

## مدلینگ و ارزیابی طرحهای بازگرداندن پسماندهای الکترونیکی در کشور هند

### چکیده

معضل افزایش میزان پسماندهای الکترونیکی (WEEE) در کشورهای در حال توسعه موجب شده است که این کشورها اقدامات مدیریتی مبتکرانه ای را انجام داده و روشهای سازگار با محیط زیستی را بکار گیرند تا از خطرات ناشی از این نوع پسماندها بکاهند. در هند بازگرداندن پسماندهای الکترونیکی در وهله ی اول صنعت درآمد زایی تلقی میشود. طبق قوانین جدید مدیریت پسماندهای الکترونیکی در هند تولید کننده ها باید هر چه زودتر نظام های EPR را معرفی و اجرا کنند. دامنه ی اجرای EPR نیز در این دستورالعمل ها بحث شده است. در این مطالعه سعی مان این است که روشهای بازگرداندن EPR متفاوت و تناسب آنها برای شرایط هند را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. برای تعیین سوددهی روشهای بازیافت EPR متفاوت از یک مدل اقتصادی استفاده میکنیم. نتایج مدلینگ ما بوضوح نشان میدهد که از نکته نظر مصرف کننده ها و تولید کننده ها یک روش بازیافت منفرد از یک روش بازیافت چندگانه بهتر نتیجه میدهد. ما همچنین اثرات این روشهای بازیافت بر پارامترهای مدل را توصیف میکنیم.

### مقدمه

در جهان توسعه یافته مقررات مربوط به بازگرداندن پسماندهای الکترونیکی بر اساس اصول مسئولیت وسیع تولید کننده (EPR) انجام میشوند. طبق EPR تولید کننده ها برای جمع آوری و دفع سازگار با محیط زیست محصولات در انتهای طول عمر مفیدشان مسئول هستند. هدف بلندمدت EPR بازیافت و استفاده ی مجدد محصول، کاهش مصرف مواد خام و تولید محصولاتی با اندازه ی کوچک است. مقررات مربوط به بازیافت استفاده شده در کشورهای پیشرفته بر اساس دو رویکرد هستند: پرداخت مصرف کننده یا پرداخت تولید کننده. در کشور ژاپن و ایالت کالیفرنیا بر اساس اصل پرداخت مصرف کننده عمل میشود و از مصرف کننده مبلغی اضافی برای بازیافت سالم محصولات مصرف شده اخذ میشود. در حالیکه در هفده کشور اروپایی بر اساس مسئولیت تولید کننده عمل میشود.

در رابطه با مسئله ی مدیریت پسماندهای الکترونیکی سیاستهای متعددی اجرا شده است. اتحادیه ی اروپا اخیراً دو سیاست در این حوزه پیش گرفته است. بخشنامه ی WEEE مسئولیت بازیافت را بر عهده ی تولیدکننده ها میگذارد. طرح دیگر اتحادیه ی اروپا تحت عنوان بخشنامه ی ROHS استفاده ی از مواد خطرناک معینی را در وسایل الکتریکی و الکترونیکی محدود کرده است. اقدام دیگر در این رابطه تعهد بازل سوئیس است که در رابطه با کنترل انتقال برون مرزی پسماندهای خطرناک جهت دفع است. مطابق این تعهدنامه صدور پسماندهای خطرناک از کشورهای پیشرفته به کشورهای در حال توسعه جهت دفع ممنوع شد. بخشنامه ی WEEE ی اتحادیه ی اروپا بوضوح جمع آوری و بازیافت پسماندها را به عهده ی کشورهای عضو میگذارد. طی این بخشنامه حداقل مقدار جمع آوری سرانه ی 4 کیلوگرم برای تمامی کشورهای عضو تعیین میشود. این اقدامات از این جهت است که مقدار مواد خطرناک دفع شونده در لندفیل ها کاهش یابد که بطور غیرمستقیم موجب کاهش استفاده از مواد خام مصرفی در محصولات جدید میشود. هلند اولین کشور عضو است که بطور کامل این بخشنامه ها را اجرا کرد. پیشنهاد سپلودا و همکاریانش این است که در بخشنامه ی WEEE ی اتحادیه ی اروپا که بر کنترل سمیت و جداسازی دستی تاکید میشود بایستی به اهداف زیست محیطی متعدد و وسیع تری توجه شود نظیر بازیافت مواد با ارزش و صرفه جویی در انرژی. نگارندگان این مقاله در این بحث از نوآوری های اخیر در تکنولوژیهای جداسازی و خرد خرد کردن و نیز پیشرفتهای فنی در رابطه با عمل ذوب فلزات ارزشمند نیز سخن به میان میاورند.

