



تحلیل موانع بازیافت زباله با استفاده از رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری

الهام شفائی مقدم^{*۱}

^{*۱} - گروه علوم اجتماعی، دانشکده علوم انسانی و حقوق، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<p>مقدمه: مدیریت پسماند عمدتاً بر دفع زباله تمرکز دارد و سه روش اصلی آن شامل سوزاندن، دفن و بازیافت است. در این میان، بازیافت به دلیل مزایای زیست محیطی و اقتصادی اهمیت بیشتری دارد و به دو بخش رسمی و غیررسمی تقسیم می شود. بازیافت رسمی، هرچند پایدارتر است، اما به دلیل هزینه های بالا با چالش هایی مواجه است، در حالی که بازیافت غیررسمی با هزینه های کمتر، اثرات زیست محیطی منفی دارد. با بررسی نظریات مرتبط، نظریه رفتار برنامه ریزی شده نشان می دهد که نگرش های زیست محیطی، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری بر مشارکت در بازیافت تأثیرگذارند و موانعی نظیر آگاهی ناکافی و عدم تشویق اجتماعی می توانند در این چارچوب تحلیل شوند. نظریه اقتصاد چرخه ای بر کاهش ضایعات و استفاده مجدد تأکید دارد، اما چالش هایی مانند کمبود مواد اولیه و رقابت با تولیدکنندگان مواد بکر، تحقق آن را دشوار می سازد. نظریه نهادگرایی بر نقش سیاست های دولتی و حمایت های نهادی تأکید دارد و نشان می دهد که نبود یارانه ها، معافیت های مالیاتی و بروکراسی پیچیده از موانع نهادی کلیدی در صنعت بازیافت هستند. همچنین، نظریه هزینه مبادله توضیح می دهد که هزینه های بالای جمع آوری، پردازش و توزیع زباله، رقابت بازیافت با روش های ارزان تری مانند دفن زباله را دشوار می سازد.</p>
تاریخچه مقاله:	
دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹	
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹	
کلمات کلیدی:	
بازیافت	
دفع زباله	
پسماند	
توسعه پایدار	
	<p>مواد و روش ها: در این مطالعه از روش مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) برای تحلیل موانع بازیافت زباله استفاده شد. در این روش، ابتدا از طریق بررسی ادبیات و مطالعات میدانی ۱۵ مانع کلیدی را شناسایی گردید. سپس، با نظرسنجی از ۹ کارشناس مدیریت پسماند، ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) تشکیل شد که روابط میان موانع را بر اساس معیارهای علیت و تأثیرگذاری مشخص می کرد. در مرحله بعد، ماتریس دستیابی اولیه ایجاد و با استفاده از قانون بولین اصلاح شد تا به ماتریس دستیابی نهایی برسد. این ماتریس، مبنای سطح بندی موانع و تحلیل MICMAC قرار گرفت.</p> <p>نتایج: خروجی نرم افزار، موانع بازیافت زباله در این تحقیق را ۷ سطح دسته بندی نمود. در سطح اول، موانعی مانند نبود یارانه از سوی دولت، عدم معافیت مالیاتی، کاغذبازی زیاد یا بروکراسی، کمبود نیروی کار ماهر، کمبود آب و کمبود بودجه قرار دارند. در سطح دوم، موانع سود پایین و کمبود فضای دفن برای باقی مانده ها پس از پردازش زباله شناسایی شده اند. در سطح سوم، هزینه بالای عملیات پایدار از نظر زیست محیطی و رقابت شدید با تولیدکنندگان مواد بکر قرار دارند. در سطح چهارم، موانع هزینه بالای تهیه مواد و کیفیت پایین محصول بازیافتی به چشم می خوردند. در سطح پنجم، هزینه بالای فناوری شناسایی شده است، در حالی که برنامه ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله در سطح ششم قرار دارد. در نهایت، کمبود مواد اولیه در سطح هفتم قرار دارد که به عنوان عامل کلیدی در فرآیند بازیافت شناخته می شود.</p>

بحث: نتایج ISM نشان داد که موانع فوق به دو دسته عوامل مستقل و عوامل خودمختار اصلی تقسیم می‌شوند. عوامل مستقل، مانند کمبود مواد اولیه، هزینه‌های بالای فناوری و برنامه‌ریزی نادرست ظرفیت پردازش، بیشترین تأثیر را بر سایر عناصر سیستم داشته و عوامل کلیدی برای اصلاحات ساختاری محسوب می‌شوند. در مقابل، عوامل خودمختار مانند نبود یارانه دولتی یا معافیت‌های مالیاتی تأثیر محدودتری در کوتاه‌مدت دارند، اما در بلندمدت نقش حمایتی مهمی ایفا می‌کنند. بنابراین، تأمین مواد اولیه پایدار، کاهش هزینه فناوری، و سیاست‌های حمایتی می‌تواند توسعه صنعت بازیافت را تسهیل کند.

مقدمه

رشد سریع اقتصادی و صنعتی‌سازی منجر به تولید زباله به اشکال مختلف شده است. این زباله‌ها در دسته‌های مختلفی مانند زباله‌های جامد شهری، زباله‌های بهداشتی، زباله‌های پلاستیکی و زباله‌های الکترونیکی و الکتریکی طبقه‌بندی شده‌اند. با توجه به تولید قابل توجه زباله در هر یک از دسته‌های مذکور، مدیریت زباله و به‌ویژه بازیافت، به یک ضرورت تبدیل می‌شود. ادبیات علمی به مطالعات خاص مربوط به این دسته‌ها کمک کرده و گویای این واقعیت است که بخش قابل توجهی از زباله‌ها برای بازیافت مناسب هستند.

در این ارتباط، متوسط سرانه تولید زباله در ایران حدود ۷۰۰ گرم تخمین زده می‌شود، درحالی‌که سرانه جهانی حدود ۳۰۰ گرم است. در ایران آمار دقیقی از وضعیت بازیافت وجود ندارد، اما به نظر می‌رسد که تنها ۶ درصد از این زباله‌ها بازیافت و ۱۰ درصد آن‌ها برای تولید کمپوست استفاده می‌شود و بیش از ۸۰ درصد از زباله‌ها به محل‌های دفن زباله یا دپوی روباز منتقل می‌شوند. با توجه به آمارها، نیاز فوری به وجود تعداد کافی از واحدهای بازیافت زباله برای مدیریت مؤثر پسماند در ایران وجود دارد. با این حال، عوامل محدودکننده‌ی متعددی وجود دارد که مانع از مشارکت بخش خصوصی در این حوزه می‌شود. از این رو، مطالعه حاضر تلاش می‌کند تا عوامل حیاتی را که مانع از تبدیل بازیافت زباله به کسب‌وکاری سودآور برای صنعتگران کوچک و شرکت‌های بزرگ در ایران می‌شود، شناسایی کند. این در حالی است که ادبیات مدیریت پسماند عمدتاً بر روی دفع زباله متمرکز شده است. سه روش برای دفع زباله مورد بحث قرار گرفته‌اند، یعنی سوزاندن، دفن و تخلیه و بازیافت. با این حال، بازیافت به دلیل منافع اقتصادی و زیست‌محیطی آن برای انواع مختلفی از زباله‌ها، از جمله

پسماندهای جامد شهری، زباله‌های الکترونیکی و الکتریکی، زباله‌های کاغذی و زباله‌های کشاورزی بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است. همانطور که پیش‌تر ذکر شد، پسماندهای تولید شده از منابع مختلف پتانسیل کافی برای بازیافت دارند تا از لحاظ بازیابی مواد، انرژی و مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی ارزش ایجاد کنند (Sodhi & Reimer, 2001; Pati et al., 2008). بنابراین، برای بهبود کل سیستم دفع زباله، بازیافت زباله یک فعالیت ضروری است (Batool et al., 2008). از نظر تئوری و عملی، کار بازیافت زباله به دو دسته تقسیم شده است: بازیافت در بخش رسمی و بازیافت در بخش غیررسمی. بازیافت در بخش رسمی توسط دولت و بازیگران خصوصی دارای مجوز انجام می‌شود. از سوی دیگر، بازیافت در بخش غیررسمی توسط بازیگران خصوصی که مجوز عملیات بازیافت زباله را ندارند، صورت می‌گیرد (Schneider & Enste, 2013).

