



معصومه محسن زاده  
کارشناس ارشد شیمی کاربردی

### چکیده

مواد سودمندی که از منابع شیمیایی ساخته می‌شوند سرانجام روزی به صورت زباله درمی‌آیند. بازیافت زباله‌ها از به هدر رفتن منابع سودمند و سرمایه‌های ملی جلوگیری می‌کند و مصرف مواد خام و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. امروزه موضوع زباله‌های الکترونیکی به مشکلی بزرگ تبدیل شده است. بازیابی زباله‌های الکترونیکی شامل دستگاه‌های الکترونیکی از کار افتاده همچون تلفن، رایانه و چاپگر آن، باتری‌های قابل پر کردن، وسایل دیداری و شنیداری مانند لوح فشرده و ... از دیدگاه زیست‌محیطی و اقتصادی از اهمیت فراوان برخوردار است. در این نوشتار اطلاعاتی در دسترس قرار می‌گیرد که می‌تواند نگرش ما را در مورد وسایلی که در زندگی روزمره با آن‌ها سروکار داریم گسترش دهد.

**کلیدواژه‌ها:** زباله‌های مدرن، زباله‌های الکترونیکی، فرایند بازیابی، محیط‌زیست

## مقدمه

و مقادیری طلا و نقره و فلزهای سنگین و خطرناک مانند کادمیم، جیوه و آرسنیک است. تعدادی از باتری‌ها و بُردهای داخلی رایانه‌ها حاوی کادمیم است که یک ماده سرطان‌زاست. پلی‌وینیل کلرید یک نوع پلاستیک به کار گرفته شده در ساخت سیم‌های عایق است که پس از سوختن، دیوکسین و ذره‌های ریزی را روانه هوا می‌کند که سلامتی موجودات زنده را به خطر می‌اندازد. رنگ‌های مختلف شیمیایی به کار رفته در این فرآورده‌ها بر عملکرد غده‌ها اثر می‌گذارد و جانوران را مسموم می‌کند. جیوه، سرب، مس، بریلیم، باریم، روی، کروم، نقره و نیکل نیز جزء مواد سمی و خطرناکی هستند که در ساخت وسایل الکترونیکی به کار می‌روند. البته بیشتر این مواد هنگام استفاده آسیبی به فرد نمی‌رسانند اما پس از تبدیل شدن به زباله مشکل زیست‌محیطی و بهداشتی بزرگی ایجاد می‌کنند. ردپای این مواد سمی و خطرناک در آب‌های زیرزمینی، غذاهای دریایی به‌ویژه ماهی‌های آزاد و ذره‌های معلق هوا وجود دارد. شاید از این رو است که این زباله‌های عصر مدرن را به بمب ساعتی در حال انفجار دنیای امروز تشبیه کرده‌اند.



**در صورتی که پسماندهای رایانه‌ای و الکترونیکی به روش اصولی بازیافت شود می‌توان فلزهای متعددی را از آن‌ها استخراج کرد چنان‌که از یک تن زباله تلفن همراه می‌توان ۱۵۰ تا ۳۰۰ گرم طلا به دست آورد**

زباله‌های الکترونیکی حاوی موادی سمی هستند اما افراد کمی از این موضوع آگاهی دارند؛ موادی مانند سرب و کادمیم که در ساخت صفحه مدارها، اکسید سرب و کادمیم در لامپ تصویری<sup>۱</sup> نمایشگر (CRT)، جیوه در نمایشگرها با صفحه تخت، کادمیم در باتری‌های رایانه، پلاستیک‌هایی که در کیس‌های رایانه استفاده می‌شود، کابل‌های معمولی و کابل‌های حاوی پلی‌وینیل کلرید که هنگام سوختن و آزاد شدن مس از آن‌ها، اکسیدهای سمی آزاد می‌کنند. به‌علت وجود این‌گونه خطرات، بازیافت مواد الکترونیکی افزون بر پیگردهای قانونی، دارای