در سال 2001 ژاپن برای بازیافت WEE چارچوب قانونی جدیدی را اجرا کرد. مشخصه ی منحصر بفرد این قوانین کشور ژاپن مسئولیت مشترک بین ذینفعان متفاوت بود. مثلاً طبق قانون بازیافت وسایل خانگی فروشنده ها باید محصولات استفاده شده را جمع آوری کنند، مصرف کننده ها باید هزینه ی حمل آنها را بپردازند و تولید کننده ها باید کارخانه هایی جهت جمع آوری و بازیافت بسازند. این قوانین عمدتاً در رابطه با چهار محصول عمده است: دستگاههای تهویه ی هوا، تلویزیونها، ماشینهای لباسشویی و یخچالها. فروشنده ها و شهرداریهای برخی مناطق باید پسماندهای جمع آوری شده را به محلهای تعیین شده انتقال داده و هزینه ی بازیافت را به تولید کننده ها بدهند. تولید کننده ها باید پسماندهای الکترونیکی را از محلهای موردنظر به کارخانه ها منتقل کنند.

در سوی دیگر مصرف کننده ها نیز میتوانند با هزینه ی خود مستقیماً پسماندهای الکترونیکی را بازیافت کنند یا به فروشنده ها هزینه ی مربوطه را بدهند تا اقدام کنند. قانون مربوط به مدیریت پسماندهای الکترونیکی کامپیوترهای خانگی نیز از آوریل سال 2001 اجرا شده است. قانون دیگری هم در سال 2013 برای وسایل خانگی کوچک (وسایلی نظیر گوشیهای موبایل، دستگاههای بازی، کامپیوترهای شخصی کوچکتر) تصویب شد. لازمه ی اجرایی طرحهای بازگرداندن وسایل الکترونیکی استفاده شده هزینه هایی است که در زمان تولید یا ساخت اخذ میشود. مثلاً در ژاپن هر دو گرفته میشود: هزینه های پیشاپیش برای کامپیوترها و هزینه های در زمان دفع وسایل خانگی. در تایوان و کالیفرنیا برای همه ی محصولات پیشاپیش هزینه های بازیافت اخذ میشود. دریافت هزینه ی پیشاپیش این مزیت را دارد که برای تمامی ذینفعان شفاف است. جدای از این هزینه هایی که در زمان دفع گرفته میشود ممکن است به شخصی داده شود که مسئولانه عمل نکند.

جدای از سیاستهای اجباری بازگرداندن محصول روشهای داوطلبانه ای نیز وجود دارد که در کشورهای در حال توسعه نظیر چین و هند معمولاً دیده میشود. در این نوع هیچ قانون و در نتیجه کیفی در رابطه با جمع آوری پسماندهای الکترونیکی وجود ندارد. افزایش آگاهی عمومی و توجه دولت به مسائل ناشی از پسماندهای الکترونیکی موجب شده است که یک تعداد از تولید کننده های کشورهای در حال توسعه طرحهای بازگرداندن تکی برای محصولات معینی ارائه دهند.