بازیافت در بخش رسمی و غیررسمی هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. بازیافت در بخش رسمی به دلیل هزینه‌های مربوط به ثبت، اخذ مجوز، مالیات‌ها، فناوری گران‌قیمت و دستمزدهای بالا برای کارگران، هزینه‌بر است. با این حال، عملیات انجام شده در بخش رسمی از نظر زیست‌محیطی پایدار بوده و برای انسان ایمن است (Gerxhani, 2004; Hicks et al., 2005; Yang et al., 2008; Chauhan & Singh, 2016b; He et al., 2006). در مقابل، بازیافت در بخش غیررسمی از نظر هزینه‌های مربوط به امور اداری، مالیات‌ها و دستمزد پایین کارگران مقرون به صرفه است. اما، بازیافت‌کنندگان زباله در بخش غیررسمی از فناوری ارزان‌تری استفاده می‌کنند که باعث می‌شود عملیات آن‌ها برای محیط زیست و جامعه مضر باشد (Porter, 1996; Afon, 2007; Chi et al., 2011; Wilson et al., 2006; Batool et al., 2008). مقایسه این دو نوع بازیافت کار آسانی نیست و

تصادفی توسعه داد و آن را در مدیریت پسماند جامد شهری به کار گرفت. این مدل می‌تواند برای پاسخ به سوالات مربوط به نوع، زمان و مکان مسائل مدیریت پسماند جامد با هدف حداقل‌سازی هزینه سیستم در دوره برنامه‌ریزی استفاده شود و به‌طور مؤثری ویژگی‌های پویا، تعاملی و غیرقطعی سیستم‌های مدیریت پسماند شهری را منعکس کند.

Gomes و همکاران (۲۰۰۸) از تکنیک‌های MCDM برای حل مسائل مدیریت پسماند استفاده کردند. آن‌ها دو مورد را مطالعه کردند که در آن تصمیم‌گیرندگان ترجیحات متفاوتی داشتند. در مورد اول، عوامل اجتماعی نیاز به ارزیابی جایگزین‌های مختلف دفع زباله‌های پلاستیکی داشتند. در مورد دوم، آن‌ها دریافتند که تأسیسات موجود برای بازیافت زباله‌های ساختمانی و تخریب‌نیامند ارزیابی عملکرد است.

Garfi و همکاران (۲۰۰۹) راه‌حل‌های مختلف مدیریت پسماند در اردوگاه‌های پناهجویان صحرایی در الجزایر را بر اساس تحلیل چندمعیاره و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد مطالعه و مقایسه قرار دادند تا قابلیت اجرای روش را در شرایط خاصی که جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی باید در نظر گرفته شوند، آزمایش کنند. Makan و همکاران (۲۰۱۳) طرح‌های جایگزین برای بهبود مدیریت پسماند جامد شهری را در مناطق شهری کم‌جمعیت با استفاده از روش PROMETHEE مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار دادند. سایر کاربردهای روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل ارزیابی فناوری درمان زباله‌های بهداشتی، توسعه ابزار ارزیابی ریسک برای یک سیستم، و تحلیل متنی از دیدگاه چند ذینفع است (Liu et al., 2015a, 2015b; Dou & Sarkis, 2013; Chauhan & Singh, 2016a).

علاوه بر این، در ادبیات به‌طور گسترده‌ای مورد بحث قرار نگرفته است.

علاوه بر مزایا و معایب بازیافت رسمی و غیررسمی، مسأله مدیریت پسماند اهمیت بیشتری دارد، زیرا حجم زباله‌های تولیدی بسیار بالاست و در بسیاری موارد بیشتر از کل ظرفیت نصب شده‌ی کارخانجات بازیافت زباله است، به عبارت دیگر، کمبود زیرساخت‌های لازم برای دفع زباله وجود دارد. از این رو برای درک دلایل این مسأله، ادبیات نظری و مطالعات تجربی مختلف محققان که به بررسی دلایل متعددی همراه با تحقیقات میدانی می‌پردازند تا موانع خاص موقعیت را شناسایی کنند، مورد بررسی قرار گرفته است. تعدادی مانع وجود دارد که مانع از تأسیس واحدهای بازیافت زباله توسط کنشگران خصوصی (دارندگان مجوز در بخش رسمی) می‌شود. این موانع می‌توانند ماهیت جمعیتی، اجتماعی، سیاسی یا اقتصادی داشته باشند. برای شناسایی این موانع، یک فرآیند دو مرحله‌ای دنبال شد. در مرحله اول، ۱۲ مانع از ادبیات بازیافت زباله شناسایی شد. در مرحله دوم، سه مانع از طریق مصاحبه‌های گروهی متمرکز با نه کارشناس، مشاور و تازه‌وارد از صنعت بازیافت زباله آشکار شد. این فرآیند دو مرحله‌ای در مجموع به شناسایی ۱۵ مانع منجر شد. این موانع به همراه توضیحات آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

در ارتباط با مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت پسماند با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، Tseng (۲۰۰۹) یک راه‌حل مؤثر بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) از جمله فرآیند شبکه تحلیلی (ANP) و DEMATEL پیشنهاد داد تا به گروهی از کارشناسان در ارزیابی راه‌حل‌های مختلف مدیریت پسماند جامد شهری بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده کمک کند. Huang (۲۰۰۱) یک مدل خطی فازی-

جدول ۱- توضیحات مختصر موانع

ردیف	موانع	توضیحات موانع
۱	کمبود مواد اولیه (Oguntoyinbo, ۲۰۱۲)	موادی که برای پردازش در یک واحد بازیافت زباله مورد نیاز است.
۲	برنامه‌ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله (Zhou <i>et al.</i> , 2006;) (Scheinberg <i>et al.</i> , 2011)	نمایانگر اتلاف تولید به دلیل برنامه‌ریزی نادرست یک واحد بازیافت زباله است. همچنین به هزینه پردازش مواد زباله اشاره دارد.
۳	هزینه بالای فناوری (Wilson, 2007;) (Scheinberg & Mol, 2010)	فناوری مورد استفاده برای پردازش زباله و تولید محصولات بازیافتی از زباله را توصیف می‌کند.
۴	هزینه بالای تهیه مواد (He <i>et al.</i> , 2006)	شامل هزینه لازم برای تهیه مواد از مراکز جمع‌آوری زباله است.
۵	نبود یارانه از سوی دولت (Shih, 2001)	کمک‌های مالی که توسط دولت برای تشویق صنعتگران به ایجاد واحدهای بازیافت زباله ارائه می‌شود.
۶	هزینه بالای عملیات پایدار از نظر زیست‌محیطی (Hicks <i>et al.</i> , 2005;) (Yang <i>et al.</i> , 2008)	این یک معیار برای سنجش میزان دوست‌دار محیط‌زیست بودن واحدهای بازیافت زباله است.
۷	کیفیت پایین محصول بازیافتی (مصاحبه با کارشناسان حوزه)	کیفیت محصولی که پس از پردازش زباله بازیافتی به دست می‌آید.
۸	رقابت شدید با تولیدکنندگان مواد بکر (Agunwamba, 2003; Al-Salem <i>et al.</i> ,) (2009)	مواد بکر محصول اولیه‌ای است که از مواد بازیافتی تولید نمی‌شود. تولید محصولات جدید از مواد بکر منابع طبیعی را کاهش می‌دهد، اما در کشورهای در حال توسعه، استفاده از مواد بکر به دلیل کیفیت یکنواخت، قیمت نسبتاً پایین و پذیرش بالا، به عنوان مانعی برای تولیدکنندگان مواد بازیافتی محسوب می‌شود.
۹	سود پایین (Weinberg <i>et al.</i> , 2000;) (Sodhi & Reimer, 2001)	سود حاصل از تولید کالاهای بازیافتی در واحد بازیافت زباله را نشان می‌دهد.
۱۰	کمبود فضای دفن برای باقی‌مانده‌ها پس از پردازش زباله (Nagurney &) (Toyasaki, 2005)	فضای مورد نیاز برای دفن آتیم‌های غیرقابل بازیافت و زباله‌های خطرناک باقی‌مانده پس از پردازش زباله‌ها.
۱۱	عدم معافیت مالیاتی (Scheinberg <i>et al.</i> ,) (2011)	شامل تخفیف‌های مالیاتی است که دولت برای عملیات واحدهای بازیافت زباله ارائه می‌دهد.
۱۲	کاغذبازی زیاد یا بوروکراسی (مصاحبه با کارشناسان حوزه)	به مشکلات مرتبط با تأخیرها و پیچیدگی‌ها در مستندسازی برای تخصیص زمین و تأسیس واحد بازیافت زباله اشاره دارد.
۱۳	کمبود نیروی کار ماهر (Sodhi &) (Reimer, 2001; Wilson <i>et al.</i> , 2006)	دسترسی به نیروی کار برای انجام فعالیت‌های مختلف در واحد بازیافت زباله را توصیف می‌کند.
۱۴	کمبود آب (مصاحبه با کارشناسان حوزه)	نیاز به آب به عنوان منبعی در فرآیند کاری واحد بازیافت زباله.
۱۵	کمبود بودجه (Afon, 2007; Imam <i>et al.</i>) (<i>al.</i> , 2008; Osibanjo & Nnorom, 2007)	دسترسی به بودجه برای تأسیس واحد بازیافت زباله و انجام عملیات روزانه آن.

