

## تحلیلی بر پسماندهای رایانه ای

\* دکتر محمدعلی عبدلی

\*\* مهندس علی دریاییگن زند

### چکیده

رشد سریع تولید و مصرف رایانه در جهان منجر به ظهور پسماندهای ویژه ای گردیده است. این پسماندها به دلیل مخاطراتی که برای انسان و محیط زیست او می توانند ایجاد کنند به عنوان مواد زاید خطرناک شناخته شده اند. سرب موجود در لامپ اشعه کاتدی (CRT)<sup>(۱)</sup> و لحیم کاری مدارهای رایانه ای - کادمیم موجود در تراشه های رایانه - جیوه موجود در حسگرها، سویچ ها، لامپ های تخلیه و باتری ها - PVC<sup>(۲)</sup> موجود در تجهیزات و ضد اشتعال های برم دار، فقط تعداد اندکی از ترکیبات موجود در رایانه ها هستند که از پتانسیل خطرناکی بالایی برخوردارند.

در ایالات متحده آمریکا بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴ سالانه حدود ۷۹ هزار تن سرب، ۱۳۰ تن کادمیم، ۲۶ تن جیوه، ۷۰ تن کروم شش ظرفیتی، ۲۵۷ هزار تن انواع پلاستیک و ۲۳ هزار تن ضد اشتعال های برم دار از طریق رایانه های دور ریخته شده وارد جریان زباله شده اند.

در ایران هم اکنون بیش از ۴/۶ میلیون رایانه وجود دارد (بغیر از رایانه های از رده خارج شده). تعداد کاربران اینترنت در سال ۱۳۸۲ حدود ۱/۵ میلیون نفر بود که تا سال ۱۳۸۵ به ۱۵ میلیون نفر خواهد رسید (هزار درصد افزایش در سه سال).

پیش بینی می شود که تا سال ۱۴۰۰ حدود ۸۵ میلیون رایانه در ایران به مصرف برسد. در این سال حدود ۲/۲ میلیون تن زباله های رایانه ای تولید خواهد شد. میزان تجمعی زباله های رایانه ای در این سال به ۷/۸۳ میلیون تن خواهد رسید.

با توجه به رشد سریع صنعت رایانه در ایران می توان از هم اکنون بحران محیط زیستی ناشی از نبود برنامه ریزی و طرح جامع مدیریت زباله های رایانه ای در کشور و بخصوص در ده شهر بزرگ را پیش بینی کرد. پیشنهاد می شود که سازمان ها و ارگان های ذی ربط از جمله سازمان حفاظت محیط زیست، از هم اکنون برای ایجاد قوانین و ساختارهای لازم مدیریت زباله های رایانه ای در کشور اقدام کنند.

### کلید واژه

مواد زاید جامد، رایانه، مدیریت، فلزات سنگین.

\* استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

\*\* دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.



## سرآغاز

روند رو به رشد استفاده از وسایل رایانه ای و متعلقات آن از یک طرف و پیشرفت در علوم رایانه ای، ساخت و تجهیزات آن از طرف دیگر منجر به نگرشی نو به چگونگی بی استفاده ماندن تجهیزات رایانه ای شده است. بشر زباله ساز است و همواره علوم منابع طبیعی و محیط زیست در فکر این بوده است که با زباله ها چه کند؟

زباله ها براحتی و بدون تأمل دور انداخته می شوند، در حالی که بسیاری از آنها توانایی بازیافت دارند. علم پردازش زباله ها با سایر فنآوری ها پیشرفت می کند، اما همان فنآوری ها، زباله های جدیدی را به چرخه محیط زیستی معرفی می کنند که متخصصان را به واکنش در قبال آن وادار می کند. زباله های رایانه ای یکی از همان موارد است. صنایع الکترونیکی سریع ترین رشد و تولید را در سراسر جهان هستند. در میان صنایع الکترونیکی، صنعت رایانه طی دو دهه اخیر، بیشترین رشد را داشته است. دقیقا به دلیل همین رشد و پیشرفت سریع، تجهیزات رایانه ای سریع تر از سایر محصولات الکترونیکی کهنه و از رده خارج می شوند. امروزه سریع ترین رشد در جریان تولید مواد زاید جامد، در کشورهای صنعتی مربوط به زباله های رایانه ای است. رشد زباله های مذکور به قدری سریع بوده است که کشورهای پیشرفته اعلام کرده اند اگر عکس العمل ها و راهکارهای جدی و بنیادی در قبال تولید بی رویه این زباله ها صورت نگیرد، تا چند سال دیگر این کشورها روی کوهی از زباله های کامپیوتری قرار خواهند گرفت. نگاهی گذرا به مواد سازنده رایانه ها زنگ خطر بزرگی است برای محیط زیست و در نتیجه بشریت. فلزات سنگین موجود در قسمت های مختلف رایانه همان فلزات سنگینی است که امروزه یکی از بزرگترین خطرات برای محیط زیست به شمار می آیند. با توجه به اینکه هر روز، ماه و سال، رایانه های جدیدی به بازار می آیند؛ این سؤال مطرح است که با دور ریز رایانه های قدیمی چه باید کرد، یا تاکنون این دور ریزها کجا رفته اند؟

