چشم‌انداز پسماندهای الکترونیکی در مدارس کشـــور

مهندس سید علی داودی

مقدمه

امـروزه بهره‌گیـری از رایانـه و سـایر تجهیزات الکترونیکی در سطوح گوناگون و در مراکز آموزشـی کشـور به سـرعت رو بـه افزایـش اسـت. در ایـن میـان، آموزش‌وپـرورش نیز به‌عنوان بزرگ‌ترین نهاد آموزشـی کشور، طی سال‌های اخیر در جهت تجهیز مدارس و مراکز آموزشی به وسایل الکترونیکی، به اقدامات فراگیری دسـت زده و به‌منظور توسعهٔ مهارت‌های حرفـه‌ای معلمـان، دبیـران، کارکنان و دانش‌آمـوزان، بـا دو رویکـرد اساسـی، بهره‌گیـری از این وسـایل را مورد توجه قرار داده اسـت: نخست، آموزش مفاهیم، مبانی و ابزارهای فناوری اطلاعات (فضای مجازی و سـایبری و...) دوم، اسـتفاده از آن‌ها به‌عنوان ابزاری برای تسریع، تسهیل و تعمیق آموزش (فناوری، هوشمندسازی و...). به عبارت دیگـر، آموزش‌وپرورش با بیش از ۹۰ هزار واحد آموزشی و بیش از ۱۲ میلیون دانش‌آموز و یک میلیون معلم و دبیر، یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان این تجهیزات در کشـور به‌شمار می‌رود (مرکـز آمـار و فناوری اطلاعـات وزارت آموزش‌وپرورش، ۱۳۹۳).

پسماندهای الکترونیکی در جهان

طی دهه‌هـای اخیر به دلیـل افزایش چشمگیر استفاده از وسایل الکترونیک، مانند رایانه، مانیتور، و سـایر دستگاه‌ها، بـا حجم قابـل توجهی از پسـماندهای الکترونیکی روبه‌رو هستیم. به نحوی که در حال حاضر میزان تولید پسماندهای الکترونیکـی سـه برابر تولید مـواد زائد جامد شهری اسـت که با توجه با میزان رشـد ٤ درصد آن، در آینده این موضوع یکـی از مهم‌تریـن چالش‌های زیسـت محیطـی خواهد بود. علاوه بـر این، در سال گذشـته در دنیا از ٥٤ میلیون تن محصولات الکترونیک اسـتفاده شد که معادل ۲۰ کیلوگرم به ازای هر یک نفر از هفت میلیارد نفری است که روی سیارهٔ زمین زندگی می‌کنند. مسلماً با مصرف این محصولات طـی زمان، حجم زیادی پسماند تولید خواهد شد.

اگـر چه این مقدار زباله فقط دو درصد حجـم کل زباله‌هـای دنیـا را تشـکیل می‌دهد، همین مقدار ناچیز شـامل ۷۰ درصد از زباله‌های سمی دنیاست. علاوه بر این، بنابر پیش‌بینی اخیر کارشناسان، میزان زباله‌های الکترونیکی تولید شـده توسـط هر فرد در جهان در سال ۲۰۱۲ به‌طور میانگین، هفت کیلوگرم بوده است که در مجموع ٤٨/٩ میلیون تن می‌شود. این رقم تا سـال ۲۰۱۷ به حدود ٦٥/٤ میلیون تن خواهد رسید.

بـا جسـت‌وجوهای به‌عمل آمـده در پایگاه‌های اطلاعاتی گوناگون مشـخص شد که از مجموع پسماندهای الکترونیکی تولید شده (سـالانه ۵۰ میلیون تن) در سراسـر جهـان، ایالات متحـدهٔ آمریکا به تنهایی ۳/۳ میلیـون تن و چین ٦/٢ میلیون تن را به خود اختصاص می‌دهند. در کشـور آمریکا هر سـال حداقل ۱۰۰ میلیـون دسـتگاه تلفن همـراه، ٥/٤٧ میلیون دستگاه انواع رایانه و ۲۵ میلیون دستگاه تلویزیون دور انداخته می‌شوند. در کشـور چیـن نیز سـالانه حدود ۲۰ میلیون قطعه لـوازم خانگی الکترونیکی و ۷۰ میلیون تلفن همـراه از رده خارج می‌شـوند. بنا بر آمارهای منتشـر شده،