است که شامل هزینه‌های بالای فناوری، کیفیت پایین محصولات بازیافتی، عدم حمایت‌های دولتی و محدودیت‌های زیرساختی می‌شود (Wilson *et al.*, 2006;) (Jabbari, 2024). در واقع، بازیافت زباله به‌عنوان یک فرایند اجتماعی و فرهنگی، در دهه‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. از منظر جامعه‌شناسی،

ادبیات مورد بررسی بیانگر این امر است که بازیافت زباله یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار محسوب می‌شود که نقش مهمی در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، حفظ منابع طبیعی و بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Kirchherr *et al.*, 2017). با این حال، توسعه صنعت بازیافت با موانع متعددی مواجه

و سوزاندن ناکام می‌ماند (Williamson, 1981). علاوه بر این، هزینه بالای عملیات پایدار از نظر زیست‌محیطی و کمبود فضای دفن برای باقی‌مانده‌های پردازش‌شده، فشار مضاعفی بر صنعت بازیافت وارد می‌کند (Nagurney & Toyasaki, 2005). نظریه عرضه و تقاضا نیز نشان می‌دهد که کاهش کیفیت محصولات بازیافتی و سود پایین این صنعت، تقاضا را کاهش داده و سرمایه‌گذاری در این بخش را محدود می‌کند (Agunwamba, 2003; Weinberg *et al.*, 2000). در بسیاری از موارد، مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان به دلیل عدم اطمینان از کیفیت مواد بازیافتی، ترجیح می‌دهند از مواد اولیه بکر استفاده کنند، که این امر رقابت را برای صنعت بازیافت دشوارتر می‌سازد (Sudy & Reimer, 2001). در این میان، نظریه منابع و قابلیت‌ها بر اهمیت دارایی‌های سازمانی و منابع در موفقیت صنایع تأکید دارد (Barney, 1991). در صنعت بازیافت، کمبود منابع انسانی متخصص و محدودیت‌های مالی از جمله موانعی هستند که توسعه این حوزه را دشوار کرده‌اند (Wilson *et al.*, 2006).

با وجود اهمیت مؤلفه‌های اجتماعی و رفتاری همچون نگرش، فرهنگ و آگاهی عمومی در رفتار بازیافت، در این پژوهش، ابعاد رفتاری تنها به‌عنوان بخشی از چارچوب نظری مورد اشاره قرار گرفته‌اند و تمرکز مطالعه بر شناسایی موانع ساختاری، اقتصادی و نهادی بازیافت زباله معطوف شده است. چراکه نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مشکلات اقتصادی، نهادی و زیست‌محیطی از مهم‌ترین موانع توسعه بازیافت هستند. با این حال، اتخاذ سیاست‌های حمایتی نظیر کاهش مالیات، ارائه یارانه‌ها و توسعه فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه می‌تواند این موانع را کاهش دهد (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Jabbari, 2024). علاوه بر این، بهبود کیفیت محصولات بازیافتی و افزایش آگاهی عمومی در مورد مزایای استفاده از این محصولات می‌تواند به تقویت بازار بازیافت کمک کند (Agunwamba, 2003). در نهایت، حرکت به سمت مدل‌های اقتصاد چرخه‌ای و افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار می‌تواند به ارتقای بهره‌وری و کاهش وابستگی به مواد اولیه بکر منجر شود (Kirchherr *et al.*, 2017).

رفتارهای بازیافتی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که می‌توان آن‌ها را در قالب نظریات مختلف تحلیل کرد. این نظریات به درک موانع موجود در فرآیند بازیافت و چگونگی بهبود آن کمک می‌کنند.

نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده به‌عنوان یکی از چارچوب‌های نظری مرتبط، بر تأثیر نگرش‌ها، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری ادراک‌شده بر رفتارهای فردی تأکید دارد (Ajzen, 1991). مطالعه‌ای در شهر آبادان با استفاده از این نظریه نشان داد که نگرش زیست‌محیطی مثبت، هنجارهای ذهنی قوی و کنترل رفتاری ادراک‌شده بالا، تأثیر مثبتی بر رفتار بازیافت زباله دارند (Ahmadi & Kohansal Khoob, 2022). این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش آگاهی و آموزش‌های زیست‌محیطی می‌تواند مشارکت شهروندان در برنامه‌های بازیافت را بهبود بخشد (Farmani, 2021). نظریه اقتصاد چرخه‌ای نیز بر ضرورت کاهش ضایعات، استفاده مجدد از منابع و افزایش بهره‌وری در چرخه تولید تأکید دارد (Kirchherr *et al.*, 2017). این نظریه به‌خوبی می‌تواند چالش‌هایی نظیر کمبود مواد اولیه و رقابت با تولیدکنندگان مواد بکر را توضیح دهد، زیرا در شرایطی که تولیدکنندگان به منابع تازه و ارزان‌تر دسترسی دارند، محصولات بازیافتی با چالش فروش و پذیرش در بازار مواجه می‌شوند (Zhou *et al.*, 2006). همچنین هزینه‌های بالای پردازش و فناوری به‌عنوان موانع اصلی، مانع از رقابت‌پذیری این صنعت شده‌اند (Wilson, 2007).

نظریه نهادگرایی نشان می‌دهد که قوانین، سیاست‌های دولتی و حمایت‌های نهادی تأثیر مستقیمی بر میزان مشارکت فعالان این حوزه دارند (North, 1990). نبود یارانه‌های دولتی، عدم معافیت مالیاتی و پیچیدگی‌های اداری از جمله موانع نهادی هستند که باعث کاهش انگیزه سرمایه‌گذاری در صنعت بازیافت می‌شوند (Shei, 2001; Shineberg *et al.*, 2011). در بسیاری از کشورها، عدم هماهنگی در سیاست‌گذاری‌ها و بروکراسی پیچیده موجب افزایش هزینه‌های عملیاتی و کاهش جذابیت اقتصادی بازیافت شده است (Hicks *et al.*, 2005). علاوه بر این، نظریه هزینه مبادله توضیح می‌دهد که بازیافت به دلیل هزینه‌های بالای مبادله، مانند جمع‌آوری، پردازش و توزیع، اغلب در رقابت با روش‌های ارزان‌تر مانند دفن زباله

در این پژوهش، به‌منظور اطمینان از پایایی داده‌ها، از روش ترکیب پاسخ‌های ۹ خبره با استفاده از شاخص مد (نما) استفاده شد. بررسی پاسخ‌ها نشان داد که اختلاف نظر چشمگیری میان خبرگان وجود نداشته و سطح توافق بالایی در بین آن‌ها مشاهده شد. همچنین، انتخاب خبرگان بر اساس حداقل پنج سال سابقه حرفه‌ای در حوزه مدیریت پسماند صورت گرفت که این امر اعتبار محتوایی پژوهش را تضمین می‌کند.

نتایج

در این مطالعه یک نظرسنجی میدانی به منظور درک عمیق‌تر سیستم دفع زباله انجام شد. این نظرسنجی شامل بازدید از مکان‌های دفع و بازیافت زباله در شهر کاشان و انجام مصاحبه‌های شخصی با کارشناسان مدیریت پسماند بود. جامعه خبرگان شامل ۹ نفر از مدیران شهرداری و کارشناسان متخصص در حوزه مدیریت پسماند شهری بود. این افراد به‌صورت هدفمند و با توجه به سوابق علمی و اجرایی مرتبط انتخاب شدند. میانگین سابقه حرفه‌ای این خبرگان بیش از ۸ سال بود. نویسندگان نقش تسهیل‌گران را در جمع‌بندی پاسخ‌ها به شکلی قابل استفاده برای این تحقیق ایفا کردند.

خبرگان در پرسشنامه طراحی شده ارتباط دو به دوی عوامل را با مقادیر ۱ (تأثیر مستقیم عامل سطر بر ستون)، ۱- (تأثیر معکوس ستون بر سطر)، ۲ (تأثیر دوسویه) و ۰ (عدم وجود رابطه) مشخص کردند. به‌منظور تعیین نهایی روابط، از شاخص مد (نما) برای هر سلول ماتریس استفاده شد تا اجماع دیدگاه‌ها حاصل گردد. این روش به کاهش تأثیر تفاوت‌های فردی و افزایش روایی ساختاری مدل کمک می‌کند. این پاسخ‌ها برای توسعه‌ی ماتریس خودتعامل ساختاری^۱ (SSIM) که در جدول ۲ نشان داده شده است، استفاده شدند. لازم به ذکر است که به‌منظور تحلیل روابط بین موانع شناسایی شده، از نرم‌افزار ISM طراحی شده توسط گروه تخصصی "دیجیتال ساینس" در محیط Excel استفاده شد.

