



مدیریت محیط‌زیستی و قابلیت ردیابی بازیافت مواد ثانویه در اقتصاد چرخشی

سارا نری میسا^۱، محمدمهدی مجاهدیان^{۲*}

۱- دکترای تخصصی محیط زیست. معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران. ایمیل: saranarimisa@gmail.com

۲- دکترای اقتصاد و مدیریت دارو، گروه داروسازی بالینی و اقتصاد دارو، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی ایران. ایمیل:

mahdimojahedian@gmail.com

* نویسنده مسئول

چکیده

افزایش فشار بر منابع طبیعی، تشدید بحران‌های زیست‌محیطی و ناپایداری الگوهای تولید و مصرف، ضرورت گذار از اقتصاد خطی به اقتصاد چرخشی را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این میان، بازیافت مواد ثانویه به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد چرخشی، نقشی کلیدی در کاهش مصرف منابع بکر و اثرات منفی محیط‌زیستی ایفا می‌کند. با این حال، فقدان چارچوب‌های یکپارچه مدیریتی، ضعف در قابلیت ردیابی و نادیده‌گرفتن ابعاد اجتماعی، کارایی و پایداری فرآیندهای بازیافت را با چالش مواجه کرده است. هدف پژوهش حاضر، تبیین و تحلیل یک چارچوب جامع برای مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه با تأکید بر اصول اقتصاد چرخشی، دیدگاه چرخه عمر و قابلیت ردیابی است. روش پژوهش از نوع تحلیل اسنادی و تطبیقی بوده و مبتنی بر بررسی نظام‌مند استانداردها و اسناد بین‌المللی مرتبط انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که استقرار یک چارچوب مدیریتی یکپارچه، ضمن بهبود کیفیت فرآیندهای بازیافت و شفافیت زنجیره ارزش، موجب کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی و اجتماعی و افزایش اعتماد بازار به مواد ثانویه می‌شود. این پژوهش می‌تواند مبنایی علمی برای سیاست‌گذاری و طراحی نظام‌های بازیافت پایدار در راستای تحقق اقتصاد چرخشی فراهم آورد.

کلمات کلیدی: اقتصاد چرخشی، بازیافت مواد، مدیریت محیط‌زیستی، قابلیت ردیابی، چرخه عمر، پایداری

Environmental Management and Traceability of Secondary Material Recycling in the Circular Economy

Sara Narimisa¹, Mohammad Mahdi Mojahedian^{2,*}

1- PhD in Environment. Deputy of Food and Drug Administration, Iran University of Medical Sciences. Email:

saranarimisa@gmail.com

2- Department of Clinical pharmacy and Pharmacoeconomics, School of Pharmacy, Iran University of Medical Sciences. Email:

mahdimojahedian@gmail.com

* Corresponding Author

Abstract

The growing pressure on natural resources and the unsustainability of production-consumption patterns necessitate a shift from a linear to a circular economy. As a key pillar of this paradigm, secondary material recycling reduces virgin resource consumption and environmental impacts. However, the absence of integrated management frameworks, weak traceability, and overlooked social dimensions undermine the efficiency and sustainability of recycling processes. This study develops and analyzes a comprehensive framework for the environmental management of secondary material recycling, emphasizing circular economy principles, the life-cycle perspective, and traceability. Employing a documentary and comparative analysis based on a systematic review of international standards, the findings reveal that an integrated management framework improves recycling quality and value-chain transparency while reducing environmental and social risks and enhancing market confidence in secondary materials. The study offers a scientific foundation for policymaking and the design of sustainable recycling systems toward a circular economy.

Keywords: Circular Economy, Material Recycling, Environmental Management, Traceability, Life Cycle, Sustainability

مقدمه

رشد شتابان جمعیت، توسعه صنعتی و افزایش الگوهای مصرف در دهه‌های اخیر، منجر به برداشت فزاینده از منابع طبیعی و تولید حجم عظیمی از پسماند در مقیاس جهانی شده است. این روند، فشار بی‌سابقه‌ای بر اکوسیستم‌ها وارد کرده و ظرفیت‌های بازتولید طبیعی منابع را با تهدید جدی مواجه ساخته است. در چنین شرایطی، اقتصاد خطی مبتنی بر الگوی «استخراج-تولید-مصرف-دفع» نه تنها به کاهش منابع بکر و اتلاف سرمایه‌های طبیعی منجر شده، بلکه با تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش انتشار آلاینده‌ها و تعمیق نابرابری‌های اجتماعی، پایداری توسعه را با چالش‌های اساسی روبه‌رو کرده است (۱۸).

