



"Research Article"

10.30495/QJOPM.2021.1932259.3164



Challenges of Implementing Circular Economy in Polluting Industries: A Hybrid Meta-synthesis and Fuzzy DEMATEL-ANP Approach

Mehrdad Kiani¹, Davood Andalib Ardakani(Ph.D.)^{2*}

(Receipt: 2021.06.22- Acceptance:2021.10.20)

Abstract

The present study sought to provide a pattern of the relationships among the challenges of implementing a circular economy in polluting industries. In terms of purpose, this research is considered as a component of applied developmental research and regarding research type, it is considered as a mix method (exploratory mix) one. Yazd glass industry was selected as one of the polluting industries in the country and ten experts in this industry who were purposefully selected, were polled. In the qualitative part of the research, the Meta-synthesis approach was used to identify the challenges and categorize them, and in the quantitative part, the Fuzzy DEMATEL-ANP method was used to present the pattern of relationships among these challenges and prioritize them. The qualitative findings included identifying 27 challenges in six dimensions: economic, cultural and social, managerial, organizational, infrastructure and technology, market and design. In quantitative terms, the findings showed that economic challenges are the most effective and market and design challenges are the most affected challenges in implementing a circular economy. Also, the organizational challenges were found to interact more with other challenges. In a more complete analysis, the challenges of market uncertainty (e.g., recession), the existence of a linear mindset in the managers, the lack of systematic and circular thinking, and the challenge of low customer demand for recycled products are the most important challenges in implementing a circular economy in polluting industries such as the glass industry. In addition, the impact and effectiveness of each of the challenges were identified in their relationship to each other, which can be a roadmap for the use of managers and experts of different organizations to implement a circular economy.

Key Words circular economy, sustainable development, challenge, meta-synthesis, fuzzy DEMATEL-ANP

1.Ph.D. candidate of Industrial Management Department, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran

2.Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran

*. Corresponding Author: andalib@yazd.ac.ir



10.30495/QJOPM.2021.1932259.3164

(مقاله پژوهشی)



ارائه الگوی چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده: رویکرد فراترکیب و دیمتل-فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

مهرداد کیانی؛ داود عندلیب اردکانی*
(دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۱- پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸)

چکیده

پژوهش حاضر به دنبال ارائه الگوی نوین از روابط بین چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده است. این پژوهش از نظر هدف جزو تحقیقات کاربردی-توسعه‌ای و نظر نوع تحقیق، ترکیبی (آمیخته اکتشافی) قلمداد می‌شود. صنعت شیشه‌سازی یزد به عنوان یکی از صنایع آلاینده کشور انتخاب و از ۱۰ خبره این صنعت که به صورت هدفمند انتخاب شدند، نظرخواهی شد. در بخش کیفی تحقیق، جهت شناسایی چالش‌ها و دسته‌بندی آنها از رویکرد فراترکیب و در بخش کمی جهت ارائه الگوی روابط بین این چالش‌ها و اولویت‌بندی آنها از روش ترکیبی دیمتل-فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی استفاده شد. یافته‌های بخش کیفی شامل شناسایی ۲۷ چالش در ۶ بُعد چالش‌های اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی، مدیریتی، سازمانی، زیرساختی و فناوری، بازار و طراحی بود. در بخش کمی، یافته‌ها نشان داد که چالش‌های اقتصادی تأثیرگذارترین و چالش‌های بازار و طراحی تأثیرپذیرترین چالش‌ها در پیاده‌سازی اقتصاد مدور محسوب می‌شوند. همچنین، چالش‌های سازمانی تعامل بیشتری با سایر چالش‌ها دارد. در تحلیلی کامل‌تر، چالش‌های عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی)، وجود ذهنیت خطی در مدیران و عدم تفکر سیستمی و مدور و چالش تقاضای کم مشتریان برای محصولات بازیافتی مهمترین چالش‌های موجود در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده همانند صنعت شیشه‌سازی محسوب می‌شود. درنهایت، میزان تأثیرپذیری و تأثیرگذاری هر یک از چالش‌ها با یکدیگر شناسایی گردید که می‌تواند به عنوان نقشه راهی جهت استفاده مدیران و کارشناسان در جهت کاربست اقتصاد مدور در صنایع آلاینده کشور قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:

اقتصاد مدور، توسعه پایدار، چالش، فراترکیب، تکنیک دیمتل - فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
* نویسنده مسؤول: andalib@yazd.ac.ir