گفته می‌شود که سال ۲۰۲۰، سال پایان استفاده از یخچال، تلویزیون، تلفن همراه، رایانه شخصی، مانیتور، اسباب‌بازی الکترونیکی و هر محصول دیگری خواهد بود که با باتری یا شارژرهای الکترونیکی امروزی کار می‌کنند. احتمال می‌رود که در آن سال بیش از ۱۰۰ میلیون تن از این دستگاه‌ها دور ریخته شود.

در هر حال، بنا بر گزارش سازمان ملل هشت حقیقت در مورد زباله‌های الکترونیکی وجود دارد:

۱. سرعت تولید زباله‌های الکترونیکی در جهان بیشتر از انواع دیگر است.

۲. بخش اعظم آنچه «زبالهٔ الکترونیکی» خوانده می‌شود، در اصل زباله نیست. کاربران در بیشتر موارد دستگاه‌هایی را کنار می‌گذارند که هنوز می‌توان آن‌ها را فروخت یا از آن‌ها استفاده کرد.

۳. برای ساخت یک دستگاه رایانهٔ شخصی و یک مانیتور از حدود ۲۵۰ کیلوگرم سوخت فسیلی، ۲۲ کیلوگرم مادهٔ شیمیایی و ۱/۵ تن آب استفاده می‌شود.

۴. دستگاه‌های الکترونیکی سمی‌ترین مواد شیمیایی موجود را شامل می‌شوند.

۵. بین ۸۰ تا ۸۵ درصد محصولات الکترونیکی در مراکز دفن زباله یا کوره‌های زباله‌سوز انداخته می‌شوند که این کار مواد سمی را به‌صورت مستقیم وارد هوا می‌کند.

۶. سالانه بین ۵۰ تا ۶۰ میلیون تن مکعب زبالهٔ الکترونیکی در جهان تولید می‌شود.

۷. اگر تمام توان کشورهای جهان را به کار بگیریم، تنها ۵/۱۲ درصد از کل زباله‌های الکترونیکی را می‌توان بازیافت کرد.

۸. با بازیافت یک میلیون دستگاه لپ‌تاپ، سالانه می‌توان انرژی الکتریسیته لازم برای ۳۶۵۷ خانوادهٔ آمریکایی را تأمین کرد.

پیامدهای پسماندهای الکترونیکی

دستگاه‌های الکترونیکی فرسوده و قطعات آن‌ها، مانند تلویزیون‌های پلاسما، گوشی‌های تلفن‌همراه، رایانه، لوح فشرده، و لامپ‌های فلورسنت زباله‌های حاوی مواد سمی خطرناک‌اند که در صورت عدم بازیافت صحیح و رهاسازی در طبیعت، صدمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد می‌کنند.

آنالیز وسایل الکترونیکی نشان می‌دهد، هر رایانه به‌طور متوسط دارای ۳۲ درصد پلاستیک، نزدیک به ۷ درصد سرب، ۴۱ درصد آلومینیم، ۰/۰۰۱۶ درصد طلا، ۲۰ درصد آهن، ۰/۱۸۹ درصد نقره و مقادیری فلزهای سنگین و خطرناک مانند کادمیوم، جیوه و آرسنیک است. وقتی که این مواد به طبیعت وارد می‌شوند، ممکن است سال‌ها طول بکشد تا تجزیه شوند. با توجه به نتایج گزارش سازمان ملل مبنی بر اینکه بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون تن زبالهٔ الکترونیکی در سال دفع می‌شود، خطرناک بودن این پسماندها به روشنی تأیید می‌شود.