در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم اقتصاد چرخشی به‌عنوان رویکردی نظام‌مند و جایگزین برای الگوی خطی مطرح شده است (۱۰). اقتصاد چرخشی با تمرکز بر حفظ ارزش منابع، بستن چرخه‌های مواد و انرژی، کاهش تولید پسماند و حداقل‌سازی اثرات منفی زیست‌محیطی، تلاش می‌کند تعادلی پایدار میان رشد اقتصادی، حفاظت از محیط‌زیست و رفاه اجتماعی برقرار سازد. این رویکرد، بازیافت را نه به‌عنوان یک فعالیت انتهایی، بلکه به‌مثابه بخشی جدایی‌ناپذیر از یک سامانه یکپارچه مدیریت منابع در طول چرخه عمر محصولات و مواد در نظر می‌گیرد (۱۱). در این چارچوب، بازیافت مواد ثانویه یکی از مهم‌ترین ابزارهای عملیاتی اقتصاد چرخشی محسوب می‌شود که می‌تواند نقش مؤثری در کاهش وابستگی به منابع بکر، صرفه‌جویی در انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی ایفا کند. با این حال، تجربه‌های عملی نشان می‌دهد که بازیافت در صورت فقدان چارچوب‌های مدیریتی شفاف، یکپارچه و مبتنی بر دیدگاه چرخه عمر، می‌تواند خود به منبعی از آلودگی، افت کیفیت مواد بازیافتی، انتقال بارهای زیست‌محیطی و بروز ریسک‌های اجتماعی و بهداشتی تبدیل شود (۲۱).

از سوی دیگر، نادیده گرفتن ابعاد اجتماعی بازیافت، به‌ویژه نقش فعالیت‌های معیشتی و غیررسمی در زنجیره تأمین مواد ثانویه، می‌تواند به تشدید نابرابری‌ها، ناایمنی شغلی و کاهش کارایی کلی نظام بازیافت منجر شود (۱۶ و ۱۷). همچنین، نبود سامانه‌های قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات در زنجیره ارزش بازیافت، اعتماد ذی‌نفعان و پذیرش بازار مواد ثانویه را تضعیف می‌کند (۸). از این‌رو، توجه هم‌زمان و متوازن به ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی بازیافت، به‌عنوان یک ضرورت اساسی در مسیر تحقق توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی مطرح است (۱۹). پژوهش حاضر در همین راستا، با هدف پاسخ‌گویی به این خلأ، به تحلیل و تبیین چارچوب‌های مفهومی و اجرایی مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه می‌پردازد و می‌کوشد با تأکید بر اصول اقتصاد چرخشی، دیدگاه چرخه عمر و قابلیت ردیابی، زمینه‌ای برای طراحی و استقرار نظام‌های بازیافت پایدار و مسئولانه فراهم آورد.



شکل ۱ اقتصاد چرخشی، یک سیستم اقتصادی با هدف کاهش ضایعات و مصرف پیوسته منابع است

بیان مسئله پژوهش

با وجود توسعه استانداردها و سیاست‌های مرتبط با اقتصاد چرخشی (۱۰ و ۱۱) در بسیاری از نظام‌های بازیافت، تصمیم‌گیری‌ها به‌صورت بخشی و بدون توجه به کل چرخه عمر مواد انجام می‌شود. این رویکرد می‌تواند منجر به انتقال بارهای زیست‌محیطی، افت کیفیت مواد بازیافتی، افزایش ریسک‌های بهداشتی و کاهش اعتماد بازار به مواد ثانویه شود (۱ و ۴). از سوی دیگر، نقش فعالیت‌های معیشتی در زنجیره بازیافت، که در بسیاری از کشورها سهم قابل‌توجهی از تأمین مواد ثانویه را بر عهده دارند، اغلب به‌درستی مدیریت نمی‌شود (۱۶). نبود سامانه‌های قابلیت ردیابی جامع نیز مانع از شفافیت، پاسخ‌گویی و ارزیابی دقیق اثرات محیط‌زیستی و اجتماعی بازیافت می‌گردد (۸). بر این اساس، مسئله اصلی پژوهش

حاضر عبارت است از: چگونه می‌توان با بهره‌گیری از اصول اقتصاد چرخشی، دیدگاه چرخه عمر و قابلیت ردیابی، یک چارچوب جامع و کارآمد برای مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه طراحی کرد؟