## روش کار

برای تهیه اطلاعات موجود در این مقاله، گزارش ها، اسناد و مدارک مقالات خارجی بررسی شده و اطلاعات لازم در خصوص مدیریت زباله های رایانه ای در کشورهای صنعتی و خطرات آنها برای محیط زیست و انسان، از منابع خارجی به دست آمده است. همچنین برای دستیابی به برخی از گزارش ها از سایت های اینترنتی استفاده شده است.

در ایران با توجه به اینکه رایانه معمولا به صورت قطعه قطعه وارد کشور شده و سر هم می شود و نیز به دلیل عدم وجود نظارت مؤثر بر ورود این قطعات نمی توان آمار قطعی راجع به تعداد رایانه های موجود در کشور بیان کرد. آمار و اطلاعات مربوط به ایران که در مقاله آمده است، با مراجعه به وزارت صنایع و معادن، وزارت بازرگانی و مصاحبه با کارشناسان و مسئولان ذی ربط و پیش بینی های کارشناسانه این افراد و در نهایت انجام محاسبات آماری به دست آمده است. برای برآورد تعداد رایانه ها هر مانتیور به عنوان شاخص یک دستگاه رایانه در نظر گرفته شده است. زیرا استفاده از کامپیوتر بدون داشتن صفحه نمایش امکان پذیر نیست.

## مواد زاید خطرناک در زباله های رایانه ای

بررسی ها نشان می دهد که در رایانه عناصری همچون سرب، آلومینیوم، باریوم، کادمیم، جیوه، سلنیوم، آرسنیک، سیلیسیم وجود دارد (Jorgensen, 2004). رابطه علمی و معنی داری میان سرعت نفوذ رایانه در عرصه های مختلف زندگی و سرعت منسوخ شدن رایانه ها و متعاقب آن افزایش مواد زاید جامد در طبیعت وجود دارد (O'Connell, 2002). دور ریز رایانه ها در طبیعت به شکل اولیه خود باقی نمی ماندند و شرایط محیطی و بخصوص انسان با شکستن آنها، زمینه را برای ورود عناصر گوناگون سازنده رایانه به محیط زیست فراهم می کنند (Macauley et al., 2003). ورود هر کدام از این عناصر آثار سوء جبران ناپذیری را بر موجودات زنده و از جمله انسان می گذارد.

برای مثال، سرب موجود در CRT رایانه ها (CRT یا لامپ اشعه کاتی، وسیله نمایش تصویر در مانتیور است) نه تنها می تواند آبهای سطحی را آلوده کند، بلکه براحتی به سفره های زیرزمینی که تأمین کننده منابع آبی بسیاری از شهرهای بزرگ است راه پیدا می کند. سرب بر بیشتر دستگاه های بدن انسان و پستانداران و پرندگان از جمله دستگاه عصبی، سیستم گردش خون، دستگاه های تناسلی و حتی بر شعور انسان اثر سوء دارد (Schwartz, 1988). این در حالی است که اکثر لحیم کاری های مدارهای رایانه و بیشتر قطعات موجود در مانتیور رایانه دارای سرب است (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴، نزدیک به ۶۰۰ میلیون کیلوگرم سرب ناشی از زباله های رایانه ای مربوط به ۳۱۵ میلیون رایانه از رده خارج شده در امریکا وارد محیط شده است (National safety council's environment health center, 1999).

## راهکارهای معرفی شده در برخورد با زباله های رایانه ای و

### بررسی آنها

#### ۱) سوزاندن

از گذشته ای دور یکی از راه های مقابله با زباله ها، سوزاندن آنها بوده است. سوزاندن از حجم زباله می کاهد و می تواند برای تولید انرژی استفاده شود. زباله های بیمارستانی و آنهایی را که احتمال آلودگی میکروبی دارند می سوزانند، اما تنوع مواد یافت شده در رایانه آنچنان زیاد است که پیش بینی نتیجه سوزاندن بسیار مشکل است. سوزاندن زباله های رایانه ای بزرگترین منبع تولید دی اکسید ها و فواران ها و انتشار فلزات سنگین، نظیر جیوه در جو است (Rigely, 2001). بنابراین سوزاندن زباله های رایانه ای با توجه به آثار سوء و بعضی اوقات نامعلوم آنها بر محیط زیست و انسان به هیچ عنوان توصیه نمی شود.