ماتریس SSIM سپس برای ایجاد یک ماتریس دسترسی اولیه به کار گرفته شد. این ماتریس از تبدیل ماتریس

پس از بررسی ادبیات نظری و تجربی موجود در زمینه مدیریت پسماند، مشخص شد که مطالعات محدودی به مقایسه گزینه‌های مختلف بازیافت زباله، یعنی بخش‌های رسمی و غیررسمی، پرداخته‌اند. با توجه به آمار تولید پسماند، آشکار است که نیاز فوری به مشارکت بخش خصوصی برای بهبود بازیافت زباله در ایران وجود دارد. بنابراین، این مطالعه ابتدا قصد دارد با توجه به ادبیات موجود و با انجام مصاحبه با ۹ کارشناس در حوزه مدیریت پسماند، موانع بازیافت زباله را شناسایی کند. سپس از روش‌های ISM برای شناسایی عوامل مؤثر و تعیین روابط متقابل آن‌ها استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) اولین بار توسط Warfield (۱۹۷۳) برای تحلیل سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اقتصادی پیشنهاد شد. این فرایندی است که به افراد یا گروه‌ها کمک می‌کند تا دانش خود در یک حوزه را به مدلی از روابط متقابل تبدیل کنند تا درک بهتری از پیچیدگی‌های آن به دست آورند (Chuang et al., 2013). به گونه‌ای که روش ISM تنها می‌تواند گزینه‌های باینری مانند (۰ و ۱) را بین متغیرها پر کند که نشان‌دهنده روابط علت و معلولی بین عوامل است. علاوه بر این، برای تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی متقابل موانع، از روش تحلیل MICMAC استفاده شد. این تکنیک که نخستین بار توسط Godet (۱۹۹۱) توسعه یافت، با ضرب ماتریس روابط متقابل عوامل، آن‌ها را در چهار خوشه (مستقل، پیوندی، وابسته، خودمختار) دسته‌بندی می‌کند. این خوشه‌بندی کمک می‌کند سیاست‌گذاران متناسب با موقعیت هر مانع، راهکارهای اجرایی مناسب را طراحی کنند. همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، در این مطالعه این موانع از طریق مرور ادبیات و بررسی‌های میدانی شناسایی شده‌اند. همچنین، در این پژوهش از کارشناسان مدیریت پسماند برای اخذ نظرات و اجرای روش‌های ISM استفاده شده است. موانع شناسایی شده جهت بازیافت زباله و علائم اختصاری آن‌ها در جدول ۱ درج شده است.

^۱. Structural self-interaction matrix

(رابطه معکوس و عدم رابطه) از عدد صفر استفاده می‌شود. ماتریس بدست آمده ماتریس دریافتی اولیه نام دارد. درایه‌های قطر اصلی برابر یک قرار می‌گیرد. ماتریس دسترسی اولیه در جدول ۳ نشان داده شده است.

خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دو ارزشی صفر و یک بدست می‌آید. برای استخراج ماتریس دریافتی در هر سطر ماتریس خود تعاملی به جای اعداد ۱ و ۲ (روابط یک سوپه و دوسوپه) از عدد یک و به جای اعداد -۱ و ۰

جدول ۲- ماتریس خودتعاملی نهایی موانع باز یافت زیاله

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	-	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
B	-1	-	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
C	0	-1	-	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
D	-1	-1	-1	-	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	-1	-1	0	0	-	0	0	1	1	1	1	0	1	0
G	-1	-1	-1	0	0	0	-	1	1	0	0	0	0	0	0
H	-1	0	0	-1	0	0	-1	-	1	1	0	0	1	0	0
I	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-	0	0	0	1	0	0
J	0	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	-	0	1	0	0	0
K	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	-	0	0	0
M	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-	0	0
N	0	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

جدول ۳- ماتریس دسترسی اولیه موانع باز یافت زیاله

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
B	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
C	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
D	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

منجر به C شود در این صورت باید A منجر به C شود. یعنی براساس روابط ثانویه باید اثرات غیرمستقیم لحاظ شده باشد اما اگر در عمل این اتفاق نیفتاده باشد باید جدول تصحیح شود و رابطه ثانویه را نیز نشان داد. بدین ترتیب برخی عناصر صفر نیز به یک تبدیل می‌شود.

در مرحله بعد از قانون بولین برای رساندن ماتریس دستیابی اولیه به حالت پایداری و تشکیل ماتریس دستیابی نهایی یا اصلاح شده استفاده شده است. در واقع، در یک ماتریس دریافتی برای اطمینان باید روابط ثانویه کنترل شود. به این معنا که اگر A منجر به B شود و B

جدول ۴- ماتریس دریافتی نهایی موانع بازیافت زباله

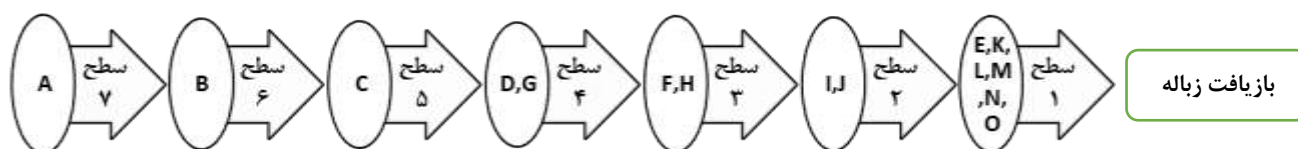
موانع	علامت اختصاری	A B C D E F G H I J K L M N O															هدایت
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
کمبود مواد اولیه	A	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	11
برنامه‌ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله	B	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
هزینه بالای فناوری	C	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11
هزینه بالای تهیه مواد	D	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	5
نبود یارانه از سوی دولت	E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
هزینه بالای عملیات پایدار از نظر زیست‌محیطی	F	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	7
کیفیت پایین محصول بازیافتی	G	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	5
رقابت شدید با تولیدکنندگان مواد بکر	H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	5
سود پایین	I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
کمبود فضای دفن برای باقی‌مانده‌ها پس از پردازش زباله	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
عدم معافیت مالیاتی	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
کاغذبازی زیاد یا بوروکراسی	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
کمبود نیروی کار ماهر	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
کمبود آب	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
کمبود بودجه	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	وابستگی	1	2	3	4	1	4	4	6	8	8	4	6	9	5	1	

مدلسازی ساختاری- تفسیری با استفاده از نرم افزار مربوطه تنها نمره تعیین سطح ارائه شده است). همچنین، جهت تفکیک نتایج به دست آمده از نظرات متخصصان قدرت هدایت (مجموع امتیاز ۱ به دست آمده از سطر) و وابستگی (مجموع امتیاز ۱ به دست آمده از ستون) هر یک از موانع بازیافت زباله مشخص شده است. بر اساس خروجی نرم‌افزار، موانع مورد بررسی در ۷ سطح تفکیک شده‌اند. بر این اساس مدل ساختاری- تفسیری موانع بازیافت زباله به شرح شکل ۱ به دست می‌آید.