اهداف و پرسش‌های پژوهش

هدف اصلی

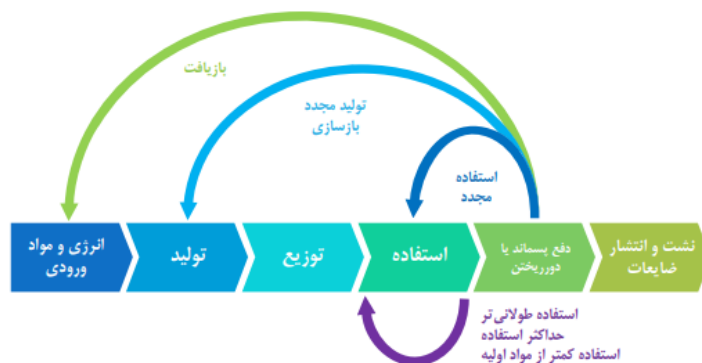
تبیین و تحلیل یک چارچوب مفهومی جامع برای مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه در اقتصاد چرخشی.

اهداف فرعی

۱. شناسایی اصول کلیدی بازیافت پایدار مواد ثانویه
۲. تحلیل نقش دیدگاه چرخه عمر در انتخاب مسیرهای بهینه بازیافت
۳. بررسی تأثیر قابلیت ردیابی بر شفافیت و کیفیت زنجیره بازیافت
۴. تبیین جایگاه فعالیت‌های معیشتی در پایداری اجتماعی بازیافت
۵. ارائه یک مدل مفهومی یکپارچه برای پیاده‌سازی بازیافت مسئولانه

پرسش‌های پژوهش

- اصول حاکم بر مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه کدام‌اند؟
- قابلیت ردیابی چه نقشی در کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی و اجتماعی دارد؟
- دیدگاه چرخه عمر چگونه به بهینه‌سازی مسیرهای بازیافت کمک می‌کند؟



شکل ۲ تصویری از مفهوم اقتصاد چرخشی

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اقتصاد چرخشی

اقتصاد چرخشی رویکردی است که با بستن جریان مواد و انرژی، تلاش می‌کند ارزش منابع را در طول چرخه عمر حفظ یا افزایش دهد. (۱۰) این رویکرد، بازیافت را نه صرفاً به عنوان یک فعالیت انتهایی، بلکه به عنوان بخشی از یک سامانه یکپارچه در نظر می‌گیرد. (۱۱)

دیدگاه چرخه عمر

دیدگاه چرخه عمر با ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و اجتماعی محصولات از استخراج مواد اولیه تا پایان عمر، از انتقال بارهای زیست‌محیطی جلوگیری کرده و مبنایی علمی برای تصمیم‌گیری فراهم می‌آورد. (۲)

قابلیت ردیابی

قابلیت ردیابی به توانایی ثبت و پیگیری جریان مواد و اطلاعات در زنجیره ارزش اشاره دارد و یکی از پیش‌نیازهای شفافیت، اعتماد و مسئولیت‌پذیری در بازیافت مواد ثانویه محسوب می‌شود. (۸)

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد تحلیل اسنادی کیفی (Qualitative Document Analysis) و با بهره‌گیری از منطق تحلیل محتوای جهت‌دار (Directed Content Analysis) طراحی شده است. در این روش، تمرکز بر بررسی و تحلیل نظام‌مند محتوای اسنادها، راهنماها و اسناد بین‌المللی معتبر مرتبط با موضوع پژوهش قرار دارد تا چارچوبی مستدل، مبتنی بر شواهد و قابل تعمیم برای مطالعه ارائه شود.

جامعه و نمونه آماری: جامعه آماری پژوهش شامل کلیه اسناد، استانداردها و راهنماهای بین‌المللی منتشرشده در حوزه‌های مدیریت محیط‌زیست، اقتصاد چرخشی و ارزیابی چرخه عمر (Life Cycle Assessment - LCA) است. نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند (Purposive Sampling) و بر اساس معیارهای ورود از پیش تعیین‌شده انجام شده است. ۴، ۶.

معیارهای ورود اسناد به مطالعه شامل: اعتبار علمی و نهادی منبع (انتشار توسط سازمان‌های بین‌المللی معتبر نظیر ISO، ILO و نهادهای مرجع محیط‌زیستی)، مرتبط بودن مستقیم با موضوع پژوهش، و جامعیت و روزآمدی پوشش موضوعی. اسنادی که فاقد این معیارها بودند از فرآیند تحلیل حذف شدند. فرآیند گردآوری داده‌ها با رویکردی نظام‌مند و مبتنی بر پروتکل جست‌وجوی ساختاریافته انجام شده است. بدین منظور، پس از شناسایی کلیدواژه‌های اصلی و مترادف‌های تخصصی آن‌ها، جست‌وجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده و وبسایت‌های رسمی نهادهای مرجع صورت گرفت و اسناد بازبایی‌شده بر اساس معیارهای ورود غربالگری شدند. (۱۸)

