



Analysis of Consumer Perspectives in End-of-Life Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Using Twitter Data

Sara Shafahi^{ID}
Akbar Alem-Tabriz^{ID}
Sajjad Shokouyar^{ID}

Extended Abstract

Introduction: In today's digital age, the rapid increase in the use of electrical and electronic devices has led to massive production of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). This trend poses serious challenges for solid waste management, making proper disposal of such waste a critical issue. According to global reports, the volume of WEEE is steadily increasing, emphasizing the need for effective waste management practices. Studies have shown that the rise in WEEE not only harms the environment but also has negative impacts on public health and natural resources. Consumers, as primary generators of this waste, play a pivotal role in its management. Therefore, understanding consumers' perspectives and behaviors regarding the disposal of WEEE is crucial for developing effective waste management strategies. This study aims to identify appropriate options for managing electrical and electronic equipment at their end-of-life stage. It seeks to analyze and identify best practices for managing such waste.

Methods: This research adopts a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative methods. In the quantitative phase, data collected from Twitter (approximately 2,905,579 tweets) between May 2019 and April 2022 were analyzed. These data included consumers' opinions and perspectives on WEEE management. Furthermore, the study employed the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) to evaluate different end-of-life options. This technique enables a more precise analysis of factors influencing consumer choices and identifies the best options. Based on the findings, various factors—such as accessibility to recycling centers, awareness of disposal methods, distrust in governments, financial incentives, charitable contributions, and concerns about data security—directly influence consumers' decisions.

Received: Nov. 29, 2023; Revised: May. 09, 2024; Accepted: Oct. 12, 2024; Published Online: Nov. 27, 2024.

* Ph. D Candidate, Management & Accounting Faculty, Shahid Beheshti University.

** Professor, Management & Accounting Faculty, Shahid Beheshti University.

Corresponding Author: a-tabriz@sbu.ac.ir

*** Assistant Professor, Management & Accounting Faculty, Shahid Beheshti University.



These factors significantly shape consumer behavior regarding WEEE and, consequently, their end-of-life choices. Additionally, the analyses reveal that awareness of proper disposal methods and the availability of suitable recycling infrastructure can significantly impact consumer decision-making.

Results and discussion: The study identifies four end-of-life options for WEEE: reuse, repair, recycling, and disposal. Using the FAHP technique, the relationships between these factors were examined, and the most suitable end-of-life option was identified based on factors influencing consumer participation in waste management. The results serve as a valuable tool for managing WEEE and contribute to the development of effective end-of-life strategies. These strategies will foster a more sustainable approach to WEEE management.




Conclusions: Finally, the research recommends that policymakers and relevant stakeholders design comprehensive educational and awareness programs to enhance consumer knowledge about WEEE management methods. Such initiatives can help promote a culture of sustainable waste management and encourage consumers to adopt more environmentally friendly options. These efforts will play a key role in reducing the negative impacts of WEEE on the environment and public health.

Keywords: Waste Electrical and Electronic Equipment; WEEE Management; Fuzzy Analytical Hierarchy Process; Recycling; Consumer Behavior.

How to Cite: Shafahi, Sara; Alem-Tabriz, Akbar; shokouyar, Sajjad (2024). Analyzing Consumer Perspectives on End-of-Life Management Strategies for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Using Twitter Data. *Ind. Manag. Persp.*, 14(4), 37-67 (*In Persian*).



تحلیل دیدگاه مصرف‌کننده در طرح‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مرحله پایان عمر با استفاده از داده‌های توئیتر

سارا شفاهی 
اکبر عالم تبریز 
سجاد شکوهیار 

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: در عصر دیجیتال کنونی، افزایش سریع استفاده از وسایل الکتریکی و الکترونیکی منجر به تولید انبوه ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی شده است. این روند به چالش‌های جدی در مدیریت ضایعات جامد دامن زده و دفع صحیح آن‌ها را به یک موضوع حیاتی تبدیل کرده است. براساس گزارش‌های جهانی، حجم ضایعات الکتریکی و الکترونیکی به‌طور مداوم در حال افزایش است و این امر ضرورت توجه به شیوه‌های مدیریت این نوع ضایعات را دوچندان کرده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که افزایش ضایعات الکتریکی و الکترونیکی نه تنها به محیط‌زیست آسیب می‌رساند، بلکه تأثیرات منفی بر سلامت عمومی و منابع طبیعی دارد. در این زمینه، مصرف‌کنندگان به‌عنوان تولیدکنندگان اصلی این ضایعات، نقش کلیدی در مدیریت آن‌ها ایفا می‌کنند. بنابراین، درک دیدگاه‌ها و رفتارهای مصرف‌کنندگان در رابطه با دفع ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی برای توسعه استراتژی‌های مؤثر مدیریت ضایعات ضروری است. هدف این مطالعه شناسایی گزینه‌های مناسب در مرحله پایان عمر تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است. در این راستا، تلاش می‌شود تا بهترین شیوه‌های مدیریت این نوع ضایعات شناسایی و تحلیل شوند.

روش‌ها: این تحقیق از یک رویکرد ترکیبی، شامل روش‌های کمی و کیفی استفاده می‌کند. در بخش کمی، داده‌های جمع‌آوری شده از شبکه اجتماعی توئیتر (با حدود ۲,۹۰۵,۵۷۹ توئیٹ) از ماه می ۲۰۱۹ تا آوریل ۲۰۲۲ تحلیل شده است. این داده‌ها شامل نظرات و دیدگاه‌های مصرف‌کنندگان درباره نحوه مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی است. همچنین، در این تحقیق از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای ارزیابی گزینه‌های مختلف استفاده شده است. این تکنیک، این امکان را فراهم می‌آورد که عوامل مؤثر بر انتخاب‌های مصرف‌کنندگان به‌طور دقیق‌تر تحلیل و بهترین گزینه‌ها شناسایی شوند. با توجه به بررسی‌های انجام شده، عوامل مختلفی از جمله سهولت دسترسی به مراکز بازیافت، آگاهی از روش‌های دفع، عدم اعتماد به دولت‌ها، مشوق‌های مالی، کمک‌های خیریه و نگرانی‌های مربوط به افشای اطلاعات، به‌طور مستقیم بر تصمیمات مصرف‌کنندگان تأثیرگذار هستند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷.

* دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
** استاد، گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: a-tabriz@sbu.ac.ir

*** استادیار، گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

این عوامل می‌توانند در شکل‌گیری رفتار مصرف‌کنندگان در قبال ضایعات الکتریکی و الکترونیکی نقش بسزایی داشته باشند و در نتیجه، بر انتخاب‌های آن‌ها در مرحله پایان عمر تأثیر بگذارند. همچنین، تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهد که آگاهی از روش‌های صحیح دفع ضایعات و وجود زیرساخت‌های مناسب برای بازیافت می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان داشته باشد.

یافته‌ها: یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که چهار گزینه پایان عمر شامل استفاده مجدد، تعمیر، بازیافت و دفع برای ضایعات الکتریکی و الکترونیکی وجود دارد. این مطالعه با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی، روابط بین این عوامل را بررسی کرده و بهترین گزینه پایان عمر را براساس عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کننده در مدیریت ضایعات شناسایی می‌نماید. همچنین، نتایج به‌دست آمده می‌تواند به‌عنوان ابزاری ارزشمند در فرآیند مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی عمل کند و به توسعه استراتژی‌های مؤثر در مرحله پایان عمر کمک نماید. این استراتژی‌ها به رویکردی پایدارتر برای مدیریت ضایعات الکترونیکی منجر خواهد شد.

نتیجه‌گیری: در نهایت، این تحقیق توصیه می‌کند سیاست‌گذاران و مدیران ذی‌ربط با توجه به نتایج به‌دست آمده، برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی جامعی را برای افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان درباره روش‌های مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی تدوین کنند. چنین اقداماتی می‌تواند به تقویت فرهنگ مدیریت پایدار ضایعات کمک کرده و مصرف‌کنندگان را به اتخاذ گزینه‌های زیست‌محیطی تر ترغیب کند. این تلاش‌ها نقشی کلیدی در کاهش تأثیرات منفی این ضایعات بر محیط‌زیست و سلامت عمومی ایفا خواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی؛ مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی؛ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی؛ بازیافت؛ رفتار مصرف‌کننده.

استناددهی: شفاهی، سارا؛ عالم‌تبریز، اکبر؛ شکوهیار، سجاد (۱۴۰۳). تحلیل دیدگاه مصرف‌کننده در طرح‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مرحله پایان عمر با استفاده از داده‌های توییت. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۴)، ۳۷-۶۷.



۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه به محیط زیست و پایداری فعالیت‌های تولیدی به مسئله‌ای اصلی برای بسیاری از کشورها تبدیل شده است. این توجه باعث شده تا شرکت‌ها، چه به دلیل فشارهای وارده و چه در راستای ایفای مسئولیت‌های اجتماعی خود، تمرکز بیشتری بر مسائل زیست‌محیطی داشته باشند [۲۶]. امروزه، با توجه به رشد سریع جمعیت و افزایش استفاده از وسایل الکترونیکی، دفع صحیح ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی امری حیاتی است. ضایعات الکترونیکی به هرگونه تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی آسیب‌دیده یا نابودشده‌ای اطلاق می‌شود که دیگر برای کاربر کاربردی ندارند [۳]. حجم تولید ضایعات الکترونیکی نسبت به سایر کالاها در مرحله پایان عمر، مانند خودروهای فرسوده که تولید سالانه آنها فقط ۸ تا ۹ میلیون تن است، بیشتر است [۱۷]. انتظار می‌رود تولید ضایعات الکترونیکی در چند سال آینده به‌طور چشمگیری افزایش یافته و از ۵۳۶ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ به ۷۴۰۷ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ برسد [۹]. این مسئله نیاز به تلاش بیشتر برای اجراء قوانین محکم و تشویق مصرف‌کنندگان به بازیافت و دفع صحیح ضایعات الکترونیکی را برجسته می‌کند [۳۹]. در صنعت بازیافت ضایعات تجهیزات الکترونیکی، حلقه‌های اصلی شامل شرکت‌های تولیدکننده، بازیافت‌کننده و پردازش‌کننده هستند. با توجه به آسیب‌هایی که ضایعات تجهیزات الکترونیکی به محیط زیست و سلامت انسان وارد می‌کنند، باید به درستی آن‌ها را پردازش کنیم [۲۷، ۳۴]. یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی که به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است، "مدیریت ضایعات الکترونیکی" است. مدیریت ضایعات الکترونیکی به فرآیند جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش، بازیافت و دفع صحیح تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی پس از پایان عمر مفید آن‌ها اطلاق می‌شود [۲]. هدف اصلی این فرآیند، کاهش اثرات منفی این ضایعات بر محیط زیست و حفظ منابع طبیعی است. این مقاله به بررسی عواملی که بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی در مرحله پایان عمر تأثیر می‌گذارد، می‌پردازد. در کنار مدیریت صحیح ضایعات، "مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی" به عنوان عاملی کلیدی در موفقیت این فرآیند شناخته می‌شود. مشارکت مصرف‌کنندگان شامل آگاهی، همکاری و رفتارهایی است که از سوی مصرف‌کنندگان برای جمع‌آوری، بازیافت و دفع صحیح ضایعات الکترونیکی صورت می‌گیرد [۸]. تجربه نشان داده است که موفقیت در مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی^۱ به همکاری همه ذینفعان مرتبط است، چرا که حتی با تخصص فنی بالا، بدون همکاری ذینفعان که نماینده یک مشکل اجتماعی، اخلاقی، سیاسی و فنی هستند، مدیریت ضایعات الکترونیکی با شکست مواجه خواهد شد [۱۲، ۱۶]. در نتیجه، مدیران باید عواملی را که از عملکرد مدیریت آن‌ها پشتیبانی می‌کند به طور واضح درک کنند [۲۸]. زنجیره تأمین به عنوان زنجیره‌ای ترکیبی از فرایندها با هدف پاسخگویی به درخواست‌های مشتری و شامل نهادهای مختلفی نظیر تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، حمل و نقل، انبارها، خرده‌فروشان و مشتریان تعریف می‌شود. هدف اصلی این زنجیره، رضایت مشتری با صرف حداقل هزینه است [۱]. در این میان، زنجیره تأمین معکوس به عنوان بخشی از مدیریت زنجیره تأمین^۲ که به بازیافت و بازگرداندن محصولات پایان عمر^۳ به چرخه تولید می‌پردازد، اهمیت ویژه‌ای دارد [۱۶]. طبق گفته شورای اجرایی لجستیک معکوس آمریکا^۴، لجستیک معکوس^۵ فرآیندی سیستماتیک است که شامل برنامه‌ریزی استراتژیک، اجرای کارآمد و کنترل هزینه‌های حرکت مواد، موجودی کالا و محصولات استفاده‌شده از نقطه مصرف به نقطه تولید می‌شود. هدف اصلی این فرآیند، استخراج ارزش از این مواد یا اطمینان از دفع صحیح آن‌ها است [۳۳]. لجستیک معکوس با وضع قوانین زیست‌محیطی، بازیابی منابع باارزش برای بازار ثانویه و اصول توسعه پایدار^۶، مورد پذیرش قرار گرفته و به‌طور گسترده در بخش تولید جهانی به کار گرفته می‌شود. افزایش آگاهی عمومی، تشدید نگرانی‌های زیست‌محیطی، تمایل روزافزون به شیوه‌های تجاری پایدار و اهمیت بازیابی مواد با ارزش و خطرناک، منجر به پذیرش روزافزون مفهوم زنجیره تأمین معکوس در صنعت و دانشگاه شده است. این امر، منجر به شکل‌گیری مفهوم "زنجیره تأمین حلقه بسته"^۷ شده است که نه تنها زنجیره تأمین پیشرو^۸ بلکه زنجیره تأمین معکوس را نیز دربرمی‌گیرد [۱۷]. با توجه به افزایش فشارهای قانونی و نگرانی‌های فزاینده زیست‌محیطی، اخیراً زنجیره تأمین حلقه بسته با توجه به اهمیت رو به رشد منافع اقتصادی و تأثیرات محیطی بازیافت محصولات مورد توجه بیشتر صنایع قرار گرفته است [۱۰]. زنجیره تأمین معکوس و زنجیره تأمین حلقه بسته اجزای اساسی یک استراتژی جامع مدیریت ضایعات هستند و

1. Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)
 2. Supply Chain Management
 3. End-of-Life (EOL)
 4. American Reverse Logistics Executive Council
 5. Reverse Logistics
 6. Sustainable Development Principles
 7. Closed-Loop Supply Chain (Clsc)
 8. Forward Supply Chain

همه این مفاهیم با اصل اساسی اقتصاد دایره‌ای^۱ مرتبط هستند [۵]. گرایش فزاینده به سوی اقتصاد دایره‌ای، فرصت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی بی‌نظیری را در حوزه تولید نمایان می‌سازد. تمرکز بر استراتژی‌های پایان عمر مانند استفاده مجدد^۲، بازسازی^۳ و بازیافت^۴ و دفع^۵ نقشی کلیدی در تحقق این رویکرد ایفا می‌کند. این امر به ویژه با توجه به خطرات زیست‌محیطی بالقوه‌ای که تجهیزات الکترونیکی در پایان عمر ایجاد می‌کنند، بسیار مهم است. شرکت‌های مدیریت ضایعات برای توانمندسازی تعاملات بین ذینفعان مختلف، سیاست‌های راهبردی را برای عملیات مدیریت ضایعات خود اتخاذ می‌کنند [۱۱].

اثر بخشی فرآیندهای لجستیک معکوس برای ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی به طور قابل توجهی به طراحی یک شبکه بهینه بستگی دارد [۱۳]. شبکه‌های اجتماعی^۶ نیز می‌توانند با ترغیب مردم به مشارکت در قوانین و تشویق به بازیافت زباله، مشارکت ذینفعان را افزایش دهند [۲۲]. با رشد اینترنت اشیا^۷، پلتفرم‌های شبکه‌های اجتماعی به شکلی خلاقانه برای مدیریت زباله‌های خانگی، مانند جمع‌آوری زباله‌های الکترونیکی در وی‌چت^۸ و ویبو^۹، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴۱]. با این حال، برای اندازه‌گیری تأثیر تبلیغات شبکه‌های اجتماعی در مدیریت زباله به تحقیقات بیشتری نیاز است [۲۱]. شبکه اجتماعی توییتر نیز به دلیل داشتن ۳۳۰ میلیون کاربر فعال و ۵۰۰ میلیون توییت روزانه در سه ماهه اول سال ۲۰۲۰ [۳۵]، به عنوان منبع اصلی داده در این پژوهش انتخاب شد. این پژوهش با هدف شناسایی عواملی که بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی تأثیر می‌گذارد، انجام شده است. با وجود مطالعات متعددی که در این زمینه انجام شده است، هنوز خلاءهای پژوهشی قابل توجهی در درک عمیق عوامل موثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت این ضایعات وجود دارد. این پژوهش به دنبال پر کردن این خلاء پژوهشی و ارائه درکی عمیق‌تر از عواملی است که بر رفتار مصرف‌کنندگان در قبال ضایعات الکترونیکی تأثیر می‌گذارد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به نهادهای متولی در صنعت و محیط زیست کمک کند تا سیاست‌های کارآمدتر و موثرتری برای مدیریت این ضایعات و کاهش اثرات مخرب آن بر محیط زیست تدوین کنند.