#### ۲) دفن کردن

نفوذ ناپذیر بودن محل دفن، شرط اصلی دفن زباله های رایانه ای است. تقریباً چنین مکانی اصلاً وجود ندارد، به عبارتی در طولانی مدت، تمام محل های دفن زباله، حتی آنهایی که بهترین طراحی و ساخت را دارند نفوذ ناپذیری خود را از دست می دهند (عبدلی، ۱۳۷۲). مطالعات نشان داده است که در محل های دفن مانیتورها، هر عدد لامپ اشعه کاتدی که در محل دفن وجود دارد، ۱۰-۱/۸E تا ۳-۱/۶E کیلوگرم سرب وارد شیرابه محل دفن می کند (Macaulay et al., 2003).

در مکان های دفن نه تنها امکان نفوذ شیرابه، فلزات سنگین و عناصر موجود در آنها به محیط مرتفع نیست، بلکه احتمال آتش سوزی نیز در این مکان ها وجود دارد (Abduli and Safari, 2003). دفن زباله های رایانه ای و نفوذ شیرابه آن موجب آلوده شدن آبهای زیرزمینی و خاک می شود (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). از این رو تا آنجا که امکان پذیر است باید از دفن زباله های رایانه ای بدون انجام پردازش و بازیافت اجتناب کرد. در صورت دفن این زباله ها نباید آنها را در محل دفن زباله های شهری دفن کرد و باید محل های مناسب دیگری را برای این کار در نظر گرفت (Silicon, Valley Toxics Coalition, 1999).

#### ۳) بازیابی

امروزه بازیابی و بازیافت از راهکارهای اصلی در برخورد با انواع زباله هاست (عبدلی، ۱۳۷۹). از این رو بازیابی زباله های رایانه ای

کادمیم، توانایی ذخیره شدن در بافت کلیه را دارد، ضمن اینکه از طریق بلعیدن و استنشاق به بدن وارد می شود. در بیشتر تراشه های رایانه ای کادمیم وجود دارد (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). همین مطالعات میزان ورود کادمیم به مکان های دفن را در سالهای ذکر شده، بالغ بر یک میلیون کیلوگرم ارزیابی می کند (Realff et al., 2004). جیوه نیز از عناصر بسیار خطرناک برای سلامت موجودات است که حتی باکتری ها را هم در امان نمی گذارد، بسیاری از حسگرها، سویچ ها، و لامپ های تخلیه حاوی مقادیر زیادی جیوه اند. باتری های رایانه نیز برای صحت عمل، نیازمند استفاده از جیوه اند. در امریکا طی ۷ سال، حدود ۲۰۰ هزار کیلوگرم جیوه از طریق زباله های رایانه ای به محیط زیست اضافه شده است (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). کروم به عنوان یک عنصر آزرژی زای قوی که ریه ها را مبتلا می کند در کامپیوتر وجود دارد.

پلاستیک به عنوان یک عنصر تجزیه ناپذیر در رایانه وجود دارد. PVC در تجهیزات الکترونیکی، بیشترین کاربرد را دارد. بسختی قابل بازیافت است و سوزاندن آن موجب تولید دی اکسید ها و فوران ها می شود که بسیار سمی اند. ضد اشتعال های برم دار موجود در رایانه ها خطر ابتلا به سرطان های دستگاه گوارش و لنف را بشدت افزایش می دهد. ضد اشتعال ها بسیار حلال اند و توانایی حلالیت آنها در شیرابه زباله ۲۰۰ برابر بیشتر از حلالیت آنها در آب مقطر است، که باعث توزیع گسترده آن در طبیعت و آلودگی منابع آبهای زیرزمینی شده و در نهایت این ترکیبات را به زنجیره غذایی می رساند. مطالعه ای در سوئد نشان داد که میزان این مواد در خون افرادی که در کارخانه های جداسازی و تفکیک تجهیزات رایانه ای کار می کنند از کارگران بیمارستان ها به طور معنی داری بیشتر و حدود ۷۰ برابر است (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999).

موارد بالا تنها گوشه های از آثار سوء زباله های رایانه ای است. این موضوع به قدری دارای اهمیت است که سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA)<sup>(۳)</sup>، رایانه را جزء ابزار خطرناک قرار می دهد. بررسی ها نشان می دهد که تا سال ۲۰۰۵ به ازای هر رایانه ای که وارد بازار می شود یک رایانه از رده خارج و دور ریخته خواهد شد (Realff et al., 2004).

سؤالی که در اینجا باید به آن پاسخ داد این است که مدیریت زباله های رایانه ای چیست و چگونه با این معضل باید برخورد کرد؟

ترغیب، تشویق و آگاهی دادن به مصرف کننده و صرف هزینه برای این موضوع خط مشی نخست است (Jacobsohn, 2003). اولین اقدام عملی در نظر گرفتن ایستگاه های مخصوص برای ریختن زباله های رایانه ای است (Hall, 2002) آنها به مصرف کننده چگونگی دور ریختن صحیح زباله های رایانه ای را آموزش می دهند. آنها به مصرف کننده یاد می دهند که قطعات رایانه ای را به صورت جداگانه در زباله دانی های مخصوص قرار دهند (Baily, 2001). هم اکنون بازیافت زباله ها در بعضی از شهرهای ایران به شیوه جداسازی در مبدأ انجام می گیرد (عدلی، ۱۳۸۰). بنابراین در ایران این کار شدنی است. در کشورهای پیشرفته با صرف هزینه ای اندک، مردم به این کار تشویق می شوند. در این کشورها در صورت جداسازی صحیح، امتیازات شهروندی مانند استفاده مجانی از مکان های عمومی، نظیر سینماها و استادیوم های ورزشی در اختیار مردم قرار می گیرد (Baily, 2001).