روش تحلیل داده‌ها: پس از گردآوری، تحلیل داده‌ها با رویکرد تحلیل تطبیقی (Comparative Analysis) و با استفاده از تکنیک کدگذاری باز و محوری (Open and Axial Coding) انجام شده است. در این مرحله، استانداردها و راهنماهای مختلف به‌صورت نظام‌مند با یکدیگر مقایسه شده و تشابهات، تفاوت‌ها و خلأهای موجود در قالب مقوله‌های مفهومی شناسایی و طبقه‌بندی شدند. (۵ و ۶)

اعتبار و پایایی: برای تضمین اعتبار درونی (Internal Validity) یافته‌ها از تکنیک مثلث‌سازی منابع (Source Triangulation) و برای افزایش پایایی از بازبینی همتا (Peer Review) و مستندسازی کامل فرآیند تحلیل استفاده شده است. (۵ و ۶) در نهایت، استفاده از تحلیل تطبیقی، زمینه را برای شناسایی بهترین شیوه‌ها (Best Practices) و سیاست‌های قابل اقتباس در سطوح ملی و سازمانی فراهم می‌کند و امکان ارائه مدل مفهومی یکپارچه را میسر می‌سازد. (۵ و ۶)

مدل مفهومی و فرضیه‌های پژوهش

مدل مفهومی

در مدل مفهومی پژوهش، اصول اقتصاد چرخشی، دیدگاه چرخه عمر، قابلیت ردیابی و مدیریت فعالیت‌های معیشتی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند. این عوامل از طریق متغیرهای میانجی شامل کیفیت فرآیندهای بازیافت و شفافیت زنجیره ارزش، بر پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی بازیافت و در نهایت بر اعتماد و پذیرش بازار مواد ثانویه اثر می‌گذارند.

فرضیه‌ها

- H1: اصول اقتصاد چرخشی تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت فرآیندهای بازیافت دارند.
- H2: دیدگاه چرخه عمر تأثیر مثبت و معناداری بر کیفیت فرآیندهای بازیافت دارد.
- H3: قابلیت ردیابی تأثیر مثبت و معناداری بر شفافیت زنجیره ارزش دارد.
- H4: شفافیت زنجیره ارزش تأثیر مثبت و معناداری بر پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی بازیافت دارد.
- H5: کیفیت فرآیندهای بازیافت تأثیر مثبت و معناداری بر پایداری بازیافت دارد.
- H6: مدیریت فعالیت‌های معیشتی نقش تعدیل‌گر در رابطه بین قابلیت ردیابی و پایداری بازیافت ایفا می‌کند.
- H7: پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی بازیافت تأثیر مثبت و معناداری بر اعتماد و پذیرش بازار مواد ثانویه دارد.

بحث

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بازیافت مواد ثانویه بدون در نظر گرفتن یک چارچوب مدیریتی جامع، نمی‌تواند به اهداف اقتصاد چرخشی دست یابد. (۱۰ و ۱۱) ترکیب دیدگاه چرخه عمر با سامانه‌های قابلیت ردیابی و توجه به ابعاد اجتماعی، به‌ویژه فعالیت‌های معیشتی، می‌تواند کارایی و پایداری بازیافت را به‌طور معناداری افزایش دهد. این نتایج با ادبیات بین‌المللی حوزه توسعه پایدار هم‌راستا است. (۱۸)

نتیجه‌گیری

بر اساس تحلیل نظام‌مند استانداردهای بین‌المللی و بررسی تطبیقی چارچوب‌های موجود، نتایج پژوهش در چند محور اصلی قابل دسته‌بندی است:

- اصول کلیدی بازیافت پایدار مواد ثانویه تحلیل استانداردهای سری ISO 14000 و ISO 59000 نشان داد که بازیافت پایدار مواد ثانویه نیازمند رعایت اصولی چون جداسازی مسئولانه در مبدأ، طراحی برای بازیافت، حداقل‌سازی افت کیفیت در چرخه‌های متوالی بازیافت و