پس از تشکیل ماتریس دریافتی نهایی، برای تعیین روابط متغیرها ابتدا مجموعه خروجی یا قابل دستیابی (این مجموعه عبارت است از خود متغیر همراه با سایر متغیرهایی که از آن تأثیر می‌پذیرند)، مجموعه ورودی یا مقدم (این مجموعه شامل خود متغیر به همراه سایر متغیرهایی است که بر آن تأثیر می‌گذارند) و عناصر مشترک بین دو مجموعه شناسایی و نمره تعیین سطح هر متغیر مشخص شده است (با توجه به انجام مراحل

جدول ۵- سطح بندی موانع بازیافت زباله

LEVEL1	LEVEL2	LEVEL3	LEVEL4	LEVEL5	LEVEL6	LEVEL7	LEVEL8
						A	
					B		
				C			
			D				
E							
		F					
			G				
		H					
	I						
	J						
K							
L							
M							
N							
O							



شکل ۱- مدل ساختاری- تفسیری موانع بازیافت زباله

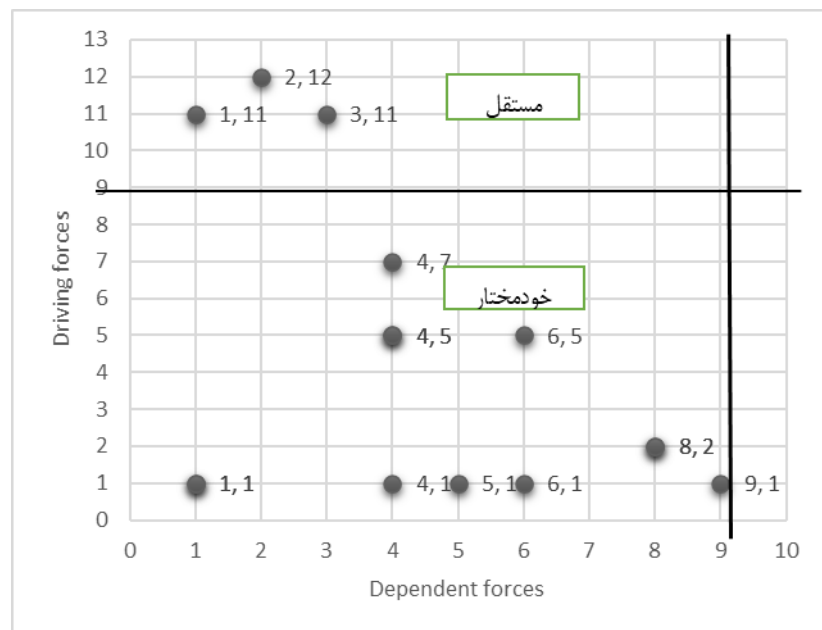
چهار خوشه دسته‌بندی می‌شوند ۱. خودمختار، ۲. وابسته، ۳. پیوندی و ۴. مستقل. موانعی که قدرت هدایت ضعیف و وابستگی ضعیفی دارند در دسته خودمختار قرار می‌گیرند و به طور کلی از سیستم جدا هستند. خوشه دوم شامل موانعی است که قدرت هدایت ضعیف و وابستگی قوی دارند. دسته پیوندی شامل موانع با هر دو قدرت هدایت و وابستگی قوی است. خوشه چهارم شامل متغیرهایی با قدرت هدایت قوی و وابستگی ضعیف است (Arcade *et al.*, 1999). تحلیل MICMAC موانع بازیافت زباله در شکل ۲ نشان داده شده است.

پس از مشخص شدن قدرت وابستگی و هدایت عوامل، نمودار MICMAC با دو محور افقی (میزان وابستگی و محور عمودی (میزان هدایت) تشکیل شده است. (۱)

$$۸.۵ = (۱ + (۱۵/۲)) = (۱ + (N/۲))$$

تحلیل MICMAC برای درک نوع وابستگی‌ها بین عوامل محرک و وابسته در مطالعه انجام می‌شود. در واقع، هدف از تحلیل MICMAC تحلیل قدرت هدایت و وابستگی موانع تحت مطالعه است. این تحلیل بر اساس ویژگی‌های ضرب ماتریس‌ها است. در تحلیل MICMAC، موانع به

	Driving forces	Dependent forces
A	↑ 11	↓ 1
B	↑ 12	↓ 2
C	↑ 11	↓ 3
D	↔ 5	↔ 4
E	↓ 1	↓ 1
F	↔ 7	↔ 4
G	↔ 5	↔ 4
H	↔ 5	↔ 6
I	↓ 2	↔ 8
J	↓ 2	↔ 8
K	↓ 1	↔ 4
L	↓ 1	↔ 6
M	↓ 1	↔ 9
N	↓ 1	↔ 5
O	↓ 1	↓ 1



شکل ۲- نمودار MICMAC

عامل با قدرت هدایت ۱۲، قوی‌ترین اثر را بر فرآیند بازیافت دارد. هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری تجهیزات پردازش زباله، یکی از مشکلاتی است که بسیاری از کشورها با آن مواجه هستند. برای مثال، بررسی‌ها نشان داده است که مدیریت ظرفیت ناکافی تأسیسات می‌تواند به افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و تأخیر در بازیافت منجر شود (Wilson et al., 2012). توجه ویژه به برنامه‌ریزی دقیق ظرفیت پردازش و کنترل هزینه‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی این سیستم‌ها کمک کند. هزینه بالای فناوری (C): فناوری‌های پیشرفته نقش مهمی در بهبود کیفیت و کارایی بازیافت دارند. با این حال، هزینه بالای این فناوری‌ها مانع جدی برای اجرای طرح‌های گسترده بازیافت است. این عامل با قدرت هدایت ۱۱ و وابستگی ۳ نشان می‌دهد که رفع این مانع می‌تواند به ارتقای سیستم و کاهش هزینه‌های بلندمدت منجر شود. برای مثال، هزینه‌های مرتبط با ماشین‌آلات بازیافت الکترونیکی و تجهیزات جداسازی مواد، بسیار بالا است و در بسیاری از کشورها مانع از سرمایه‌گذاری گسترده در این بخش شده است (Pires et al., 2011). سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای کاهش هزینه فناوری‌ها می‌تواند راهکار مناسبی برای رفع این مانع باشد.

در مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، عوامل مستقل بیشترین قدرت هدایت را در سیستم دارند و تأثیر قابل‌توجهی بر سایر عوامل می‌گذارند. این عوامل به دلیل وابستگی پایین به دیگر موانع، به عنوان نقاط کلیدی برای شروع تغییرات در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه، عوامل زیر به عنوان عوامل مستقل شناسایی شده‌اند:

۱. کمبود مواد اولیه (A): کمبود مواد اولیه یکی از موانع اصلی در فرآیند بازیافت زباله است. این عامل با قدرت هدایت ۱۱ و قدرت وابستگی ۱ نشان می‌دهد که بدون دسترسی به مواد اولیه مناسب، کل چرخه بازیافت مختل می‌شود. به عنوان نمونه، کاهش کیفیت مواد بازیافتی ناشی از عدم دسترسی به مواد اولیه مناسب، از جمله مشکلات رایج در این حوزه است. برای مثال، در بازیافت پلاستیک، آلودگی و تنوع ترکیبات می‌تواند به تولید محصولات با کیفیت پایین‌تر منجر شود که توان رقابت با مواد اولیه بکر را ندارند (Hopewell et al., 2009). رفع این مشکل می‌تواند به بهبود کیفیت فرآورده‌های بازیافت و کاهش وابستگی به استخراج و تولید مواد اولیه جدید کمک کند.

۲. برنامه‌ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله (B): برنامه‌ریزی نادرست ظرفیت پردازش و هزینه‌های بالای مرتبط با آن، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ناکارآمدی سیستم‌های مدیریت پسماند است. این

۴. کمبود نیروی کار ماهر (M): کمبود نیروی کار ماهر یکی از چالش‌های نیروی انسانی در حوزه مدیریت پسماند است. این مانع با قدرت هدایت ۱ و وابستگی ۹ نشان می‌دهد که اهمیت آن بیشتر در بلندمدت نمایان می‌شود. تربیت نیروی کار ماهر و متخصص می‌تواند به بهبود کیفیت بازیافت و کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک کند (Pires *et al.*, 2011).

۵. کمبود بودجه (O): کمبود بودجه نیز به‌عنوان یک عامل خودمختار شناسایی شده است که قدرت هدایت و وابستگی برابر با ۱ دارد. محدودیت‌های مالی می‌توانند توانایی اجرای پروژه‌ها و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین را کاهش دهند. با این حال، تأثیر این عامل بر کل سیستم محدود است و معمولاً در کنار عوامل دیگر اهمیت پیدا می‌کند (UNEP, 2016).

با توجه به نتایج مدلسازی ساختاری- تفسیری عوامل مستقل در بازیافت زباله باید در اولویت قرار گیرند، زیرا تغییرات در این موانع می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر کل سیستم بازیافت زباله داشته باشد. برای مثال، توجه به برنامه‌ریزی ظرفیت، کاهش هزینه‌های فناوری و تأمین مواد اولیه می‌تواند مسیر بهبود سیستم را هموار کند. علاوه بر این، عوامل خودمختار، به دلیل تأثیر کم و وابستگی محدود، در برنامه‌های کوتاه‌مدت اولویت پایینی دارند. با این حال، در مراحل پیشرفته‌تر و در چارچوب برنامه‌های بلندمدت، می‌توان به رفع این موانع نیز پرداخت. توجه به این دسته‌بندی و تمرکز بر موانع کلیدی می‌تواند راهکاری مؤثر برای ارتقای سیستم بازیافت زباله فراهم کند.