طبق پیش‌بینی اخیر کارشناسان، میزان زباله‌های الکترونیکی تولید شده توسط هر فرد در جهان در سال ۲۰۱۲ به‌طور میانگین، هفت کیلوگرم بوده است و تا سال ۲۰۱۷ به حدود ۶۵/۴ میلیون تن خواهد رسید

زباله‌های الکترونیکی فقط زباله نیستند، بلکه شامل برخی از مواد بسیار سمی مانند جیوه، سرب، کادمیوم، آرسنیک، بریلیوم و ضد شعلهٔ برم هستند. بر اساس مطالعات صورت گرفته، عناصر سمی از جمله کادمیوم سرطان زا محسوب می‌شود. «آرسنیک» می‌تواند به مسمومیت‌های شدید یا حتی مرگ منجر شود، «سرب» مشکلاتی همچون کند ذهنی، کم خونی و مسمومیت به دنبال دارد و «کروم» می‌تواند زمینهٔ بروز فشار خون بالا، کمبود آهن، بیماری‌های کبدی و آسیب‌های مغزی و عصبی را فراهم آورد. در کنار همهٔ این‌ها «جیوه» که تأثیر مخربی بر سیستم ایمنی بدن دارد، آنزیم‌ها و ژن‌ها را تغییر می‌دهد و موجب آسیب دیدن سیستم عصبی، از جمله وارد آمدن صدماتی به حس چشایی، بینایی و لامسه می‌شود. نیز بسیاری از قطعات دستگاه‌های رایانه‌ای که «الکترومگنتیک» هستند، اگر به‌صورت درست و کارشناسانه دفع نشوند، با تشعشعاتی که از خود بروز می‌دهند، سلامتی انسان‌ها را با خطر جدی روبه‌رو خواهند کرد. در قطعات الکترومگنتیک امواج به‌صورت عمود بر هم منتشر می‌شوند که برای انسان‌ها بسیار خطرناک است؛ درست مانند کاری که دستگاه‌های مایکروویو انجام می‌دهند.

همهٔ این موارد موجب شده‌اند نهادهای مسئول در کشورهای مختلف جهان برای دفع این نوع زباله‌ها به‌صورت جدی اقدام کنند. در برخی کشورها بازیافت این پسماندها را الزامی کرده‌اند تا ضمن جلوگیری از آلودگی‌های خطرناک، به بازگشت محصولات به چرخهٔ تولید مجدد کمک کنند. فرایند جداسازی قطعات الکترونیکی برای بازیافت کار پیچیده‌ای است، لیکن برای ساخت یک مانیتور ساده علاوه بر مواد اولیهٔ مورد نیاز، به حدود ۲۴۰ کیلوگرم سوخت، ۲۲ کیلوگرم مواد شیمیایی و ۱۵۰۰ لیتر آب احتیاج است. با توجه به این موضوع، به نظر می‌رسد با استفادهٔ مجدد از وسایل رایانه‌ای بتوان تا حد زیادی در مصرف مواد طبیعی صرفه‌جویی کرد.

روش‌های مدیریت زباله‌های الکترونیکی

الف) روش‌های سنتی و پرخطر

روش‌های بازیافت پرخطر خلاف استانداردهای رایج بین‌المللی هستند و باعث به خطر افتادن سلامت انسان و محیط‌زیست می‌شوند. این روش‌ها عمدتاً به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- **روش سوزاندن: در این روش زباله‌ها از طریق سوزاندن تجزیه**

می‌شوند. سوزاندن زباله‌های رایانه‌ای بزرگ‌ترین منبع تولید دی‌اکسین کربن‌ها و انتشار فلزات سنگین نظیر جیوه در جو است.

روش دفن: در مکان‌های دفن امکان نفوذ شیرابه، فلزات سنگین و عناصر موجود در آن‌ها به محیط اطراف وجود دارد که موجب آلودگی آب‌های زیر زمینی و خاک می‌شود.