طرف دیگر این ماجرا کارخانه های سازنده لوازم رایانه ای اند. در واقع در سیاستگزاری های جدید در آمریکا و اروپا خود کارخانه ها مسئولیت جمع آوری و بازیابی محصولات را به عهده دارند (Schenkman, 2003). این موضوع موجب می شود کارخانه ها، رایانه ها و لوازم آن را طوری طراحی کنند که با سهولت و کارایی بیشتری مورد جداسازی، بازیابی و استفاده مجدد قرار گیرند (Macauley et al., 2003). کیفیت و دوام بیشتر قطعات، مصرف کننده را به استفاده طولانی مدت تر از دستگاه ترغیب می کند. آنها قطعات خود را به نحوی طراحی می کنند که براحتی توانایی ارتقا داشته باشد. توانایی ارتقا رایانه منجر به فروش مجدد رایانه ها نیز می شود که این خود موجب جبران هزینه های صرف شده می شود و به دنبال آن سود نیز حاصل می شود.

اجاره دادن رایانه و یا حتی فروش ارزاقیمت آن به مدارس و مؤسسات خیریه و افراد خاص نیز می تواند از دور ریز رایانه ها بکاهد. مؤسسه نظیر NSWMA<sup>(۴)</sup> در آمریکا نیز سیاست هایی را تدوین کرده اند که شبیه به سیاست های کلی کشورهای توسعه یافته است و در دو بعد قابل بررسی است:

(الف) برگشت: سازندگان رایانه موظف به دریافت و جمع آوری رایانه های مستعمل و ضامن بازیابی و دفع ایمن این تجهیزات هستند (Jacobsohn, 2003).

(ب) پیش پرداخت هزینه بازیابی: مشتری ها و کاربران در زمان خرید تجهیزات رایانه ای هزینه ای را به عنوان پشتوانه ای برای بازیابی زباله های رایانه ای پرداخت می کنند (Jacobsohn, 2003).

به طور جدی مطرح و در بسیاری از کشورهای صنعتی و حتی برخی کشورهای جهان سوم، نظیر هند عملی شده است (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). در ایالات ماساچوست آمریکا، دفن و سوزاندن CRT ها از آوریل ۲۰۰۰ ممنوع شد و برنامه های جمع آوری و بازیابی جایگزین آنها شد (Northeast recycling council, 2001).

بر اساس مطالعات صورت گرفته، امکان بازیابی فلزات ارزشمند، نظیر نیکل و مس از نظر فنی وجود دارد (Vegilo et al., 2002). شاید مهم ترین مشکل این نوع بازیابی مربوط به کارگرانی است که در کارخانه های مربوط کار می کنند. خطر دیگر مربوط به خود کارخانه است. سؤال این است که کارخانه های بازیابی خود تا چه حد استانداردهای محیط زیستی را رعایت می کنند. پیش تصفیه مواد و استفاده از فیلترهای مناسب در هنگام بازیافت مواد، مدیریت و کنترل زواید خرد شده رایانه ای در کارخانه ها از جمله عواملی است که می تواند از خطرات مربوط به بازیابی زباله های کامپیوتری بکاهد. در این میان نباید از انرژی مصرف شده در زمان ساخت و بازیافت و هزینه های آن غافل ماند.

### برخورد کشورهای صنعتی با پدیده زباله های رایانه ای

هدف از این بخش ارائه الگو برای کشورهای در حال توسعه، نظیر ایران است. در این قسمت به سیاستگزاری و فرهنگ سازی کشورهای پیشرفته در قبال پدیده خطرناک زباله های رایانه ای می پردازیم. آمارهای موجود در کشورهای صنعتی (جدول شماره ۱) نشان می دهد که زباله های رایانه ای یک معضل بزرگ برای آنهاست. از این رو این کشورها در سیاستگزاری دو سوپیه که مصرف کننده و تولید کننده را همزمان نشانه رفته است در جهت حل این بحران اقدام کرده اند (Realff et al., 2004).