محیط‌زیست هدیه و موهبتی الهی است که حفاظت از آن نخستین وظیفه بشر و شاید مهم‌ترین رسالت انسان باشد. محیط‌زیست سالم نه‌تنها به سلامت انسان کمک می‌کند، بلکه امکان بهره‌برداری مناسب از موهبت‌های الهی پنهان در آن را برای رفع نیازهای بشری فراهم می‌کند. از این رو حفاظت از محیط‌زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از شاخص‌های مهم در محیط‌زیست، نوع برخورد با انواع زباله‌هاست. امروزه تولید انبوه زباله از مشکلات دنیای مدرن است. در بسیاری از جوامع، مشکل اساسی تولید، توزیع و مصرف کالا نیست، بلکه مشکل اصلی از بین بردن کالاهای مصرف شده است. رشد و پیشرفت سریع فناوری موجب شده تا هر روز فرآورده‌های الکترونیکی جدید و پیشرفته‌تری به بازار بیاید و مشتری‌ها با انواع جدید آن‌ها روبه‌رو شوند که عملکرد بهتر، سرعتی بیشتر و اندازه‌های کوچک‌تر دارند. تنوع این فرآورده‌ها در کنار مصرف‌گرایی و تقاضای روزافزون برای آن‌ها موجب شده بسیاری از فرآورده‌ها مانند رایانه‌ها، چاپگرها و تلفن‌های همراه که چندی است وارد بازار شده‌اند نیز به جمع زباله‌ها افزوده شوند. زباله‌هایی که شاید حجم زیادی را به خود اختصاص ندهند اما وجود مواد سمی و خطرناک در آن‌ها و نبودن دستورهای لازم برای بازیافتشان، این موضوع را به یک بحران تبدیل کرده است.

## زباله‌های الکترونیکی

امروزه به‌طور میانگین در هر خانه‌ای یک دستگاه رایانه وجود دارد و بیشتر مردم تلفن همراه دارند ولی آیا تاکنون فکر کردید میلیون‌ها رایانه و تلفن همراهی که از رده خارج می‌شوند به کجا می‌روند؟

صنعت الکترونیک از رشد بالا و سریعی برخوردار بوده است. همراه با این رشد، فرآورده‌های قدیمی صنعت، روزبه‌روز افزایش پیدا می‌کنند؛ زباله‌های الکترونیکی بیشترین رشد را در دنیای صنعت امروز داراست و بیشتر کشورهای صنعتی گریبان‌گیر آن هستند. اکنون بیشتر دولت‌ها به فکر بازیافت این فرآورده‌ها به‌صورت جامد هستند. بخشی از زباله‌های صنعتی، طیف وسیعی از وسایل الکترونیکی مانند فریزر، وسایل تهویه مطبوع، تلفن‌های دستی، ضبط‌صوت‌های شخصی و وسایل الکتریکی مصرفی تا رایانه را شامل می‌شود.

## ویژگی زباله‌های الکترونیکی

تفاوت زباله‌های الکترونیکی با زباله‌های دیگر، پیچیدگی ساختار آن‌هاست. این کالاهای الکترونیکی از ده‌ها قطعه مختلف ساخته می‌شوند که جداسازی و بازیافت آن‌ها کار آسانی نیست. این فرآورده‌ها با ترکیبی پیچیده از فلز، پلاستیک و مواد شیمیایی دیگر تولید می‌شوند. بیشتر این مواد هم برای سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست زیانبار هستند. برای نمونه، هر رایانه شخصی دارای ۳۲ درصد پلاستیک، حدود ۷ درصد سرب، ۴۱ درصد آلومینیم، ۲۰ درصد آهن

تغذیه، فلزهای گران قیمت به کار رفته در مدارها، مودم یا منابع تغذیه، ولی به دلیل پیچیدگی ساختار این فرآورده‌ها، فرایند جداسازی قطعه‌های الکترونیکی برای بازیافت، کار پیچیده‌ای است به طوری که در اروپا، تنها ۲ مرکز در سوئد و انگلستان برای انجام این کار احداث شده و بقیه کشورها کالاهای الکترونیکی خود را برای بازیافت به این ۲ کشور می‌فرستند. با وجود این در صورتی که پسماندهای رایانه‌ای و الکترونیکی به روش اصولی بازیافت شود می‌توان فلزهای متعددی را از آن‌ها استخراج کرد چنان‌که از یک تن زباله تلفن همراه می‌توان ۱۵۰ تا ۳۰۰ گرم طلا به دست آورد. پلاتین و نقره نیز از دیگر فلزهای گران‌بهایی هستند که در بازیافت اصولی می‌توان به دست آورد. گفتنی است که در معدن‌های اقتصادی طلا، در هر تن سنگ معدن تنها ۲۰ تا ۳۰ گرم طلا یافت می‌شود. به هر حال صرف هزینه‌های زیاد، برای بازیافت ایمن این مواد به گونه‌ای که هیچ مشکل آلودگی برای محیط و کارکنان در این زمینه ایجاد نکنند، لازم است.



