

Assessment and stratification of barriers to successful implementation of hazardous waste management using decision-making techniques

Navid Rafiei

* Ph.D., Department of Industrial Engineering,
North Tehran Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran (Corresponding author):
N.rafaei@iau-tnb.ac.ir

Mohammad Sohani

Master's degree, Department of Industrial
Engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad
University, Sanandaj, Iran.

Received: 2023/04/02

Accepted: 2023/10/29

Document Type: Research article

Doi:10.22038/jreh.2023.72782.1598

ABSTRACT

Background and Purpose: In the contemporary context, hazardous waste management has gained prominence within global environmental regulations. However, impediments pose significant challenges to effectively managing such waste. This study aims to identify ten barriers within the hazardous waste management paradigm, drawing from literature sources and insights from experts in the field.

Materials and Methods: The empirical investigation conducted in 2022 solicited the viewpoints of five managers and experts affiliated with a waste management firm in Kermanshah province, Iran. The decision-making techniques of DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) and interpretive structural modeling were employed to comprehensively comprehend the internal interrelationships and hierarchical structure of these barriers in hazardous waste management.

Results: The findings reveal that the primary obstacles, as discerned through the hybrid approach combining decision-making trial and evaluation with interpretive structural modeling, are the lack of public awareness regarding hazardous waste recycling and the absence of comprehensive policies and regulations addressing hazardous waste issues. Notably, the deficiency in public awareness regarding hazardous waste recycling emerges as a causal factor, achieving a score of 0.54. This factor falls within the category of autonomous obstacles, exerting a potent influence with a strength rating of 10 and a relatively weak dependency of 1. Conversely, the inadequacy of policies and regulations addressing hazardous waste is identified as a causal factor with a score of 0.47, belonging to the category of connecting obstacles. It exhibits a robust penetration capability with a rating of 10 and a relatively strong dependency power of 6.

Conclusion: The proposed methodology is a valuable tool for policymakers and decision-makers, enabling them to discern the interconnectedness of barriers and their hierarchical arrangement within the hazardous waste management framework.

Keywords: Management, hazardous waste, barriers, DEMATEL techniques, interpretive structural modeling.

► **Citation:** Rafiei N, Sohani M. Assessment and stratification of barriers to successful implementation of hazardous waste management using decision-making techniques. *Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2023; 9(3): 309-324.

ارزیابی و سطح‌بندی موانع برای اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری

نوید رفیعی

* دکتری، گروه مهندسی صنایع، واحد تهران شمال،
دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول):
N.rafieei@iau-tnb.ac.ir

محمد سوهانی

کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد سنجند،
دانشگاه آزاد اسلامی، سنجند، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: امروزه شیوه‌های مدیریت پسماندهای خطرناک با توجه به شرایط قوانین زیست‌محیطی جهانی در حال افزایش است اما وجود موانع، اجرای مدیریت این نوع پسماندها را با مشکل مواجه می‌کند. هدف این مطالعه شناسایی ده مانع در مسئله مدیریت پسماندهای خطرناک در سیستم مدیریت پسماند بر اساس ادبیات و ارجحیت‌های کارشناسان این حوزه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه کاربردی در سال ۱۴۰۱ با بهره‌گیری از نظرات پنج نفر از مدیران و کارشناسان یک شرکت مدیریت پسماند استان کرمانشاه اجرا شد. همچنین، به منظور درک ساختار ارتباط درونی و متقابل میان موانع و همچنین ساختار سلسله‌مراتبی موانع مدیریت پسماندهای خطرناک از تکنیک‌های تصمیم‌گیری دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک و عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک اصلی‌ترین موانعی هستند که توسط رویکرد ترکیبی مبتنی بر دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری به تصویر کشیده شده است. عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک با امتیاز ۰/۵۳ عاملی علی بوده که با قدرت نفوذ شدید برابر ۱۰ و قدرت وابستگی ضعیف برابر ۱ در دسته موانع مستقل قرار دارد. همچنین، عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک با امتیاز ۰/۴۷ عاملی علی بوده که با قدرت نفوذ شدید برابر ۱۰ و قدرت وابستگی نسبتاً شدید برابر ۶ در دسته موانع پیوندی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری: رویکرد پیشنهادی به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا رابطه متقابل و تعاملی بین موانع و ساختار سلسله‌مراتبی آنها را شناسایی کنند.

کلید واژه‌ها: مدیریت، پسماندهای خطرناک، موانع، تکنیک دیمتل، مدل‌سازی ساختاری تفسیری.

برنامه‌ریزی به منظور مدیریت موفقیت‌آمیز پسماندهای خطرناک و توجه به اثرات منفی و زیان‌بار آنها بر محیط‌زیست در هر کشوری از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اصول در جهت تأمین مزایای بلندمدت و حرکت به سمت توسعه پایدار است. در حال حاضر به علت رشد روزافزون جمعیت، تغییر روش زندگی مردم و افزایش مصرف‌گرایی و صنعتی شدن جوامع انسانی، تولید پسماندهای خطرناک با سرعت غیر قابل باوری صورت می‌گیرد که این امر منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی و در نتیجه تهدید بهداشت و سلامت افراد جامعه شده است. در این بین، مدیریت موفقیت‌آمیز پسماندها به عنوان یکی از راهکارهای پر اهمیت برای کاهش این معضلات مورد توجه قرار گرفته است (۱). در کشور ما استان کرمانشاه بخش وسیعی از جمعیت و گستره‌های طبیعی را به خود اختصاص داده و به نوبه خود نقشی اساسی در حیات اجتماعی و اقتصادی کشور را دارد. از طرف دیگر، مدیریت پسماندها در استان کرمانشاه به دلیل نزدیکی بیشتر به طبیعت و آثار مستقیمی که بر طبیعت دارند و تأثیراتی که از طبیعت می‌گیرند از اهمیت بالایی برخوردار است.

تغییر و تحولات ایجاد شده در روش و کیفیت زندگی مردم استان کرمانشاه که پیشتر سبک زندگی سنتی را تجربه کرده، باعث ورود و مصرف بسیار فراوان کالاهای مصرفی صنعتی و مصنوعی ساخت دست بشر در این مناطق شده است که این امر موجب گردیده که ماهیت پسماندها از مواد فاسدشدنی به سمت مواد غیرفاسدشدنی از قبیل فلز، پلاستیک، کاغذ و امثال آن تغییر پیدا کند. از سوی دیگر، کمیت پسماندها نیز بیش از اندازه افزایش پیدا کرده است. این تغییر و تحولات باعث پیدایش حجم چشمگیری از پسماندهای فاسدشدنی و غیرفاسدشدنی در گذرگاه‌ها و نواحی استان شده است که به سهم خود جدای از تهدیدی برای بهداشت مردم، منظره‌های زشت و نامناسبی را در طبیعت ایجاد کرده است. پسماندها نه تنها باعث ایجاد بوی بد، بیماری و منظره‌های زشت می‌شوند، بلکه با آلوده کردن خاک،