در بخش اول این پژوهش، با انجام یک بررسی دقیق، فهرستی از عوامل تأثیرگذار بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی با بررسی ادبیات تحقیق و تحلیل داده‌های توییتر تهیه شد. سپس ارتباط بین نتایج بدست آمده با گزینه‌های پایان عمر مناسب، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هدف نهایی این پژوهش ارائه راه‌حلی جامع برای این موضوع با پاسخ به سوالات زیر است:

- سوال ۱: با تحلیل داده‌های توییتر، چه عواملی بیشترین تأثیر را بر مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی دارند؟
- سوال ۲: کدام گزینه‌های پایان عمر برای ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی بیشتر مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد؟
- سوال ۳: براساس نظر کارشناسان و خبرگان، چه گزینه‌های پایان عمری برای تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی بهترین گزینه‌ها هستند؟

با پاسخ به این سوالات، این پژوهش به درک عمیق‌تری از عواملی که بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی تأثیر می‌گذارد، دست پیدا کرد. در ادامه مقاله در بخش ۲ به مرور ادبیات مربوطه در این زمینه پرداخته شده است. در بخش ۳ و ۴ توضیح روش تحقیق و یافته‌های تحقیق بیان شده و در بخش ۵ نتایج، محدودیت‌های تحقیق و پیشنهادهای برای پژوهش‌های آتی ارائه شده است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در فناوری‌های مدیریت ضایعات، مدیریت ضایعات الکترونیکی همچنان یک چالش عمده باقی مانده است. تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی به تجهیزاتی گفته می‌شود که برای عملکرد صحیح به جریان‌های الکترونیکی یا الکترومغناطیسی نیاز دارند

1. circular economy
 2. reuse
 3. remanufacturing
 4. recycling
 5. Disposal
 6. Social media
 7. Internet of Things (IoT)
 8. WeChat
 9. Weibo

و شامل تمامی وسایل، قطعات و تجهیزاتی است که حاوی اجزای الکترونیکی نظیر کابل‌ها، سیم‌پیچ‌ها، تخته‌های مدار و نمایشگرها هستند و برای استفاده از برق بکار می‌روند. بیش از ۹۰۰ نوع تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی در جهان توسعه یافته وجود دارد. ضایعات الکترونیکی به ابزارها و لوازم الکترونیکی اطلاق می‌شود که عمر مفیدشان به پایان رسیده و هزینه نگهداری و تعمیرات آنها بیش از ارزش فعلی‌شان است. بازیافت این ضایعات به حفظ محیط زیست، کاهش مواد خطرناک موجود در آنها و بهره‌مندی از مزایای اقتصادی کمک می‌کند. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۲ تقسیم‌بندی جدیدی از ضایعات و وسایل الکترونیکی انجام داد که در جدول ۱ این تقسیم‌بندی ۱۰ گانه بیان می‌شود:

جدول ۱. تقسیم‌بندی ده گانه اتحادیه اروپا در مورد ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی [۴۵]

ردیف	نوع کاربرد	نوع وسایل
۱	وسایل خانگی بزرگ	یخچال، فریزر، ماشین لباسشویی، وسایل پخت و پز
۲	وسایل خانگی کوچک	جاروبرقی، آسیاب برقی
۳	تجهیزات فناوری ارتباطات و اطلاعات	کامپیوترهای شخصی، پرینترها، تلفن‌ها
۴	تجهیزات مصرف کننده	تلویزیون، رادیو، دوربین فیلمبرداری، باند و بلندگو
۵	تجهیزات روشنایی	لامپ‌های سدیمی
۶	ابزار الکترونیکی و الکتریکی	مته، اره برقی، چرخ خیاطی
۷	تجهیزات ورزشی و تفریحی	بازی‌های کامپیوتری، قطار برقی
۸	وسایل پزشکی	همه ابزارهای پزشکی بجز وسایل و تجهیزات عفونی، تجهیزات پرتو درمانی، دیالیز، کاردیولوژی، ابزار پزشکی هسته‌ای
۹	ابزار کنترل و دیده‌بانی	شناساگر دود، تنظیم کننده‌های گرما، ترموستات‌ها
۱۰	توزیع کننده‌های خودکار	عابر بانک‌ها، دستگاه‌های تولید نوشیدنی گرم و بطری‌های سرد و گرم

بازیافت و استفاده مجدد برای حفظ محیط زیست و سلامت عمومی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا بخش قابل توجهی از جریان رو به رشد ضایعات را تشکیل می‌دهند [۱۴]. مرور ادبیات نشان می‌دهد که عوامل مختلف و مرتبط بر سیستم‌های مدیریت ضایعات و عادات بازیافت مردم تأثیر می‌گذارد [۹]. مصرف کنندگان هنگام تصمیم‌گیری درباره پایان عمر تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی گزینه‌های مختلفی دارند، از جمله: خرید تجهیزات جدید یا دست‌دوم، تعمیر یا تعویض تجهیزات خراب، یا جایگزینی زود هنگام آن‌ها و دور انداختن دستگاه‌های قدیمی [۱۷]. پایان عمر محصول به دوره‌ای اطلاق می‌شود که در آن یک محصول یا تجهیزات دیگر به‌طور عمدی یا از نظر تجاری غیرقابل استفاده می‌شود و برای کنار گذاشتن یا دور انداختن آن تصمیم‌گیری می‌شود. در این مرحله، محصول معمولاً عملکرد مطلوب خود را از دست داده است یا به دلایلی همچون پیشرفت فناوری، تغییر نیازهای بازار، یا عوامل مشابه، با گزینه‌های جدیدتر جایگزین شده است. در این مرحله، سازمان‌ها و تولیدکنندگان باید تصمیماتی در مورد چگونگی مدیریت پایان عمر محصول خود بگیرند. این تصمیمات می‌توانند شامل انتخاب گزینه‌هایی نظیر تخریب، بازیافت، بازار ثانویه، یا ترکیبی از این گزینه‌ها باشد. مدیریت پایان عمر محصولات اهمیت زیادی از دیدگاه محیط زیست، اقتصاد و اجتماع دارد. استفاده بهینه از منابع، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی، ایجاد فرصت‌های اقتصادی از طریق بازیافت مواد و ایجاد مسئولیت اجتماعی^۱ به عنوان بخشی از استراتژی کسب و کار^۲ از جمله مزایای مدیریت پایان عمر محصولات است. با وابستگی بیشتر جهان به محصولات الکترونیکی و الکتریکی، تصمیمات پایان عمر برای این تجهیزات اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند. برای محافظت از محیط زیست و حفظ منابع، مهم است که مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان در مورد نحوه دفع محصولات الکتریکی در پایان عمر تصمیمات آگاهانه بگیرند [۲۴]. بنابراین، تحلیل رفتار مصرف‌کننده در قبال کنترل ضایعات الکترونیکی بسیار مهم است. در این راستا، عناصر کلیدی که مصرف‌کنندگان را به مشارکت در برنامه‌های مناسب مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ترغیب می‌کنند، برای تعیین بهترین استراتژی پایان عمر ضروری هستند. با بررسی ادبیات مرتبط با مدیریت صحیح ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، چهار گزینه ایده‌آل برای پایان عمر این نوع ضایعات بدست آمد، انتخاب هر یک از این گزینه‌ها به عوامل مختلفی مانند وضعیت محصول، هزینه‌های مرتبط و در دسترس بودن امکانات بستگی دارد:

- بازسازی: این فرآیند شامل جداسازی قطعات، تمیز کردن، بازرسی، تعمیر و مونتاژ مجدد یک محصول برای بازگرداندن آن به وضعیت اولیه می‌شود. محصولات بازسازی شده از نظر کیفیت اغلب با محصولات نو قابل قیاس هستند، اما با قیمت پایین‌تری به فروش می‌رسند [۱۷].

- استفاده مجدد: به معنای استفاده دوباره از یک محصول برای همان کاری است که در ابتدا برای آن طراحی یا تولید شده است. تجهیزات الکترونیکی قابل استفاده مجدد را می‌توان به خیریه‌ها، مدارس یا سازمان‌های دیگر اهدا کرد یا به افراد دیگر فروخت [۲۵].

- بازیافت: فرآیندی است که مواد زائد را به مواد و اشیاء جدید تبدیل می‌کند. تجهیزات الکترونیکی را می‌توان برای بازیابی مواد با ارزش مانند فلزات، پلاستیک و شیشه بازیافت کرد [۱۲].

- دفع: فرآیندی است که به موجب آن، مواد زائد به شیوه‌ای ایمن و سازگار با محیط زیست دفع می‌گردد. تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی نباید در محل‌های دفن زباله دفع شوند، زیرا ممکن است حاوی مواد خطرناک باشند [۱۷].

مدیریت ضایعات الکترونیکی به یکی از دغدغه‌های اصلی در حوزه محیط زیست و سلامت عمومی تبدیل شده است. با رشد سریع تولید این ضایعات، چالش‌های متعددی در این زمینه ظهور کرده که نیاز به راهکارهای مدیریتی مؤثر را برجسته می‌کند. این چالش‌ها شامل فقدان تعریف واحد و دقیقی از ضایعات الکترونیکی، باقی ماندن مواد خطرناک مانند فلزات سنگین و مواد شیمیایی، افزایش مستمر حجم ضایعات، روش‌های ناکارآمد بازیافت و تجارت غیرقانونی این ضایعات است. به علاوه، بخش رسمی بازیافت الکترونیکی با مشکلات زیرساختی مواجه است که نیاز به توجه بیشتری دارد [۳، ۵، ۳۹]. تنسل^۱ (۲۰۱۷) به درستی اشاره کرده است که بازارهای مواد بازیافتی با وجود رشد تدریجی، همچنان با مشکلاتی چون فقدان زیرساخت‌های مناسب برای جمع‌آوری و جداسازی، عدم مکانیسم‌های حسابداری برای حمل و نقل مرزی و کمبود آگاهی و آموزش در زمینه بازیافت مواجه هستند [۳۶]. مطالعات نشان می‌دهند که در برنامه‌های بازیافت، توجه کافی به «جنبه انسانی» و رفتار مصرف‌کنندگان نشده است. تمرکز بیشتر تحقیقات پیشین بر درک نیازها و منافع طراحان خدمات و ارائه‌دهندگان خدمات بازیافت بوده است، در حالی که در سال‌های اخیر، توجه بیشتری به مصرف‌کنندگان و رفتار آنها معطوف شده است [۷، ۴۱]. برای دستیابی به نرخ‌های بالای بازیافت، لازم است تا به مشارکت فعال مصرف‌کنندگان توجه ویژه‌ای شود. در این راستا، یلاملا^۲ و همکاران (۲۰۱۵) به این نتیجه رسیدند که مصرف‌کنندگان در کشورهای توسعه‌یافته معمولاً تجهیزات الکترونیکی پایان عمر را در خانه نگهداری می‌کنند و افزایش آگاهی به‌تنهایی برای تغییر رفتار آن‌ها در بازیافت کافی نیست [۴۰]. کومار^۳ (۲۰۲۳) نیز بر اهمیت درک بهتر رفتار نسل جوان در مصرف تجهیزات الکترونیکی تأکید کرده و نشان داده است که آگاهی از پیامدهای بازیافت و راحتی دسترسی به مراکز بازیافت بر رفتارهای بازیافت تأثیرگذار است [۲۱]. سلیمانی و همکاران (۲۰۱۷) با انجام نظرسنجی، مشخص کردند که حتی در غیاب مشوق‌های کافی، حدود ۵۸.۷ درصد از شرکت‌کنندگان در برنامه‌های بازیافت مشارکت خواهند کرد و عواملی مانند درآمد خانوار، اندازه خانوار و سطح تحصیلات تأثیرگذارند [۳۱]. وانگ^۴ و همکاران (۲۰۲۲) استراتژی‌های تخصیص یارانه‌های دولتی را بررسی کرده و آگاهی زیست‌محیطی، نگرش به بازیافت و سطح درآمد را به‌عنوان عوامل مؤثر بر بازیافت معرفی کردند [۳۸]. وارتو و اسپانگولی^۵ (۲۰۱۷) با متاآنالیز ۳۶ مطالعه به این نتیجه رسیدند که مدل‌سازی اجتماعی و تغییرات محیطی از عوامل کلیدی برای ترویج بازیافت خانگی و جداسازی زباله هستند [۳۷]. مطالعه‌ای که توسط برنستد^۶ و همکاران (۲۰۱۱) در سوئد انجام شده است، نشان داد که بهبود دسترسی به مراکز جمع‌آوری، تأثیر مثبتی بر تمایل خانوارها به جداسازی زباله‌های خطرناک دارد [۴]. نیکمیر^۷ (۲۰۲۰) نیز به بررسی عوامل مؤثر بر رفتار بازیافت خانوارها پرداخته و تأکید کرده است که اطلاعات، آموزش، مشوق‌های اقتصادی و مقررات سختگیرانه می‌تواند نرخ بازیافت را افزایش دهد [۲۰]. در مطالعه اخیر شوچنکو^۸ و همکاران (۲۰۱۹)، انگیزه‌های اقتصادی به‌ویژه برای ضایعات کوچک در کشورهای توسعه‌یافته مورد بررسی قرار گرفت و به نقش اساسی این انگیزه‌ها در افزایش مشارکت مصرف‌کنندگان اشاره شد [۲۹].

1. Tansl
2. Ylä-Mella
3. Kumar
4. Wang
5. Varotto & Spagnolli
6. Bernstad
7. Knickmeyer
8. Shevchenko

در سطح جهانی، مطالعات متعددی به مشکلات مدیریت ضایعات الکترونیکی و راهکارهای پیشنهادی پرداخته‌اند. به عنوان مثال، جایاسیری^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به تحلیل وضعیت و چالش‌های مدیریت ضایعات کوچک الکترونیکی و الکترونیکی در استرالیا پرداختند و مشکلاتی نظیر اختلاط ضایعات با زباله‌های شهری و کمبود مشارکت دولت‌های محلی را شناسایی کردند [۱۸]. در تحقیق دیگری که توسط جایاسیری و همکارانش (۲۰۲۴) انجام شده است به بررسی روند جهانی و استرالیایی در تولید ضایعات کوچک الکترونیکی و الکترونیکی پرداخته و پیش‌بینی کرده‌اند که این ضایعات تا ۹۰ درصد در استرالیا در ۲۵ سال آینده افزایش خواهند یافت. این مطالعه مدل‌هایی را برای ارزیابی مناسب‌ترین استراتژی‌های اقتصاد مدور در مدیریت این زباله‌ها توسعه داده و نشان داده است که تنها تعمیر و استفاده مجدد از محصولات، بدون کاهش محصولات وارداتی، تاثیر اندکی بر کاهش ضایعات کوتاه‌مدت دارد. نتیجه‌گیری‌ها بر لزوم رویکردی هم‌افزا تأکید دارد که ترکیبی از افزایش استفاده مجدد و کاهش محصولات وارداتی تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی کوچک باشد [۱۹]. تحقیقی توسط لی^۲ و همکارانش (۲۰۲۳) انجام شده است که به بررسی سیستم مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی در چین پرداخته است. این مطالعه نشان می‌دهد که در چین، واردکنندگان و تولیدکنندگان تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی مسئول پرداخت هزینه‌های درمان برای تسهیل بازیافت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی هستند، اما هزینه‌های درمان بر اساس تعداد مجموعه‌ها و نه وزن ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی تعیین می‌شود. همچنین، بازیافت مواد خنک‌کننده از یخچال‌ها الزامی نیست و فعالیت‌های بازیافت عمدتاً در نواحی میانه و شرقی چین متمرکز است. یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان بازیافت هر استان با جمعیت استان نسبت به محصول ناخالص داخلی^۳ سرانه و نرخ بازیافت سبز ارتباط مثبت بیشتری دارد و بازیافت کولرهای گازی در همه استان‌ها در پایین‌ترین سطح است، که نیاز به تلاش بیشتر برای افزایش بازیافت این تجهیزات را نشان می‌دهد [۲۲]. تحقیقی توسط لاما^۴ و همکاران (۲۰۲۴) انجام شده است که به ارزیابی مدیریت کنونی ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی در جمهوری ساحل عاج پرداخته است. این مطالعه بر اساس نظرسنجی میدانی از ذینفعان مختلف، شامل واردکنندگان، توزیع‌کنندگان، مصرف‌کنندگان، تعمیرکاران، جمع‌آوردگان و بازیافت‌کنندگان ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و همچنین وزارتخانه‌ها و سازمان‌های دولتی انجام شده است. نتایج مطالعه به چالش‌های متعددی در این بخش اشاره دارد، از جمله کمبود فناوری‌های مناسب برای درمان ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و مشکلات ردیابی تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی مرتبط با واردات. این تحقیق همچنین بر اهمیت اجرای یک برنامه ملی برای مدیریت پایدار ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و توسعه فناوری‌های دوستدار محیط زیست و اقتصادی تأکید می‌کند [۲۳]. این نتایج بیانگر آن است که انگیزه‌های اقتصادی مانند سیستم بازپرداخت سپرده می‌تواند به‌ویژه در زمینه ضایعات کوچک مؤثر باشد. این مرور نشان می‌دهد که عوامل مختلف به‌طور هم‌زمان بر سیستم‌های مدیریت ضایعات و رفتارهای بازیافت تأثیر می‌گذارند [۶].