مقدمه

از قرن بیست و یکم، مشکلات جهانی مانند تغییرات اقلیمی، کمبود منابع طبیعی و آلودگی محیط زیست رو به وخامت گذاشته است (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، عامل ۲۴ درصد از بیماری‌ها در جهان ناشی از آلودگی محیط‌زیست است و مرگ‌ومیر سالیانه بیش از ۱۳ میلیون نفر در جهان بر اثر ابتلا به بیماری‌های ناشی از عوامل زیست‌محیطی است (رجبی‌پورمیدی و همکاران، ۱۴۰۰). برای کاهش تضاد موجود میان منابع، محیط‌زیست و توسعه اقتصادی نیاز به ارائه راه‌حلی سریع وجود دارد (ژیا و راون^۲، ۲۰۲۰). در همین راستا، طی چند سال گذشته، اقتصاد مدور با توجه به در نظر گرفتن مزایای اجتماعی و حفاظت از محیط زیست، مورد توجه محققان و متخصصان صنعتی قرار گرفته است (گاویندان و هساناگیک^۳، ۲۰۱۸). به موازات رشد همزمان مدل‌های جدید کسب‌وکار که به دنبال استفاده از استراتژی‌های اقتصاد مدور هستند، افزایش قابل توجهی در تحقیقات مربوط به توسعه و ارزیابی استراتژی‌های اقتصاد مدور به وجود آمده است (گیسلینی^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). مطابق با گفته بیالی^۵ و همکاران (۲۰۱۵) اقتصاد مدور از مفاهیم مختلفی مانند توسعه پایدار، اقتصاد سبز، اقتصاد عاملی^۶، تفکر چرخه زندگی، زیست‌بوم صنعت، ارزش مشترک، مسؤلیت گسترده تولیدکننده، طراحی بوم و تفکر ز گهواره تا گهواره گرفته شده است. پارادایم اقتصاد مدور، حامی حرکت از مدل‌های خطی به سمت مدل مدور است که در آن زباله‌ها و مواد بازیافتی به منابع تبدیل می‌شوند. این مفهوم به دنبال اهداف متعالی مانند جلوگیری یا کاهش آسیب‌های انسانی و اطمینان از سکونت و رفاه بشریت در آینده زمین است. همچنین، هسته اصلی نهفته در اقتصاد مدور، استفاده مسؤولانه و آگاهانه از همه منابع انسانی، طبیعی و اقتصادی است (ریاتر^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). مطابق برنامه عملیاتی اقتصاد مدور، مصوب کمیسیون اروپا در سال ۲۰۱۵، در یک اقتصاد مدور "ارزش محصولات، مواد و منابع برای زمان طولانی در اقتصاد حفظ می‌شود و تولید زباله به حداقل می‌رسد به‌منظور توسعه اقتصادی پایدار، کم کربن، همراه با منابع کارآمد و رقابتی" (بیانچینی^۸ و همکاران، ۲۰۱۹). اقتصاد مدور همیشه منابع را در زنجیره تأمین بسته نگه می‌دارد و دوباره مورد استفاده قرار می‌دهند، حتی اگر به پایان عمر خود

1. Zhang
2. Xia & Ruan
3. Govindan and Hasanagic
4. Ghisellini
5. Beaulieu
6. functional economy
7. Reuter
8. Bianchini

برسند (اسمال^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، با تولید محصولات پایدار، فرصتی برای بهینه‌سازی فرآیند تولید را فراهم و ارزش محصولات را تا حد ممکن حفظ می‌کند (اجیمانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، مفهوم اقتصاد مدور با مدیریت زنجیره تأمین مدور که نمایانگر یک سیستم نگهدارنده است که در آن منابع وارد حلقه پایان‌ناپذیر استفاده مجدد، بازیافت و بازسازی می‌شوند، مرتبط است. هدف مدیریت زنجیره تأمین‌کننده مدور افزایش استفاده از منابع در طول چرخه عمر محصول از طریق بازیافت، بازسازی، استفاده مجدد و غیره است (حالیم^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به اینکه سازمان‌ها می‌توانند با پذیرفتن یک سبک مدور، جریان مواد، محصولات و زباله‌های محیطی ناشی از شیوه‌های زنجیره تأمین را کاهش دهند، لذا مدیریت زنجیره تأمین‌کننده مدور یکی از روش‌های مناسب برای کاهش مسائلی مانند آلودگی، الگوی تولید و مصرف غیرقطعی، کاهش منابع و مسائل زیست‌محیطی است (جنوس^۴ و همکاران، ۲۰۱۷).