مسئله ی اصلی برای دست اندازکاران اجرای هر شکلی از EPR این است که تصمیم بگیرند که کدام حالت بهینه است: تکی یا جمعی. تعداد قابل توجهی از تولید کننده ها از روشهای جمعی استفاده میکنند چراکه هزینه ها کاهش مییابد. چنین اقداماتی این امکان را به تولید کننده ها میدهد که اکثر امور مربوط به بازگرداندن وسایل الکترونیکی استفاده شده را به فروشنده های شخص ثالث واگذار کنند.

بحث در رابطه با مقرون به صرفه بودن یا نبودن این دو رویکرد هنوز ادامه دارد. تولیدکننده های طرفدار روش تکی استدلال میکنند که در این حالت میتوانند بر محصولات سازگار با محیط زیست سرمایه گذاری کنند و در بلند مدت سود حاصل کنند.

اولین پیشرفت قابل توجه در مقررات پسماندهای الکترونیکی در کشور هند دستورالعمل‌هایی اجرایی بود که توسط وزارت محیط زیست و جنگل‌ها ارائه شد. طبق این قوانین تولیدکننده مسئول جمع‌آوری صحیح پسماندهای الکترونیکی با استفاده از روش برگرداندن مناسبی مشابه با بخشنامه ی EPR اتحادیه اروپا است. قوانین جدید بوضوح وظیفه ی مدیریت پسماندهای الکترونیکی را بر عهده ی تولیدکننده ها(طبق اصول بخشنامه ی ERP اتحادیه ی اروپا) میگذارند. این قوانین بروشنی مسئولیتهای تولیدکننده، مراکز جمع‌آوری، مصرف‌کننده یا مصرف‌کننده ی عمده و بازیافت‌کننده را تعریف میکنند. طبق این قوانین تولیدکننده ها باید سیستم بازیافت مختص خود را طراحی کنند. تولیدکننده ها باید بطور داوطلبانه مراکز جمع‌آوری یا سیستمهای بازیافت(جمععی یا تکی) ایجاد کنند. اخیراً در هند بخش غیردولتی بوجود آمده است که پسماندهای الکترونیکی را جمع‌آوری و بازیافت میکند. درحالیکه دفع و بازیافت پسماندهای الکترونیکی توسط بخش غیردولتی بدرستی صورت نمیگیرد.

جهت فائق آمدن بر این مشکل دستورالعمل‌های پیشنهادی تولیدکننده ها را تشویق به اتخاذ روشهای بازگرداندن مناسب میکند. بایستی مشوقهایی برای مشتریها در نظر گرفت تا محصولات الکترونیکی استفاده شده را به مراکز جمع‌آوری بیاورند. مثلاً بدین طریق که وقتی دوره ی عمر مفید محصولی به پایان برسد تولیدکننده ها آنها را از مصرف‌کننده با قیمتی بالاتر از بخش غیردولتی میخرند. ونگ و همکارانش اولین مطالعه ی اقتصادی در این رابطه را برای کشور چین انجام دادند و طی این مطالعه فاکتورهای اساسی تاثیرگذار بر رفتار ساکنین در رابطه با برگرداندن پسماندها را بررسی کرده اند. مطالعه ی دیگری بعد از آن در هند توسط دیودی و میتل صورت پذیرفت. هر دو این مطالعات اشاره دارند که در کشورهای در حال توسعه مصرف‌کننده ها در دفع پسماندهای الکترونیکی منفعت اندیشانه عمل میکنند.

باتوجه به اینکه هیچ قانونی مبنی بر جمع‌آوری و برگرداندن محصولات استفاده شده در هند وجود ندارد خیلی زود است که سود یا زیان بازیافت در چارچوب فعلی را دقیقاً تعیین کنیم.

هدف از مطالعه ی پیش رو تعیین این است که آیا تئوریهای برگرداندن محصولات استفاده شده در کشورهای در حال توسعه ای نظیر هند عملی است یا نه.