ب) روش‌های مدرن و زیست سازگار

فناوری‌های مدرن شامل سه مرحله‌اند:

۱. جداسازی و آلودگی زدایی: در این فرایند مواد سمی و مضر برای محیط‌زیست مانند CRTها و باتری‌ها باید جدا شوند.

۲. فرایندهای مکانیکی: این فرایندها برای جداسازی مواد مختلف قابل بازیافت و آلاینده‌ها انجام می‌شود.

۳. پالایش: مواد موجود در زباله‌های الکترونیکی را می‌توان به‌صورت مواد خام بازیابی کرد.

یکی از فناوری‌های جدیدی که به‌عنوان روشی مناسب در بازیافت زباله‌های الکترونیکی مورد توجه قرار گرفته، استفاده از روش تجزیهٔ بیولوژیک است.

ضایعات الکترونیکی در ایران

از سال ۱۳۷۱ رایانه وارد ایران شد. طبق برآوردها طی چند سال اخیر، هر ساله یک میلیون و ۲۰۰ هزار تا یک میلیون و ۵۰۰ هزار رایانه در ایران مونتاژ شده است که با گذشت زمان بخش عمدهٔ آن‌ها اسقاط خواهد شد. زباله‌های رایانه‌ای به‌خاطر داشتن بعضی فلزات گران‌بها، مثل طلا و پلاتین ارزشمندند ولی بازیافت آن‌ها به علت وجود فلزات سنگین و سمی، مثل سرب و کادمیوم، به فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. بنابراین در ایران انجام این کار اقتصادی نیست و فقط قطعات پلاستیکی و بعضی از فلزات آن، مانند آلومینیم و آهن، توسط زباله جمع‌کن‌ها جداسازی و برای استفادهٔ مجدد فروخته می‌شود، ولی قطعات مداری پس از چندین بار استفاده دور انداخته و با بقیهٔ زباله‌ها دفن می‌شوند. دفن یا سوزاندن این زباله‌ها سبب ورود عناصر سنگین به آب‌های زیرزمینی و گازهای سمی به محیط‌زیست می‌شود.

در کشور ما بر اساس مادهٔ ۱۱ قانون مدیریت پسماند، سازمان محیط‌زیست موظف است آیین نامهٔ اجرایی مدیریت پسماند را با همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط تهیه کند تا نحوهٔ برخورد با تمام پسماندها، از جمله زباله‌های الکترونیکی مشخص شود. این در حالی است که برآوردها نشان می‌دهند، در ایران هم اکنون بیش از ٤/٦ میلیون رایانه وجود دارد (به غیر از رایانه‌های از رده خارج شده) و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱٤۰۰ حدود ۸۵ میلیون رایانه در ایران به مصرف برسد. در این سال حدود ۲/۲ میلیون تن زباله‌های رایانه‌ای تولید خواهد شد و میزان تجمعی زباله‌های رایانه‌ای در این سال به ۷/۸۳ میلیون تن خواهد رسید.

از سوی دیگر، در حال حاضر بیش از سه چهارم از کل تعداد رایانه‌های شخصی موجود در کشور طی سه چهار سال گذشته به فروش رفته‌اند. بر اساس آمار به‌دست آمده، به ازای هر هزار نفر در سال ۱۳۸۲ حدود ٦۹ رایانهٔ شخصی وجود داشته است.

کارشناسان رشد رایانه در ایران را طی سه سال اخیر بسیار سریع توصیف می‌کنند. میزان افزایش تعداد رایانه‌ها در ایران بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵، و ۱۳۹۵ تا ۱٤۰۰ به ترتیب ۳۲، ۱۸، ۱۱ و ۷ درصد پیش بینی شده است. یکی از دلایل کاهش میزان افزایش تعداد رایانه‌ها طی سال‌های آتی، تغییرات احتمالی در فناوری ساخت رایانه‌هاست که احتمالاً الگوهای مصرف را نیز تغییر خواهد داد. کارشناسان میزان از رده خارج شدن زباله‌های رایانه‌ای درکشور را بین سال های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸، ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹، ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱، ۱۳۹۱ تا ۱۳۹٤، ۱۳۹٤ تا ۱۳۹٦، ۱۳۹٦ تا ۱۳۹۸ و ۱۳۹۸ تا ۱٤۰۰، به ترتیب حدود ۳۰، ۱۱، ۱۰، ۲۲، ۱۳ و ۱٤ درصد پیش‌بینی کرده‌اند. در واقع، عرضه‌کنندگان این‌گونه خدمات باید جنبه‌های مدیریت پسماندهای تولیداتشان را هم ارائه دهند