آب، هوا و گذرگاه‌ها محیط‌زیست سالم استان که بزرگترین مزیت بومیان و ساکنان به شمار می‌آید را در معرض خطر و آسیب قرار می‌دهند. در استان کرمانشاه علاوه بر بخش صنعتی، در بخش کشاورزی نیز پسماندها تولید می‌شوند. پسماندهای این بخش در دسته خطرناک‌ترین آلوده‌کننده‌های خاک و آب به حساب می‌آیند و آسیب‌های غیرقابل جبرانی را به محیط‌زیست وارد می‌کنند که می‌تواند منجر به عدم پایداری در طبیعت گردند (۲). این موضوع کیفیت و ارزش پایین محصول، نیاز بالا به واردات، افت درآمد و خطراتی برای موقعیت شغلی تولیدکنندگان به همراه دارد و بحران سخت تأمین سلامتی و غذا را برای نسل‌های بعدی ایجاد می‌نماید. بر اساس آمار سازمان بین‌المللی داده‌های آمار جمعیتی، ایران در دنیا رتبه ۱۷ در تولید پسماندها را دارد. میزان پسماندهای تولیدی در ایران روزانه حدود ۵۵ هزار تن می‌باشد. میزان سرانه پسماند تولید شده در دنیا ۴۰۰ گرم و میزان سرانه پسماند تولید شده در سطح کشور ۷۰۰ گرم است (۳). این در حالی که به گزارش یک شرکت مدیریت پسماند کرمانشاه در سال ۱۴۰۱ سرانه پسماند تولید شده در استان ۷۵۰ گرم بوده که بالاتر از متوسط کشوری قرار دارد. بر اساس نگرش علمی هر موضوعی که بتواند وضعیت و شرایط نامناسب را سامان‌دهی کند، باید در اولین مرحله با استفاده از شناسایی موانع موجود نسبت به ارائه راه‌کارهای مطلوب و مؤثر اقدام نماید. بنابراین، هدف در این مطالعه شناسایی موانعی است که از اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه جلوگیری می‌کنند.

با توجه به بررسی ادبیات برخی از موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک شناسایی شد و در ادامه با برگزاری جلسه طوفان فکری با کارشناسان و ذی‌نفعان مختلف که بطور مستقیم در مسئله مدیریت پسماند خطرناک درگیر هستند ده مانع مرتبط تعریف شدند که در ادامه، در قالب جدول ۱ به تشریح هر یک از موانع پرداخته می‌شود.

در سال‌های اخیر، تکنیک‌های تصمیم‌گیری بطور گسترده

جدول ۱. موانع در بکارگیری مدیریت پسماندهای خطرناک

موانع	تشریح موانع
عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک	اکثر مواقع عموم مردم از سیاست‌ها و دستورالعمل‌های بازیافت‌های پسماندهای خطرناک آگاه نبوده که باعث بازیافت غیررسمی این پسماندها می‌شود و اثرات مضر بر محیط‌زیست دارد (۴-۶).
عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک	تأخیر در اجرای مقررات یکی از مشکلات بزرگ برای مدیریت پسماندهای خطرناک است و قانون خاصی به منظور رسیدگی به مسائل و مباحث پسماندهای خطرناک وجود ندارد (۷).
عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل	اصلاحیه ممنوعیت بازل یک توافقنامه جهانی است که برای حذف جابجایی‌های فرامرزی پسماندهای سمی و خطرناک تنظیم شده است. بخصوص، به منظور به حداقل رساندن انتقال پسماندهای خطرناک از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه می‌باشد (۸).
رشد بخش غیررسمی	رشد بخش غیررسمی به یکی از اصلی‌ترین موانع مدیریت پسماندهای خطرناک تبدیل شده است و دلایل اصلی آن نیز روش نامناسب بازیافت پسماندهای خطرناک، پیامدهای زیست‌محیطی و خطرات بهداشتی بسیار بالا برای کارگرانی است که بطور مستقیم درگیر در فعالیت‌های بازیافت می‌باشند (۹).
عدم اجرای شیوه‌های سبز در طراحی محصولات صنعتی	هدف اصلی استفاده از شیوه‌های طراحی سبز کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده از محصولات صنعتی می‌باشد. به عنوان مثال، حذف یا کاهش نیاز به بسته‌بندی محصول (۱۰).
کمبود بودجه برای شیوه‌های بازیافت پسماندهای خطرناک	بودجه برای مدیریت پسماندهای خطرناک بسیار مهم است. به دلیل عدم حمایت مالی، آموزش و آزمایش مناسب برای وضع محدودیت بر مواد خطرناک و استارت‌آپ‌های بازیافت پسماندهای خطرناک وجود ندارد (۱۰).
نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی	سازمان‌ها می‌توانند حداقل سود خود را مصرف نمایند و با بازیافت پسماندهای خود به روشی سازگار با محیط‌زیست در مسیر رسیدن به پایداری تلاش کنند (۱۱).
عدم به اشتراک گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز	عدم به اشتراک گذاری دانش بین بخش بازیافت رسمی و غیررسمی به منظور مدیریت و تکامل شیوه‌های مؤثر پسماندهای خطرناک (تعیین شده توسط کارشناسان).
زیرساخت‌های ناکافی	به دلیل نبود فناوری‌های نوین برای بازیافت، نبود مرکز جمع‌آوری و ذخیره‌سازی و امکانات حمل‌ونقل مؤثر شیوه‌های مدیریت پسماندهای خطرناک با مشکل مواجه شده است (۵).
عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه‌یافته	در اینگونه رویکردها تولیدکننده می‌تواند مسئولیت کل پایان عمر محصولات صنعتی شامل جمع‌آوری، فعالیت بازیافت و دفع پسماندهای خطرناک را بر عهده بگیرد (۱۲).

در توانمندسازیهای سبز تکنیک واسپاس (WASPAS)^۳ را معرفی کردند (۱۵). پیرس و همکاران برای گسترش پایدار سیستم مدیریت پسماندهای جامد رویکرد ارزیابی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۴ مبتنی بر تکنیک اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS)^۵ فاصله‌ای فازی را بکار گرفتند (۱۶). چاکرابورتی و ساها به منظور ارزیابی فناوری‌های بازیافت پسماندهای مراقبت‌های بهداشتی چارچوب فرایند تحلیل

در فرایند تصمیم‌گیری مرتبط با حوزه‌های مختلف پسماندهای خطرناک استفاده می‌شود. تی‌سنگ فرایند تحلیل شبکه‌ای و دیمتل (DEMATEL)^۱ را به منظور ارزیابی راه‌حل‌های مؤثر برای مدیریت پسماندهای خطرناک بر اساس معیارهای متعدد، بصورت یکپارچه ترکیب کرد (۱۳). مهرگان و همکاران برای تعیین تعامل بین معیارهای پایداری در فرایند مدیریت پسماندها مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)^۲ و دیمتل فازی را ترکیب کردند (۱۴). یزدانی و همکاران به منظور رتبه‌بندی تأمین‌کننده

3. Weighted Aggregates Sum Product Assessment

4. Analytic Hierarchy Process

5. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

1. Interpretive Structural Modeling

2. Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

با استفاده از رویکرد ترکیبی دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری، و در نهایت ارائه پیشنهاد‌های مدیریتی و کاربردی می‌باشد.

روش کار

این مطالعه کاربردی در سال ۱۴۰۱ با بهره‌گیری از نظرات مدیران و کارشناسان یک شرکت مدیریت پسماند استان کرمانشاه انجام شد تا برای اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک، موانع حیاتی و تأثیرگذار شناسایی، ارزیابی و سطح‌بندی شوند. در ابتدا با بررسی موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک، ده مانع اساسی و مهم شناسایی شدند. سپس، به منظور ایجاد روابط علی در میان موانع شناسایی شده، تکنیک تصمیم‌گیری دیمتل بکار گرفته شد تا با استفاده از نظرات مدیران و کارشناسان شرکت مدیریت پسماند روابط بین موانع برقرار گردد. در نهایت، به منظور سطح‌بندی موانع انتخابی مدل‌سازی ساختاری تفسیری مورد اجرا قرار گرفت. از آنجایی که تعداد پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌های دیمتل، از پنج تا ده نفر مناسب می‌باشد (۲۰)، لذا نمونه پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌ها پنج نفر از مدیران و کارشناسان شرکت مدیریت پسماند انتخاب شد. لازم به ذکر است که تمامی محاسبات ریاضی تکنیک‌های تصمیم‌گیری با بکارگیری برنامه اکسل تسهیل گشت.