بحث

با توجه به تحلیل مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) انجام‌شده در این مطالعه، مشخص شد که موانع بازیافت زباله را می‌توان به دو دسته عوامل مستقل و عوامل خودمختار اصلی تقسیم کرد. از میان موانع مورد بررسی، عوامل مستقل نظیر کمبود مواد اولیه، هزینه‌های بالای فناوری، و برنامه‌ریزی نادرست ظرفیت پردازش، بیشترین تأثیر را بر سایر عناصر سیستم بازیافت دارند. این عوامل، به دلیل قدرت هدایت بالا و وابستگی پایین، نقاط کلیدی برای شروع اصلاحات ساختاری محسوب می‌شوند.

عوامل مستقل به دلیل نقش محوری خود در هدایت سیستم، باید در اولویت اقدامات اصلاحی قرار گیرند. با توجه به تأثیر گسترده این عوامل بر سایر موانع، سرمایه‌گذاری در این حوزه می‌تواند تغییرات چشمگیری در کل سیستم بازیافت ایجاد کند.

عوامل خودمختار در سمت دیگر طیف قرار دارند. این عوامل نه تنها قدرت هدایت پایینی دارند، بلکه تأثیر کمی بر سیستم کلی بازیافت زباله می‌گذارند. این موانع به دلیل وابستگی پایین به سایر عوامل و تأثیر محدود بر سیستم، در کوتاه‌مدت اولویت بالایی برای رسیدگی ندارند. در این مطالعه، عوامل زیر در دسته عوامل خودمختار قرار گرفته‌اند:

۱. نبود یارانه از سوی دولت (E): نبود یارانه یکی از عوامل خودمختار در سیستم مدیریت پسماند و بازیافت زباله است که با قدرت هدایت و وابستگی برابر با ۱، تأثیر قابل توجهی بر کل سیستم ندارد. هرچند یارانه‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزاری انگیزشی برای جذب سرمایه‌گذاران و کاهش هزینه‌ها عمل کنند، اما در شرایط فعلی، نبود آن به‌عنوان مانعی حیاتی مطرح نمی‌شود (Guerrero *et al.*, 2013). با این حال، سیاست‌های یارانه‌ای می‌توانند نقش مؤثری در حمایت از فناوری‌های نوین و ارتقای کیفیت بازیافت ایفا کنند.

۲. عدم معافیت مالیاتی (K): نبود معافیت مالیاتی یکی دیگر از عوامل خودمختار در سیستم بازیافت است. این مانع با قدرت هدایت ۱ و وابستگی ۴ نشان می‌دهد که هرچند تأثیر آن در کوتاه‌مدت بر کل سیستم محدود است، اما در بلندمدت می‌تواند انگیزه بیشتری برای شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در حوزه بازیافت ایجاد کند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که سیاست‌های مالیاتی حمایتی می‌توانند به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر در حوزه بازیافت کمک کنند (Nizami *et al.*, 2013).

۳. کاغذبازی زیاد یا بوروکراسی (L): بوروکراسی و کاغذبازی‌های زیاد، یکی از موانع اداری است که با قدرت هدایت ۱ و وابستگی ۶ شناسایی شده است. این عامل می‌تواند روند اجرای پروژه‌ها را کند کرده و به افزایش هزینه‌ها منجر شود. کاهش بوروکراسی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، می‌تواند تأثیر مثبتی بر کارایی سیستم‌های بازیافت داشته باشد (Wilson *et al.*, 2012).

می‌شود سیاست‌های اجرایی متناسب با نوع موانع طراحی و اجرا شوند. جدول ۶ سیاست‌های پیشنهادی را در دو دسته "عوامل مستقل" و "عوامل خودمختار" ارائه می‌کند. این سیاست‌ها می‌توانند به‌عنوان چارچوبی عملیاتی برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعت بازیافت جهت تدوین برنامه‌های اصلاحی در کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد استفاده قرار گیرند. بر این اساس، توجه به عوامل مستقل به‌عنوان نقاط آغازین تغییر، می‌تواند بیشترین تأثیر را بر ارتقای سیستم مدیریت پسماند و توسعه صنعت بازیافت داشته باشد.

بنابراین، اتخاذ سیاست‌هایی برای تأمین مواد اولیه پایدار، کاهش هزینه فناوری و بهینه‌سازی ظرفیت پردازش می‌تواند مسیر توسعه صنعت بازیافت را هموار کند. عوامل خودمختار نظیر نبود یارانه دولتی یا معافیت‌های مالیاتی، هرچند در کوتاه‌مدت تأثیر محدودی بر کل سیستم دارند، اما در بلندمدت و در قالب سیاست‌های کلان می‌توانند نقش حمایتی مؤثری ایفا کنند. از این رو، پیشنهاد می‌شود دولت از طریق اعمال سیاست‌های یارانه‌ای و ارائه معافیت‌های مالیاتی، جذابیت سرمایه‌گذاری در این بخش را افزایش دهد.

در مجموع، با توجه به نتایج مدل‌سازی ساختاری-تفسیری و جایگاه عوامل در ماتریس اثرات متقابل، پیشنهاد

جدول ۶- سیاست‌های اجرایی پیشنهادی بر اساس موانع مستقل و خودمختار

دسته	عامل	سیاست اجرایی پیشنهادی
عوامل مستقل	(A) کمبود مواد اولیه	توسعه نظام جمع‌آوری تفکیکی زباله در مبدأ، انعقاد قراردادهای تأمین پایدار مواد اولیه با صنایع و تولیدکنندگان، تدوین مشوق‌های مالی برای تأمین‌کنندگان مواد قابل بازیافت
عوامل مستقل	(B) برنامه‌ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله	تدوین طرح جامع مدیریت پسماند با ظرفیت‌سنجی علمی، بازنگری دوره‌ای ظرفیت تأسیسات، طراحی مدل‌های تأمین مالی مشارکتی برای کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری
عوامل مستقل	(C) هزینه بالای فناوری	سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه داخلی برای بومی‌سازی فناوری‌های بازیافت، ارائه تسهیلات بانکی کم‌بهره به فعالان بخش بازیافت، حمایت از واردات تجهیزات نوین با تعرفه‌های ترجیحی
عوامل خودمختار	(E) نبود یارانه از سوی دولت	طراحی یارانه‌های هدفمند برای خرید تجهیزات پیشرفته بازیافت، اختصاص یارانه انرژی به صنایع بازیافت برای کاهش هزینه‌های عملیاتی
عوامل خودمختار	(K) عدم معافیت مالیاتی	اعطای معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌های سرمایه‌گذار در بازیافت، تدوین بسته‌های تشویقی مالیاتی برای افزایش انگیزه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
عوامل خودمختار	(L) بوروکراسی زیاد (کاغذبازی)	اصلاح و ساده‌سازی فرآیند صدور مجوزها، حذف مقررات زائد، راه‌اندازی پنجره واحد صدور مجوز و تسهیل امور اداری
عوامل خودمختار	(M) کمبود نیروی کار ماهر	برگزاری دوره‌های آموزشی و مهارت‌آموزی تخصصی، طراحی برنامه‌های کارآموزی و همکاری با مراکز علمی برای تأمین نیروی انسانی متخصص
عوامل خودمختار	(O) کمبود بودجه	جذب سرمایه‌گذاری از طریق مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP)، تأسیس صندوق‌های حمایت مالی از صنایع بازیافت، استفاده از منابع اعتباری ملی و بین‌المللی محیط‌زیست

یکی از عوامل مستقل با قدرت هدایت بالا، تأثیر قابل توجهی بر سیستم بازیافت دارد. این یافته با نتایج مطالعه Oguntoyinbo (۲۰۱۲) مطابقت دارد که در آن به تأثیر کمبود مواد اولیه بر اختلال در فرآیند بازیافت اشاره

تحلیل یافته‌های این پژوهش در قالب مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و دسته‌بندی موانع بازیافت زباله، تطابق قابل توجهی با تحقیقات پیشین در این حوزه نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌ها کمبود مواد اولیه به‌عنوان

مقایسه یافته‌های این پژوهش با تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که مشکلات و موانع شناسایی شده در این مطالعه، هم‌راستا با چالش‌های جهانی در حوزه مدیریت و بازیافت زباله هستند. این تطابق، اعتبار علمی و کاربردی بودن نتایج پژوهش را تقویت می‌کند و بر لزوم تدوین سیاست‌های جامع برای رفع موانع و بهبود سیستم‌های بازیافت تأکید دارد.