ولی متأسفانه نه سازمان بازیافت و نه محیط‌زیست هنوز هیچ تدبیری برای جمع‌آوری و بازیافت زباله‌های

الکترونیکی نیندیشیده‌اند. آن‌ها با دفن یا تلنبار شدن در محیط، خرد و شکسته می‌شوند و مواد سمی موجود در آن‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی راه می‌یابند. بر اساس برآوردهای صورت گرفته، در ایران بیش از چهار میلیون رایانه از دور خارج شده وجود دارد که بازیافت آن‌ها در سطح کشور با مشکلات متعددی روبه‌روست. نخستین کارخانهٔ بازیافت زباله‌های الکترونیکی کشور در مشهد به بهره‌برداری رسیده است و روزانه ۸۰۰ کیلوگرم زبالهٔ الکترونیکی را پس از انجام مراحل بازیافت به ۱۰۰ کیلوگرم پسماند تبدیل می‌کند. این پسماندها شامل طلا، نقره، مس، قلع، سرب و نقره با درجهٔ خلوص ۹۹ درصدند که برای مصارف صنعتی دوباره به چرخهٔ تولید باز می‌گردند.

پسماندهای الکترونیکی در آموزش‌وپرورش

بر اساس برآوردهای صورت گرفته، به‌طور متوسط ۲/۸ رایانه به ازای هر ۱۰۰ نفر دانش‌آموز در مدارس کشور وجود دارد که این رقم در استان‌های گوناگون کشور متفاوت است. همچنین، با توجه به تعداد دانش‌آموزان کشور (۱۲/٤ میلیون نفر) رقمی حدود ۳٤٤۰۰۰۰ رایانه در مدارس کشور وجود دارد که با گذشت زمان دچار فرسودگی می‌شوند. در نتیجه با گذشت زمان با حجم زیادی از پسماندهای الکترونیکی در سطح مدارس روبه‌رو خواهیم بود. کمبود فضای لازم برای انبار کردن وسایل کهنهٔ رایانه‌ای در مدارس یکی از معضلات اصلی این موضوع است. همچنین، از آنجا که در ایران هیچ نهادی برای بازیافت قطعات دیجیتالی وجود ندارد، قطعاتی که بنا به دلایلی همچون روی کار آمدن فناوری‌های جدید و یا خرابی، دیگر قابل استفاده نیستند، موجب افزایش این نوع زباله‌ها در مدارس شده‌اند. علاوه بر این، بسیاری از مدارس از حجم کالاهای با ارزش الکتریکی و الکترونیکی که در گوشهٔ انبار فضای آموزشی آن‌ها خاک می‌خورد، خبر ندارند. از این رو، امروزه مدارس کشور سریع‌ترین تولیدکنندگان زبالهٔ رایانه‌ای در سطح کشور شناخته شده‌اند.

نتیجه

بررسی‌ها نشان می‌دهند که کشور به‌زودی انبوهی از پسماندهای رایانه‌ای خواهد داشت که بخش زیادی از آن‌ها متعلق به مدارس و مراکز آموزشی است. رشد بسیار سریع رایانه و به تبع آن، از رده خارج شدن سریع تجهیزات رایانه‌ای، تنوع بسیار زیاد عناصر و مواد به‌کار رفته در ساخت این تجهیزات، و دشوار بودن تعیین کلیهٔ آثار نامطلوب دفع زباله‌های رایانه‌ای بر محیط‌زیست و انسان، برنامه‌ریزی سریع و صحیح و عزمی ملی را برای واکنش مناسب در قبال پدیدهٔ زباله‌های رایانه‌ای و دفع صحیح آن‌ها طلب می‌کند. به‌منظور دفع صحیح زباله‌های رایانه‌ای، تا آنجا که امکان‌پذیر است باید قطعات متفاوت موجود در تجهیزات رایانه‌ای را به‌طور صحیح (به نحوی که مواد سمی درون قطعات آزاد نشوند) از یکدیگر جدا کرد. این اقدامات می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۱. وارد کردن و ساختن رایانه‌هایی که امکان ارتقا و دوام بیشتری داشته باشند.