مشکلات محیط‌زیستی خواهد بود. سوزاندن یا دفن کردن زباله‌های رایانه‌ای، مشکلات اساسی و آلودگی‌های محیط‌زیستی به وجود خواهد آورد. دفن زباله‌ها باعث می‌شود مواد سمی به درون آب‌های جاری و زیرزمینی آزاد شوند. سوزاندن این مواد نیز باعث ورود مواد و اکسیدهای سمی به هوا می‌شود. از این رو بازیافت رایانه‌ها خطرهای جدی از جنبه‌های محیط‌زیستی و شغلی، دربر خواهند داشت. به‌ویژه زمانی که در صنعت بازیافت به‌علت سوددهی کم آن، مقررات مرتبط با مسائل ایمنی کارکنان رعایت نمی‌شود.

### بازیافت؛ ممکن اما مشکل

بی‌تردید دفن یا سوزاندن این مواد، راه‌حل مناسبی نیست یا دست‌کم آخرین راه‌حلی است که باید بدان اندیشید زیرا دفن این زباله‌ها یا انباشته کردنشان در محیط باعث خرد و شکسته شدن آن‌ها می‌شود و مواد سمی موجود در آن‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی راه می‌یابند. سوزاندن نیز گازهای سمی خطرناک را وارد محیط‌زیست می‌کند. بنابراین بهتر آن است که در گام نخست تلاش کنیم تا این وسایل هر چه دیرتر به زباله تبدیل شوند. با خرید تجهیزاتی که قابل ترقی دادن هستند می‌توان عمر فرآورده را تا حد ممکن افزایش داد. برای نمونه می‌توان نمایشگر رایانه را برای استفاده نگه داشت و تنها بخش پردازنده مرکزی (CPU) را عوض کرد. می‌توان با افزودن حافظه به یک رایانه یا بالا بردن سطح نرم‌افزاری آن، همچنان از آن استفاده کرد. این کار هم به صرفه، و هم به نفع محیط‌زیست است. رایانه‌های کار کرده را می‌توان به خیریه‌ها یا مدارس هدیه کرد یا آن‌ها را به افراد و سازمان‌های دیگر فروخت. بازیافت بهترین راه برای رایانه‌های بسیار قدیمی است که دیگر قابل ترفیع دادن نیستند به‌ویژه برای نمایشگرهایی که شکسته‌اند. تقریباً کل یک رایانه می‌تواند بازیافت شود، از شیشه نمایشگر گرفته تا پلاستیک کیس، مس موجود در منبع

### زباله‌های الکترونیکی در ایران

رایانه از سال ۱۳۷۱ وارد ایران شده و نخستین محموله آن تقریباً شامل ۱۰ هزار رایانه بوده است. بنا به برآوردها، در چند سال گذشته هر سال، یک میلیون و ۲۰۰ هزار تا یک میلیون و ۵۰۰ هزار رایانه در ایران مونتاژ شده است. براساس ماده ۱۱ قانون مدیریت پسماند، سازمان محیط‌زیست موظف است آیین‌نامه اجرایی مدیریت پسماند را با همکاری سازمان‌های وابسته، تهیه کند تا نحوه برخورد با تمام پسماندها از جمله زباله‌های الکترونیکی مشخص شود. بنا به قانون مدیریت پسماندها، مسئولیت اجرایی پسماندهای ویژه و صنعتی بر عهده تولیدکنندگان آن‌هاست و در واقع عرضه‌کنندگان این گونه خدمات باید جنبه‌های مدیریت پسماندهای تولیداتشان را هم ارائه دهند ولی متأسفانه سازمان‌های بازیافت و محیط‌زیست هنوز هیچ برنامه‌ای برای جمع‌آوری و بازیافت زباله‌های الکترونیکی نیندیشیده‌اند.

## چگونه زباله‌های الکترونیکی را کاهش دهیم؟

### برخی از راه‌حل‌ها

- استفاده دوباره و هدیه کردن مواد الکترونیکی به مراکزی که به آن‌ها نیاز دارند.
- بازیابی مواد الکترونیکی.
- خرید وسایلی که ضرری برای محیط‌زیست ندارند و دارای علامت‌های مخصوص نشان‌دهنده این مورد باشند.