تکنیک دیمتل

تکنیک دیمتل روشی است که برای شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین شاخص‌ها و ایجاد نگاشت روابط شبکه بکار گرفته می‌شود. از آنجایی که گراف‌های جهت‌دار می‌توانند روابط عناصر یک سیستم را بهتر نشان دهند، از اینرو تکنیک دیمتل مبتنی بر نمودارهایی است که می‌تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه بین آنها را بصورت یک مدل ساختاری قابل درک در آورد (۲۱). گام‌های روش دیمتل را می‌توان به شرح زیر توصیف کرد:

گام ۱: تشکیل ماتریس روابط مستقیم (S). در این گام ماتریس اولیه نظرسنجی ایجاد می‌شود، به گونه‌ای که سطرها و ستون‌های

سلسله‌مراتبی فازی و واسپاس بکار گرفتند (۱۷).

با وجود تکنیک‌های تصمیم‌گیری متنوع، کاربرد یکپارچه دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری به یک رویکرد گسترده تبدیل شده است که شامل استفاده از دیمتل برای تجزیه و تحلیل درجه نفوذ در میان عوامل تأثیرگذار یک مسئله پیچیده خاص از طریق نظریه گراف و استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری برای تجزیه یک سیستم به ساختار سلسله‌مراتبی می‌باشد. تری‌ودی و همکاران با بکارگیری رویکرد مبتنی بر دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری موانع راه‌های آبی داخلی را به عنوان یک روش حمل‌ونقل پایدار بررسی و سطح‌بندی کردند (۱۸). لیانگ و همکاران بر اساس تکنیک ترکیبی دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری عوامل مؤثر بر عملکرد اقتصادی ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی را تجزیه و تحلیل کردند (۲). ویشواکارما و همکاران با بهره‌گیری از تکنیک یکپارچه دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری موانع زنجیره تأمین پایدار در بخش نساجی و پوشاک را شناسایی و بررسی کردند (۱۹).

بطور کلی با توجه به ارتباط بسیار نزدیک بهداشت و توسعه در همه جوامع به ویژه استان کرمانشاه و همچنین، نقش تأثیرگذار مدیریت پسماندهای خطرناک در ارتقای شرایط بهداشت محیط، افت فشارهای زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع و حداقل شدن هزینه‌های تحمیل شده بر جامعه، می‌توان بیان نمود توجه به محیط‌زیست و مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه نوعی پیشگیری قبل از درمان به شمار می‌آید. در نتیجه، شناسایی موانع مدیریت پسماندهای خطرناک و ارتباط متقابل بین آنها باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. این امر می‌تواند به عنوان یک بینش مهم برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان به منظور اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک عمل کند. بررسی مطالعات پیشین در حوزه مدیریت پسماندهای خطرناک نشان داد که توجه کمی به تجزیه و تحلیل موانع بطور مستقل صورت گرفته است. تنها هدف این مطالعه تشخیص وابستگی متقابل بین موانع شناسایی شده در مدیریت پسماندهای خطرناک و ترسیم ساختار آنها

مدل سازی ساختاری تفسیری

مدل سازی ساختاری تفسیری متدولوژی ای با کمک رایانه است که از آن برای ساخت و درک روابط اساسی عناصر در شرایط یا سیستم های پیچیده استفاده می کنند. نظریه مدل سازی ساختاری تفسیری بر اساس ریاضیات گسسته، نظریه گراف، علوم اجتماعی، تصمیم گیری گروهی و دستیار رایانه ای می باشد. رویکردهای مدل سازی ساختاری تفسیری از طریق مدل های ذهنی فردی یا گروهی با هدف محاسبه ماتریس دودویی شروع شد که ماتریس رابطه هم نامیده می شود و روابط میان عناصر را نشان می دهد. مفاهیم مدل سازی ساختاری تفسیری بصورت زیر خلاصه شده است.

یک ماتریس رابطه را می توان با پرسیدن این سوال تشکیل داد، آیا ویژگی e_i بر ویژگی e_j اثر دارد؟ اگر جواب مثبت بود π_{ij} برابر ۱ و در غیر این صورت π_{ij} برابر ۰ است. شکل کلی ماتریس رابطه می تواند بصورت زیر نمایش داده شود:

$$Dec = \begin{matrix} & \begin{matrix} e_1 & e_2 & \dots & e_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \pi_{12} & \dots & \pi_{1n} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \dots & \pi_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \dots & \pi_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

که e_i عنصر i ام در سیستم است، π_{ij} ($i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$) رابطه بین i امین و j امین عنصر را نشان می دهد و Dec ماتریس رابطه است. پس از ایجاد ماتریس رابطه، می توان با استفاده از رابطه (۵) بصورت زیر ماتریس دسترسی را محاسبه نمود:

$$M = Dec + I \quad (5)$$

$$M^* = M^k = M^k, \quad k \geq 1$$

که در اینجا I ماتریس واحد، K بیانگر توان ها و M بیانگر ماتریس دسترسی اولیه است. پس از تشکیل ماتریس دسترسی اولیه، باید سازگاری درونی آن رعایت شود. یعنی در ماتریس اصلاح شده روابط از قلم افتاده در نظر گرفته شوند. M^* بدین منظور در نظر گرفته شده است که شرط سازگاری ماتریس را برابر شدن دو توان متوالی ماتریس دسترسی می داند. بدین ترتیب ماتریس

این ماتریس را شاخص های مسئله تصمیم گیری تشکیل می دهند. لازم به ذکر است، زمانیکه از دیدگاه چند نفر استفاده می شود برای تشکیل ماتریس S میانگین ساده نظرات مورد توجه قرار می گیرد.

$$S = \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \dots & s_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

گام ۲: بی مقیاس کردن ماتریس روابط مستقیم و ایجاد ماتریس نرمالیز (N). برای بدست آوردن ماتریس نرمالیز از رابطه زیر استفاده می شود:

$$N = K \times S \quad (2)$$

$$K = \text{Min} \left(\frac{1}{\max \sum_{j=1}^n S_{ij}}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^n S_{ij}} \right)$$

گام ۳: محاسبه ماتریس ارتباط کامل (T). در این گام ابتدا باید ماتریس معکوس $(I - N)$ محاسبه شود و سپس، ماتریس ارتباط کامل از طریق رابطه (۳) حاصل خواهد شد.

$$T = N \times (I - N)^{-1} \quad (3)$$

گام ۴: تعیین روابط علی و معلولی. برای تعیین روابط علی و معلولی نیاز است تا موارد زیر در نظر گرفته شود:

- جمع عناصر هر سطر (D) برای هر بعد، نشان دهنده میزان تأثیرگذاری آن بعد بر دیگر ابعاد سیستم است. (میزان تأثیرگذاری ابعاد)
- جمع عناصر هر ستون (R) برای هر بعد، نشان دهنده میزان تأثیرپذیری آن بعد از دیگر ابعاد سیستم است. (میزان تأثیرپذیری ابعاد)
- مجموع $(D+R)$ برای هر بعد، میزان تأثیر و تأثر آن بعد را در سیستم نشان می دهد. به عبارت دیگر، هر چه مقدار $(D+R)$ بعدی بیشتر باشد آن بعد تعامل بیشتری با دیگر ابعاد دارد.
- اختلاف $(D-R)$ برای هر بعد، قدرت تأثیرگذاری آن بعد را در سیستم نشان می دهد. بطور کلی، اگر مقدار $(D-R)$ مثبت باشد، بعد یک متغیر علی محسوب می شود و اگر مقدار منفی باشد، بعد متغیری معلول به حساب می آید (۲۰).