جدول ۲. خلاصه پژوهش‌های انجام شده مرتبط با موضوع پژوهش حاضر

منبع اطلاعاتی	حل مساله	محورهای پژوهش				نویسندگان و هدف پژوهش سال
		C_1	C_2	C_3	C_4	
روش وبسایت‌های تجاری و شبکه‌های اجتماعی	متن کاوی با تحلیل احساسات	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	توسعه روشی برای تجزیه و تحلیل کلان داده‌های زنجیره تامین و به‌منظور اطلاع‌رسانی به تصمیم‌گیرندگان و تحلیل بازخورد مشتریان همکاران (۲۰۱۸) و مسائل احتمالی آنها در جریان محصولات غذایی در شبکه‌های اجتماعی
داده‌های مربوط به نظرات مشتریان در رسانه‌های اجتماعی	متن کاوی در تحلیل نظرات	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	فرناندز ویلیاس ^۵ استفاده از روش‌های متن‌کاوی برای تحلیل نظرات و مطلوبیت‌های مشتریان در شبکه‌های اجتماعی به منظور بهبود مدیریت چرخه عمر محصول تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی

1. Jayasiri
 2. Lee
 3. Gross Domestic Product
 4. Lamah
 5. Fernández Vilas

متن کاوی شبکه‌های اجتماعی، روش‌شناسی نمونه تصادفی و کمی برای تجزیه و تحلیل توئیت‌ها	مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	میشرا و سینگ ^۱ بررسی احساسات، افکار و نظرات مشتریان در رسانه‌های اجتماعی با استفاده از روش‌های متن‌کاوی و ارزیابی احساس و شکایت‌های مشتریان نسبت به فروشگاه‌ها (۲۰۱۸)
متن کاوی و تحلیل مقالات دانشگاهی	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	تنسل و همکاران ^۲ بررسی فقدان زیرساخت برای جمع‌آوری و جداسازی زباله‌های الکترونیکی با استفاده از روش‌های متن‌کاوی و تحلیل داده‌های بزرگ (۲۰۱۷)
متن کاوی در رسانه‌های نمونه تصادفی و مشکل از توئیت	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	بهاتاچارجیا ^۳ و همکاران بررسی اثربخشی تعاملات خدمات مشتری از طریق توئیتر در مورد خدمات لجستیکی خرده‌فروشان الکترونیکی با استفاده از روش‌های متن‌کاوی در رسانه‌های اجتماعی (۲۰۱۶)
متن کاوی در رسانه‌های فیس بوک و توئیتر	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	هی ^۳ و همکاران جستجوی روش‌های مختلف متن‌کاوی برای تحلیل محتوای تولید شده توسط کاربران در شبکه‌های اجتماعی به منظور دسترسی به برداده‌های مربوط به کاربران، مانند موقعیت مکانی، علایق و زمان (۲۰۱۵)
تکنیک‌های مختلف متن کاوی برای مجموعه شبکه‌های اجتماعی داده‌های غیر ساختاری در توئیتر و فیسبوک شبکه‌های اجتماعی	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	چنگ ^۴ و همکاران درک کاملی از تکنیک‌های مختلف متن‌کاوی و کاربرد آنها در وبسایت‌های شبکه‌های اجتماعی برای تحلیل داده‌های رسانه‌های اجتماعی شرکت‌ها به منظور جمع‌آوری نظرات مشتریان در مورد محصولات خود (۲۰۱۹)
خزیدن توئیتر و طبقه‌بندی توئیت‌ها	غیر مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	پورعباسی و شکوهیار ^۵ استفاده از داده‌های رسانه‌های اجتماعی، به عنوان منبعی برای حل مشکلات مدیریت ضایعات، به ویژه با استفاده از داده‌های توئیتر برای ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت ضایعات تلفن همراه در مرحله پایان عمر (۲۰۲۲)
متن کاوی در شبکه‌های اجتماعی با روش معادلات داده‌های موجود در ساختاری تفسیری و شبکه اجتماعی توئیتر فراترکیب	مقطعی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	پژوهش حاضر ارائه الگوی تحلیل مشارکت مصرف‌کننده در طرح‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی در مرحله پایان عمر با محوریت شبکه‌های اجتماعی، با تمرکز بر یافتن ابعاد اساسی مدیریت این ضایعات از نظر مصرف‌کنندگان و استخراج مضامین مورد بحث در هشگ‌های مرتبط با ضایعات الکترونیکی در توئیتر به منظور کمک به بهینه‌سازی اتلاف‌ها

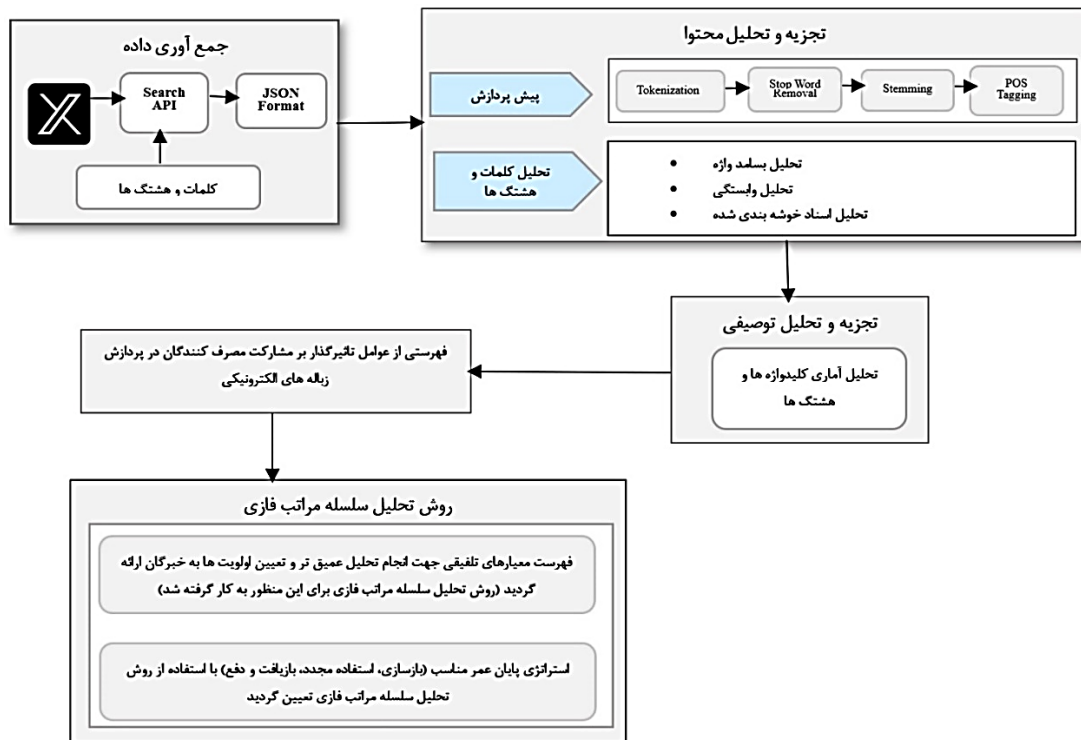
در جدول ۲، خلاصه‌ای از پژوهش‌های پیشین مرتبط با مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی به تصویر کشیده شده است. این جدول به وضوح نشان می‌دهد که اکثر تحقیقات پیشین در این حوزه عمدتاً بر استفاده از یک روش تحلیلی خاص مانند متن‌کاوی یا تحلیل کلان‌داده‌ها تمرکز کرده‌اند و کمتر به بررسی ترکیبی و چندبعدی داده‌ها پرداخته‌اند. به‌ویژه، بیشتر این پژوهش‌ها به تحلیل داده‌ها در سطح کلان و با استفاده از روش‌های تحلیل احساسات و بررسی توئیت‌ها محدود بوده‌اند. مطالعات پیشین، مانند سینگ^۶ و همکاران (۲۰۱۸) با تمرکز بر متن‌کاوی و تحلیل نظرات مشتریان در شبکه‌های اجتماعی، به تحلیل بازخوردها و مسائل مرتبط با محصولات و خدمات پرداخته‌اند، اما تمرکز اصلی آن‌ها بر روی تحلیل احساسات و نظرات مشتریان بوده است [۳۰]. سایر مطالعات مانند تنسل و همکاران (۲۰۱۷) و شکوهیار و همکاران (۲۰۲۲) نیز به بررسی زیرساخت‌ها و تحلیل کلان‌داده‌ها پرداخته‌اند [۱۴، ۳۶]. اما کمتر به بررسی عمیق محتوای هشگ‌های مرتبط و تحلیل دقیق‌تری از ابعاد مختلف مشارکت مصرف‌کننده پرداخته‌اند. پژوهش حاضر به‌طور خاص به بررسی ارتباط عوامل موثر بر مشارکت مصرف‌کننده در مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی با گزینه‌های پایان عمر مناسب پرداخته است. این تحقیق با استفاده از روش‌های ترکیبی متن‌کاوی و تحلیل سلسله مراتب فازی، به تحلیل عمیق محتوای هشگ‌ها در شبکه اجتماعی توئیتر پرداخته است تا ابعاد مختلف رفتار مصرف‌کنندگان و ارتباط آن‌ها با گزینه‌های مدیریت پایان عمر را مورد بررسی قرار دهد. این رویکرد به شناسایی و تحلیل دقیق‌تری از مضامین و نگرش‌های مصرف‌کنندگان کمک می‌کند و دیدگاه جامع‌تری از چالش‌ها و فرصت‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی ارائه می‌دهد، با تمرکز بر تحلیل عمیق و ترکیبی به شناسایی نقاط قوت و ضعف روش‌های موجود و ارائه راهکارهای بهینه برای افزایش مشارکت مصرف‌کننده در مدیریت ضایعات و بهبود گزینه‌های پایان عمر لوازم الکترونیکی پرداخته است. این تحقیق می‌تواند به توسعه استراتژی‌های مدیریتی کارآمدتر و بهبود سیاست‌های بازیافت در مرحله پایان عمر لوازم الکترونیکی کمک کند و به رفع نقصان‌های موجود در پژوهش‌های قبلی بپردازد.

1. Mishra & Singh
2. Bhattacharjya
3. He
4. Chang
5. Pourabbasi & Shokouhyar
6. Singh

۳. روش‌شناسی پژوهش

هدف این تحقیق شناسایی عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و پیشنهاد بهترین گزینه‌های پایان عمر برای این ضایعات با تحلیل داده‌های توییت‌ها است. در این پژوهش، از یک روش ترکیبی شامل تکنیک‌های کمی و کیفی استفاده شده است [۳۷]. بخش اول شامل بررسی جامع برای گردآوری فهرستی از عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی است. سپس داده‌های توییت‌ها با استفاده از تکنیک‌های تحلیل توصیفی و تحلیل محتوا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی، تجزیه و تحلیل شد. از آنجایی که این چارچوب پیشنهادی توسط کسب‌وکارهایی با هدف اصلی مدیریت ضایعات به کار گرفته می‌شود، تکنیک‌های زیر برای دفع نهایی در نظر گرفته خواهند شد: بازسازی، استفاده مجدد، بازیافت و دفع نهایی که همگی می‌توانند به پیشبرد شیوه‌های مدیریت ضایعات کمک کنند. با توجه به اینکه ساختار داده‌های شبکه‌های اجتماعی با داده‌های سنتی متفاوت است، به کارگیری رویکردهای مختلف تحقیق و روش‌های استخراج اطلاعات از داده‌های توییت‌ها امری ضروری است [۳۸]. استفاده از داده‌های شبکه‌های اجتماعی برای دریافت بازخورد مشتری می‌تواند اطلاعات مفیدی برای وظایف تجاری و تصمیم‌گیری‌های سازمانی به همراه داشته باشد [۱۵]. با توجه به اهمیت تحلیل داده‌های شبکه‌های اجتماعی در کسب‌وکارها و تصمیم‌گیری‌های سازمانی، روش‌های کارآمدی برای استخراج اطلاعات ارزشمند از توییت‌ها مورد نیاز است. در این پژوهش، رویکردی ترکیبی مبتنی بر تکنیک‌های داده‌کاوی برای بررسی عمیق داده‌های توییت‌ها استفاده شده است. در این بخش، ضمن تشریح فرآیند پژوهش، به جمع‌آوری و به کارگیری داده‌ها پرداخته می‌شود. مراحل این رویکرد پژوهشی در شکل ۱ خلاصه شده است:

۱. جمع‌آوری توییت‌های مرتبط
۲. بررسی محتوای توییت‌ها برای تعیین عواملی که بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی تأثیر می‌گذارد.
۳. روش تحلیل سلسله مراتب فازی برای تعیین گزینه‌های پایان عمر به منظور مدیریت بهتر ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی.



شکل ۱. فرآیند روش تحقیق

۱.۳. جمع‌آوری داده‌ها

توییت‌ها به دلیل دسترسی جهانی قابل توجه و نفوذ چشمگیرش در فضای رسانه‌های اجتماعی، به عنوان منبع اصلی داده برای این پژوهش انتخاب شد. توییت‌ها با ۳۳۰ میلیون کاربر فعال در سراسر جهان، گنجینه‌ای از داده‌ها را برای رصد افکار عمومی، تجزیه و تحلیل روندهای

اجتماعی و شناسایی موضوعات داغ تحقیقاتی ارائه می‌کند. محبوبیت و وسعت این پلتفرم، آن را به منبعی ایده‌آل برای جمع‌آوری داده‌ها تبدیل کرده است. روزانه حدود ۵۰۰ میلیون توییت در توییت ارسال می‌شود، که معادل ۶۰۰۰ توییت در هر ثانیه است (منبع InternetLiveStats). این حجم عظیم از محتوای تولید شده توسط کاربر^۱، فرصتی بی‌نظیر برای سنجش علایق مصرف‌کننده و شناسایی موضوعات مورد توجه مردم در سراسر جهان فراهم می‌کند. علاوه بر وسعت، تنوع مخاطبان توییت نیز از مزایای این پلتفرم به شمار می‌رود. توییت میزبان میلیون‌ها کاربر از سراسر دنیا با زبان‌ها و فرهنگ‌های مختلف است. این تنوع، امکان مطالعه علایق و رفتار افراد در جوامع گوناگون را فراهم می‌کند. بنابراین توزیع جمعیت‌شناسی و زبان کاربران توییت ممکن است به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد، اما این مطالعه برای حفظ انسجام و امکان انجام تجزیه و تحلیل عمیق، بر بخش‌های انگلیسی زبان تمرکز می‌کند. با استفاده از داده‌های توییت، می‌توان به درک عمیق‌تری از افکار عمومی، روندهای اجتماعی و موضوعات مورد توجه مردم دست یافت. این داده‌ها می‌توانند برای اهداف مختلفی از جمله تحقیقات علمی، بازاریابی، سیاست‌گذاری و مدیریت بحران مورد استفاده قرار گیرند. در این پژوهش، با هدف شناسایی و تمرکز بر موضوع عوامل موثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی، از طریق هشتگ‌ها و کلمات کلیدی، داده‌ها از توییت جمع‌آوری شده است. دسترسی به توییت‌های عمومی از طریق رابط برنامه‌نویسی کاربردی^۲ و با استفاده از کتابخانه‌های پایتون^۳ انجام می‌شود. برای بازیابی توییت‌های قدیمی‌تر که با معیارهای از پیش تعیین‌شده مانند کلمات کلیدی، هشتگ‌ها، کاربران و مکان مطابقت دارند، از رابط برنامه‌نویسی کاربردی جستجو استفاده می‌شود [۳۵]. درنهایت، داده‌های استخراج‌شده از توییت به فرمت JSON^۴ دانلود می‌شوند تا سازگاری و سهولت ادغام در فرآیند تجزیه و تحلیل را تضمین کنند. انتخاب توییت به عنوان منبع اصلی داده برای این مطالعه بر دو پایه استوار بود:

- پایگاه جهانی کاربران: توییت دارای تعداد قابل توجهی از کاربران فعال در سراسر جهان است که آن را به منبعی غنی از داده‌های مرتبط با موضوعات مختلف تبدیل می‌کند. این تنوع کاربران به ما امکان می‌دهد تا دیدگاه‌ها و نظرات مختلفی را در مورد موضوع مورد مطالعه خود جمع‌آوری کنیم.
- دسترسی به رابط کاربری: توییت از طریق API قدرتمند خود، به محققان امکان می‌دهد به‌طور جامع به انبوهی از اطلاعات شامل توییت‌ها، هشتگ‌ها و مشخصات کاربران دسترسی یابند. این امر، جمع‌آوری مجموعه داده‌های حجیم را تسهیل می‌کند. برای اطمینان از کیفیت و انسجام داده‌ها، معیارهای انتخابی خاصی برای حساب‌های توییت اعمال شد. این معیارها بر روی حساب‌هایی متمرکز بودند که در بازه زمانی یک ساله حداقل ۱۰۰ توییت، ریتوییت یا پاسخ ارسال کرده بودند. این آستانه تضمین می‌کند که مجموعه داده‌ها شامل کاربران فعال باشد که به‌طور مداوم در پلتفرم مشارکت می‌کنند. هدف از این معیارها ایجاد مجموعه داده‌ای بود که نشان‌دهنده سطح پایه‌ای از مشارکت کاربر باشد. با تعیین این آستانه، هدف فیلتر کردن حساب‌های غیرفعال یا کم‌فعال و تمرکز بر روی حساب‌هایی بود که به‌طور فعال در بحث‌ها و تعاملات توییت شرکت می‌کنند. این رویکرد با اهداف مطالعه همسو بود، زیرا به محققان امکان داد تا روندها، علایق مصرف‌کنندگان و موضوعات نوظهور را در میان کاربران فعال توییت در حوزه مرتبط با ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی بررسی کنند. همچنین به حفظ کیفیت و قابلیت اطمینان داده‌ها در طول تجزیه و تحلیل کمک کرد.