### جدول شماره (۱): مقدار عناصری که بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴ در آمریکا از طریق زباله های رایانه ای وارد محیط شده است

(Silicon Valley Toxics Coalition, 1999)

وزن (Kg)	ماده
۵۵۰ میلیون	سرب
۹۰۰ هزار	کادمیوم
۱۸۰ هزار	جیوه
۵۰۰ هزار	کروم (VI)
۱/۸ میلیارد	انواع پلاستیک
۱۵۹ میلیون	ضد اشتعال های برم دار

سیستم عامل ویندوز و جایگزین شدن آن به جای سیستم عامل DOS، رشد صنایع رایانه ای و مصرف آن در ایران نیز سرعت گرفت (سیستم عامل ویندوز، امکان ارتباط کاربران با یکدیگر را فراهم ساخت). به دنبال ورود این سیستم عامل، اینترنت مطرح گشت که نقش بسیار مهمی در رشد صنایع رایانه ای و مصرف آن در چند سال اخیر داشته است.

**جدول شماره (۲): برخی اقدامات صورت گرفته برای ساخت رایانه هایی با خطرات محیط زیستی کمتر (International Symposium on Electronics and the Environment, 1999)**

ساخت بردهای مدار چاپی <sup>(۶)</sup> (Printed circuit boards) بدون سرب و پلاستیک های غیر هالوژن دار توسط شرکت Matsushita
ساخت رایانه ای که ۱۰۰٪ بخشهای پلاستیکی آن قابل بازیابی و استفاده مجدد است توسط شرکت IBM
ساخت پلاستیک هایی که منشاء طبیعی دارند و تجزیه پذیرند <sup>(۷)</sup> (Bio-based Plastics)
ساخت بردهای مدار چاپی (Printed circuit boards) از مواد اولیه ای که خودشان در برابر آتش گرفتن مقاوم اند، بدون اینکه در آنها ضد اشتعال ها استفاده شود.

در حال حاضر بیش از ۳/۴ (سه چهارم) از کل تعداد رایانه های شخصی موجود در کشور، طی ۳ تا ۴ سال گذشته به فروش رفته است. براساس آمار به دست آمده، به ازای هر هزار نفر در سال ۱۳۸۲، ۶۹ رایانه شخصی وجود دارد (بزرگی، ۱۳۸۲). این آمار بدون در نظر گرفتن رایانه های بخش های دولتی، صنعتی، نظامی و ... است. پیش بینی می شود در سال ۱۳۸۲ حداقل ۵ میلیون رایانه از رده خارج که آماده دور ریختن هستند در کشور وجود داشته باشد.

پیش بینی می شود که تعداد کاربران اینترنت در ایران در سال ۱۳۸۲ به حدود ۱/۵ میلیون نفر برسد. پیش بینی می شود تا سال ۱۳۸۵ تعداد کاربران به حداقل ۱۵ میلیون نفر برسد (یعنی ۱۰ برابر افزایش طی ۳ سال)، که حاکی از سرعت فزاینده رشد صنایع رایانه ای و مصرف آن در کشور است (بزرگی، ۱۳۸۲). علاوه بر اینترنت، مطرح شدن علم فناوری اطلاعات<sup>(۸)</sup> نیز به روند رو به رشد مصرف رایانه و به تبع آن افزایش تولید زباله های رایانه ای کمک می کند. علاوه بر رایانه های شخصی معمولی، laptop ها هم در حال وارد شدن به جریان زباله های رایانه ای اند که آنها را نیز باید مدنظر قرار داد. با توجه به اظهار

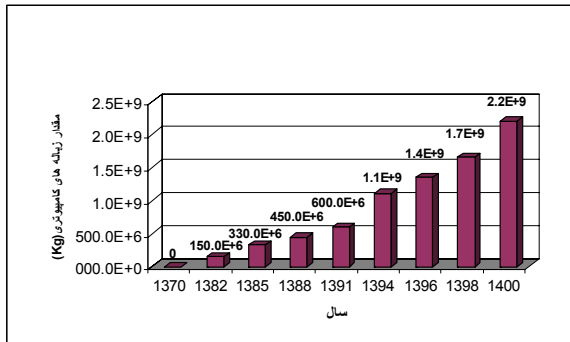
بعضی از کشورها بجز سیاست های فوق، روش های دیگری را برگزیده اند که برای کشورهای جهان سوم نگران کننده است. آنها زباله های رایانه ای را صادر می کنند (O'Connell, 2002; Silicon Valley Toxics Coalition; 1999, Hall; 2002, McCarthy, 2002) فناوری قدیمی تر، اصولاً در کشورهای در حال توسعه با جذابیتی خاص مورد پذیرش قرار می گیرد. با این عمل تمام هزینه های مربوط به خطرات محیط زیستی و نیز بازیابی زباله های رایانه ای از عهده کشورهای توسعه یافته خارج و به کشورهای جهان سوم واگذار می شود (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). هر چند کشورهای صنعتی همزمان با درمان این بیماری از آن پیشگیری نیز می کنند (جدول شماره ۲). به طور مثال کادمیوم به کار رفته در نسل های قبلی رایانه، در حال حاضر در نسل های جدید استفاده نمی شود و عناصر ایمن تر جایگزین شده اند. به جای PVC از جایگزین های تجزیه پذیر و قابل بازیافت مثل پلی اتیلن های با چگالی کم که خطرات محیط زیستی کمتری دارند، استفاده می شود (Silicon Valley Toxics Coaliton, 1999).