متغیرهای متصل یا پیوندی می باشند.

- دسته چهارم: عواملی که دارای قدرت نفوذ قوی ولی وابستگی ضعیف هستند متغیرهای مستقل می باشند (۲۲).

یافته ها

با بررسی پیشینه در بخش قبل، موانع برای اجرای موفقیت آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه انتخاب شدند. در این قسمت، به منظور تسهیل در محاسبات برای هر یک از موانع ده گانه نامی اختصاری در نظر گرفته می شود. ده مانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک و نام اختصاری هر یک در این مطالعه عبارتند از:

- عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک (B_1)
 - عدم وجود سیاست هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک (B_2)
 - عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل (B_3)
 - رشد بخش غیررسمی (B_4)
 - عدم اجرای شیوه های سبز در طراحی محصولات صنعتی (B_5)
 - کمبود بودجه برای شیوه های بازیافت پسماندهای خطرناک (B_6)
 - نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی (B_7)
 - عدم به اشتراک گذاری دانش میان شرکت ها برای شیوه های بازیافت سبز (B_8)
 - زیرساخت های ناکافی (B_9)
 - عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه یافته (B_{10})
- در ابتدا به منظور تشخیص روابط علی میان موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک، تکنیک دیمتل مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس موانع ده گانه مذکور، پرسشنامه تشخیص روابط علی با ۹۰ سؤال طراحی شد و از پنج مدیر و کارشناس شرکت مدیریت پسماند خواسته شد که به پرسشنامه ها پاسخ دهند. در این پرسشنامه ها ۰ به معنای عدم تأثیرگذاری، ۱ به معنای تأثیر خیلی کم، ۲ به معنای تأثیر کم، ۳ به معنای تأثیر زیاد و ۴ به معنای تأثیر خیلی زیاد است. در مرحله بعدی، با استفاده از میانگین حسابی از نظرات پنج مدیر و کارشناس ماتریس

دسترسی نهایی ایجاد می گردد. توجه داشته باشید که ماتریس دسترسی تحت عملگرهای جمع و ضرب بولین می باشد.

در مرحله بعد می توان بر طبق روابط (۶) و (۷) به ترتیب، مجموعه دستیابی و مجموعه پیش نیاز را محاسبه کرد. روابط بدین صورت بکار برده می شوند:

$$R(t_i) = \{e_i | m_{ji}^* = 1\} \quad (6)$$

و

$$A(t_i) = \{e_i | m_{ij}^* = 1\} \quad (7)$$

که m_{ij} نشان دهنده ارزش سطر i و ستون j در ماتریس دسترسی است.

سپس، مطابق با روابط (۶) و (۷)، می توان سطوح و ارتباط بین عناصر را تعیین نمود و همچنین ساختار روابط عناصر را می توان با استفاده از معادله زیر بیان کرد:

$$R(t_i) \cap A(t_i) = R(t_i) \quad (8)$$

پس از تعیین سطوح عناصر، از روی ماتریس دسترسی نهایی با حذف انتقال پذیری ها (روابط از قلم افتاده)، یک گراف جهت دار ترسیم می شود. علاوه بر این در ادامه مدل سازی ساختاری تفسیری می توان به تجزیه و تحلیل میک مک^۱ پرداخت. جمع سطری مقادیر در ماتریس دسترسی نهایی برای هر عنصر بیانگر قدرت نفوذ و جمع ستونی نشانگر قدرت وابستگی خواهد بود. عواملی که در ستون پایین تر مدل قرار دارند به دلیل دارا بودن قدرت پیش برندگی بیشتر به عنوان عوامل هدایت کننده و عواملی که در سطح بالاتر قرار دارند به دلیل وابستگی به عوامل هدایت کننده، پیرو محسوب می شوند. در تجزیه و تحلیل میک مک متغیرها بر حسب قدرت هدایت و وابستگی به چهار دسته تقسیم می شوند:

- دسته اول: عواملی که دارای قدرت نفوذ و وابستگی ضعیف هستند متغیرهای خودمختار می باشند.
- دسته دوم: عواملی که دارای قدرت نفوذ کم ولی وابستگی شدید هستند متغیرهای وابسته می باشند.
- دسته سوم: عواملی که دارای قدرت نفوذ و وابستگی زیاد هستند

1. MICMAC.

جدول ۲. ماتریس‌های روابط مستقیم، نرمالیز شده و ارتباط کلی موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک

قسمت «الف». ماتریس روابط مستقیم موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک.										
موانع	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
B ₁	۰/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۳/۰۰	۳/۲۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۲/۰۰	۱/۵۰	۳/۲۵
B ₂	۲/۰۰	۰/۰۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۲/۲۵	۳/۰۰
B ₃	۳/۷۵	۱/۷۵	۰/۰۰	۲/۰۰	۳/۲۵	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۵۰	۲/۷۵	۳/۰۰
B ₄	۲/۲۵	۲/۰۰	۳/۵۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۵۰	۳/۰۰	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۰۰
B ₅	۳/۷۵	۲/۲۵	۲/۰۰	۲/۰۰	۰/۰۰	۲/۷۵	۴/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۴/۰۰
B ₆	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۲/۰۰	۱/۵۰	۱/۷۵	۳/۰۰
B ₇	۲/۷۵	۳/۰۰	۲/۷۵	۴/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۲/۲۵	۳/۵۰	۳/۰۰
B ₈	۳/۲۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۳/۵۰	۲/۲۵	۳/۵۰	۳/۵۰	۰/۰۰	۲/۷۵	۴/۰۰
B ₉	۱/۷۵	۱/۷۵	۳/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۳/۵۰	۱/۷۵	۲/۷۵	۰/۰۰	۳/۲۵
B ₁₀	۱/۵۰	۱/۵۰	۳/۰۰	۲/۷۵	۴/۰۰	۱/۷۵	۲/۲۵	۲/۰۰	۳/۵۰	۰/۰۰
قسمت «ب». ماتریس نرمالیز شده روابط مستقیم موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک										
موانع	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
B ₁	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۱
B ₂	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۰
B ₃	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۰
B ₄	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۳
B ₅	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۰
B ₆	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۶
B ₇	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۲
B ₈	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۱۴
B ₉	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۱
B ₁₀	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۰
قسمت «ج». ماتریس ارتباط کلی موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک										
موانع	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
B ₁	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۵۸
B ₂	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۵۲
B ₃	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۵۷
B ₄	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۵۲	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۵۶
B ₅	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۵۸
B ₆	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۹
B ₇	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۵۶
B ₈	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۵۵	۰/۶۵
B ₉	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۴۸
B ₁₀	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۴۲

کلی (T) برای هر مانع، نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری آن مانع از دیگر موانع است (۳) مجموع (D+R) برای هر مانع، میزان تأثیر و تأثر آن مانع را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، هر چه مقدار (D+R) مانعی بیشتر باشد آن مانع تعامل بیشتری با دیگر موانع دارد و (۴) اختلاف (D-R) برای هر مانع، قدرت تأثیرگذاری آن مانع را نشان می‌دهد. در کل، اگر مقدار (D-R) مثبت باشد، مانع یک متغیر علی محسوب شده و اگر مقدار منفی باشد، مانع متغیری معلول به حساب می‌آید. جدول ۳ مقادیر این پارامترها را گزارش می‌کند. از نتایج جدول ۳ می‌توان دریافت که با توجه به (D+R) عدم عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل، عدم اجرای شیوه‌های سبز در طراحی محصولات صنعتی، عدم به اشتراک‌گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز و عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه‌یافته تعامل بیشتری با دیگر موانع دارند و با توجه به (D-R) عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک، عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک، عدم اجرای شیوه‌های سبز در طراحی محصولات صنعتی و عدم به اشتراک‌گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز موانع علی محسوب شده و عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل، رشد بخش غیررسمی، کمبود بودجه برای شیوه‌های بازیافت پسماندهای خطرناک، زیرساخت‌های ناکافی، نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی و عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه‌یافته معلول به حساب می‌آیند.