۲.۳. پیش‌پردازش و آماده‌سازی داده‌ها

با استفاده از API جستجو، مجموعه قابل توجهی از ۲,۹۰۵,۵۷۹ توییت را که از ماه می ۲۰۱۹ تا آوریل ۲۰۲۲ در بر می‌گرفت، به صورت سیستماتیک جمع‌آوری شد. روش‌های به دست آوردن توییت‌ها، از جمله لیست جامع کلیدواژه‌ها و هشتگ‌های مورد استفاده، با جزئیات دقیق در جدول ۳ آمده است که شفافیت و تکرارپذیری را در فرآیند جمع‌آوری داده‌ها تضمین می‌کند. تحلیل محتوا، که سنگ بنای رویکرد روش‌شناختی در این پژوهش است، تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی^۵ را با روش‌های کاوش متن ادغام می‌کند. این رویکرد چندوجهی برای استخراج بینش‌های معنادار از ماهیت اساساً بدون ساختار داده‌های رسانه‌های اجتماعی ضروری است. تکنیک‌های NLP، مانند تحلیل احساسات و مدل‌سازی موضوعی، به ما امکان می‌دهند تا احساسات ظریف، نظرات و ساختارهای موضوعی تعبیه شده در تک‌تک توییت‌ها را تشخیص دهیم. پیش‌پردازش دقیق داده‌ها با توجه به اختصار و ماهیت غیررسمی محتوای توییت که اغلب شامل URL ها، هشتگ‌ها و سایر عناصر زمینه‌ای است، اهمیت اساسی دارد [۷]. رویه‌های پیش‌پردازش متن، از جمله عادی‌سازی^۶، حذف کاراکترهای اضافی و حذف

1. User Generated Content
 2. Application programming interface (API)
 3. Python libraries
 4. JavaScript Object Notation
 5. Natural Language Processing (Nlp)
 6. Normalization

کلمات توقف، برای اطمینان از صحت و اعتبار تحلیل‌های بعدی ضروری هستند. یک گام اساسی در چارچوب تحلیلی این پژوهش، تقسیم‌بندی و کدگذاری داده‌های متنی به واحدهای منسجم موضوعی است. این فرآیند، که به عنوان کدگذاری موضوعی شناخته می‌شود، شناسایی سیستماتیک الگوها و موضوعات مکرر را در کل مجموعه تسهیل می‌کند. با سازماندهی توییت‌ها در این کدهای موضوعی، زمینه‌ای را برای کاوش و تفسیر عمیق چشم‌انداز رسانه‌های اجتماعی ایجاد می‌کنیم. این رویکرد به ما امکان می‌دهد تا فراتر از شمارش‌های اولیه کلمات حرکت کنیم و عمیق‌تر به ابعاد اجتماعی، فرهنگی و احساسی منعکس شده در داده‌های توییت‌ها بپردازیم. داده‌های توییت‌ها به دلیل ماهیت پیچیده و غیرساختارمندشان، چالش‌هایی را برای تحلیلگران و پژوهشگران ایجاد می‌کنند. برای استخراج اطلاعات مرتبط و انجام تحلیل‌های عمیق، مرحله پیش‌پردازش ضروری است. این مرحله بر پاکسازی، آماده‌سازی و ساختاردهی داده‌ها تمرکز دارد تا برای تحلیل‌های بعدی مناسب شوند [۲۸]. در این پژوهش، مراحل پیش‌پردازش زیر برای تحلیل عمیق داده‌های توییت‌ها انجام شد:

۱. پاکسازی داده‌ها:

- شناسایی زبان: توییت‌های انگلیسی با استفاده از تکنیک‌های تشخیص زبان انتخاب شدند.
- حذف نویز: علائم نگارشی، ارقام، URLها و سایر عناصر غیرضروری از متن توییت‌ها حذف شدند.
- تبدیل به حروف کوچک: برای رفع حساسیت به حروف بزرگ و کوچک در زبان انگلیسی، تمام متن توییت‌ها به حروف کوچک تبدیل شد.

۲. آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل:

- توکنایز کردن^۱: جریان پیوسته متن هر توییت به کلمات و اصطلاحات مجزا تفکیک شد.
- حذف کلمات توقف: کلمات کم‌محتوا و پرتکرار مانند "a", "the" و غیره از مجموعه داده‌ها حذف شدند.
- تبدیل کلمات به ریشه آنها^۲: ریشه کلمات به فرم پایه آنها تبدیل شد (مثلاً "running" به "run" تبدیل شد).

۳. استخراج و نمایش ویژگی:

- تگ‌گذاری اجزای گفتار^۳: نوع دستوری هر کلمه (اسم، فعل، صفت و غیره) با استفاده از تگ‌گذاری POS مشخص شد.
- استخراج ویژگی: تکنیک‌های مختلف استخراج ویژگی برای شناسایی و رمزگذاری^۴ ویژگی‌های اطلاعاتی اضافی از محتوای توییت‌ها به کار گرفته شد.

۴. ذخیره‌سازی داده‌ها:

- داده‌های پیش‌پردازش شده و آماده‌شده در قالب ساختاریافته مانند فایل CSV^۵ ذخیره شدند.
- با انجام مراحل پیش‌پردازش دقیق و جامع، داده‌های توییت‌ها برای تحلیل‌های عمیق آماده شدند. این مراحل به موارد زیر کمک کرد:
- کاهش نویز و افزایش انسجام داده‌ها: با حذف نویز و ساختاردهی داده‌ها، انسجام و وضوح آنها برای تحلیل‌های بعدی افزایش یافت.
- استخراج اطلاعات کلیدی: با استفاده از تکنیک‌های پیش‌پردازش، اطلاعات کلیدی و معنادار از محتوای توییت‌ها استخراج شد.
- آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل‌های پیشرفته: داده‌های پیش‌پردازش شده برای کاربرد روش‌های مختلف تحلیل مانند یادگیری ماشین^۶ و تحلیل آماری^۷ آماده شدند.

در نتیجه، پیش‌پردازش نقش اساسی در تحلیل عمیق داده‌های توییت‌ها ایفا می‌کند. با انجام این مراحل، می‌توان از داده‌های پیچیده و غیرساختارمند توییت‌ها اطلاعات ارزشمندی استخراج کرد و به درک عمیق‌تر پدیده‌های اجتماعی و فرهنگی در دنیای امروز دست یافت [۲۷].

۳.۳. تحلیل کلمات و هشتگ‌ها: کاوش عمیق در محتوای توییت‌ها

1. Tokenized
2. Stemming
3. Parts-Of-Speech (Pos)
4. Encode
5. Comma-Separated Values
6. Machine Learning
7. Statistical Methods

برای کشف بینش‌های عمیق‌تر از داده‌های متنی توییت مرتب با #e-waste، از مجموعه‌ای از تکنیک‌های قدرتمند پردازش زبان طبیعی در این پژوهش بهره گرفته شد. این فرآیند شامل خوشه‌بندی کلمات^۱، تحلیل بسامد واژه‌ها^۲، استخراج قاعده‌محور^۳ و غنی‌سازی واژگان بود [۳۵].

۱. خوشه‌بندی کلمات: دسته‌بندی موضوعات هم‌معنا. با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی کلمات، اصطلاحات مرتبط با #e-waste براساس معنای مشابه دسته‌بندی شد. این فرآیند کمک می‌کند تا موضوعات کلیدی و مفاهیم غالب در گفتگوی توییت حول محور ضایعات الکترونیکی شناسایی شود.

۲. تحلیل بسامد اصطلاح: شناسایی واژگان کلیدی برجسته. با تحلیل بسامد اصطلاح، میزان استفاده از هر کلمه و هشنگ در مجموعه داده‌های توییت مرتبط با ضایعات الکترونیکی بررسی شد. به این ترتیب واژگان کلیدی و عبارات برجسته‌ای که به طور مکرر توسط کاربران توییت در بحث‌های مربوط به ضایعات الکترونیکی به کار می‌روند، شناسایی شد.

۳. استخراج قاعده‌محور: کشف ارتباطات بین هشنگ‌ها. برای درک عمیق‌تر چگونگی ارتباط هشنگ‌ها با یکدیگر، تکنیک‌های استخراج قاعده‌محور استفاده شد. این فرآیند منجر به کشف الگوها و ارتباطات معنی‌داری بین هشنگ‌های انگلیسی مختلف مرتبط با ضایعات الکترونیکی شد.

۴. غنی‌سازی واژگان: جهت گسترش دامنه واژگان و هشنگ‌های مرتبط با ضایعات الکترونیکی، از دو استراتژی کلیدی استفاده شد:

- شناسایی اصطلاحات پرتکرار: ابتدا، اصطلاحات مرتبط با ضایعات الکترونیکی که به طور مکرر در مجموعه داده‌های توییت استفاده می‌شد، شناسایی گردید.

- استفاده از WordNet: سپس، پایگاه داده آنلاین لغات WordNet برای یافتن مترادف‌ها و اصطلاحات مرتبط با این واژگان کلیدی استفاده شد. این فرآیند مجموعه واژگان در حوزه ضایعات الکترونیکی را به طور قابل توجهی غنا بخشید و درک عمیق‌تر و جامع‌تری از این موضوع به دست آورد.

با اعمال این تکنیک‌های NLP، مجموعه‌ای از توییت‌های مرتبط با ضایعات الکترونیکی استخراج و دسته‌بندی شد. این فرآیند بینش‌های عمیقی در مورد موضوعات کلیدی، واژگان کلیدی و ارتباطات بین هشنگ‌ها در حوزه ضایعات الکترونیکی به دست آورد. این دانش می‌تواند برای اهداف مختلفی مانند تحلیل احساسات، کشف روندها و توسعه استراتژی‌های بازاریابی مرتبط با ضایعات الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۴.۳. تحلیل توصیفی

این پژوهش با هدف بررسی جامع رفتار کاربران و محتوای توییت‌ها در توییت، از تحلیل توصیفی به عنوان روشی اساسی بهره می‌برد. تحلیل توصیفی مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری است که برای سازماندهی، خلاصه‌سازی و توصیف ویژگی‌های کلیدی مجموعه داده‌ها به کار می‌رود [۳۵]. در این مطالعه، از معیارهای مختلفی برای بررسی عمیق‌تر تعامل کاربران با پلتفرم توییت استفاده می‌شود که شامل موارد زیر است:

- بسامد انتشار توییت‌ها^۴: این معیار تعداد دفعات انتشار توییت‌ها را در یک دوره زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌کند. با تحلیل بسامد انتشار توییت‌ها در طول روز، هفته، ماه یا حتی سال، می‌توان دوره‌های اوج فعالیت کاربران را شناسایی کرد. این الگوهای زمانی می‌تواند به درک بهتر رفتار و عادات کاربران توییت کمک کند.

- شیوع هشنگ‌ها و کلیدواژه‌ها^۵: هشنگ‌ها و کلیدواژه‌ها کلمات یا عباراتی هستند که کاربران برای دسته‌بندی و کشف محتوای مرتبط در توییت استفاده می‌کنند. با بررسی میزان استفاده از هشنگ‌ها و کلیدواژه‌های خاص، می‌توان موضوعات غالب و ترندهای روز را در توییت شناسایی کرد. همچنین، با تحلیل الگوهای استفاده از این هشنگ‌ها و کلیدواژه‌ها در طول زمان، می‌توان روند تکامل بحث‌ها و گفتگوها را در جامعه توییت ردیابی کرد [۳۴].

- توزیع انواع توییت‌ها^۶: در این بخش، انواع مختلف توییت‌ها از نظر ماهیت و محتوا مورد بررسی قرار می‌گیرند. این انواع می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

1. Word Clustering
2. Term Frequency Analysis
3. Rule Mining
4. Tweet Frequency
5. Prevalence of Hashtags and Keywords
6. Distribution of Tweet Types

- توییت‌های اصلی^۱: این توییت‌ها محتوای جدیدی را به پلتفرم اضافه می‌کنند و نشان‌دهنده تولید محتوای اصیل توسط کاربران هستند.
- بازنشرها^۲: این توییت‌ها محتوای منتشر شده توسط کاربران دیگر را به اشتراک می‌گذارند و نشان‌دهنده انتشار مجدد محتوا است.
- پاسخ‌ها^۳: این توییت‌ها در پاسخ به توییت‌های دیگر کاربران منتشر می‌شوند و نشان‌دهنده شکل‌گیری گفتگوها و تعاملات در توییت است.
- لایک‌ها^۴: لایک‌ها نشان‌دهنده علاقه یا موافقت ضمنی کاربر با محتوای یک توییت خاص است.

با بررسی توزیع این انواع مختلف توییت‌ها، می‌توان پویایی تعاملات کاربران را درک کرد. برای مثال، اگر درصد بالایی از توییت‌ها را بازنشرها تشکیل دهند، ممکن است نشان‌دهنده تمایل کاربران به انتشار مجدد محتوای تأثیرگذار باشد. از سوی دیگر، درصد بالای توییت‌های اصلی می‌تواند نشان‌دهنده تولید محتوای اصیل و خلاقانه توسط کاربران باشد. این پژوهش با استفاده از تکنیک‌های تحلیل توصیفی، حجم عظیم داده‌های توییت را به بینش‌های معنادار و قابل فهم تبدیل می‌کند. این بینش‌ها کاربردهای متنوعی در حوزه‌های مختلفی مانند توسعه استراتژی محتوا برای برندها و سازمان‌ها، مدیریت بحران و واکنش سریع به رویدادهای مهم، تحقیقات افکار عمومی و سنجش نگرش‌های جامعه، درک بهتر رفتار مصرف‌کنندگان و مخاطبان و بسیاری از زمینه‌های دیگر دارند. با ارائه یک بررسی دقیق از رفتار کاربران و پویایی محتوا، این پژوهش مقدمات لازم را برای کاوش‌های عمیق‌تر و تحقیقات هدفمند در حوزه تحلیل شبکه‌های اجتماعی فراهم می‌کند.

۵.۳. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

برای ارزیابی چارچوب توصیفی بر اساس معیارهای خاص، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، ترکیبی از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی است که به منظور مدیریت عدم قطعیت و ابهام در تصمیم‌گیری‌ها به کار می‌رود. روش تحلیل سلسله مراتبی به طور سنتی برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده به کار می‌رود و شامل مراحل ساختاردهی مسئله به صورت سلسله مراتبی شامل هدف و معیارها و گزینه‌ها، انجام مقایسه‌های زوجی برای تعیین اولویت‌ها و وزن‌دهی به معیارها و در نهایت محاسبه وزن نهایی معیارها برای انتخاب بهترین گزینه است. در تحلیل سلسله مراتبی فازی، این فرآیند با منطق فازی توسعه یافته است تا نظرات کارشناسان که ممکن است با ابهام و عدم قطعیت همراه باشند، بهتر مدیریت شود. منطق فازی به جای استفاده از مقادیر دقیق، از اعداد فازی برای بیان ترجیحات و قضاوت‌های کارشناسان استفاده می‌کند. این امر باعث می‌شود این روش به طور موثرتری بتواند ابهامات موجود در قضاوت‌های انسانی را مدیریت کند. در این پژوهش، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های مربوط به ارزیابی چارچوب توصیفی استفاده شد. این روش شامل نظرسنجی سه مرحله‌ای از ۳۹ متخصص برجسته در حوزه مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی بود. متخصصان بر اساس جستجو در پروفایل‌های لینکدین و بررسی نویسندگان مقالات مرتبط انتخاب شدند. انتخاب آنها بر مبنای مشارکت‌های علمی قابل توجه در زمینه مدیریت ضایعات، شرکت در کنفرانس‌ها، یا حداقل پنج سال سابقه عملی در این حوزه یا زمینه‌های مرتبط انجام گرفت.

پیش از آغاز فرآیند، به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که پاسخ‌هایشان ناشناس و محرمانه باقی خواهد ماند [۳۸] و برای آشنایی بیشتر با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، اطلاعات جامعی ارائه گردید. پرسشنامه‌ها به صورت آنلاین و از طریق پلتفرم دیجیتال Google Forms در ژانویه ۲۰۲۳ تهیه و ارسال شد. پرسشنامه طراحی شده شامل مقایسه زوجی معیارها با استفاده از اعداد فازی مثلثی بود که به منظور انجام تحلیل سلسله مراتب فازی مورد استفاده قرار گرفت. سوالات پرسشنامه به گونه‌ای طراحی شد که از خبرگان خواسته می‌شد معیارهای مختلف مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی را به صورت زوجی و با بهره‌گیری از مقیاس فازی مقایسه کنند. علاوه بر این، دستورالعمل‌های دقیقی در مورد نحوه تکمیل پرسشنامه و استفاده از اعداد فازی در ابتدای آن ارائه شد تا شرکت‌کنندگان به خوبی با نحوه ارائه پاسخ‌ها آشنا شوند. شرکت‌کنندگان اطلاعات کاملی درباره هدف نظرسنجی و اهمیت نتایج به دست آمده دریافت کردند. مراحل تهیه پرسشنامه به شرح زیر بود:

- تعیین هدف: هدف از نظرسنجی مشخص و سوالات مرتبط با آن طراحی شد.