اتحادیه اروپا برای زباله های رایانه ای و الکترونیکی<sup>(۵)</sup> طرحی را تصویب کرده است که براساس آن از اول سال ۲۰۰۴ میلادی هیچ شرکتی مجاز به استفاده از جیوه، کادمیوم، کروم ۶ ظرفیتی و ضد اشتعال های برم دار در تجهیزات الکترونیکی نیست. تولیدکنندگان موظف اند خود بتنهایی سیستم های جمع آوری، بازیابی و دفع زباله های رایانه ای را فراهم کنند. به عبارت دیگر مسئولیت اصلی دفع و بازیافت به عهده تولید کنندگان و تاجران قرار داده شده است (Schwartz, 1988). مقید کردن کارخانه ها به حفظ محیط زیست از مواردی است که در کشور ما در مورد آلاینده های هوا انجام گرفته است. بنابراین این کار شدنی است. اتحادیه اروپا همچنین معتقد است طراحی وسایل و تجهیزات به نحوی باید صورت گیرد که ۷۰ تا ۹۰ درصد وزن آنها قابل بازیافت باشد (Silicon Valley Toxics Coalition, 1999). آنچه مسلم است انجام این امور نیازمند قانون و ضامن اجرایی است.

### وضعیت زباله های رایانه ای در ایران

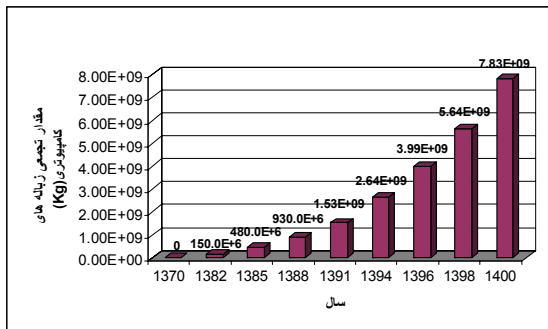
اگرچه در صنایع رایانه ای از حدود سه دهه قبل در ایران وارد شد، اما تا اوایل دهه هفتاد رشد چندانی نداشته است. در واقع رشد صنایع رایانه ای تا ۵ سال گذشته بحدی نبود که زباله های رایانه ای به عنوان یک خطر جدی برای محیط زیست مطرح شوند. با آمدن

براساس آمار و اطلاعات وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی و اظهار نظر کارشناسان این وزارتخانه و محاسبات آماری



**نمودار شماره (۲): رشد زباله های رایانه ای در ایران (منبع: نویسنده)**

براساس آمار و اطلاعات وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی و اظهار نظر کارشناسان این وزارتخانه و محاسبات آماری



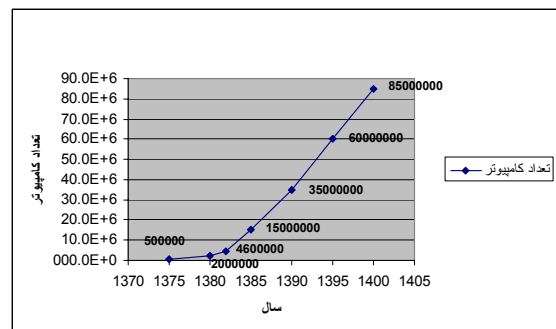
**نمودار شماره (۳): رشد تجمعی زباله های رایانه ای در ایران (منبع: نویسنده)**

براساس آمار و اطلاعات وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی و اظهار نظر کارشناسان این وزارتخانه و محاسبات آماری

**نتیجه گیری و پیشنهاد**

زباله های رایانه های معضل محیط زیستی کشورهای صنعتی است. آنچه مشهود است، ایران نیز بزودی دچار این بحران خواهد شد. رشد بسیار سریع رایانه و به تبع آن از رده خارج شدن سریع تجهیزات رایانه ای، تنوع بسیار زیاد عناصر و مواد به کار رفته در ساخت این تجهیزات و دشوار بودن تعیین کلیه آثار نامطلوب دفع زباله های رایانه ای بر محیط زیست و انسان، برنامه ریزی سریع و صحیح و عزم