۲. نظارت بیشتر بر ورود تجهیزات رایانه‌ای و جلوگیری از ورود غیرقانونی آن به داخل کشور.

۳. تعیین ساز و کاری خاص برای نظارت بر اجرای مدیریت این مواد.

۴. در نظر گرفتن مکان‌های خاص برای اینکه مردم زباله‌های رایانه‌ای خود را به آنجا ببرند.

۵. آموزش مردم برای استفادهٔ بهینه و نیز دور انداختن صحیح زباله‌های رایانه‌ای.

۶. وضع قانونی که بر اساس آن همهٔ مردم موظف به تحویل زباله‌های رایانه‌ای خود به محل‌های مذکور باشند و نیز قوانینی برای وارد کنندگان قطعات و تجهیزات رایانه‌ای و نیز شرکت‌های سازنده و نظارت بر فعالیت‌های آن‌ها.

۷. سرمایه‌گذاری برای به‌دست آوردن فناوری بازیابی زباله‌های رایانه‌ای و اجرای آن.

۸. در نظر گرفتن مکان‌های مجزا و محافظت شده برای دفن صحیح قطعاتی که قابل بازیابی نیستند؛ به نحوی که از دفع صحیح زباله‌های رایانه‌ای اطمینان کامل حاصل شود (از سوزاندن زباله‌های رایانه‌ای اکیداً خودداری شود). بدیهی است، استفاده از تجربیات کشورهای پیشرفته که قبل از ما به منظور مقابله با مشکل زباله‌های رایانه‌ای گام برداشته‌اند، می‌تواند بسیار سودمند باشد.

۹. استفاده از قطعات رایانه‌ای و مدارهای زباله‌های الکترونیکی درکارگاه‌های آموزشی و مدارس برای افزایش مهارت و یادگیری دانش‌آموزان نیز یکی از راه‌های جلوگیری از تجمع این پسماندهاست. به این طریق شاید بتوان جلوی هدر رفتن بخش زیادی از سرمایه‌های ملی را گرفت. چون قطعات الکترونیکی عمری طولانی دارند و پر هزینه هستند و می‌توان از آن‌ها حتی در ساخت اسباب بازی نیز استفاده کرد.

منابع

۱. عبدلی، محمدعلی، دریا بیگی و علی زند؛ «تحلیلی بر پسماندهای رایانه‌ای». مجلهٔ محیط‌شناسی. شمارهٔ ۳۷. بهار. ۱۳۸٤.

۲. عبدلی، محمدعلی. مدیریت و دفع مواد زائد جامد شهری. سازمان شهرداری‌های کشور. ۱۳۸۰.

۳. بزرگی، مسعود. روزنامهٔ ابرار اقتصادی. ۲۸ آبان. ۱۳۸۲.

٤. وزارت آموزش‌وپرورش. مرکز آمار و فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۳۹۳.

۵. سراب‌پور، سونیتا. روزنامهٔ دنیای اقتصاد. شمارهٔ ۱۵۸٦. ۱٦ مرداد. ۱۳۸۷.

6. F. Jorgensen, E. (2004). Electronic Waste Recycling can be a sustainable enterprise. 22 nd Annual and university Hazardous Waste conference Page 7.

7. Silicon Valley Toxics Coalition (1999). Just say no to e-waste: Background document on hazard and waste from computers cleancc/ pubs/ sayno. htm, www. svtc. org/