- طراحی پرسشنامه: سوالات به گونه‌ای تنظیم شد که اطلاعات دقیقی از شرکت‌کنندگان دریافت شود. پرسشنامه شامل سوالات دموگرافیک و سوالات تخصصی مرتبط با مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی بود.
 - آزمون اولیه: پرسشنامه در یک گروه کوچک از کارشناسان آزمایش شد تا اطمینان حاصل شود که سوالات واضح و قابل درک هستند.
 - انتشار: پس از نهایی شدن پرسشنامه، لینک آن به ۳۹ نفر از خبرگان ارسال شد.
- در این مطالعه، برای ارزیابی سازگاری و اعتبار پرسشنامه از دو شاخص نسبت روایی محتوایی^۱ و نرخ سازگاری^۲ استفاده شد. این دو شاخص کمک می‌کنند تا میزان سازگاری و همخوانی پاسخ‌های شرکت‌کنندگان را تحلیل کنیم. نمرات بین ۱ تا ۹ برای هر جفت شاخص در نظر گرفته شد. میانگین (μ) نمرات برابر با ۵ و انحراف استاندارد (σ) برابر با ۲.۵ محاسبه گردید. با استفاده از این مقادیر، نسبت روایی محتوایی به صورت رابطه زیر محاسبه شد:

$$CVR = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{2.5}{5} = 0.5 \quad \text{رابطه (۱)}$$

مقدار نسبت روایی محتوایی برابر با ۰.۵ نشان‌دهنده تنوع نسبتاً بالا در پاسخ‌ها است. این بدان معناست که شرکت‌کنندگان در ارزیابی خود نسبت به برخی شاخص‌ها، نظرات متفاوتی را ارائه داده‌اند. این تنوع می‌تواند اطلاعاتی درباره تفاوت‌های درک شده و اولویت‌های مختلف افراد ارائه دهد. برای ارزیابی سازگاری پاسخ‌های پرسشنامه، ابتدا شاخص سازگاری^۳ و شاخص تصادفی^۴ محاسبه شد. شاخص سازگاری کمک می‌کند تا میزان سازگاری و همخوانی پاسخ‌ها مورد تحلیل قرار گیرد. برای دستیابی به یک نرخ سازگاری قابل قبول، که معمولاً کمتر از ۰.۱ است، شاخص سازگاری باید به گونه‌ای محاسبه شود که به شاخص تصادفی نزدیک‌تر باشد. در این پژوهش شاخص سازگاری برابر با ۰.۰۷۱ و شاخص تصادفی برابر با ۱.۴۵ بدست آمد. با توجه به اعداد بدست آمده، نرخ سازگاری برابر شد با:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.071}{1.45} = 0.049 \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقدار CR برابر با ۰.۰۴۹ نشان‌دهنده این است که پاسخ‌ها به‌طور مطلوب سازگار هستند و کمتر از ۰.۱ می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که پاسخ‌دهندگان در ارزیابی‌های خود به یکدیگر نزدیک بوده و نظرات مشابهی را بیان کرده‌اند. این مقادیر می‌تواند به درک بهتر اولویت‌ها و نگرش‌های پاسخ‌دهندگان کمک کند و اعتبار پرسشنامه را تایید نماید. فرآیند جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت آنلاین طی یک ماه صورت گرفت و از مجموع ۳۹ نفر متخصصی که دعوت به شرکت در نظرسنجی شده بودند، ۲۰ نفر پرسشنامه را تکمیل کردند. این ۲۰ نفر شامل ۱۲ (۷۵٪) فرد با تحصیلات عالی در مقطع کارشناسی ارشد، مدیران برنامه و روسای بخش، به همراه ۸ (۲۵٪) متخصص فعال در صنعت بودند. یک نفر از شرکت‌کنندگان هم سابقه دانشجویی و هم صنعتی داشت. در طول مطالعه، هر شرکت‌کننده دارای ۵ تا ۲۵ سال سابقه حرفه‌ای یا دانشگاهی در حوزه مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی بود. از میان شرکت‌کنندگان، ۷ نفر خانم و ۱۳ نفر آقا بودند. کارشناسان از ایالات متحده، کانادا، آلمان، چین، ترکیه، مالزی، ایران، استرالیا، فرانسه و هند در این نظرسنجی شرکت کردند.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

تولیدکنندگان در زمان رسیدن محصولات به مرحله پایان عمر آن‌ها، گزینه‌های مختلفی را برای عملیات بازیابی محصول در نظر می‌گیرند، از جمله استفاده مجدد، بازسازی، بازیافت و دفع. هر گزینه با هزینه‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی متفاوتی همراه است. بنابراین، این پژوهش یک چارچوب چندهدفه را برای کاهش کلی هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی در کل فاز پایان عمر تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی پیشنهاد می‌کند. با افزایش حجم ضایعات الکتریکی و الکترونیکی، تجزیه و تحلیل مرحله پایان عمر مفید محصول برای بهبود بازیافت و به حداقل رساندن تأثیر زیست‌محیطی آن ضروری است [۲۷]. در این مطالعه از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی برای تعیین گزینه‌های مرحله پایان عمر که باعث بهبود مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی می‌شود، استفاده شده است. هدف این بود که از یافته‌ها برای ایجاد مقرراتی استفاده شود که با انتخاب بهترین گزینه‌های پایان عمر به کاهش آسیب‌های ناشی از ضایعات الکتریکی و الکترونیکی کمک کند. در این بخش، چگونگی کمک چارچوب پیشنهادی به انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های پایان عمر برای کل فاز انتهایی عمر مفید بیان می‌شود. فرآیند پیشنهادی تصمیم‌گیری گزینه‌های پایان عمر، به دو مرحله تقسیم می‌شود:

1. Coefficient of Variation Ratio (CVR)
 2. Consistency Ratio (CR)
 3. Consistency Index (CI)
 4. Random Index (RI)

- تحلیل داده‌های توئیتر برای شناسایی عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی.
 - استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی برای توسعه یک استراتژی پایان عمر مناسب برای مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی بر اساس نظر خبرگان.
- برای جمع‌آوری داده‌ها در مورد عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی، از توئیتر به عنوان منبع داده استفاده شد. با استفاده از ابزارها و API‌های زبان برنامه‌نویسی پایتون، جستجوی کلیدواژه و هشتگ‌ها انجام شد، که شامل اصطلاحاتی مانند «WEEE» و «e-waste» بود تا توئیتهای مرتبط با مسائل ضایعات الکترونیکی جمع‌آوری شود. در طول بازه زمانی می ۲۰۱۹ تا آوریل ۲۰۲۲، مجموعاً ۲,۹۰۵,۵۷۹ توئیتهای متن‌ی از توئیتر جمع‌آوری شد که اطلاعات ارزشمندی را برای مطالعه در حوزه مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی ارائه داد. در این پژوهش، فقط توئیتهای انگلیسی در نظر گرفته شد تا اطمینان حاصل شود که توئیتهای مرتبط با هدف مطالعه، یعنی شناسایی عوامل مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی به درستی پوشش داده می‌شود. جدول ۳ فهرست کلیدواژه و هشتگ‌های مرتبط با ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی را که در این مطالعه با کمک منابع علمی مرتبط و یک فرهنگ لغت آنلاین در نظر گرفته شده است به همراه فراوانی آنها در توئیتهای جمع‌آوری شده، نشان می‌دهد. این لیست در صورت نیاز، قابلیت گسترش برای استفاده در پژوهش‌های آینده را دارد. از این لیست برای فیلتر کردن مجموعه کامل توئیتهای جمع‌آوری شده از توئیتر در طول دوره مطالعه (می ۲۰۱۹ تا آوریل ۲۰۲۲) و بررسی مسائل مرتبط با ضایعات الکترونیکی که توسط کاربران مطرح شده است، استفاده شد.

جدول ۳. کلمات کلیدی و هشتگ‌های استفاده شده برای استخراج توئیتهای مصرف‌کننده

کلمات و هشتگ	فراوانی کلمات و هشتگ	کلمات و هشتگ	فراوانی کلمات و هشتگ
#WEEE	۱۰۰۳۹۴	ewaste#	۴۲۱۱۷۰
#electronic recycling	۳۳۶۵	recycling#	۵۸۲۳۲۵
electronicsrecycling#	۱۲۰۰	sustainability#	۳۲۲۰۲۳
#EPEAT	۹۸۶	circulareconomy#	۵۷۲۲۶۵
#Sustainableelectronics	۳۳۶۵۴	techwaste#	۱۶۲۵۳
#Upcyclingelectronics	۱۵۴۲	reducereuserecycle#	۱۱۲۳
#Hazardouswaste	۹۲۱۵	upcycling#	۲۲۳۲۵۶
#ewaste day	۴۸۶۵	circularelectronics#	۲۱۶۵
#DigitalClutter	۲۵۶۳	#epr	۱۳۲۳
greentechnology#	۱۷۶۵	responsibleelectronics#	۱۷۵۶
#Electronicwastedisposal	۲۳۵۶	ewasterecycling#	۲۶۵۲۳
#Eco-friendlyelectronics	۱۹۸۶	electronicwaste#	۴۴۲۳
sustainabletech#	۱۲۴۷	recycleelectronics#	۲۳۶۵
#Mobile recycling	۴۴۸۵۶	eWasteManagement#	۶۵۶۲
#ewaste junk	۹۸۶	ITrecycling#	۲۰۸۶۶۵
#Cellphone recycling	۲۹۸۷۵	GreenIT#	۹۳۲۶
#ewaste disposal	۶۵۸	#goGreen	۴۳۳۸۴۵
#EarthDay	۳۶۵۴۱۱	CircularElectronicsDay#	۴۳۲۱

۱.۴. پیش پردازش داده و تحلیل توصیفی

برای پردازش داده‌های توئیتر و استخراج اطلاعات مرتبط، پیش‌پردازش ضروری است؛ زیرا ارائه خروجی بدون ساختار و تحلیل آن چالش برانگیز به نظر می‌رسد. برای پاکسازی داده‌ها در این مطالعه، مراحل زیر انجام شد:

۱. فیلترینگ: حذف لینک‌های URL، شکلک‌ها، کلمات خاص توئیتر و نام‌های کاربری (مثال: @Ella که علامت @ نشان‌دهنده نام کاربری است).

۲. توکنایز کردن^۱: با شکستن متن به فواصل و علائم نگارش، یک مجموعه کلمات^۲ تشکیل می‌شود. با این حال، اطمینان حاصل

شد که مخفف‌هایی مانند «doesn't»، «I'm» و «she'd» به عنوان کلمات واحد شناخته شوند.

۳. حذف کلمات توقف^۳: حروف تعریف «a»، «an» و «the» و غیره از مجموعه کلمات حذف شدند.

شکل ۲، سه نمونه از توییت‌های بررسی شده با هشتگ #e-waste را نشان می‌دهد. توییت‌ها متن هستند و برای تجزیه و تحلیل نیاز

به تبدیل به واحدهای قابل پردازش دارند. طبق مراحل که در بخش پیش پردازش توضیح داده شد، عملیات زیر روی توییت‌ها اعمال شد:

۱. تبدیل به حروف کوچک^۴

۲. حذف نام‌های کاربر^۵

۳. حذف آدرس وبسایت^۶

۴. حذف علائم نگارش^۷

۵. حذف کلمات کوچک^۸

۶. حذف کلمات توقف^۹

۷. ریشه‌یابی^{۱۰} (فرآیندی برای کاهش کلمات به ریشه اصلی آن‌ها)

۸. توکنایز کردن^{۱۱}



شکل ۲. نمونه‌هایی از توییت‌های جمع‌آوری شده

پیش‌پردازش داده‌های توییت‌ها برای استخراج اطلاعات مفید حیاتی است، زیرا خروجی بدون ساختار و پردازش آن دشوار به نظر می‌رسد.

اگر اطلاعات به درستی تمیز نشوند، نتایج مطالعه تحت تأثیر قرار می‌گیرند. مراحل پیش‌پردازش انجام شده روی توییت‌ها به همراه مثال

به تفصیل در جدول ۴ شرح داده شده است. از آنجایی که داده‌های متنی روان ساختاریافته نیستند، پیش‌پردازش بسته به زمینه و اهداف

مطالعه شامل مراحل مختلفی است. مراحل آماده‌سازی داده در این مطالعه شامل علامت‌گذاری متن با تبدیل هر جمله به مجموعه‌ای از

کلمات است. به عنوان مثال :

From #AI to #ewaste, a different ball game altogether. Secretary @Gol_MeitY inaugurated the 1000T PCB recycling equipment at #coe #ewaste, CMET, Hyderabad. Well, on a mission to save the planet #Earth!

@jayesh_ranjan@Gol_MeitY@EmergingTechTS

pic.https://pbs.twimg.com/media/FnFLQsKakAAEyWK.jpg

پس از آن، کلمات و کاراکترهای غیرانگلیسی مانند تگ‌های HTML، علائم نگارش، URLها و همچنین کلمات توقف حذف

می‌شوند (این کلمات مانند «when»، «but»، «at»، «if»، «will» و ... به وفور در متن استفاده می‌شوند. حروف اضافه از نظر گرامری

درست هستند، اما در تحلیل ما ارزش اطلاعاتی کمی دارند یا اصلاً ارزش اطلاعاتی ندارند). در مرحله بعد، کلماتی مانند «recycled» و

1. Tokenization
2. bag of words
3. Stop Word Removal
4. Lowercase
5. Remove Usernames
6. Remove the website
7. Remove punctuation
8. Remove small words
9. Remove stop words
10. Stemming
11. Tokenization

«recycling» که اشکال مختلف کلمه «recycle» هستند، با استفاده از الگوریتم ریشه‌یابی Ports به شکل ساده و پایه «recycle» تبدیل می‌شوند. این فرآیند برای تحلیل دقیق‌تر و یکپارچه‌سازی داده‌ها انجام می‌شود. پس از ریشه‌یابی هر کلمه، برای حذف نویز و جلوگیری از انحراف نتایج توسط موارد پرت، کلماتی که در کمتر از ۲ درصد از داده‌ها یافت می‌شوند، از تحلیل خارج می‌شوند. عبور از این مراحل پیش‌پردازش، به مجموعه‌ای منجر می‌شود که در آن با هر توییت به عنوان یک سند واحد رفتار می‌شود. آگاهی زیست‌محیطی، زباله‌های الکترونیکی، بازیافت تلفن همراه و ضایعات الکترونیکی از اصطلاحات پرکاربرد برای توصیف مشکلات، نگرانی‌ها و موانع بالقوه دفع صحیح ضایعات الکترونیکی است. با مطالعه و تجزیه و تحلیل مطالعات قبلی و ادبیات پژوهش، مضامین توییت در حوزه عوامل موثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی در مجموعه داده به شش حوزه اصلی گروه‌بندی و سپس تجزیه و تحلیل کلمات انجام شد:

- دسترسی به مراکز بازیافت^۱ [۲۵، ۲۱]
- افزایش آگاهی از اثرات منفی ضایعات الکترونیکی^۲ [۳۱]
- عدم اعتماد^۳ به سیستم به دلیل نارضایتی مصرف‌کنندگان از سیاست‌های دولت در مورد بازیافت ضایعات الکترونیکی و صادرات به کشورهای در حال توسعه [۲۷، ۳۲]
- تشویق‌های مالی^۴ (مانند سیستم‌های کارت پاداش الکترونیکی) برای فروش ضایعات الکترونیکی [۲۷، ۲۸، ۳۲]
- اهدای لوازم الکترونیکی کارکرده برای امور خیریه^۵ [۳۷]
- نگرانی در مورد افشای داده‌ها^۶ (روی هارد دیسک‌ها، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها و سایر دستگاه‌های ذخیره‌سازی) [۳۲]

جدول ۴. مراحل پیش‌پردازشی انجام شده بر روی یک نمونه از توییت‌ها به طور کامل توضیح داده شده است:

متد	نمونه توییت انگلیسی
Tweet	From #AI to #ewaste, a different ball game altogether. Secretary @Gol_MeitY inaugurated the 1000T PCB recycling equipment at #coe #ewaste, CMET, Hyderabad. Well, on a mission to save the planet #Earth! @jayesh_ranjan @Gol_MeitY @EmergingTechTS pic.https://pbs.twimg.com/media/FnflQsKakAAEyWK.jpg
Lowercase	from #ai to #ewaste, a different ball game altogether. secretary @gol_meity inaugurated the 1000t pcb recycling equipment at #coe #ewaste, cmet, hyderabad. well, on a mission to save the planet #earth! @jayesh_ranjan @gol_meity @emergingtechs pic.https://pbs.twimg.com/media/FnflQsKakAAEyWK.jpg
Remove usernames	from #ai to #ewaste, a different ball game altogether. secretary inaugurated the 1000t pcb recycling equipment at #coe #ewaste, cmet, hyderabad. well, on a mission to save the planet #earth! pic.https://pbs.twimg.com/media/FnflQsKakAAEyWK.jpg
Remove the website	from #ai to #ewaste , a different ball game altogether. secretary inaugurated the 1000t pcb recycling equipment at #coe #ewaste , cmet, hyderabad. well, on a mission to save the planet #earth!
Remove punctuation	from ai to ewaste a different ball game altogether secretary inaugurated the 1000t pcb recycling equipment at coe ewaste cmet hyderabad on a mission to save the planet earth
Remove small words	from ewaste different ball game altogether secretary inaugurated the recycling equipment ewaste hyderabad mission save planet earth
Remove stop words	ewaste different ball game secretary inaugurated recycling equipment ewaste hyderabad mission save planet earth
Stemming	ewaste differ ball game secret inaugurate recycle equip ewaste hyderabad mission save planet earth
Tokenization	'ewaste', u'differ', u'ball', u'game', u'secret', u'inaugurate', u'recycle', u'equip', u'ewaste', u'hyderabad', u'mission', u'save', u'planet', u'earth'

یافته‌های دقیق در جدول ۵ نشان داده شده است. توییت‌های جمع‌آوری شده حاوی چندین هشتگ بود. در مجموع، ۵۵۶۸۱ هشتگ در بررسی‌های پاکسازی کشف شد. پرکاربردترین هشتگ‌ها عبارتند از #e-waste، #WEEE، #electronicwaste و غیره. داده‌ها نشان می‌دهد که سه هشتگ برتر کلی برای توییت‌ها عبارتند از «افزایش آگاهی»، «تشویق‌های مالی» و «عدم اعتماد به سیستم».