روابط مستقیم (S) تشکیل شد که در قسمت «الف» جدول ۲ نشان داده شده است. در گام دوم، با نرمالیز کردن ماتریس روابط مستقیم، ماتریس روابط مستقیم نرمالیز شده (N) حاصل می‌شود. با توجه به رابطه (۲) باید مجموع عناصر هر سطر و هر ستون ماتریس روابط مستقیم محاسبه شود. با انجام این کار، حداکثر مقدار مجموع سطرها در ماتریس روابط مستقیم برابر با $29/25$ و حداکثر مقدار مجموع ستون‌ها در ماتریس روابط مستقیم برابر با $23/25$ محاسبه گشت. در نتیجه، مقدار انتخابی برای K برابر با $0/34$ تعیین شد. سپس، باید تمامی درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم (S) در این عدد ضرب شده تا ماتریس ارتباط مستقیم نرمالیز شده (N) حاصل شود. با اجرای این مرحله، نتایج حاصل از آن در قسمت «ب» جدول ۲ قرار گرفت. در گام سوم، باید ماتریس ارتباط کلی (T) با استفاده از رابطه (۳) تشکیل شود که پس از انجام محاسبات مربوط، یافته‌های این ماتریس نیز در قسمت «ج» جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

در گام نهایی تکنیک دیمتل، نیاز است که روابط علی و معلولی برای موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه تعیین شود. در بخش روش کار شرح داده شد که به منظور تعیین روابط علی و معلولی نیاز است تا چهار دسته از پارامترها در نظر گرفته شود، یعنی (۱) جمع عناصر هر سطر (D) در ماتریس ارتباط کلی (T) برای هر مانع، نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری آن مانع بر دیگر موانع است (۲) جمع عناصر هر ستون (R) در ماتریس ارتباط

جدول ۳. مجموع عناصر سطر و ستون برای معیارها و مقادیر (D+R) و (D-R)

موانع	نماد	D	R	D+R	D-R
عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک	B ₁	۴/۸۶	۴/۳۳	۹/۱۹	۰/۵۳
عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک	B ₂	۴/۳۵	۳/۸۸	۸/۲۳	۰/۴۷
عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل	B ₃	۴/۹۰	۴/۹۵	۹/۸۵	-۰/۰۵
رشد بخش غیررسمی	B ₄	۴/۵۱	۴/۵۳	۹/۰۴	-۰/۰۲
عدم اجرای شیوه‌های سبز در طراحی محصولات صنعتی	B ₅	۴/۹۸	۴/۳۶	۹/۳۴	۰/۶۲
کمبود بودجه برای شیوه‌های بازیافت پسماندهای خطرناک	B ₆	۳/۳۶	۴/۰۵	۷/۴۱	-۰/۶۹
نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی	B ₇	۴/۶۲	۴/۶۶	۹/۲۸	-۰/۰۴
عدم به اشتراک‌گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز	B ₈	۵/۴۰	۴/۴۰	۹/۸۰	۱/۰۰
زیرساخت‌های ناکافی	B ₉	۳/۹۱	۴/۶۷	۸/۵۸	-۰/۷۶
عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه‌یافته	B ₁₀	۴/۲۵	۵/۳۱	۹/۵۶	-۱/۰۶

در ادامه این مطالعه، به منظور سطح بندی موانع برای اجرای موفقیت آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک، مدل سازی ساختاری تفسیری مورد استفاده قرار گرفت و از مدیران و کارشناسان شرکت مدیریت پسماند خواسته شد تا پرسشنامه مربوط را تکمیل نمایند. شرح داده شد که در پرسشنامه به این سؤال پاسخ داده می شود که آیا موانع بر یکدیگر اثر دارند یا خیر. در صورت تأثیر یک مانع بر مانع دیگر امتیاز ۱ به آن تعلق می گیرد و در غیر این صورت، امتیاز ۰ خواهد بود. پس از گردآوری نظرات مدیران و کارشناسان، با بکارگیری شاخص مرکزی نما در داده های جمع آوری شده، ماتریس رابطه (Dec) تشکیل می شود. در مرحله بعد باید ماتریس رابطه (Dec) را با ماتریس واحد جمع کنیم تا ماتریس دسترسی اولیه (M)

ایجاد گردد. بدین صورت ماتریس دسترسی اولیه همان ماتریس رابطه (Dec) خواهد بود با این تفاوت که عناصر روی قطر اصلی آن عدد ۱ می باشند. ماتریس دسترسی اولیه (M) بصورت قسمت «الف» جدول ۴ نمایش داده می شود. در ادامه، برای دستیابی به سازگاری در ماتریس دسترسی و پایداری روابط مستقیم و غیرمستقیم، بر اساس رابطه (۵) ماتریس های دسترسی به توان رسانده می شوند. با انجام چنین فرایندی مشخص می شود که به عنوان مثال، اگر مانع اول بر روی مانع دوم اثر دارد و مانع دوم بر مانع سوم اثر دارد، بنابراین، مانع اول باید بر مانع سوم اثر داشته باشد. در نتیجه، ماتریس دسترسی سازگار و نهایی با اضافه شدن انتقال پذیری ها (روابط از قلم افتاده) بصورت قسمت «ب» جدول ۴ شکل می گیرد.

جدول ۴. ماتریس های دسترسی اولیه و دسترسی نهایی موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک

قسمت «الف». ماتریس دسترسی اولیه موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک											
موانع	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	
B ₁	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
B ₂	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	
B ₃	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	
B ₄	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	
B ₅	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	
B ₆	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	
B ₇	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	
B ₈	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	
B ₉	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	
B ₁₀	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	
قسمت «ب». ماتریس دسترسی نهایی موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک											
موانع	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	قدرت نفوذ
B ₁	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
B ₂	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
B ₃	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۶
B ₄	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸
B ₅	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷
B ₆	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۵
B ₇	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷
B ₈	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷
B ₉	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷
B ₁₀	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۶
قدرت وابستگی	۲	۶	۸	۹	۹	۹	۷	۹	۶	۸	