- انتگراسیون معیارهای محیط‌زیستی در تمام مراحل زنجیره ارزش است. استاندارد ISO 14001 چارچوبی برای استقرار سیستم مدیریت محیط‌زیستی فراهم می‌کند که می‌تواند بستر سازمای برای پیاده‌سازی این اصول باشد.
- نقش دیدگاه چرخه عمر در بهینه‌سازی مسیرهای بازیافت یافته‌ها نشان می‌دهد که به‌کارگیری دیدگاه چرخه عمر از طریق استانداردهای ارزیابی چرخه عمر (ISO 14040، ISO 14044) و ردپای کربن محصول ISO 14067، امکان شناسایی نقاط بحرانی در زنجیره بازیافت و انتخاب مسیرهای بهینه را فراهم می‌کند. این رویکرد از انتقال بارهای زیست‌محیطی بین مراحل مختلف چرخه عمر جلوگیری کرده و مبنایی علمی برای مقایسه گزینه‌های مختلف بازیافت ارائه می‌دهد.
 - تأثیر قابلیت ردیابی بر شفافیت و کیفیت زنجیره بازیافت بررسی استاندارد ISO 22095 نشان داد که استقرار سامانه‌های زنجیره تأمین (Chain of Custody) در بازیافت مواد ثانویه، شفافیت اطلاعاتی را افزایش داده و امکان ردیابی مواد از مبدأ تا مقصد را فراهم می‌کند. این امر به کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی و اجتماعی، افزایش اعتماد بازار و تسهیل ممیعت از مقررات و استانداردهای محیط‌زیستی منجر می‌شود.
 - جایگاه فعالیت‌های معیشتی در پایداری اجتماعی بازیافت تحلیل اسناد سازمان بین‌المللی کار ILO، نشان داد که فعالیت‌های معیشتی و غیررسمی در زنجیره بازیافت، علی‌رغم سهم قابل توجه در تأمین مواد ثانویه، با چالش‌هایی چون ناایمنی شغلی، فقدان حمایت‌های نهادی و نابرابری‌های اجتماعی مواجه هستند. ادغام این فعالیت‌ها در چارچوب‌های رسمی مدیریت بازیافت، ضمن افزایش پایداری اجتماعی، به بهبود کارایی کل نظام بازیافت نیز کمک می‌کند.
 - مدل مفهومی یکپارچه بر اساس یافته‌های فوق، مدل مفهومی پژوهش تأیید می‌کند که اصول اقتصاد چرخشی دیدگاه چرخه عمر و قابلیت ردیابی به عنوان متغیرهای مستقل، از طریق بهبود کیفیت فرآیندهای بازیافت و شفافیت زنجیره ارزش، به پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی بازیافت و در نهایت به اعتماد و پذیرش بازار مواد ثانویه منجر می‌شوند. همچنین، مدیریت فعالیت‌های معیشتی نقش تعدیل‌گر در این رابطه ایفا می‌کند.

پیشنهادهای

- پژوهش حاضر نشان داد که مدیریت محیط‌زیستی بازیافت مواد ثانویه نیازمند رویکردی چندبعدی و یکپارچه است. به‌کارگیری اصول اقتصاد چرخشی، دیدگاه چرخه عمر و قابلیت ردیابی، می‌تواند زمینه‌ساز کاهش ریسک‌ها، افزایش کیفیت مواد بازیافتی و تقویت اعتماد بازار شود. پیشنهاد می‌شود: چارچوب ارائه‌شده به‌عنوان مبنای سیاست‌گذاری ملی مورد استفاده قرار گیرد.
۱. سازمان‌ها سامانه‌های قابلیت ردیابی جامع را توسعه دهند.
 ۲. حمایت نهادی از فعالیت‌های معیشتی در زنجیره بازیافت تقویت شود.

منابع

1. ISO ISO 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use
2. ISO 14008, Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects
3. ISO 14046, Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines
4. ISO 14051, Environmental management — Material flow cost accounting — General framework
5. ISO 14055-1, Environmental management — Guideline for establishing good practices for combatting land degradation and desertification — Part 1: Good practices framework
6. ISO 14067, Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines quantification
7. ISO 20400, Sustainable procurement — Guidance
8. ISO 22095, Chain of custody — General terminology and models
9. ISO 37001, Anti-bribery management systems — Requirements with guidance for use
10. ISO 59010, Circular economy — Guidance on the transition of business models and value networks
11. ISO 59020, Circular economy — Measuring and assessing circularity performance
12. ISO/TR 59031, Circular economy — Performance-based approach — Analysis of cases studies
13. ISO/TR 59032, Circular economy — Review of existing value networks
14. ISO 590405, Circular economy — Product circularity data sheet
15. ISO/IEC Guide 51:2014, Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards

16. International Labour Organization (ILO). What is child labour. Available at: <https://www.ilo.org/ipecc/facts/lang--en/index.htm>
17. International Labour Organization (ILO). Forced Labour Convention, 1930 (No. 29). 1930. Available <https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100ILOCODE:C029>
18. United Nations. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. The Brundtland Report. UN, 1987
19. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2015.