نظرهای کارشناسان امور رایانه وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی، نرخ افزایش تعداد رایانه ها در ایران بین سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ به ترتیب برابر ۳۲٪ و ۵۱٪ بوده است. این کارشناسان رشد رایانه در ایران را طی ۳ سال اخیر بسیار سریع توصیف می کنند. همچنین نرخ افزایش تعداد رایانه ها در ایران بین سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ به ترتیب ۳۲٪، ۱۸٪، ۱۱٪ و ۷٪ پیش بینی می شود. یکی از دلایل کاهش نرخ افزایش تعداد رایانه ها طی سالهای آتی، تغییرات احتمالی در فناوری ساخت رایانه ها است که احتمالاً الگوهای مصرف را نیز تغییر خواهد داد. این کارشناسان نرخ از رده خارج شدن زباله های رایانه ای در کشور را بین سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸، ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱، ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴، ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶، ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ و ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ به ترتیب حدود ۳۰، ۱۱، ۱۰، ۲۲، ۱۳، ۱۰ و ۱۴ درصد پیش بینی می کنند. نوساناتی که در نرخ افزایش زباله های رایانه های دیده می شود ناشی از عواملی، نظیر تغییرات احتمالی در فناوری ساخت رایانه، وضعیت بازار و الگوی مصرف است. اما به طور کلی این پیش بینی ها تقریبی بوده و حداقل رشد احتمالی در نظر گرفته شده است. اگر عمر مفید رایانه ها را قبل از اینکه وارد جریان مواد زاید شوند تا سال ۱۳۶۹، سه سال و از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰، دو سال در نظر بگیریم (پیش بینی خوش بینانه) و با لحاظ کردن رشد جمعیت ایران تا سال ۱۴۰۰ (قطعاً بالای ۸۰ میلیون نفر خواهد بود)، با توجه به نرخ های رشد مذکور و محاسبات آماری، روند رشد صنایع رایانه ای و زباله های رایانه ای تا سال به صورت نمودارهای شماره ۱ و ۲ و ۳ خواهند بود. (وزن تقریبی هر دستگاه رایانه به همراه متعلقاتش ۳۰ kg در نظر گرفته شده است).



**نمودار شماره (۱): نرخ رشد رایانه در ایران (منبع: نویسنده)**

۲. نظارت بیشتر بر ورود تجهیزات رایانه ای و جلوگیری از ورود غیرقانونی آن به داخل کشور.
  ۳. تعیین یک ساز و کار خاص برای نظارت بر اجرای مدیریت این مواد.
  ۴. در نظر گرفتن مکان های خاص برای اینکه مردم زباله های رایانه ای خود را به آنجا ببرند.
  ۵. آموزش مردم برای استفاده بهینه و نیز دور انداختن صحیح زباله های رایانه ای.
  ۶. ایجاد قانون، به نحوی که همه مردم موظف به تحویل زباله های رایانه ای خود به محل های مذکور باشند و نیز ایجاد قانون برای واردکنندگان قطعات و تجهیزات رایانه ای و نیز شرکت های سازنده و نظارت بر فعالیت های آنها.
  ۷. سرمایه گذاری برای به دست آوردن فناوری بازیابی زباله های رایانه ای و اجرای آن.
  ۸. در نظر گرفتن مکان های مجزا و محافظت شده برای دفن صحیح قطعاتی که قابل بازیابی نیستند، به نحوی که اطمینان کامل از دفع صحیح زباله های رایانه ای حاصل گردد (از سوزاندن زباله های رایانه ای اکیداً خودداری شود).
- بدیهی است استفاده از تجربیات کشورهای پیشرفته که قبل از ما به منظور مقابله با مشکل زباله های رایانه ای گام برداشته اند، می تواند بسیار سودمند باشد.

#### یادداشت ها

- 1- Cathod Ray Tube
- 2- Polyvinyl chloride
- 3- US Environmental Protection Agency
- 4- National Solid Wastes Management Association
- 5- Electronic Scrap
- 6- Printed Circuit Boards
- 7- Bio-Based Plastics
- 8- Information Technology

#### منابع مورد استفاده

محمد علی عبدلی، ۱۳۷۲. مدیریت دفع و بازیافت مواد زاید جامد شهری در ایران. سازمان شهرداری های کشور.

ملی را برای واکنش مناسب در قبال پدیده زباله های رایانه ای و دفع صحیح آنها طلب می کند. با توجه به مطالعات صورت گرفته و مطالب مطرح شده در این تحقیق، نتیجه می شود که به منظور دفع صحیح زباله های رایانه ای باید تا آنجا که امکان پذیر است قطعات مختلف موجود در تجهیزات رایانه ای، از یکدیگر به طور صحیح (به نحوی که مواد سمی درون قطعات آزاد نشوند) جدا شوند. قطعاتی که قابل استفاده مجدد، ارتقا یا بازیابی اند باید از سایر قطعات جدا شده و قطعات باقیمانده به طور ایمن دفع شوند. سوزاندن قطعات رایانه موجب آزاد شدن مواد سمی آنها و انتشار و گسترش گازهای سمی در محیط می گردد. حتی اگر کنترل و رفع آلودگی های ناشی از سوزاندن زباله های رایانه ای امکان پذیر باشد، تنها با صرف هزینه های بالا میسر است. بنابراین سوزاندن زباله های رایانه ای نوعی روش دفع ناصحیح است و باید از آن پرهیز شود. جداسازی صحیح و بازیابی زباله های رایانه ای به طور چشمگیری از حجم آنها و در نتیجه خطرات بالقوه آنها برای محیط زیست و انسان می کاهشد. این روش خط مشی ای نسبتاً ساده و در عین حال بسیار مؤثر در مواجهه و مقابله با این زباله هاست. در حال حاضر، طبق برآوردهایی که به عمل آمده بیش از ۴/۶ میلیون رایانه وجود دارد. عمر بسیاری از این رایانه ها سر آمده و باید تبدیل به زباله شوند. از آنجایی که عمر مفید آن در ایران ۳ تا ۴ سال برآورد می شود، شهرهای بزرگی همچون تهران - اصفهان - مشهد - شیراز و کرج بشدت در این مورد آسیب پذیر خواهند بود.