### نتیجه‌گیری

زباله‌های رایانه‌ای مشکل زیست‌محیطی کشورهای صنعتی است. ایران نیز به‌زودی دچار این بحران خواهد شد. رشد بسیار سریع رایانه و به‌تبع آن از رده خارج شدن سریع تجهیزات رایانه‌ای، تنوع بسیار مواد به‌کار رفته در ساخت این تجهیزات و دشواری تعیین کلیه آثار نامطلوب و دفع زباله‌های رایانه‌ای، برنامه‌ریزی سریع و درست و عزم ملی را برای واکنش مناسب در برابر پدیده زباله‌های رایانه‌ای و دفع درست آن‌ها را طلب می‌کند.

با توجه به مطالب مطرح شده به‌منظور دفع درست زباله‌های رایانه‌ای، باید تا آنجا که امکان‌پذیر است، قطعه‌های مختلف موجود در تجهیزات رایانه‌ای از یکدیگر به‌طور صحیح جدا شوند. یعنی قطعه‌هایی که قابل استفاده دوباره، ارتقا یا بازیابی هستند باید از قطعه‌های دیگر جدا و بخش‌های باقی‌مانده، به‌طور ایمن دفع شوند.

سوزاندن قطعه‌های رایانه موجب آزاد شدن مواد سمی آن‌ها و گسترش گازهای سمی در محیط می‌شود. حتی اگر کنترل و رفع آلودگی‌های ناشی از سوزاندن زباله‌های رایانه‌ای امکان‌پذیر باشد، تنها با صرف هزینه‌های بالا امکان‌پذیر است. بنابراین سوزاندن زباله‌های رایانه‌ای نوعی روش دفع نادرست است و باید از آن پرهیز شود.

جداسازی درست و بازیابی زباله‌های رایانه‌ای به‌طور چشمگیری از حجم و در نتیجه خطر آن‌ها برای محیط‌زیست و انسان می‌کاهد. این روش طرحی نسبتاً ساده و در عین حال بسیار مؤثر در رویارویی و مقابله با این زباله‌هاست.

بدیهی است استفاده از تجربه‌های کشورهای پیشرفته - که پیش از ما به‌منظور مقابله با مشکل زباله‌های رایانه‌ای گام برداشته‌اند - می‌تواند بسیار سودمند باشد.

### \* پی‌نوشت

1. Cathode Ray Tubes
2. Central Processing Unit

### \* منابع

1. www.obviousley.com/recycle/guides
2. http://recyclenet.blogfa.com
۳. مجله الکترونیکی پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران، شماره چهارم، دوره چهارم، ۱۴ تیر ۱۳۸۴.
۴. ثنائی، غلامحسین. سم‌شناسی صنعتی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۷۳۰، چاپ دوم، تهران ۱۳۶۶.
۵. ماهنامه سیاحت غرب، سال پنجم، شماره ۵۲ (زباله‌های الکترونیکی؛ بمب ساعتی دنیای امروز)
6. www.wired.com/news/technology

● **خارج کردن سموم** جلوگیری از آلودگی تنها به‌معنای بازیافت نیست، بلکه باید از آغاز، موادی تولید شوند که حاوی مقداری کم از ضایعه باشند و در آن‌ها از مواد خطرناک استفاده نشده باشد.

● **تمرین احتیاط - جلوگیری از ورود مواد سمی** یعنی حتی اگر احتمال آن می‌رود که استفاده از ماده‌ای باعث ایجاد خطر شود، به‌طور جدی از استفاده از آن جلوگیری شود.

● **مسئولیت‌پذیر کردن تولیدکننده** در این مرحله تولیدکننده باید مسئولیت هزینه‌های آنچه را که تولید کرده است بر عهده گیرد. به این ترتیب آنان مجبور خواهند بود موادی که دارای خطر کمتری هستند تولید کنند.

● **مجبور کردن تولیدکنندگان** به پس گرفتن مواد به این ترتیب آنان مجبور هستند موادی را که تولید کرده‌اند در پایان عمر مفیدشان پس بگیرند.

● **طراحی به‌نحوی که امکان استفاده طولانی مدت، ارتقا، و بازسازی و استفاده دوباره وجود داشته باشد** از آنجا که تولیدکنندگان از راه تولید منابع جدید و مجبور کردن مشتریان به خرید آنان سود بیشتری به‌دست می‌آورند، از تولید ضایعات جلوگیری خواهد شد.

● **طراحی برای بازیافت** هنگامی که وسیله‌ای تولید شد باید اطمینان حاصل شود که هنگام بازیافت، مواد خام اولیه مواد زیان‌باری ایجاد نکنند.



### پیشنهادها

● **ایجاد اتحادیه‌هایی محلی** که به امر رسیدگی به بازیافت ضایعات الکترونیکی بپردازند.