مجدد از پسماند، به دلیل کاهش هزینه‌های تهیه مواد اولیه، صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش دفع به عنوان یک الگوی اقتصادی مطرح گردیده است در واقع پردازش و بازیافت یکی از عناصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری است. پردازش عبارت از بالا بردن راندمان و کارایی سیستم و بازیافت مواد و انرژی است. در این میان تفکیک مواد یکی از تکنیک‌های اصلی پردازش است [۲۰]

یکی از راهکارهایی که در این زمینه از دیرباز در کشورهای پیشرفته و به تازگی در کشور ما به کار گرفته می‌شود احداث جایگاه‌های بازیافت پسماند است. جایگاه بازیافت پسماند محلی است که کلیه تجهیزات و امکانات لازم برای بازیافت پسماند فراهم آمده‌اند و عملیاتی از قبیل جداسازی، دسته بندی، پردازش، بازیابی و تعدیل و تبدیل پسماند در آن صورت می‌گیرد [۲۱]

پرشدن مکان های دفن، فرآیند پرهزینه احداث زباله سوز، آلودگی‌های زیست محیطی، هزینه‌های زیاد حمل و نقل و مواردی از این دست از جمله فاکتورهایی هستند که ساخت جایگاه‌های بازیافت را با اقبال زیادی مواجه ساخته است. بازیافت مواد به عنوان یک روش دفع محسوب میگردد که علاوه بر موازین بهداشتی و تثبیت زباله می‌تواند سود نیز داشته باشد. گزارش آنالیز زباله‌های شهر تهران نشان میدهد که میزان مواد بازیافتی آن بالا و عملیات بازیافت آنها دارای صرفه اقتصادی می‌باشد [۲۲]

در این میان تنها در تعداد اندکی از شهرهای ایران مانند مشهد، فارس و شیراز مکان‌هایی به منظور جمع آوری زباله‌های الکترونیکی خانگی در نظر گرفته شده است که قادر به بازیافت این زباله‌ها می‌باشد و در حال حاضر مشغول به کار هستند ولی متأسفانه نه سازمان مدیریت پسماند، نه شهرداری‌ها و نه سازمان محیط‌زیست هیچ برنامه جامعی برای جمع‌آوری زباله‌های الکترونیکی تدوین نکرده است. در واقع این خود تولید کنندگان و افراد فعال در این حرفه هستند که به جمع‌آوری ضایعات الکترونیک و سپس بازیافت آنها می‌پردازند که در جمع‌آوری ضایعات الکترونیکی دو مکانیزم وجود دارد که شهروندان و ادارات به عنوان منابع جمع‌آوری تلقی می‌شوند. به این شکل که در ایستگاه‌های حاضر در سطح شهر یا ایستگاه‌های مبادله پسماند ضایعات از بین شهروندان جمع‌آوری می‌شود و به ادارات مربوطه تحویل داده می‌شود.

تحقیقات میدانی نشان می‌دهد هم اکنون بسیاری از دانشگاه‌های بزرگ، شرکت‌ها و برخی ادارات دولتی هر از چند گاهی وسایل الکترونیکی از رده خارج خود را به قیمت بسیار نازلی به حراج می‌گذارند. در اغلب شهرهای بزرگ برنامه‌ی مشخصی برای جمع‌آوری زباله‌های الکترونیکی وجود ندارد. در نتیجه وسایل الکترونیکی خانگی عمدتاً یا به همراه دیگر زباله‌های شهری جمع‌آوری شده، سوزانده یا دفن می‌شوند و یا اینکه توسط افرادی که وسایل دست دوم را خریداری می‌کنند، جمع‌آوری می‌شوند و پس از تعمیر دوباره به فروش می‌رسند و یا قطعات سالم آنها جدا شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به حجم بالای بردها و اهمیت بازیافت آنها بهتر است تاسیس واحد بازیافت تخصصی در سه مرحله انجام شود. میتوان در ابتدا تنها واحد بازیافت بردها را راه اندازی نمود و بعد از جمع‌آوری CRTها و باتری‌ها در صورت صرفه اقتصادی اقدام به راه اندازی واحد بازیافت برای آنها کرد و در غیر این صورت می‌توانند آنها را به کشورهای دیگر صادر کنند. مهمترین موضوع در بازیافت زباله‌های الکترونیکی ایجاد واحد اولیه بازیافت است که شامل بخش جداسازی، عملیات آماده سازی و واحد بازیافت بردهای چاپی است. شروع به کار این واحد می‌تواند چشم انداز بسیار مناسبی در مورد پارامترهای کلیدی فرایند بازیافت ارائه نماید تا بتوانند در مورد ادامه روند بازیافت زباله تصمیم گیری بهتری کنند.

۲- نتیجه گیری

بازیافت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا باعث کاهش حجم زباله و جلوگیری از آلودگی و صرفه جویی در هزینه و انرژی می‌شود همچنین بازیافت از دفن غیر بهداشتی زباله و آلودگی آب و خاک و هوا جلوگیری می‌کند که تفکیک از مبداء مهمترین اصل در بازیافت است.