با توجه به رشد سریع رایانه ها در ۳ تا ۴ سال اخیر و رشد بسیار سریع تر آن در آینده ای نه چندان دور و با توجه به اینکه روند این رشد خیلی سریع تر از یک رشد خطی است، ملاحظه می شود که زمان موج بحران زباله های رایانه ای به ایران نیز رسیده است و با توجه به مواردی که ذکر گردید زباله های رایانه ای، ایران با بحران های محیط زیستی، نظیر آلودگی منابع آب، خاک، زنجیره غذایی و ... بیش از پیش دست به گریبان خواهد کرد.

پیشنهاد می شود که از هم اکنون سازمان ها و ارگان های ذی ربط از جمله سازمان حفاظت محیط زیست، در ایجاد قوانین و ساختارهای لازم برای مدیریت دفع و بازیافت زباله های رایانه ای در کشور اقدام کنند.

این اقدامات می تواند شامل موارد زیر باشد:

۱. وارد کردن و ساختن رایانه هایی که توانایی ارتقا و دوام بیشتری داشته باشند.



- Realff, M. et al., 2004. E-waste: an opportunity, *Materials today* Vol 7, Issue1:40-45.
- Rigely, H. 2001. Electronic industries alliance grants seek efficiency in computer recycling. *Waste age*, Dec. 1, 2001. <http://www.Wasteage.com/issue-20011201>.
- Abduli and Safari, 2003. Preliminary analysis of heavy metals in the Kahrizak landfill leachate. *Intern. J. Environ. Studies*. Vol.160(5), pp.491-499.
- Northeast recycling council, Inc (NERC), 2001. Setting up and operating electronics recycling/ reuse programs: a manual for municipalities and countries. Report to US EPA (October).[www.nerc.org](http://www.nerc.org).
- Vegilo, F. et al., Recovery of valuable metals from electronic and galvanic industrial wasted by leaching and electro winning. *Waste Management*, Oct 9, 2002. Vol. 23. No3. p245.
- Jacobsohn, A. 2003. Deleting e-waste. *Waste age*, Jun 1, 2003. <http://www.Wasteage.com/200330601>.
- Hall, R. 2002. Recycling: NERC bytes into E-waste. *Waste age*, Apr 1, 2002. <http://www.Wasteage.com/issue-20020401>.
- Bailly, B., 2001. Recycling: The little state that could. *Waste age*, Sep 1, 2001. <http://www.Wasteage.com/issue-20010901>.
- Schenkamn, L., 2003. California follows EU's e-waste lead. *Waste age*, Jun 1, 2003. <http://www.Wasteage.com/issue-20030601>.
- McCarthy, K., 2002. Recycling: A growing opportunity. *Waste age*, Dec 1, 2002. <http://www.Wasteage.com/issue-20021201>.
- محمد علی عبدلی, ۱۳۷۹. سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.
- محمد علی عبدلی, ۱۳۸۰. مدیریت و دفع مواد زاید جامد شهری. سازمان شهرداری های کشور.
- مسعود بزرگی, مؤسسه چاوش. ۱۳۸۲. روزنامه ابرار اقتصادی. چهارشنبه, ۲۸ آبان ۱۳۸۲.
- F. Jorgensen, E. 2004. Electronic Waste Recycling can be a sustainable enterprise. 22<sup>nd</sup> Annual college and university Hazardous Waste conference Page7.
- O'Connell, K. 2002. Computing the damage. *Waste Age*, Oct. 1, 2002. <http://www.wasteage.com/issue-20021001>.
- Macualey, M. et al., 2003. Dealing with electronic waste: Modeling the costs and environmental benefits of computer monitor disposal, *Journal of Environment Management* 68:13-22
- Schwartz, J. 1988. The relationship between blood lead and blood pressure in the NHANES 2 survey. *Environmental Health Perspectives* 78: 15-22.
- Silicon Valley Toxics Coalition, 1999. Just say no to e-waste: Background document on hazard and waste from computers, [www.svtc.org/cleancc/pubs/sayno.htm](http://www.svtc.org/cleancc/pubs/sayno.htm).
- National safety council's environment health center, 1999. Electronic product recovery and recycling baseline report: recycling of selected electronic products in the United States, No 202. March.