1. Accessibility to recycling facilities
2. Raising consciousness of the negative effects of electronic waste
3. Lack of confidence
4. Financial incentives
5. Charitable donations of used electronics
6. Concerns around the disclosure of data

جدول ۵. تحلیل تفصیلی کلمات

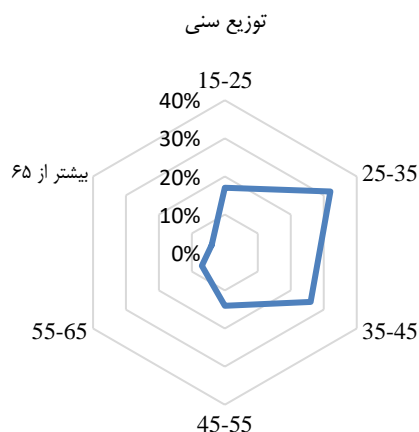
نگرانی در مورد افشای داده‌ها	کمک‌های خیریه	تشویق‌های مالی	عدم اعتماد	افزایش آگاهی و حساس‌سازی	دسترسی به مراکز بازیافت
قطعات حاوی داده و اطلاعات	بازسازی محصولات بازیافتی	فقدان بودن طرح‌های بازیافت با ارزش‌گذاری عادلانه	شک مصرف‌کنندگان به دولت‌ها در مورد دفع صحیح زباله	افزایش آگاهی از ارزش ضایعات الکترونیکی	تعداد محدود و دوری مراکز بازیافت الکترونیکی
حفظ امنیت داده‌ها	استفاده مجدد از محصولات بازیافت شده	مشوق‌های اقتصادی مناسب	نگرش منفی مصرف‌کنندگان نسبت به طرح‌های بازیافت زباله‌های الکترونیکی در مورد دفع صحیح زباله	افزایش دانش زیست محیطی	مراکز بازیافت الکترونیک
دفع ایمن و مناسب	توزیع مجدد	بازیافت رایگان	کمبود سیستم‌های جمع‌آوری رسمی مناسب	دفع و بازیافت صحیح مواد الکترونیکی خطرناک	
خدمات امن	بازیافت الکترونیکی	پس‌گرفتن وجه	آسیب به سلامت انسان	برنامه بازیافت	
پاک‌سازی داده‌ها	بخشیدن عمر دوباره		آسیب به محیط زیست		
پاک کردن داده‌ها	جلوگیری از رفتن به محل دفن زباله				
	بازاستفاده				

پس از بررسی تک تک توییت‌های اصلی، به چند مورد از ریتوییت‌ها و پاسخ‌ها اشاره شد. در نتیجه، در این مرحله روی موضوعاتی که کاربران بیشتر در مورد آنها بحث کرده‌اند تمرکز شد و همچنین بینش‌های ضروری از داده‌ها به دست آمد. در همین رابطه، شکل ۳ محبوب‌ترین اصطلاحات و هشتگ‌هایی را نشان می‌دهد که بیشتر از سایر موارد استفاده می‌شوند. پرکاربردترین هشتگ‌ها عبارتند از #WEEE، #recycling و #e-waste. با وجود استفاده از هشتگ‌های مرتبط در کمپین‌های آگاهی‌رسانی، هنوز شکاف قابل توجهی بین آگاهی و اقدام مصرف‌کنندگان در زمینه مشارکت در طرح‌های مدیریت صحیح ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که برای ترغیب مصرف‌کنندگان به مشارکت فعال در طرح‌های بازیافت و دفع صحیح این نوع ضایعات، اقدامات بیشتری لازم است.



شکل ۳. فراوانی هشتگ‌های برجسته مذکور

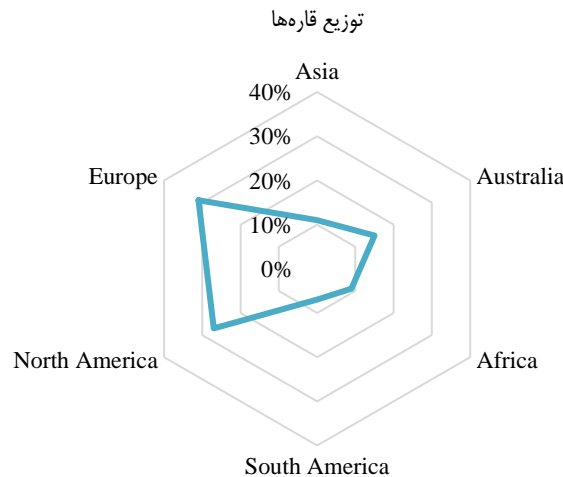
در شکل ۴ مشاهده می‌شود که اکثر کاربران توییت‌ها در بحث ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی مشارکت دارند، در بازه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال قرار گرفته‌اند. این مسئله بیانگر علاقه‌مندی نسل جوان به موضوعات زیست‌محیطی و تمایل آنها به استفاده از شبکه‌های اجتماعی برای به اشتراک‌گذاری نگرانی‌ها و ایده‌های خود در این زمینه است. با این حال، باید توجه داشت که این آمار ممکن است کاملاً دقیق نباشد، زیرا بسیاری از کاربران تمایلی به افشای اطلاعات شخصی، مانند سن، در شبکه‌های اجتماعی ندارند.



شکل ۴. توزیع سنی افرادی که درباره WEEE توییت می کنند

در شکل ۵، میزان مشارکت کاربران توییت در بحث ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در قاره های مختلف جهان نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، بیشترین مشارکت مربوط به کاربران قاره اروپا است، در حالی که کمترین مشارکت به قاره های آسیا، آمریکای جنوبی و آفریقا اختصاص دارد. این اختلاف می تواند به عوامل مختلفی مرتبط باشد، از جمله:

- تفاوت در سطح آگاهی عمومی: ممکن است در قاره های آسیا، آمریکای جنوبی و آفریقا سطح آگاهی عمومی از مخاطرات ضایعات الکتریکی و الکترونیکی کمتر باشد.
 - دسترسی به اینترنت: دسترسی به اینترنت در این قاره ها ممکن است کمتر باشد، که این موضوع مشارکت کاربران در شبکه های اجتماعی و بحث در مورد مسائل زیست محیطی را نیز محدود می کند.
 - زیرساخت های بازیافت: ممکن است در این قاره ها زیرساخت های مناسب برای بازیافت زباله های الکتریکی و الکترونیکی وجود نداشته باشد، که این موضوع می تواند انگیزه مردم را برای بحث در مورد این مسئله کاهش دهد.
- با توجه به موارد ذکر شده، واضح است که در قاره های آسیا، آمریکای جنوبی و آفریقا نیاز به اقدامات بیشتر برای افزایش آگاهی عمومی از مخاطرات ضایعات الکتریکی و الکترونیکی و تشویق مردم به بازیافت این نوع زباله ها وجود دارد. برخی از اقدامات که می توان در این راستا انجام داد عبارتند از:
- برگزاری کمپین های آموزشی: کمپین های آموزشی می توانند به افزایش آگاهی عمومی از مخاطرات ضایعات الکتریکی و الکترونیکی و راه های کاهش آنها کمک کند.
 - توسعه زیرساخت های بازیافت: توسعه زیرساخت های بازیافت می تواند دسترسی مردم به امکانات بازیافت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی را افزایش دهد و آنها را به بازیافت این نوع زباله ها تشویق کند.
 - حمایت دولتی از برنامه های بازیافت و وضع قوانین و مقررات مربوطه نیز می تواند به کاهش میزان زباله های الکتریکی و الکترونیکی که به محیط زیست آسیب می رساند، کمک کند.



تصویر ۵. توزیع قاره‌ها در توییت‌های مربوط به WEEE

۲.۴. نتایج روش تحلیل سلسله مراتب فازی و مباحث مرتبط

با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی، نتایج حاصل از تحلیل داده‌های توییت در اختیار گروه‌های متخصص بازیافت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی قرار می‌گیرد. هدف از این مرحله، جلب نظر کارشناسان برای تعیین راه‌حل‌های مناسب پایان عمر برای ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است. با در نظر گرفتن رفتار مصرف‌کنندگان در قبال مدیریت مسؤلانه این نوع ضایعات، این روش‌شناسی، گردآوری نظرات کارشناسان و پالایش چارچوب توصیفی را تسهیل می‌کند. همانطور که در جدول ۶ نشان داده شده است، پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های کارشناسی، مقایسه‌های دودویی محاسبه شده و سپس وزن نرمال شاخص‌ها به دست می‌آید.

میانگین هندسی، عملیاتی ریاضی برای محاسبه میانگین یک مجموعه داده، در فرایند تحلیل سلسله مراتبی اهمیت ویژه‌ای دارد. تحلیل سلسله مراتبی فازی به عنوان چارچوبی برای تصمیم‌گیری در مواجهه با انتخاب‌های پیچیده عمل می‌کند. میانگین هندسی به دلیل ویژگی‌هایی مانند سازگاری، ثبات مقیاس و سهولت محاسبه، به گردآوری ترجیحات در تحلیل سلسله مراتبی فازی کمک می‌کند. مراحل محاسبه میانگین هندسی در تحلیل سلسله مراتبی فازی به شرح زیر است:

- ایجاد ماتریس مقایسات دودویی: این ماتریس، نسبت‌های ترجیحی بین معیارها را نشان می‌دهد.
- نرمال‌سازی ماتریس مقایسات دودویی: هر سلول ماتریس بر مجموع مقادیر سطر مربوطه تقسیم می‌شود تا حاصل جمع هر ستون برابر با یک شود.
- محاسبه میانگین هندسی برای هر سطر: حاصل ضرب مقادیر هر سطر به دنبال محاسبه ریشه nام، که در آن n تعداد اعضای آن سطر است.
- نرمال‌سازی میانگین‌های هندسی: هر میانگین هندسی بر مجموع کل میانگین‌های هندسی تقسیم می‌شود تا حاصل جمع آن‌ها برابر با یک شود.

جدول ۶. مقایسه زوجی شاخص‌ها با اعداد فازی مثلثی

معیار	سهولت دسترسی	افزایش آگاهی	فقدان اعتماد	مشوق‌های اقتصادی	هدا به خیریه	نگرانی افشای اطلاعات
سهولت دسترسی	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۵,۱,۳,۱,۲)	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۱,۲)
افزایش آگاهی	(۱,۲,۳)	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۳,۱,۲,۱)
فقدان اعتماد	(۲,۳,۵)	(۱,۲,۳)	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۱,۲)
مشوق‌های اقتصادی	(۱,۲,۳)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۳,۱,۲,۱)
هدا به خیریه	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۳,۱,۲,۱)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۱,۲,۱)
نگرانی افشای اطلاعات	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۳)	(۱,۲,۱,۲)	(۱,۲,۳)	(۱,۲,۳)	(۱,۱,۱)

مقادیر S_i در روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به عنوان شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری میزان اهمیت نسبی معیارها بر اساس مقادیر فازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش، S_i برای هر معیار به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij} + a} \frac{1}{m} = S_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن، m تعداد شاخص‌ها است؛ a_{ij} مقدار فازی برای مقایسه شاخص i با شاخص j است و a_{ij} مقدار فازی برای مقایسه شاخص j با معیار i است. سپس با توجه به مقادیر S_i نسبت به همدیگر، وزن نرمال نشده و وزن نرمال شده شاخص‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی برابر با جدول ۷ بدست آمد:

جدول ۷. وزن نرمال نشده و نرمال شده شاخص‌ها

شاخص‌ها	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
سهولت دسترسی	۰.۴۷۸	۰.۱۱۸
افزایش آگاهی	۰.۷۲۲	۰.۱۷۸
فقدان اعتماد	۰.۹۱۷	۰.۲۲۶
مشوق‌های اقتصادی	۰.۶۳۹	۰.۱۵۷
هدا به خیریه	۰.۴۷۲	۰.۱۱۶
نگرانی افشای اطلاعات	۰.۸۳۳	۰.۲۰۵

جدول ۸ وزن‌های نهایی اختصاص یافته به هر شاخص را براساس دیدگاه تلفیقی حاصل از نظرات کارشناسان ارائه می‌کند و امکان مقایسه اهمیت شاخص‌ها را فراهم می‌سازد. برای مثال، وزن نرمال برای شاخص "فقدان اعتماد" که برابر با ۰.۲۲۶ است، نشان‌دهنده اهمیت فوق‌العاده آن در رفتار مصرف‌کنندگان نسبت به مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی است. برعکس، وزن نرمال برای "هدا به خیریه" ۰.۱۱۶ است که نشان‌دهنده اهمیت نسبتاً پایین‌تر آن در مقایسه با عواملی مانند دسترسی به امکانات بازیافت و تلاش‌های آگاهی‌سازی است. این وزن‌ها به عنوان راهنمایی ارزشمند برای سیاست‌گذاران، ذینفعان صنعت و طرفداران محیط زیست در اولویت‌دهی به مداخلات و استراتژی‌هایی عمل می‌کند که هدف آن‌ها ترویج شیوه‌های پایدار مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی است. با درک اهمیت نسبی هر شاخص، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند اقدامات خود را برای رسیدگی به مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رفتار مصرف‌کنندگان و در نهایت دستیابی به نتایج مثبت در ابتکارهای مدیریت این ضایعات تنظیم کنند.

روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی با کمک نرم‌افزار "EXPERT CHOICE 11" امکان تحلیل سیستمی مقایسه‌های دودویی توسط گروه‌های متخصص را فراهم می‌کند. این روش، به تعیین اهمیت نسبی شاخص‌های مختلف مرتبط با مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی منجر می‌شود که بازتاب‌دهنده رفتار مصرف‌کنندگان در قبال مدیریت ضایعات الکترونیکی است. جدول ۸ وزن‌هایی را نشان می‌دهد که کارشناسان براساس ارزیابی‌های خود به گزینه‌های مختلف پایان عمر نسبت به شاخص‌های مرتبط با رفتار مصرف‌کنندگان در مشارکت در طرح‌های مدیریت ضایعات الکتریکی اختصاص داده‌اند. این وزن‌ها بیانگر نظر کارشناسان درباره تأثیر هر شاخص بر رفتار مصرف‌کنندگان در انتخاب مناسب‌ترین گزینه پایان عمر برای تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است، به عنوان نمونه:

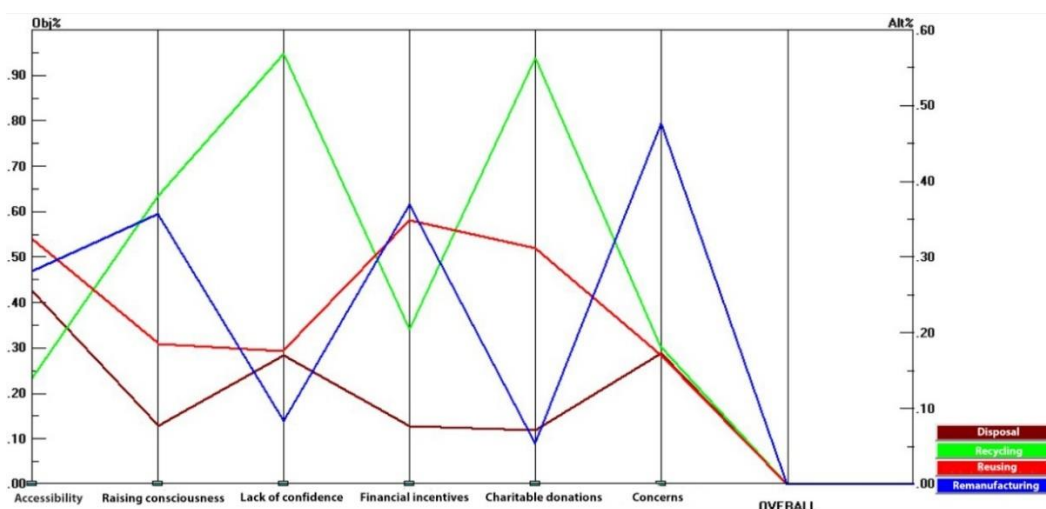
- دسترسی به مراکز بازیافت: این شاخص در تمامی راه‌حل‌های پایان عمر محصول، وزن نسبتاً بالایی دریافت می‌کند که نشان‌دهنده نقش حیاتی آن در تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان است. در صورتی که گزینه‌های راحتی و در دسترس برای بازیافت وجود داشته باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که مصرف‌کنندگان در شیوه‌های دفع مسئولانه مشارکت کنند.
- بالا بردن آگاهی و شناخت: به طور مشابه، این شاخص نیز حیاتی تلقی می‌شود و بر اهمیت کمپین‌های آموزشی و برنامه‌های آگاهی‌سازی در شکل‌دهی نگرش مصرف‌کنندگان نسبت به مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی تأکید می‌کند.
- عدم اعتماد: در حالی که وزن این شاخص به اندازه دسترسی و آگاهی بالا نیست، اما وجود آن نیاز به راه‌اندازی ابتکارهایی برای ایجاد اعتماد در مصرف‌کنندگان در قبال شیوه‌های صحیح مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی را برجسته می‌سازد.

- مشوق‌های مالی و اهدای خیریه: این عوامل، درجات مختلفی از اهمیت را نشان می‌دهند. این موضوع حاکی از آن است که اگرچه مشوق‌های مالی ممکن است برخی رفتارها را ترغیب کنند؛ اما به نظر می‌رسد در این زمینه، کمک‌های خیریه تأثیر کمتری بر انتخاب‌های مصرف‌کنندگان داشته باشد.
- نگرانی‌های مربوط به افشای داده‌ها: این شاخص، اگرچه وزن نسبتاً کمتری دریافت می‌کند، اما اهمیت فزاینده‌ی محرمانگی داده‌ها و نگرانی‌های امنیتی را در تأثیرگذاری بر برداشت‌های مصرف‌کنندگان از ابتکارهای بازیافت و مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی برجسته می‌سازد.