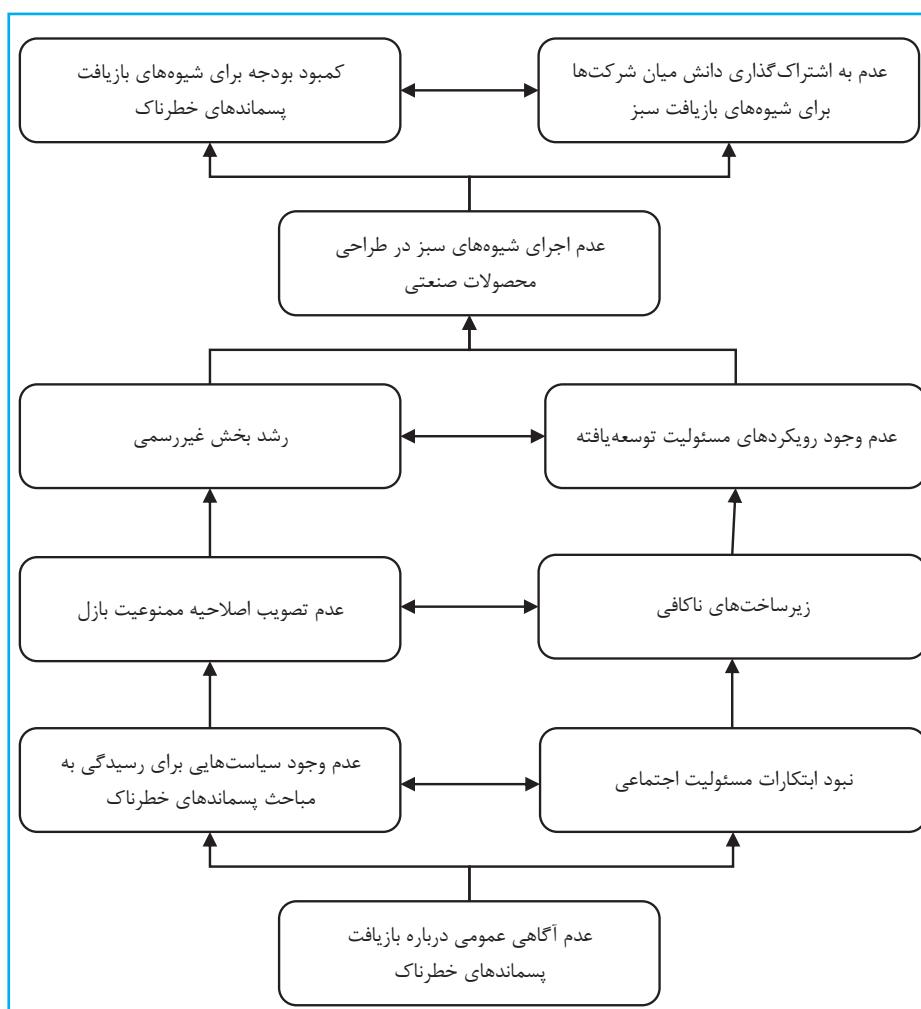
جدول ۵. سطح بندی موانع ده گانه در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک

تکرار اول اولویت بندی سطوح موانع			
موانع	مجموعه دستیابی	مجموعه پیش نیاز	مجموعه اشتراک
B ₁	۱۰.۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳.۲.۱	۲.۱	۲.۱
B ₂	۱۰.۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲.۱
B ₃	۱۰.۸.۶.۵.۴.۳	۹.۸.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۸.۵.۴.۳
B ₄	۱۰.۸.۷.۶.۵.۴.۳.۲	۱۰.۹.۸.۷.۶.۴.۳.۲.۱	۱۰.۸.۷.۶.۴.۳.۲
B ₅	۹.۸.۶.۵.۳.۲	۱۰.۹.۸.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۹.۸.۵.۳.۲
B ₆	۱۰.۹.۸.۶.۴	۱۰.۹.۸.۶.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۹.۸.۶.۴
B ₇	۱۰.۸.۷.۵.۴.۳.۲	۱۰.۸.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۸.۷.۴.۳.۲
B ₈	۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳	۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳.۲.۱	۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳
B ₉	۱۰.۹.۵.۴.۳	۹.۸.۷.۶.۵.۴.۳.۲.۱	۹.۵.۳
B ₁₀	۱۰.۷.۶.۵.۴.۲	۱۰.۹.۷.۶.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۶.۴.۳.۲
تکرار دوم اولویت بندی سطوح موانع			
B ₁	۱۰.۹.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۲.۱	۲.۱
B ₂	۱۰.۹.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲.۱
B ₃	۱۰.۵.۴.۳	۹.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۵.۴.۳
B ₄	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
B ₅	۹.۵.۳.۲	۱۰.۹.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۹.۵.۳.۲
B ₇	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲	۱۰.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
B ₉	۱۰.۹.۵.۴.۳	۹.۷.۵.۴.۳.۲.۱	۹.۵.۳
B ₁₀	۱۰.۷.۵.۴.۲	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
تکرار سوم اولویت بندی سطوح موانع			
B ₁	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۲.۱	۲.۱
B ₂	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲.۱
B ₃	۱۰.۴.۳	۹.۷.۴.۳.۲.۱	۴.۳
B ₄	۱۰.۷.۴.۳.۲	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
B ₇	۱۰.۷.۴.۳.۲	۱۰.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
B ₉	۱۰.۹.۴.۳	۹.۷.۴.۳.۲.۱	۹.۳
B ₁₀	۱۰.۷.۴.۲	۱۰.۹.۷.۴.۳.۲.۱	۱۰.۷.۴.۳.۲
تکرار چهارم اولویت بندی سطوح موانع			
B ₁	۷.۳.۲.۱	۲.۱	۲.۱
B ₂	۹.۷.۳.۲.۱	۷.۲.۱	۷.۲.۱
B ₃	۳	۹.۷.۳.۲.۱	۳
B ₇	۷.۳.۲	۷.۲.۱	۷.۲
B ₉	۹.۳	۹.۷.۳.۲.۱	۹.۳
تکرار پنجم اولویت بندی سطوح موانع			
B ₁	۷.۲.۱	۲.۱	۲.۱
B ₂	۷.۲.۱	۷.۲.۱	۷.۲.۱
B ₇	۷.۲	۷.۲.۱	۷.۲
تکرار ششم اولویت بندی سطوح موانع			
B ₁	۱	۱	۱
ششم	۱	۱	۱

از محاسبات کنار گذاشته شده و مجدداً مراحل بالا برای تعیین سطح دوم تکرار می‌شود. موانع سطح دوم بر روی موانع سطح اول اثر گذاشته و تحت تأثیر موانع موجود در سطح سوم قرار می‌گیرند. این فرایند تا سطح بندی تمامی موانع ادامه پیدا می‌کند. جدول ۵ سطح بندی موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک را گزارش می‌کند.

پس از تعیین سطوح موانع، با حذف انتقال پذیری‌ها (روابط از قلم افتاده) از روی ماتریس دسترسی نهایی، می‌توان یک گراف جهت دار را ترسیم کرد. از اینرو، شکل ۱ مدل پایانی این مطالعه بوده و نشان‌دهنده روابط تعاملی میان موانع در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه مورد مطالعه می‌باشد.