## مدل ریاضی

در این بخش چارچوب مورد استفاده برای ساختار صنعتی، مفروضات مدلینگ و تابع سود تولید کننده بصورت فرمولهای ریاضی بیان میشود. بدین منظور دو تولیدکننده مورد مطالعه قرار گرفتند. مزیت در نظر گرفتن دو تولید کننده این است که میتوان رقابت بین این دو را نیز بررسی کرد. در هر حال هدف اولیه ما تجزیه و تحلیل تابع سود تولید کننده در صورت انتخاب روش برگرداندن مورد نظر است. این مدل امکان این را به ما میدهد که رقابت بین تولید کننده ها را نیز بررسی کنیم. فرض بر این است که بین تولید کننده ها رقابت وجود دارد. در صورت اجرای طرح برگرداندن تکی تولید کننده مسئول ایجاد شبکه های جمع آوری است. رقابت بین بازیافت کننده ها بطور غیرمستقیم صورت میگیرد.

از سوی دیگر در صورت اجرای روش برگرداندن جمعی گروهی از تولیدکننده ها با طرف ثالثی قرارداد بسته و مسئولیت جمع آوری را به او میسپارند.

هدف بررسی این موارد است: سود تولید کننده و قیمت فروش محصول. تولید کننده میتواند هر کدام از روشهای برگرداندن تکی یا جمعی را که بخواهد اجرا کند.

## نتیجه گیری

با توجه به اینکه هند در این رابطه وضعیت خاص و تاحدی عجیبی دارد و اینکه مصرف کننده های هندی برای بازگرداندن پسماندهای الکترونیکی انتظار سود دارند مدل ERP مورد استفاده در کشورهای پیشرفته به احتمال زیاد در این کشور موفق نخواهد بود چراکه برای مصرف کننده ها هزینه تحمیل میکند. هدف این مطالعه ای که صورت گرفت آگاهی از تاثیر شرایط کشوری نظیر هند بر مدل EPR بود. در این مطالعه یک چارچوب تحلیلی پیشنهاد میشود و دو روش متفاوت جمع آوری محصولات استفاده شده تحت بررسی قرار میگیرد. طی این تجزیه و تحلیل اطلاعات مهمی حاصل میشود که در رابطه با سیاست گذاری در آینده در این حوزه در کشور هند مثرتر خواهد بود. نتایج حاکی از آن است که طرحی برد برد هم برای مصرف کننده ها و هم تولید کننده ها میتواند ارائه شود. همیشه قیمت تعادل در روش جمعی و سود تعادل در روش تکی بالاتر است. قیمت بالای محصول کاهش تقاضا را در پی دارد، در نتیجه درصد سود از فروش خالص تولید کننده هایی که از طرح برگرداندن جمعی استفاده میکنند کاهش مییابد. بنابراین روش تکی میتواند طرح برد برد برای مصرف کننده و

تولید کننده باشد. با توجه به اینکه این مطالعه کلا در رابطه با طرحهای برگرداندن وسایل الکترونیکی استفاده شده است هزینه های تبادل شده بین تولید کننده و بازیافت کننده مدنظر قرار نگرفته است. در روش جمعی بسبب وجود انواع مختلف محصولات بایستی ابتدا عمل جداسازی و سپس بازیافت انجام شود. درحالیکه این هزینه در روش تکی وجود ندارد. نتایج این مطالعه در اساس با یافته های دیگر محققان در این زمینه در تناقض است، این افراد سعی داشته اند که طرحهای متفاوت بازگرداندن در کشورهای پیشرفته را مدل سازی کنند، در حالیکه توجه شان بیشتر به جمع آوری محصولات استفاده شده بوده و بیشتر وارد جزئیات نشده اند. تفاوت قابل ذکر دیگر این است که در این مطالعه پرداخت به مصرف کننده ها بابت جمع آوری محصولات استفاده شده مطرح میشود که فی الواقع در هند روی میدهد.