جدول ۱. میانگین نسبی هر گزینه پایان عمر نسبت به شاخص‌ها

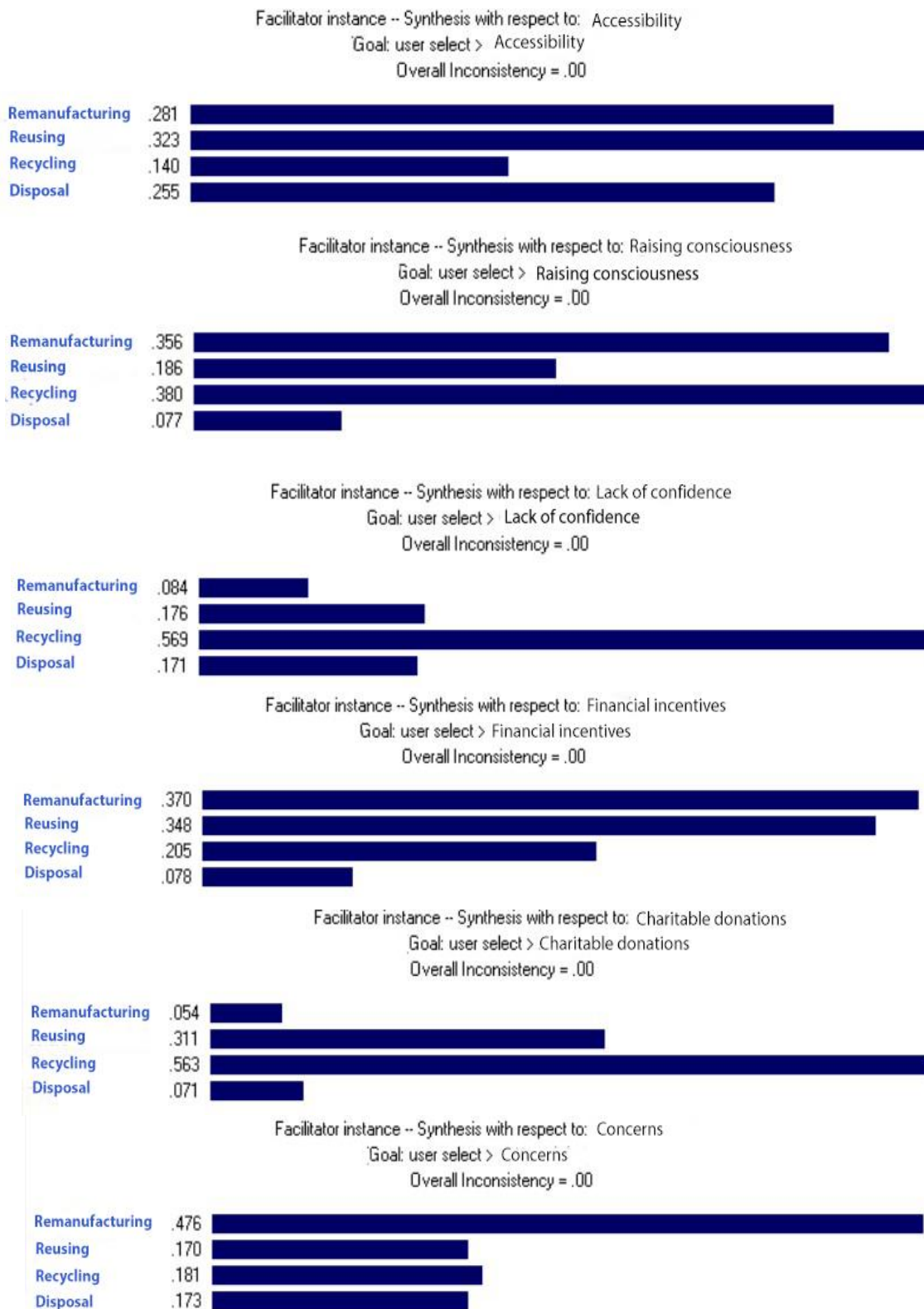
وزن (w)	معیار	نگرانی افشای اطلاعات	اهدای خیریه‌ها	به مشوق‌های اقتصادی	فقدان اعتماد	افزایش آگاهی	سهولت دسترسی	میانگین
۰.۳۷۶	بازسازی	۰.۴۷۶	۰.۰۵۴	۰.۳۷۰	۰.۰۸۴	۰.۳۵۶	۰.۲۸۱	۰.۲۷۶
۰.۱۷۰	استفاده مجدد	۰.۱۷۰	۰.۳۱۱	۰.۳۴۸	۰.۱۷۶	۰.۱۸۶	۰.۳۲۳	۰.۲۳۷
۰.۱۸۱	بازیافت	۰.۱۸۱	۰.۵۶۳	۰.۲۰۵	۰.۵۶۹	۰.۳۸۰	۰.۱۴۰	۰.۳۴۷
۰.۱۷۳	دفع	۰.۱۷۳	۰.۰۷۱	۰.۰۷۸	۰.۱۷۱	۰.۰۷۷	۰.۲۵۵	۰.۱۳۸

خروجی حاصل از تحلیل نتایج در نرم‌افزار EXPERT CHOICE 11 در شکل ۶ نشان داده شده است.



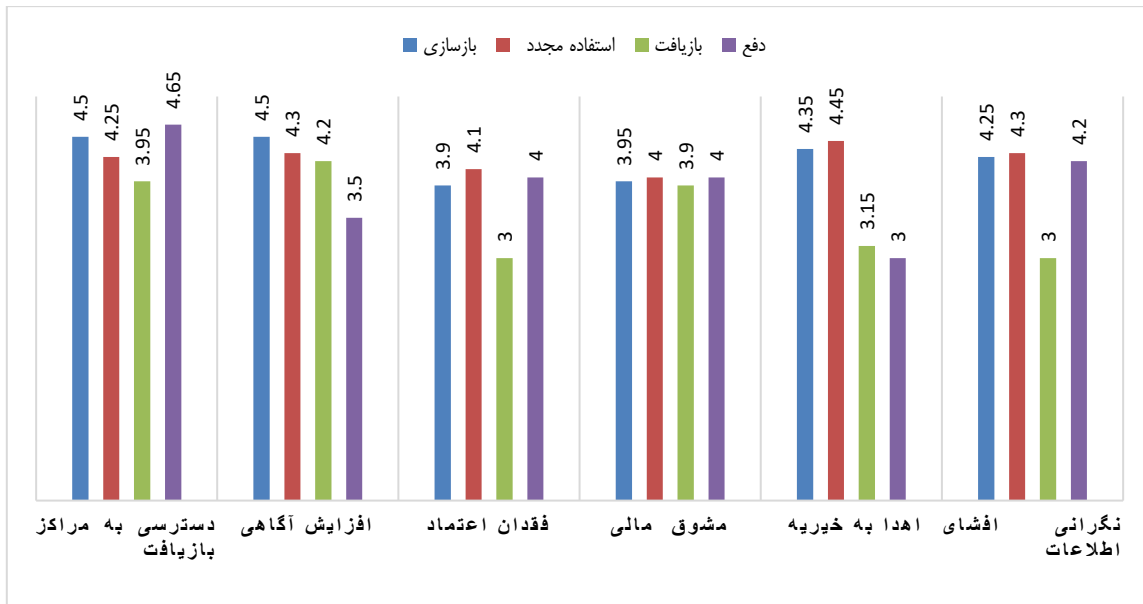
شکل ۶. خروجی تحلیل نتایج

خروجی‌های دیگر این نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل نتایج، در شکل ۷ آمده است.



شکل ۷. خروجی‌های نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل نتایج

شکل ۸، نتایج پیاده‌سازی روش تحلیل سلسله مراتب فازی را به منظور تحلیل عمیق‌تر نتایج، به نمایش می‌گذارد. با اتکا به این نتایج و در نظر گرفتن متغیرهای مؤثر بر رفتار مصرف‌کننده، می‌توان راه‌حل‌های پایان عمر مناسب برای ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی را انتخاب کرد.

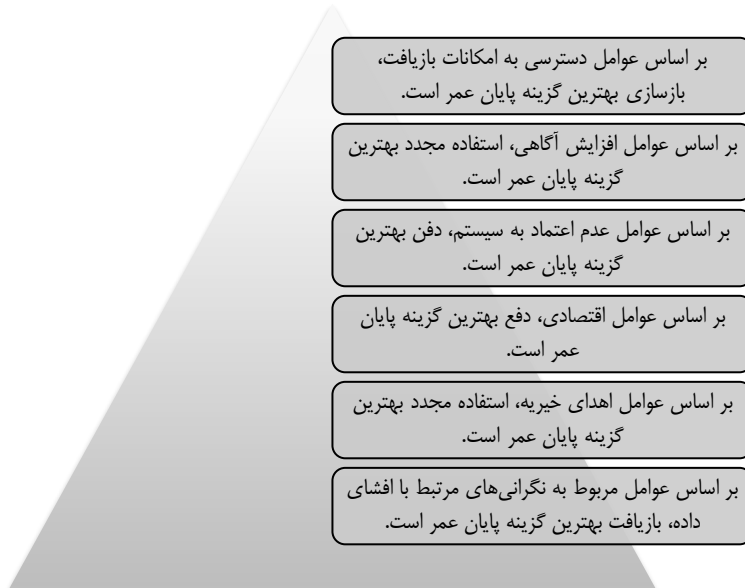


شکل ۸. نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله مراتب فازی

پس از انجام تحلیل سلسله مراتب فازی، نتایج زیر برای این پژوهش به دست آمد:

- بازسازی: این گزینه پایان عمر، در صورت در نظر گرفتن عواملی که به دسترسی به امکانات بازیافت مربوط هستند، به عنوان راه حل ترجیحی مطرح می‌شود. به عبارت دیگر، زمانی که امکانات بازیافت به راحتی در دسترس مصرف‌کنندگان قرار داشته باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که آن‌ها بازسازی را انتخاب کنند. این موضوع نشان می‌دهد که دسترسی آسان به زیرساخت‌های بازیافت، نقش اساسی در شکل‌دهی رفتار مصرف‌کنندگان به سمت شیوه‌های پایدار مدیریت ضایعات الکترونیکی ایفا می‌کند. بازسازی شامل فرآیند مرمت محصولات استفاده شده به مشخصات اولیه آن‌ها است که در نتیجه آن، طول عمر آن‌ها افزایش یافته و نیاز به مواد خام جدید کاهش می‌یابد.
 - استفاده مجدد: تحلیل‌ها نشان می‌دهد که استفاده مجدد، زمانی که بالا بردن آگاهی و شناخت به عنوان عامل ارزیابی در نظر گرفته شود، به راه حل مناسب پایان عمر تبدیل می‌شود. این موضوع حاکی از آن است که تلاش‌های مبدول برای افزایش آگاهی عمومی در مورد اهمیت استفاده مجدد از محصولات الکترونیکی می‌تواند منجر به پذیرش بیشتر این شیوه‌ی پایدار شود. استفاده مجدد شامل تمدید عمر محصولات با تغییر کاربری یا نوسازی آن‌ها است که در نتیجه آن، میزان تولید زباله کاهش یافته و منابع حفظ می‌شوند.
 - دفع: دفع زمانی که عواملی مانند عدم اعتماد به سیستم و مشوق‌های مالی را در نظر بگیریم، به عنوان راه حل ترجیحی پایان عمر مطرح می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که اعتماد مصرف‌کنندگان به اثربخشی سیستم‌های مدیریت ضایعات و وجود مشوق‌های مالی، نقش مهمی در شکل‌دهی رفتارهای مرتبط با دفع ایفا می‌کنند. روش‌های صحیح دفع، تضمین‌کننده ایمنی جمع‌آوری و پردازش ضایعات الکترونیکی هستند و خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی ناشی از شیوه‌های دفع نادرست را به حداقل می‌رساند.
 - بازیافت: بازیافت هنگام ارزیابی عواملی که به نگرانی‌های مربوط به افشای داده‌ها مربوط هستند، به عنوان راه حل بهینه پایان عمر شناخته می‌شود. این موضوع حاکی از آن است که نگرانی‌های مصرف‌کنندگان در مورد حریم خصوصی و امنیت داده‌هایشان در طول فرآیند بازیافت، بر انتخاب آن‌ها در گزینه‌های پایان عمر تأثیر می‌گذارد. بازیافت شامل بازیابی مواد با ارزش از ضایعات الکترونیکی به کمک فرآیندهایی مانند جداسازی، خرد کردن و پالایش است که در نتیجه آن، منابع حفظ شده و اثرات زیست‌محیطی کاهش می‌یابد.
- این یافته‌ها ماهیت چندوجهی تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان در مدیریت ضایعات الکترونیکی را برجسته می‌کند. با درک عواملی که ترجیحات مصرف‌کنندگان را در قبال گزینه‌های مختلف پایان عمر هدایت می‌کند، سیاست‌گذاران و ذینفعان می‌توانند مداخلات و ابتکارات هدفمندی را برای ترویج رفتارهای پایدار و ارتقای کلی شیوه‌های مدیریت ضایعات، توسعه دهند. شکل ۹ یافته‌های نظرسنجی را نشان

می‌دهد. چارچوب توسعه یافته، ابزاری مفید برای انتخاب روش مناسب پایان عمر نهایی برای ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی بر اساس یافته‌های تحقیق است.



شکل ۹. نتایج تحقیق

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش از رویکردی دوگانه بهره می‌گیرد. در مرحله نخست، مرور دقیقی بر منابع موجود در ادبیات علمی انجام شد. سپس، این مرور با تحلیلی جامع از داده‌های شبکه‌های اجتماعی، به‌ویژه توییتر، تکمیل گردید که شامل بررسی کلمات کلیدی و هشتک‌های مرتبط بود. این تحلیل طیف گسترده‌ای از عوامل کلیدی مؤثر بر مشارکت مصرف‌کنندگان در مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی را آشکار کرد. از جمله این عوامل می‌توان به دسترسی به امکانات بازیافت، سطح آگاهی زیست‌محیطی، اعتماد مصرف‌کنندگان به سیستم، مشوق‌های مالی، فرصت‌های مشارکت در امور خیریه و نگرانی‌های امنیت داده‌ها اشاره کرد. این یافته‌ها درک عمیق‌تری از انگیزه‌های بنیادی شکل‌دهنده رفتار مصرف‌کنندگان در قبال دفع ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی ارائه می‌دهد. این مطالعه چهار گزینه متمایز برای پایان عمر ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی پیشنهاد می‌دهد: بازسازی، استفاده مجدد، بازیافت و دفع. با تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از شبکه‌های اجتماعی و استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی، روابط میان این گزینه‌های پایان عمر و عوامل تأثیرگذار بر رفتار مصرف‌کنندگان شناسایی و ترسیم شدند.

این تحلیل بینش‌هایی درباره مناسب‌ترین گزینه‌های پایان عمر برای هر عامل ارائه می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، بازسازی با توجه به دسترسی به امکانات بازیافت به عنوان راه‌حل برتر شناخته می‌شود، در حالی که بازیافت در شرایطی که بر افزایش آگاهی زیست‌محیطی تأکید شود، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در سناریوهایی که اعتماد مصرف‌کنندگان کم است یا مشوق‌های مالی ناکافی وجود دارد، دفع به عنوان گزینه مناسب‌تر مطرح می‌شود. در نهایت، زمانی که مشارکت‌های خیریه و نگرانی‌های امنیت داده‌ها نقش کلیدی داشته باشند، استفاده مجدد بهینه‌ترین گزینه محسوب می‌شود. این پژوهش دو سهم اصلی به دانش موجود ارائه می‌کند. نخست، به شناسایی عواملی می‌پردازد که بر مشارکت مصرف‌کنندگان در مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی تأثیر می‌گذارند. دوم، مفهوم گزینه‌های بهینه پایان عمر برای این نوع ضایعات را از دیدگاه مصرف‌کنندگان بررسی می‌کند. در حالی که مطالعات پیشین عمدتاً بر مشارکت مصرف‌کنندگان در مناطق مختلف متمرکز بوده‌اند، شکاف مهمی در درک گزینه‌های بهینه پایان عمر از منظر مصرف‌کنندگان وجود دارد. رویکرد این تحقیق، با استفاده از کاوش داده‌های شبکه‌های اجتماعی برای تحلیل احساسات مصرف‌کنندگان در توییتر، دیدگاه تازه‌ای در این حوزه ارائه می‌دهد. نتایج این پژوهش نه تنها با یافته‌های تحقیقات قبلی همخوانی دارد، بلکه از طریق تحلیل رفتار مصرف‌کنندگان در مقیاس وسیع طی دو سال، اطلاعات غنی‌تری ارائه می‌کند و درک عمیق‌تری از رفتار و ترجیحات آنها فراهم می‌سازد.

لازم به ذکر است که این یافته‌ها ایستا نیستند و نیازمند پایش و ارزیابی مداوم هستند. روش‌شناسی به کار گرفته‌شده در این مطالعه را می‌توان برای بررسی گزینه‌های مناسب پایان عمر طیف وسیع‌تری از وسایل الکترونیکی، از جمله تلفن‌های همراه، لپ‌تاپ‌ها و تلویزیون‌ها، گسترش داد و بدین ترتیب گفتمان علمی در مورد این موضوع حیاتی را غنی‌تر ساخت. جهان ما با یک مشکل رو به افزایش مواجه است: ضایعات الکتریکی و الکترونیکی. رفتار مصرف‌کنندگان نقش مهمی در این موضوع ایفا می‌کند و بر ضرورت اولویت دادن به مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت و پردازش ضایعات الکتریکی و الکترونیکی از سوی دولت‌ها و شرکت‌ها تأکید می‌کند. این تمرکز برای حفاظت از محیط زیست و کاهش خطرات ناشی از افزایش مداوم ضایعات الکتریکی و الکترونیکی ضروری است. تحقیقات نشان می‌دهند که در نبود مشوق‌های مالی، سیستم دفع همچنان رایج‌ترین گزینه در چارچوب سلسله مراتب مدیریت ضایعات باقی می‌ماند. این یافته برای درک رفتار مصرف‌کنندگان مرتبط با مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی حیاتی است. این موضوع نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان در صورت نبود انگیزه‌های اقتصادی، به احتمال زیاد در پایان عمر دستگاه‌های الکترونیکی خود، آن‌ها را دور می‌اندازند. این یافته با تحقیقات موجود که بر اهمیت مشوق‌های مالی در ترویج بازیافت و رفتار مسئولانه زیست‌محیطی تأکید می‌کند، همسو است. این یافته همچنین بر تأثیر انکارنشدنی ملاحظات اقتصادی بر انتخاب‌های مصرف‌کنندگان در قبال مدیریت این نوع ضایعات صحنه می‌گذارد. شیوه‌های عملکردی و سیاست‌های صنعت باید این تأثیر قوی را به رسمیت بشناسند. بنابراین، ارتقای بازیافت پایدار و مدیریت مسئولانه ضایعات الکتریکی و الکترونیکی نیازمند استراتژی‌هایی است که به جنبه‌های مالی انگیزاننده رفتار مصرف‌کنندگان می‌پردازد. با درک این انگیزه‌ها و اجرای مشوق‌های هدفمند، می‌توانیم آینده پایدارتری برای مدیریت ضایعات الکترونیکی رقم بزنیم.