برای سطح بندی و اولویت بندی موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک باید بر طبق روابط (۶) تا (۸) به ترتیب، مجموعه دستیابی، مجموعه پیش نیاز و مجموعه اشتراک برای هر مانع را محاسبه کرد. مجموعه دستیابی هر مانع شامل موانعی است که در ماتریس دسترسی نهایی از این مانع می‌توان به آنها رسید و مجموعه پیش نیاز هر مانع شامل موانعی است که در ماتریس دسترسی نهایی از آنها می‌توان به این مانع رسید. در این سطح بندی موانعی که در سطح اول قرار گرفته تحت تأثیر دیگر موانع بوده و بر مانع دیگری اثر نمی‌گذارند. سطح اول سطحی است که مجموعه دستیابی و مجموعه اشتراک یکسانی داشته باشد. پس از اینکه سطح اول مشخص شد تمامی موانعی که در این سطح قرار گرفتند



شکل ۱. گراف جهت‌دار موانع ده‌گانه در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک

مختلف هر کشور است. بر این اساس، برنامه‌ریزی به منظور مدیریت موفقیت‌آمیز پسماندهای خطرناک و توجه به اثرات منفی و زیان‌بار آنها بر محیط‌زیست یکی از ضروری‌ترین اصول در مسیر دستیابی به مزایای بلندمدت توسعه پایدار در هر کشور است. برنامه‌ریزی برای مدیریت موفقیت‌آمیز پسماندهای خطرناک در هر منطقه‌ای از کشور نیازمند اطلاعات صحیحی از شرایط موجود بوده و بی‌اطلاعی از این شرایط پیامدهای نامطلوبی را به دنبال دارد. بنابراین، شناسایی موانع مدیریت پسماندهای خطرناک می‌تواند در مسیر برنامه‌ریزی مؤثرتر بسیار کاربردی باشد. با توجه به اندک مطالعات انجام شده در زمینه موانع مدیریت پسماندهای خطرناک که به آنها پرداخته شد، این مطالعات معطوف به شناسایی و اولویت‌بندی موانع شده است و موردی که به کشف روابط ساختاریافته بین موانع تمرکز کند وجود ندارد. برای مثال، یوکالانگ و همکاران در تحقیقی به تعیین موانع مدیریت مؤثر پسماندهای جامد شهری در یک منطقه شهری در تایلند پرداختند و عمده‌ترین موانع مؤثر بر مدیریت پسماندها را در شش حوزه اجتماعی-فرهنگی، فنی، مالی، سازمانی، حقوقی-سیاسی و رشد جمعیت شناسایی و طبقه‌بندی کردند (۲۳). مطالعه کومار و دیکسیت با هدف شناسایی موانع حیاتی مدیریت ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در هند انجام شد و یافته‌ها نشان داد که موانع سیاستی و نظارتی و همچنین موانع زیرساختی برجسته‌ترین موانع برای مدیریت مؤثر ضایعات هستند (۲۴). بیویی و همکاران موانع مدیریت پایدار پسماند جامد را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که ۴۴ مانع اساسی در مسیر مدیریت پایدار جامد وجود دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به پسماندهای خطرناک خانگی، بودجه ناکافی برای تحقیقات مدیریت پسماند جامد، معماری محلی، فقدان توانایی کارکنان و فقدان یک فرایند استاندارد به منظور جمع‌آوری و تجزیه پسماندها اشاره کرد (۲۵). تحلیل موانع مدیریت پسماندهای روستایی در بخش مرکزی شهرستان ارومیه توسط کاظمیه و همکاران انجام شد و خروجی‌های این مطالعه نشان داد که موانع مدیریت

همانطور که از شکل ۱ مشخص است موانع در این پژوهش در شش سطح قرار گرفتند که در بالاترین سطح مانع کمبود بودجه برای شیوه‌های بازیافت پسماندهای خطرناک و مانع عدم اشتراک‌گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز و در پایین‌ترین سطح مانع عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک قرار گرفتند.

علاوه بر این می‌توان در ادامه مدل‌سازی ساختاری تفسیری به تجزیه و تحلیل میک‌مک پرداخت. در واقع هدف از میک‌مک تشخیص قدرت وابستگی و قدرت نفوذ موانع در تجزیه و تحلیل‌های ساختاری است. بدین ترتیب، جمع سطری مقادیر در ماتریس دسترسی نهایی برای هر مانع بیانگر قدرت نفوذ و جمع ستونی نشانگر قدرت وابستگی خواهد بود که در قسمت «ب» جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس تجزیه و تحلیل میک‌مک، موانع اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک با توجه به قدرت وابستگی و نفوذ به سه دسته تقسیم شدند. دسته اول موانع وابسته را به خود اختصاص می‌دهند که در این تحقیق شامل کمبود بودجه برای شیوه‌های بازیافت پسماندهای خطرناک و نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی شدند. دسته دوم موانع پیوندی می‌باشند چرا که دارای قدرت وابستگی و نفوذ شدید بوده و عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک، عدم تصویب اصلاحیه ممنوعیت بازل، رشد بخش غیررسمی، عدم اجرای شیوه‌های سبز در طراحی محصولات صنعتی، عدم به اشتراک‌گذاری دانش میان شرکت‌ها برای شیوه‌های بازیافت سبز، زیرساخت‌های ناکافی و عدم وجود رویکردهای مسئولیت توسعه‌یافته در این دسته قرار گرفتند. مانع عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک به دلیل قدرت نفوذ شدید و قدرت وابستگی ضعیف در دسته موانع مستقل قرار می‌گیرد.

بحث

امروزه ریسک‌های زیست‌محیطی بر آمده از مدیریت ناکارآمد پسماندهای خطرناک یکی از اساسی‌ترین مشکلات در مناطق

پسماند روستایی به ترتیب در شش گروه موانع آموزشی فرهنگی، بهداشتی محیطی، دانشی، زیست محیطی، مدیریت دفع و تجهیزاتی طبقه بندی شدند (۳). در این پژوهش تلاش شد تا تعدادی از موانع کلیدی در مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه در نظر گرفته شود و بررسی ارتباط متقابل بین آنها با بکارگیری تکنیک های دیمتل و مدل سازی ساختاری تفسیری انجام صورت پذیرد.

از یافته های شکل ۱ می توان مشاهده نمود که عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک یکی از تأثیرگذارترین موانع با قدرت نفوذ بالا و وابستگی پایین است، در نتیجه این مانع برای اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه بسیار پر اهمیت می باشد. این مانع به روشی سازگار با محیط زیست بر عدم وجود سیاست ها و نبود ابتکارات مسئولیت اجتماعی به منظور رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک تمرکز دارد. عدم وجود سیاست هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی متوسط است. از اینرو، به عنوان یک مانع تأثیرگذار در نظر گرفته می شود. همچنین، با توجه به تجزیه و تحلیل میک مک عدم اجرای شیوه های سبز در طراحی محصولات صنعتی مانعی قطعی در اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک بوده و دارای قدرت نفوذ و وابستگی بالا است. بنابراین، بر اساس مدل سازی ساختاری تفسیری می توان ادعا داشت که به دلیل عدم وجود موانع مستقل، موانع شناسایی شده بطور قابل توجهی بر رویکرد اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک تأثیر می گذارند.

با توجه به تجزیه و تحلیل تکنیک دیمتل مشاهده شد که عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک، عدم وجود سیاست هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک، عدم اجرای شیوه های سبز در طراحی محصولات صنعتی و عدم به اشتراک گذاری دانش میان شرکت ها برای شیوه های بازیافت سبز در گروه موانع علی قرار می گیرند و به عنوان تأثیرگذارترین موانع در نظر گرفته می شوند. تأکید بر سیاست های رسیدگی به

پسماندهای خطرناک و آگاهی عمومی، درک اهمیت مدیریت پسماندهای خطرناک را افزایش می دهد. مهم تر از آن، استفاده از به اشتراک گذاری دانش برای شیوه های بازیافت سبز، مفهوم اساسی حفاظت از اکوسیستم و توسعه پایدار را تقویت می کند. در هر دو تکنیک دیمتل و مدل سازی ساختاری تفسیری، عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک و عدم وجود سیاست هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک، به عنوان تأثیرگذارترین موانع شناخته می شوند. از اینرو، این موانع تأثیرگذار و علی را می توان علت اصلی و ریشه ای موانع وابسته و تحت تأثیر تعریف کرد. بنابراین، به منظور اجرای مؤثر مدیریت پسماندهای خطرناک، موانعی که متعلق به گروه علی یا تأثیرگذار هستند باید بر اساس اولویت در نظر گرفته شوند. در نتیجه، برای کاهش اثر و یا رفع موانع تأثیرگذار، تصمیم گیرندگان باید اطمینان حاصل کنند که چارچوب تعیین موانع تحت کنترل و استوار می باشد. بر طبق مقایسه یافته های بدست آمده از دیمتل و مدل سازی ساختاری تفسیری، پر واضح است که نتایج دو تکنیک نسبت به یکدیگر تا حدودی سازگار هستند.