برای بازیافت اصولی زباله‌های الکترونیکی ابتدا لازم است سیستمی مناسب برای جمع آوری این زباله‌ها از طرف نهادهای ذیربط مانند شهرداری‌ها در نظر گرفته شده باشد و از راهکارهایی که هزینه‌های جمع‌آوری را تا حد زیادی کاهش و آن را به صرفه تر می‌کند استفاده کنند. در این میان فرهنگ‌سازی از طریق رسانه‌ها، نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. مرحله بعد برای بازیافت زباله‌های الکترونیکی، راه اندازی کارخانه‌ای برای تفکیک و آلودگی زدایی از زباله‌های الکترونیکی می‌باشد. از طرف دیگر در این کارخانه باید تجهیزاتی برای آماده‌سازی اولیه بخش‌های مختلف زباله‌های جداسازی شده در نظر گرفته شود. به عنوان مثال برای خرد کردن و پرس نمودن قسمت‌های پلاستیکی و فلزی، دستگاه‌های خردکن، جداکننده‌های مغناطیسی، پرس و ... لازم می‌باشد.

با توجه به حجم بالای پسماند الکترونیکی و اهمیت بازیافت آنها بهتر است بازیافت به صورت تخصصی انجام شود که مهمترین موضوع در بازیافت زباله الکترونیکی واحد اولیه بازیافت می‌باشد که شروع به کار این واحد می‌تواند پارامتر کلیدی در فرایند بازیافت باشد.

مراجع

- [۱]. مجلسی، م، (۱۳۷۹)، مدیریت مواد زائد جامد اصول مهندسی و مباحث مدیریتی. جلد دوم، سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.
- [۲]. Finnveden, G., and Ekvall, T. ۱۹۹۸. Life cycle assessment as a decision support tool - The case of recycling versus incineration of paper. Resource Conservation and Recycling, ۲۴: ۳-۴. ۲۳۵-۲۵۶, ۵
- [۳]. سیاح زاده، صمدی، م (۱۳۸۸)، آنالیز کمی و کیفی زباله شهری ملایر از پاییز ۸۵ تا تابستان ۸۶، مجله سلامت و محیط، شماره ۲، تهران.
- [۴]. پالمرج، (۱۳۸۲)، آموزش محیط زیست در قرن بیست و یک، ترجمه دکتر علی محمد خورشید دوست، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران.
- [۵]. صاحب محمدی، ع، محمودخانی، ر، (۱۳۱۲)، بررسی نقش مدیریت پسماند بر انتشار گازهای گلخانه ای. مجموعه مقالات سومین همایش ملی مدیریت پسماند تهران: سازمان شهرداریها و دهرداریهای کشور، سازمان حفاظت محیط زیست.
- [۶]. گیدنز، آ، (۱۳۱۴)، پیامدهای مدرنیته. ترجمه محسن ثالثی، تهران: نشر مرکز.
- [۷]. عبدلی، م، (۱۳۷۲)، سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری و روشهای کنترل آن، شهرداری تهران. سازمان بازیافت و تبدیل مواد.
- [۸]. Hai-Yong Kang, and Julie M. Schoenung, Economic Analysis of Electronic Waste Recycling: Modeling the Cost and Revenue of a Materials Recovery Facility in California, Environ. Sci. Technol., ۲۰۰۶.
- [۹]. طراوتی، ح، (۱۳۷۷)، مترجم، رودمن، د.م، "تغییر جهت زیست محیطی مالیات ها در اروپا"
- [۱۰]. کیا، ف، دالوند، م، تقدیسی، آ، (۱۳۸۷)، ارزیابی جنبه های اقتصادی و زیست محیطی بازیافت کاغذ و مقوا از زباله های شهری اصفهان.



[۱۱]. نوروزیان باغانی، فرزاد، ک. عباس، آ. ززولی، ع. وزیری، م. (۱۳۹۴)، جنبه های اقتصادی بازیافت پسماندهای خشک شهر شیراز، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران.

[۱۲]. Juhasz, A., G. Magesan. And R. Naidu. (۲۰۰۴). Waste management, science publishers press,

[۱۳]. Xua.y, huanga.g. h, qinc. X ,cao. M.f, (۲۰۰۹), astochastic robust chanceconstrained programming model for municipal solid waste management under uncertainty, elsevier, conservation and recycling

[۱۴]. عمرانی، ق. (۱۳۷۷)، بازیافت مواد و روشهای جمع آوری و دفع مواد سمی و خطرناک، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

[۱۵]. عمرانی، ق. (۱۳۷۳)، «مواد زاید جامد»، تهران: مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

[۱۶]. عبدلی، م.، دربیایی، ز.، ع. (۱۳۸۴)، تحلیلی بر پسماندهای رایانه ای، مجله محیط شناسی.

[۱۷]. Shunli Zhang and Eric Forssberg, Mechanical recycling of electronics scrap - the current status and prospects, Waste Management Research (۱۹۹۸).

[۱۸]. A. Das, A. Vidyadhar, S.P. Mehrotra , A novel flowsheet for the recovery of metal values from waste printed circuit boards, Resources, Conservation and Recycling (۲۰۰۹).

[۱۹]. Monavari S, Abedi Z, Gharehbaghsh H. Economic assessment recycling of domestic solid waste in twenty region of Tehran Municipality. J Environl Sci Technol. ۲۰۰۹.

[۲۰]. عبدلی، م. (۱۳۷۹)، طرح جامع بازیافت و دفع مواد زاید جامد شهری کشور. «ج دوم. مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری در ایران. تهران: انتشارات سازمان شهرداریهای کشور.

[۲۱]. عبدلی، م. (۱۳۸۷)، بازیافت مواد زاید جامد شهری کاهش، استفاده مجدد و باز چرخش مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ سوم، تهران.

[۲۲]. طالب، ن. (۱۳۷۰)، بررسی عوامل و فاکتورهای اساسی در احداث کارخانجات کمپوست. مجموعه مقالات اولین سمینار بازیافت و تبدیل مواد سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.