تحقیقات به طور قطعی اثرات مخرب ضایعات الکتریکی و الکترونیکی بر محیط زیست را نشان داده‌اند. دولت‌ها باید با حمایت از ابتکارات بازیابی ضایعات الکتریکی و تشویق تولیدکنندگان به اتخاذ شیوه‌های بازیافت مسئولانه، موضعی پیشگیرانه اتخاذ کنند. عدم رسیدگی به این موضوع منجر به افزایش تصاعدی این نوع ضایعات خواهد شد که تهدیدی جدی برای سلامت بوم‌شناختی به شمار می‌رود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل مختلفی مانند دسترسی به امکانات بازیافت، سطح آگاهی زیست‌محیطی، اعتماد مصرف‌کنندگان به سیستم، مشوق‌های مالی، و نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها تأثیر بسزایی در رفتار مصرف‌کنندگان نسبت به مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی دارند. برای اینکه این یافته‌ها به طور عملی در سیاست‌گذاری‌ها و عملکردهای صنعتی و مصرفی مورد استفاده قرار گیرند، توصیه می‌شود که سیاست‌گذاران و صنعتگران این عوامل را در طراحی و اجرای برنامه‌های مدیریت ضایعات در نظر بگیرند. به عنوان مثال، سیاست‌گذاران می‌توانند از این داده‌ها برای توسعه طرح‌های مشوق مالی بهره ببرند که مصرف‌کنندگان را به بازیافت و استفاده مجدد از تجهیزات الکتریکی ترغیب کند. همچنین، ایجاد کمپین‌های آگاهی‌بخشی با هدف افزایش شناخت عمومی از اهمیت مدیریت پایدار ضایعات الکتریکی، می‌تواند به تغییر رفتار مصرف‌کنندگان کمک کند. صنعتگران نیز می‌توانند با بهبود زیرساخت‌های بازیافت و ارائه گزینه‌های بازیافت مطمئن و آسان، اعتماد مصرف‌کنندگان را جلب کرده و مشارکت آن‌ها را افزایش دهند. در نهایت، برای ارتقای اثربخشی این سیاست‌ها، لازم است که دولت‌ها و شرکت‌ها از رویکردهای داده‌محور برای پایش و ارزیابی مداوم تأثیرات این اقدامات استفاده کنند. این امر نه تنها به بهبود مداوم برنامه‌ها کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی ضایعات الکتریکی و الکترونیکی نیز منجر شود. مصرف‌کنندگان نقش محوری در تولید ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ایفا می‌کنند. درک عواملی که بر مشارکت آن‌ها در برنامه‌های بازیافت تأثیر می‌گذارد، برای تدوین استراتژی‌های مؤثر مدیریت پایان عمر ضروری است. این پژوهش با بررسی مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی، به این درک حیاتی کمک می‌کند. در این پژوهش به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل کلیدی تأثیرگذار بر مشارکت مصرف‌کنندگان در طرح‌های مدیریت ضایعات الکتریکی پرداخته شد و توییت، به عنوان یک منبع غنی و پرکاربرد اطلاعات، به عنوان منبع داده برای تجزیه و تحلیل عمل کرد. با بهره‌گیری از تکنیک‌های کاوش داده، توییت‌های مرتبط با بازیافت تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی استخراج و از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین گزینه‌های مناسب پایان عمر برای تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی استفاده شد. چارچوب پیشنهادی چهار استراتژی کلیدی پایان عمر را در نظر می‌گیرد: استفاده مجدد، بازسازی، بازیافت و دفع. این استراتژی‌ها رویکردی جامع برای مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ارائه می‌دهند. یافته‌های این تحقیق، راه را برای بهبود مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، شناسایی روش‌های مناسب مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی در پایان عمر و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از ضایعات الکتریکی و الکترونیکی هموار می‌کند.

محدودیت‌های پژوهش

چارچوب تصمیم‌گیری پیشنهادی، تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را قادر می‌سازد تا استراتژی‌های بلندمدت پایدار برای مدیریت ضایعات الکترونیکی تدوین کنند. با وجود رشد مثبت در تحقیقات مربوط به ضایعات الکتریکی و الکترونیکی، هنوز شکاف‌هایی

وجود دارد، به‌ویژه در زمینه ایجاد شبکه‌های بازیافت قوی برای این دسته از ضایعات. مطالعات بیشتری برای بررسی ویژگی‌های انواع مختلف تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و فرآیندهای بازیافت مربوط به آن‌ها مورد نیاز است. تحقیقات آتی می‌توانند با استفاده از روش‌های متنوعی مانند مدل‌سازی نرم‌افزاری، تئوری بازار یا تکنیک‌های اکتشافی، به عمق بیشتری در تعامل مصرف‌کننده بپردازند. همچنین، گسترش دامنه داده‌ها فراتر از توییت‌های انگلیسی‌زبان و ادغام سایر پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی مانند فیس‌بوک و اینستاگرام می‌تواند درک جامع‌تری از رفتار مصرف‌کننده در قبال مدیریت ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی ارائه دهد. این پژوهش بستری را برای آینده‌ای فراهم می‌کند که در آن مدیریت مسئولانه تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی و شیوه‌های پایدار مصرف‌کننده همگام با هم به حفاظت از محیط زیست برای نسل‌های آینده کمک می‌کنند. در خصوص محدودیت‌های پژوهش حاضر، نکات زیر قابل توجه است:

- زبان داده‌ها: در این پژوهش، از توییت‌ها و هشنگ‌های انگلیسی برای تحلیل رفتار مصرف‌کنندگان بهره گرفته شده است. برای تعمیم نتایج به سایر زبان‌ها، ضروری است که مطالعات آتی داده‌های مربوط به زبان‌های دیگر را نیز مورد بررسی قرار دهند.
- سوگیری داده‌ها: این تحقیق از داده‌های توییت برای درک رفتار مصرف‌کنندگان استفاده می‌کند. با وجود اینکه توییت ابزار قدرتمندی برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به افکار عمومی است، ممکن است دارای سوگیری باشد و تمام گروه‌های جمعیتی را به طور یکسان پوشش ندهد. برای رفع این محدودیت، پیشنهاد می‌شود از روش‌های تحقیقاتی دیگری مانند نمونه‌گیری تصادفی یا مطالعات موردی در مطالعات آینده استفاده شود.
- تمرکز بر گزینه‌های مدیریت: این پژوهش بر روی چهار گزینه اصلی پایان عمر برای تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی تمرکز دارد. با وجود اینکه این روش‌ها در حال حاضر رایج‌ترین گزینه‌های مدیریت ضایعات الکترونیکی هستند، سایر گزینه‌های پایان عمر مانند ارتقا، اجاره و اشتراک‌گذاری نیز وجود دارند که می‌توانند در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرند.

پیشنهادات برای تحقیقات آتی

- برای ارتقای مدیریت پایدار ضایعات الکترونیکی و الکترونیکی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار، تحقیقات در زمینه‌های مختلف ضروری است. در این راستا، پیشنهادات زیر می‌توانند به تحقیقات آتی کمک کند:
- بررسی نقاط ضعف: مطالعه بیشتر در مورد نقاط ضعف موجود در این پژوهش و ارائه راهکارهایی برای غلبه بر آن‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت تحقیقات آینده کمک کند. این شامل تحلیل دقیق‌تر روش‌های جمع‌آوری داده‌ها و شناسایی نقاط ضعف در تحلیل‌های انجام شده است.
- درک عمیق‌تر از رفتار مصرف‌کننده: بررسی انگیزه‌ها، نگرش‌ها و موانع مرتبط با رفتار مصرف‌کننده در قبال مدیریت ضایعات الکترونیکی در کشورهای مختلف و زمینه‌های فرهنگی گوناگون. تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری مصرف‌کننده در رابطه با دفع، بازیافت و ارتقای ضایعات الکترونیکی. همچنین، توسعه مدل‌های رفتاری برای پیش‌بینی و هدایت رفتار مصرف‌کننده به سمت اقدامات پایدارتر در قبال این نوع ضایعات.
- نوآوری در بازیافت تجهیزات الکترونیکی: مطالعه ویژگی‌ها، مواد و چالش‌های بازیافت انواع مختلف تجهیزات الکترونیکی، از جمله لوازم خانگی، لوازم الکترونیکی مصرفی و تجهیزات صنعتی. همچنین، توسعه و بهینه‌سازی فرآیندهای بازیافت تجهیزات الکترونیکی برای دستیابی به بالاترین نرخ بازیافت و حداقل ضایعات.
- تحلیل سیاست‌های مالی: بررسی تأثیر سیاست‌های مالی و مشوق‌های اقتصادی بر رفتار مصرف‌کننده و تولیدکننده در زمینه مدیریت ضایعات الکترونیکی. شناسایی راهکارهای مالی که می‌تواند مصرف‌کنندگان را به مشارکت بیشتر در برنامه‌های بازیافت ترغیب کند.
- توسعه فناوری‌های نوین: تحقیق در زمینه فناوری‌های نوین و نوآورانه برای بازیافت و مدیریت ضایعات الکترونیکی، مانند استفاده از روباتیک و هوش مصنوعی در فرآیندهای بازیافت.
- آموزش و آگاهی‌رسانی: بررسی تأثیر برنامه‌های آموزشی و کمپین‌های آگاهی‌رسانی بر رفتار مصرف‌کننده در زمینه مدیریت ضایعات. ارزیابی اثربخشی روش‌های مختلف آموزش و آگاهی‌رسانی برای ترویج رفتارهای پایدار.
- تحلیل مقایسه‌ای بین کشورها: انجام مطالعات مقایسه‌ای بین کشورها و مناطق مختلف به منظور شناسایی بهترین شیوه‌ها و چالش‌های مشترک در مدیریت ضایعات الکترونیکی.
- توسعه استراتژی‌های مشارکت: بررسی روش‌های جدید برای ترویج مشارکت جامعه و سازمان‌های غیرانتفاعی در برنامه‌های بازیافت و مدیریت ضایعات.

- مطالعه تأثیرات زیست‌محیطی: ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی ناشی از روش‌های مختلف ضایعات الکتریکی و الکترونیکی به منظور شناسایی استراتژی‌های پایدارتر.

با انجام تحقیقات جامع و متمرکز در این زمینه‌های کلیدی، می‌توان به‌طور قابل توجهی مدیریت ضایعات الکتریکی و الکترونیکی را ارتقا داده، به حفظ منابع ارزشمند کمک کرد و به اهداف توسعه پایدار دست یافت.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدهی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

- Aslani Liayi, V., Abedi, S., Iradjpour, A., Ehtesham, R. (2021). Proposing a Model for Evaluating Multi-Capabilities of Sustainable Supply Chain Based on Artificial Intelligence. *Journal of Industrial Management Perspective*, 11(3), 107-129. doi: 10.52547/jimp.11.3.107 (In persian).
- Agrawal, S., Singh, R. K., Murtaza, Q. (2018). Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: a case study. *Journal of Remanufacturing*, 8(3), 115-129.
- Awasthi, A. K., Cucchiella, F., D'Adamo, I., Li, J., Rosa, P., Terzi, S., Zeng, X. (2018). Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. *Science of the Total Environment*, 613, 46-53.
- Bernstad, A., la Cour Jansen, J., Aspegren, H. (2011). Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment—A Swedish case study. *Waste Management*, 31(3), 536-543.
- Bhattacharjya, J., Ellison, A., Tripathi, S. (2016). An exploration of logistics-related customer service provision on Twitter: The case of e-retailers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(6/7), 659-680.
- Chae, B. K. (2015). Insights from hashtag# supplychain and Twitter Analytics: Considering Twitter and Twitter data for supply chain practice and research. *International Journal of Production Economics*, 165, 247-259.
- Corsini, F., Gusmerotti, N. M., Frey, M. (2020). Consumer's circular behaviors in relation to the purchase, extension of life, and end of life management of electrical and electronic products: A review. *Sustainability*, 12(24), 10443.
- Farokh, M. (2023). Designing a Sustainable Closed-Loop Supply Chain Model Considering Carbon Tax and Technology Selection in the Battery Industry. *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(4), 46-84. <https://doi.org/10.48308/jimp.13.4.46> (In persian).
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The global e-waste monitor 2020. *Quantities, flows, and the circular economy potential*, 1-119.
- Frempong, J., Chai, J., Ampaw, E. M., Amofah, D. O., Ansong, K. W. (2020). The relationship among customer operant resources, online value co-creation and electronic-word-of-mouth in solid waste management marketing. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119228.
- Galante, A. M. S., Campos, L. L. (2012). Mapping radiation fields in containers for industrial γ -irradiation using polycarbonate dosimeters. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(7), 1264-1266.
- Guo, J., Tang, B., Huo, Q., Liang, C., Gen, M. (2021). Fuzzy programming of dual recycling channels of sustainable multi-objective waste electrical and electronic equipment (WEEE) based on triple bottom line (TBL) theory. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(10), 10231-10244.
- Govindan, K., Darbari, J. D., Agarwal, V., Jha, P. C. (2017). Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1598-1619.
- Ghanadpour, S. H., Shokouhyar, S., Pourabbasi, M. (2022). Effective end-of-life (EOL) products management in mobile phone industry with using Twitter data analysis perspective. *Environment, Development and Sustainability*, 1-30. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-022-02529-7>
- Huisman, J. (2012). Eco-efficiency evaluation of WEEE take-back systems. *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook*, Woodhead Publishing, 93-119.
- Islam, M. T., Huda, N. (2018). Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 48-75.
- Jiang, P., Van Fan, Y., Klemeš, J. J. (2021). Data analytics of social media publicity to enhance household waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105146.
- Jayasiri, G., Herat, S., Kaparaju, P. (2023). Management of Small WEEE: Future Directions for Australia. *Sustainability*, 15(18), 13543.

19. Jayasiri, G., Herat, S., Kaparaju, P. (2024). Repair and Reuse or Recycle: What Is Best for Small WEEE in Australia? *Sustainability*, 16(7), 3035.
20. Knickmeyer, D. (2020). Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. *Journal of cleaner production*, 245, 118605.
21. Kumar, A., & Chandrahasan, R. (2023). Impact of heavy metals from electronic waste on bird species concerning biodiversity: A case study in Bellandur lake, Bengaluru, India. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 10(3): 267-272. <http://dx.doi.org/%2010.34172/EHEM.2023.30>.
22. Lee, L. C., Zhang, L., Chen, X., Gui, S., Zhou, S. (2023). An overview study on management and implementation of WEEE in China. *Environment, Development and Sustainability*, 25(9), 10285-10300.
23. Lamah, L., Degny, B. F., Yable, D. D., Haba, C. T. (2024). Critical analysis of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) management in Côte d'Ivoire: Challenges and prospects. *Journal of Mater Environment Science*, 15(3), 427, 440.
24. Mintz, K. K., Henn, L., Park, J., Kurman, J. (2019). What predicts household waste management behaviors? Culture and type of behavior as moderators. *Resources, Conservation and Recycling*, 145, 11-18.
25. Miliute-Plepiene, J., Hage, O., Plepys, A., Reipas, A. (2016). What motivates households recycling behaviour in recycling schemes of different maturity? Lessons from Lithuania and Sweden. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 40-52.
26. Narimaani Gh., Issa F., Faghfari Farahmand, N., Pilevari, N., Rahmani, K., Motedal, M. R., (2021). Design of a fuzzy inference system for evaluating the green supply chain of export-oriented manufacturing companies, *Journal of Industrial Management Perspective*, 11(3), 125-144. (In persian).
27. Nnorom, I. C., Osibanjo, O. (2008). Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, conservation and recycling*, 52(6), 843-858.
28. Rompf, S. A. (2014). System trust and cooperation: the case of recycling behavior.
29. Shevchenko, T., Laitala, K., Danko, Y. (2019). Understanding consumer E-waste recycling behavior: introducing a new economic incentive to increase the collection rates. *Sustainability*, 11(9), 2656.
30. Singh, A., Shukla, N., Mishra, N. (2018). Social media data analytics to improve supply chain management in food industries. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 398-415.
31. Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., Jafari, H. (2017). Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design. *Computers & industrial engineering*, 109, 191-203.
32. Sun, Y. (2022). Social Media and Influence Detection: A Literature Review on Twitter.
33. Sun, Y., Leng, K., Xiong, H. (2022). Research on the influencing factors of consumers' green purchase behavior in the post-pandemic era. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 69, 103118.
34. Shokouhyar, S., Shahrasbi, A. (2021). Revealing the reality behind consumers' participation in WEEE treatment schemes: a mixed method approach. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-32.
35. Shoukoohyar, S., Seddigh, M. R. (2020). Uncovering the dark and bright sides of implementing collaborative forecasting throughout sustainable supply chains: An exploratory approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120059.
36. Tansel, B. (2017). From electronic consumer products to e-wastes: Global outlook, waste quantities, recycling challenges. *Environment international*, 98, 35-45.
37. Varotto, A., Spagnolli, A. (2017). Psychological strategies to promote household recycling. A systematic review with meta-analysis of validated field interventions. *Journal of Environmental Psychology*, 51, 168-188.
38. Wang, Q., Wang, X. (2022). An Expert Decision-Making System for Identifying Development Barriers in Chinese Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Recycling Industry. *Sustainability*, 14(24), 16721. <https://doi.org/10.3390/su142416721>.
39. Wath, S. B., Vaidya, A. N., Dutt, P. S., Chakrabarti, T. (2010). A roadmap for development of sustainable E-waste management system in India. *Science of the Total Environment*, 409(1), 19-3.
40. Ylä-Mella, J., Keiski, R. L., Pongrácz, E. (2015). Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. *Waste management*, 45, 374-384.
41. Zuo, L., Wang, C., Sun, Q. (2020). Sustaining WEEE collection business in China: The case of online to offline (O2O) development strategies. *Waste Management*, 101, 222-230.