این مطالعه همچنین نشان داد که بازیافت زباله به‌عنوان یک فرآیند اجتماعی و اقتصادی، نه تنها نیازمند زیرساخت‌های فنی و مالی است، بلکه موفقیت آن به ایجاد فرهنگ بازیافت در جامعه نیز وابسته است. نتایج نشان می‌دهد که کمبود آگاهی عمومی و نبود انگیزه‌های اقتصادی، از جمله عواملی هستند که بر مشارکت افراد و بخش خصوصی در بازیافت تأثیر منفی می‌گذارند. استفاده از کمپین‌های آموزشی، ایجاد شبکه‌های اجتماعی برای ترویج بازیافت، و فراهم‌سازی امکانات عمومی نظیر سطل‌های تفکیک‌شده می‌تواند این موانع را کاهش دهد.

در نهایت، این پژوهش با ارائه یک چارچوب تحلیلی جامع برای شناسایی و اولویت‌بندی موانع بازیافت زباله، گامی عملی در جهت تقویت ظرفیت‌های سیاست‌گذاری برداشته است. این نتایج می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران اجرایی در اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک برای بهبود مدیریت پسماند و توسعه پایدار کمک کند.

جهت‌گیری تحقیقات آینده می‌تواند شامل بررسی روابط میان عوامل شناسایی شده با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته‌تر نظیر تحلیل شبکه‌ای (ANP) و ارائه راهکارهای عملی برای غلبه بر موانع در کشورهای در حال توسعه باشد.

منابع

1. **Afon, A.O., 2007.** Informal sector initiative in the primary sub-system of urban solid waste management in Lagos, Nigeria. *Habitat Int.* 31:193–204. doi: 10.1016/j.habitatint.2007.02.007.
2. **Agunwamba, J.C., 2003.** Analysis of scavengers' activities and recycling in some cities of Nigeria. *Environ. Manage.* 32:116–27. doi:10.1007/s00267-002-2874-5.
3. **Ahmadi, S. and Kohansal Khoob, E., 2022.** Sociological explanation of factors

شده است. در هر دو مطالعه، تأمین پایدار مواد اولیه به‌عنوان یک پیش‌نیاز کلیدی برای موفقیت بازیافت مورد تأکید قرار گرفته است. همچنین، برنامه‌ریزی نامناسب ظرفیت و هزینه بالای پردازش زباله به‌عنوان قوی‌ترین عامل مستقل در این پژوهش شناسایی شده است. این یافته با مطالعات Wilson و همکاران (۲۰۱۲) و Scheinberg و Mol (۲۰۱۰) هم‌راستا است که به ناکارآمدی سیستم‌های مدیریت زباله به دلیل ضعف برنامه‌ریزی ظرفیت و هزینه‌های بالا پرداخته‌اند. هر دو تحقیق بر اهمیت بهینه‌سازی ظرفیت پردازش و کاهش هزینه‌ها برای ارتقای سیستم بازیافت تأکید دارند. علاوه بر این، این پژوهش تأکید دارد که هزینه بالای فناوری مانعی مهم در توسعه سیستم‌های بازیافت است. این نتیجه با تحقیق Pires و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد که در آن هزینه فناوری‌های پیشرفته به‌عنوان مانعی کلیدی برای مشارکت بخش خصوصی در صنعت بازیافت شناخته شده است. هر دو مطالعه پیشنهاد می‌کنند که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای کاهش هزینه فناوری‌ها می‌تواند راهکاری مؤثر باشد.

نبود یارانه دولتی و عدم معافیت مالیاتی در این پژوهش به‌عنوان عوامل خودمختار با تأثیر محدود شناسایی شده‌اند. این یافته با نتایج Guerrero و همکاران (۲۰۱۳) و Nizami و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد که هرچند بر نقش حمایتی سیاست‌های دولتی تأکید دارند، اما معتقدند در غیاب سایر شرایط مناسب، این عوامل به‌تنهایی نمی‌توانند تأثیر قابل‌توجهی داشته باشند.

این پژوهش کمبود نیروی کار ماهر و بوروکراسی را به‌عنوان موانعی با تأثیر متوسط شناسایی کرده است. این یافته با مطالعات Wilson و همکاران (۲۰۰۶) و Sodhi و Reimer (۲۰۰۱) تطابق دارد که در آن‌ها به اهمیت دسترسی به نیروی کار ماهر و کاهش پیچیدگی‌های اداری برای موفقیت برنامه‌های بازیافت اشاره شده است. همچنین، کیفیت پایین محصولات بازیافتی و رقابت با مواد بکر به‌عنوان عوامل تأثیرگذار شناسایی شده‌اند. این موضوع در مطالعات Agunwamba (۲۰۰۳) و Al-Salem و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأیید شده است که نشان می‌دهد عدم رقابت‌پذیری محصولات بازیافتی در بازار، مانعی جدی برای توسعه این صنعت است.

- Shiraz). First International Conference on Innovative Management Approaches in Economics (In Persian with English abstract).
14. **Garfi, M., Tondelli, S. and Bonoli, A., 2009.** Multi-criteria decision analysis for waste management in Saharawi refugee camps. *Waste Manage.* 29:2729–39. doi:10.1016/j.wasman.2009.05.019.
 15. **Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M. and Hultink, E.J., 2017.** The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
 16. **Gerxhani, K., 2004.** The informal sector in developed and less developed countries: A literature survey. *Public Choice* 120 (3–4):267–300. doi:10.1023/B:PUCH.0000044287.88147.5e.
 17. **Gomes, C., Nunes, K., Helenaxavier, L., Cardoso, R. and Valle, R., 2008.** Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. *Omega* 36:395–404. doi:10.1016/j.omega.2006.07.009.
 18. **Guerrero, L.A., Maas, G. and Hogland, W., 2013.** Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
 19. **He, W., Li, G., Ma, X., Wang, H., Huang, J., Xu, M. and Huang, C., 2006.** WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China. *J. Hazard. Mater.* 136:502–12. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.04.060.
 20. **Hicks, C., Dietmar, R. and Eugster, M., 2005.** The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China—Legislative and Market Responses. *Environ. Impact Assess. Rev.* 25:459–71. doi: 10.1016/j.eiar.2005.04.007.
 21. **Hopewell, J., Dvorak, R. and Kosior, E., 2009.** Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
 22. **Huang, G.H., 2001.** An interval-parameter fuzzy-stochastic programming approach for municipal solid waste affecting waste recycling using the theory of planned behavior (Case study: citizens of Abadan city). *Urban Sociology Studies*, 44, 1–28 (In Persian with English abstract).
 4. **Al-Salem, S.M., Lettieri, P. and Baeyens, J., 2009.** Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Manage.* 29:2625–43. doi: 10.1016/j.wasman.2009.06.004.
 5. **Arcade, J., Godet, M., Meunier, F. and Roubelat, F., 1999.** Structural Analysis with the MICMAC Method & Actor's Strategy with MACTOR Method, 1–69. *Futures Research Methodology*, The Millennium Project, American Council for the United Nations University.
 6. **Barney, J., 1991.** Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
 7. **Batool, S.A., Chaudhry, N. and Majeed, K., 2008.** Economic potential of recycling business in Lahore, Pakistan. *Waste Manage.* 28:294–8. doi: 10.1016/j.wasman.2006.12.007.
 8. **Chauhan, A. and Singh, A., 2016a.** A hybrid multi-criteria decision-making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. *J. Cleaner Prod.* jclepro.2016.08.098.
 9. **Chauhan, A. and Singh, A., 2016b.** Healthcare waste management: A state-of-the-art literature review. *Int. J. Environ. Waste Manage.* 18(2):120–44.
 10. **Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M.Y.L. and Reuter, M.A., 2011.** Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste Manage.* 31:731–42. doi: 10.1016/j.wasman.2010.11.006.
 11. **Chuang, H.-M., Lin, C.-K., Chen, D.-R. and Chen, Y.-S., 2013.** Evolving MCDM applications using hybrid expert-based ISM and DEMATEL models: An example of sustainable ecotourism. *Sci. World J.* 2013:751728. doi:10.1155/2013/751728.
 12. **Dou, Y. and Sarkis, J., 2013.** A multiple stakeholder perspective on barriers to implementing China RoHS regulations. *Resour. Conserv. Recycl.* 81:92–104. doi:10.1016/j.resconrec.2013.10.004.
 13. **Farmani, R., 2021.** Examining waste recycling behavior based on the theory of planned behavior (Case study: citizens of