بطور کلی دانش ناکافی و آگاهی ضعیف مصرف کننده در رابطه با ادراک زیست محیطی بر اجرای مدیریت پسماندهای خطرناک تأثیر می گذارد. به دلیل نبود چارچوب سختگیرانه دولتی در اتخاذ سیاست های زیست محیطی، رشد بخش غیررسمی و جابجایی های غیرقانونی پسماندها از حیاتی ترین نگرانی ها برای استان کرمانشاه به حساب می آید. قوانین، مقررات و سیاست های مدیریت پسماند این استان نیاز است با الگو قرار دادن سیاست های کشورهای توسعه یافته دوباره طراحی شود. بنابراین، آگاهی مصرف کننده درباره پسماندهای خطرناک باید بیشتر گردد و برای نظارت و کنترل افزایش پسماندها در آینده سیاست های مناسبی بکار گرفته شود. علاوه بر این، اتخاذ شراکت عمومی- خصوصی در طراحی سیاست های مربوط به مدیریت پسماندهای خطرناک به منظور توسعه فرایند بازیافت سازگار با محیط زیست پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه نیاز است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مقالاتی که در زمینه موانع در مدیریت موفقیت‌آمیز پسماندهای خطرناک مورد بررسی قرار گرفته‌اند به نظر می‌رسد این اولین مطالعه‌ای است که به درک ساختار ارتباط درونی و متقابل میان موانع و همچنین ساختار سلسله‌مراتبی موانع مدیریت پسماندهای خطرناک پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان داد که عدم آگاهی عمومی درباره بازیافت پسماندهای خطرناک و عدم وجود سیاست‌هایی برای رسیدگی به مباحث پسماندهای خطرناک تأثیرگذارترین و علی‌ترین موانع در هر دو تکنیک دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری هستند. بنابراین، به منظور اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت پسماندهای خطرناک در استان کرمانشاه نیاز به تمرکز بیشتر بر روی این موانع احساس می‌شود. در نهایت، نتایج این پژوهش می‌تواند بینش‌های ثمربخشی را

برای سیاست‌گذاران طراحی راهبردهای تصمیم‌گیری انعطاف‌پذیر فراهم کند تا به روشی سازگار با محیط‌زیست، شیوه‌های مدیریت پسماندهای خطرناک را بکار گیرند و به دنبال آن به هدف پایداری اقتصادی و اجتماعی دست یابند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از حمایت‌های متخصصان و کارشناسان شرکت مدیریت پسماند در استان کرمانشاه اعلام می‌دارند.

References

- Hosseini Largani SA, Rafiee S, Mohtasebi SS. Modeling and optimization in a municipal solid waste management system with emission reduction approach - Case study: Tehran, Iran. *Journal of Research in Environmental Health* 2021; 7(3): 226-34. (Persian)
- Jabbari I, Ahmadi-Molaverdi M, Jami Alahmadi N, Rezapoor A, Mohammadnejad M. Geographical thinking is the basis of optimal sit selection for sensitive projects (Case study: Special wastes in Kermanshah province). *Journal of Geography and Planning* 2023; 27(84). (Persian)
- Kazemiyeh F, Eidi A, Motalemi M. Analysis of Barriers to Rural Waste Management (Case Study: Central District of Urmia County). *Environmental Sciences* 2023; 21(1): 147-62. (Persian)
- Godfrey L, Scott D, Trois C. Caught between the global economy and local bureaucracy: the barriers to good waste management practice in South Africa. *Waste Manag Res* 2013; 31(3): 295-305.
- Kumar A, Holuszko M, Espinosa DC. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resour Conserv Recyc* 2017; 122: 32-42.
- Welfens MJ, Nordmann J, Seibt A. Drivers and barriers to return and recycling of mobile phones. Case studies of communication and collection campaigns. *J Clean Prod* 2016; 132: 108-21.
- Srivastava R, Sharma D. Factors affecting e-waste management: an interpretive structural modeling approach. 2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies. 2015 Apr 4: pp. 1307-12.
- Um N, Park YS, Jeon TW. An improved strategy for effectively managing the transboundary movement of waste based on the basel convention: A case study in South Korea. *Heliyon* 2023; 9(6): e16496.
- Chi X, Streicher-Porte M, Wang MY, et al. Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste Manag* 2011; 31(4): 731-42.
- Ravi V, Shankar R. Reverse logistics: insights from sectoral analysis of Indian manufacturing industries. *Int J Logist Syst Manag* 2014; 17(2): 234-59.
- Mulliner E, Smallbone K, Maliene V. An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method. *Omega* 2013; 41(2): 270-9.
- Garlapati VK. E-waste in India and developed countries: Management, recycling, business and biotechnological initiatives. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 54: 874-81.
- Tseng ML. Importance-performance analysis of municipal solid waste management in uncertainty. *Environ Monit Assess* 2011; 172: 171-87.
- Mehregan MR, Hashemi SH, Karimi A, et al. Analysis of interactions among sustainability supplier selection criteria using ISM and fuzzy DEMATEL. *Int J Appl Decis Sci* 2014; 7(3): 270-94.
- Yazdani M, Hashemkhani Zolfani S, Zavadskas EK. New integration of MCDM methods and QFD in the selection of

- green suppliers. *J Bus Econ Manag* 2016; 17(6): 1097-113.
- Pires A, Chang NB, Martinho G. An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setúbal Peninsula, Portugal. *Resour Conserv Recycl* 2011; 56(1): 7-21.
- Chakraborty S, Saha AK. A framework of LR fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for health care waste recycling technology. *Appl Soft Comput* 2022; 127: 109388.
- Trivedi A, Jakhar SK, Sinha D. Analyzing barriers to inland waterways as a sustainable transportation mode in India: a dematel-ISM based approach. *J Clean Prod* 2021; 295: 126301.
- Vishwakarma A, Dangayach GS, Meena ML, et al. Analysing barriers of sustainable supply chain in apparel & textile sector: A hybrid ISM-MICMAC and DEMATEL approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 2022; 5: 100073.
- Garg CP. Modeling the e-waste mitigation strategies using Grey-theory and DEMATEL framework. *J Clean Prod* 2021; 281: 124035.
- Saadatlu EA, Barzinpour F, Yaghoubi S. A sustainable municipal solid waste system under leachate treatment impact along with leakage control and source separation. *Process Saf Environ Prot* 2023; 169: 982-98.
- Chandramowli S, Transue M, Felder FA. Analysis of barriers to development in landfill communities using interpretive structural modeling. *Habitat Int* 2011; 35(2): 246-53.
- Yukalang N, Claeke B, Ross K. Barriers to Effective Municipal Solid Waste Management in a Rapidly Urbanizing Area in Thailand. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14(9): 1013.
- Kumar A, Dixit G. Evaluating critical barriers to implementation of WEEE management using DEMATEL approach. *Resour Conserv Recycl* 2018; 131: 101-21.
- Bui TD, Tsai FM, Tseng M-L, Ali MH. Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy Delphi method. *Resour Conserv Recycl* 2020; 154: 104625.