31. **Oguntoyinbo, O.O., 2012.** Informal waste management system in Nigeria and barriers to an inclusive modern waste management system: A review. *Public Health* 126:441–7. doi: 10.1016/j.puhe.2012.01.030.
32. **Osibanjo, O. and Nnorom, I.C., 2007.** The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries. *Waste Manage. Res.* 25:489–501. doi:10.1177/0734242X07082028.
33. **Pati, R., Vrat, P. and Kumar, P., 2008.** A goal programming model for paper recycling system. *Omega* 36:405–17. doi: 10.1016/j.omega.2006.04.014.
34. **Pires, A., Martinho, G. and Chang, N.B., 2011.** Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033–1050.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
35. **Porter, M.E., 1996.** What is strategy? *Harv. Bus. Rev.* November–December. 61–78.
36. **Scheinberg, A. and Mol, A.P.J., 2010.** Multiple modernities: Transitional Bulgaria and the ecological modernisation of solid waste management. *Environ. Plann. C Govern. Policy* 28:18–36. doi:10.1068/c0926.
37. **Scheinberg, A., Spies, S., Simpson, M.H. and Mol, A.P.J., 2011.** Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: Building on modernised mixtures. *Habitat Int.* 35:188–98. doi: 10.1016/j.habitatint.2010.08.004.
38. **Scheinberg, A., Spies, S., Simpson, M.H. and Mol, A.P.J., 2011.** Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: Building on modernised mixtures. *Habitat Int.* 35:188–98. doi: 10.1016/j.habitatint.2010.08.004.
39. **Schneider, F. and Enste, D.H., 2013.** *The Shadow Economy: An International Survey.* New York: Cambridge University Press.
40. **Shei, Y., 2001.** Policy interventions in waste management: The role of governmental incentives. *Environmental Policy Review*, 18(4), 451–470.
41. **Shih, L.-h., 2001.** Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan. *management and planning. Env. Mod. Assess.* 6(4):271–83.
23. **Imam, A., Mohammed, B., Wilson, D.C. and Cheeseman, C.R., 2008.** Solid waste management in Abuja, Nigeria. *Waste Manage.* 28:468–72. doi: 10.1016/j.wasman.2007.01.006.
24. **Jabbari, S., 2024.** Optimization of plastic waste separation and recycling as a renewable energy source considering economic feasibility and environmental pollution. *Applied Research in Engineering and Technology*, 34, 243–259 (In Persian with English abstract).
25. **Kirchherr, J., Reike, D. and Hekkert, M., 2017.** Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
26. **Liu, H.C., You, J.X., Lu, C. and Chen, Y.Z., 2015.** Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision-making model. *Renew. Sustain. Energy.* 28(7):701–14. doi: 10.1016/j.rser.2014.08.061
27. **Liu, H.C., You, J.-X., Lin, Q.-L. and Li, H., 2015b.** Risk assessment in system FMEA combining fuzzy weighted average with fuzzy decision-making trial and evaluation laboratory. *Int. J. Comput. Integr. Manuf.* 28:701–14. doi:10.1080/0951192X.2014.900865.
28. **Makan, A., Malamis, D., Assobhei, O., Loizidou, M. and Mountadar, M., 2013.** Multi-criteria decision aid approach for the selection of the best compromise management scheme for the treatment of municipal solid waste in Morocco. *Int. J. Environ. Waste Manage.* 12:300–17. doi:10.1504/IJEW.2013.056197.
29. **Nagurney, A. and Toyasaki, F., 2005.** Reverse supply chain management and electronic waste recycling: A multitiered network equilibrium framework for e-cycling. *Transport. Res. Part E Logistics Transport. Rev.* 41:1–28. doi: 10.1016/j.tre.2003.12.001.
30. **Nizami, A.S., Rehan, M. and Ouda, O.K., 2017.** Waste to energy: Key elements for sustainable management of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 597–612.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>

- management in 20 cities. *Waste Management & Research*, 30(3), 237-254.
49. **Wilson, D.C., Velis, C. and Cheeseman, C., 2012.** Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30(4), 797-808. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.005>
 50. **Wilson, D.C., 2007.** Development drivers for waste management. *Waste Manage. Res.* 25:198-207. doi:10.1177/0734242X07079149.
 51. **Wilson, D.C., Velis, C. and Cheeseman, C., 2006.** Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat Int.* 30:797-808. doi:10.1016/j.habitatint.2005.09.005.
 52. **Yang, J., Lu, B. and Xu, C., 2008.** WEEE flow and mitigating measures in China. *Waste Manage.* 28:1589-97. doi: 10.1016/j.wasman.2007.08.019.
 53. **Zhou, D., Zhang, L. and Li, H., 2006.** A study of the system's hierarchical structure through integration of DEMATEL and ISM. In *Proceedings of the fifth international conference on machine learning and cybernetics* (pp. 1449-53). Dalian, China: IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICMLC.2006.258757>.
 - Resources, Conservation and Recycling 32:55-72. doi:10.1016/S0921-3449(00)00098-7.
 42. **Sodhi, M.S. and Reimer, B., 2001.** Models for recycling electronics end-of-life products. *OR Spektrum* 23:97-115. doi:10.1007/PL00013347.
 43. **Tseng, M.L., 2009.** Application of ANP and DEMATEL to evaluate the decisionmaking of municipal solid waste management in metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment* 156(1-4):181-97.
 44. **UNEP, 2016.** Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>
 45. **Warfield, J.N., 1973.** Binary matrices in system modeling. *IEEE Trans. Man Cybernetics* 3(5):441-9. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4309270.
 46. **Weinberg, A.S., Pellow, D.N. and Schnaiberg, A., 2000.** *Urban Recycling and the Search for Sustainable Community Development*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
 47. **Williamson, O.E., 1981.** The economics of organization: The transaction cost approach. *American Journal of Sociology*, 87(3), 548-577.
 48. **Wilson, D.C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C. and Alabaster, G., 2006.** Comparative analysis of solid waste





Analysis of Waste Recycling Barriers Using Interpretive Structural Modeling (ISM) Approach

Elham ShafaiiMoghadam^{*1}

^{1*} -Department of Social Sciences, Faculty of Humanities and Law, University of Kashan, Kashan, Iran

Original Article

Received:
2025.04.08

Accepted:
2025.07.31

Keywords:
Recycling,
Waste Disposal,
Waste,
Sustainable
Development

Abstract

Introduction: Waste management primarily focuses on waste disposal, with three main methods: incineration, landfilling, and recycling. Among these, recycling holds greater significance due to its environmental and economic benefits, and is divided into formal and informal sectors. Although formal recycling is more sustainable, it faces challenges due to high costs, whereas informal recycling, although less costly, has negative environmental impacts. The Theory of Planned Behavior suggests that environmental attitudes, subjective norms, and behavioral control influence recycling participation, and barriers such as insufficient awareness and lack of social encouragement can be analyzed within this framework. The Circular Economy Theory emphasizes waste reduction and reuse, yet challenges such as raw material shortages and competition with producers of virgin materials make its implementation difficult. The Institutional Theory highlights the role of government policies and institutional support, indicating that the absence of subsidies, tax exemptions, and bureaucratic complexity are key institutional barriers in the recycling industry. Additionally, the Transaction Cost Theory explains that high costs of collection, processing, and distribution of waste make recycling a difficult competitor to cheaper methods such as landfilling.

Materials and Methods: This study employed Interpretive Structural Modeling (ISM) to analyze barriers to waste recycling. This method identified 15 key barriers through a review of literature and field studies. Subsequently, a Structural Self-Interaction Matrix (SSIM) was created by surveying 9 waste management experts, which clarified the relationships among barriers based on causal and influential criteria. In the next step, an initial reachability matrix was created and modified using Boolean logic to obtain the final reachability matrix. This matrix formed the basis for the level classification of barriers and the MICMAC analysis.

Results: The software output classified the barriers into 7 levels. At level 1, barriers such as the absence of government subsidies, lack of tax exemptions, excessive bureaucracy, shortage of skilled labor, water scarcity, and budget deficiencies were identified. At level 2, barriers like low profitability and lack of landfill space for residuals after waste processing were recognized. At level 3, the high cost of environmentally sustainable operations and fierce

competition with producers of virgin materials emerged. At level 4, barriers like the high cost of raw material procurement and low quality of recycled products were evident. At level 5, high technology costs were identified, while improper capacity planning and high waste processing costs appeared at level 6. Finally, raw material shortages were classified at level 7, being a key factor in the recycling process.

Discussion: The ISM results showed that the barriers were divided into two categories: independent factors and autonomous factors. Independent factors, such as raw material shortages, high technology costs, and improper processing capacity planning, had the greatest impact on other system elements and were considered key drivers for structural reforms. In contrast, autonomous factors, such as the absence of government subsidies or tax exemptions, had limited short-term impact but played an important supportive role in the long term. Therefore, ensuring sustainable raw materials, reducing technology costs, and implementing supportive policies could facilitate the development of the recycling industry.