در بستر توسعه پایدار، اقتصاد مدور فرصتی را برای صنایع جهت بهره‌برداری حداکثر از منابع به روشی بهینه، فراهم می‌کند. یکی از چارچوب‌های مورد استفاده در اقتصاد مدور، اصول 3R (کاهش^۵ استفاده مجدد^۶ بازیافت^۷) است که توسط جامعه صنعتی به‌طور گسترده‌ای مورد استقبال قرار گرفت (جاشی و ویسوانادان^۸؛ ۲۰۱۹). با توسعه اصول 3R، اصول 6R (کاهش، استفاده مجدد، بازیافت، بازیابی^۹؛ طراحی مجدد^{۱۰} تولید مجدد^{۱۱}) ارائه شد که هم‌اکنون مورد استفاده بسیاری از صنایع قرار گرفته است (سانگوان^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، شیوه‌های ز گهواره تا گور (کروس‌رویز^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۹)؛ اقتصاد آبی (گرازیانو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۹)؛ و زنجیره تأمین معکوس (حسینی مطلق^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۹) نیز توسط جامعه صنعتی دنبال می‌شود. با توجه به اینکه شیوه‌های اجرای اقتصاد مدور بر برخی از اهداف توسعه پایدار متمرکز است، کشورهای مختلف

- 1.Smol
- 2.Agyemang
- 3.Haleem
- 4.Genovese
- 5.Reduce
- 6.Reuse
- 7.Recycle
- 8.Joshi & Visvanathan
- 9.Recover
- 10.Redesign
- 11.Re-Manufacture
- 12.Sangwan
- 13.Cruz Rios
- 14.Graziano
- 15.Hosseini-Motlagh

می‌توانند شیوه‌های اقتصاد مدور را ابزاری برای دستیابی به برخی اهداف توسعه پایدار در نظر بگیرند. با وجود مزایای زیادی که اقتصاد مدور به همراه دارد، اما اگر به شکلی نامناسب اجرا شود، سازمان با ضرری بالا برای سرمایه‌گذاری مواجه می‌شوند (بای^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). چالش‌های مختلفی وجود دارد که مانع پیاده‌سازی اصول اقتصاد مدور در سازمان‌ها می‌شود (گرافسترم و اسما^۲، ۲۰۲۰). به‌عنوان مثال، ژیا و روان (۲۰۲۱) در پژوهش خود موانع توسعه اقتصاد مدور پایدار در کشاورزی کشور چین را بررسی کردند که عدم آگاهی زیست‌محیطی مقامات محلی مانع اصلی محسوب می‌شود و بیشترین همبستگی را با سایر موانع دارد. همچنین عدم استفاده کشاورزان از سیاست‌های مالی سبز مهمترین عامل تأثیرگذار محسوب می‌شود. چن^۳ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود موانع کلیدی پیاده‌سازی اقتصاد مدور در بخش نساجی چین را با استفاده از روش دیمتل تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که سه مانع اصلی «عدم دانش و آگاهی مصرف در مورد استفاده مجدد / بازیافت»، «فقدان چارچوب‌ها و مدل‌های کسب‌وکار موفق برای اجرای اقتصاد مدور» و «عدم وجود سیستم تبادل اطلاعات بین ذینفعان مختلف» به اقدامات سریع نیاز دارند. سینگ^۴ و همکاران (۲۰۲۰) با تحلیل موانع اجرای اقتصاد مدور در بخش معدن کشور هند با استفاده از مرور ادبیات و نظر خبرگان، ۵ دسته از موانع اصلی (مالی، بازار، سیاست‌ها و مقررات دولتی، سازمانی و عملیاتی) و موانع فرعی مربوط به آنها را شناسایی کردند. همچنین، نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که «سیاست‌ها و مقررات دولت» و «موانع بازار» اصلی‌ترین موانع اجرای اقتصاد مدور در بخش معدن هند هستند. الحسنی^۵ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود با هدف شناسایی چالش‌های اقتصاد مدور در کشور عمان، مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور را توجه محدود به محیط زیست، عدم حضور متخصصان واجد شرایط، کمبود بودجه تحقیقات، نوآوری و سرمایه‌گذاری، عدم علاقه مشتری به استفاده مجدد محصول معرفی کردند.

از آنجاکه شیشه، محصولی است که کاربرد فراوانی در تمامی جنبه‌های زندگی روزمره و صنعتی انسان دارد اهمیت اقتصادی آن بسیار زیاد است. در فرایند تولید آن آلودگی‌های فراوانی در محیط زیست منتشر می‌شود. این آلودگی‌ها عمدتاً شامل ذرات گردوغبار CO_2 , CO , NO_2 , SO_2 و فلزات سنگین می‌باشند که در مراحل دریافت و آماده‌سازی مواد اولیه و فرآیند ذوب و شکل دادن تولید می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، کارخانه‌های شیشه‌سازی همانند دیگر صنایع وسعت بالایی داشته

1. Bai
2. Grafstrom & Aasma
3. Chen
4. Singh
5. Al Hosni

و به واسطه نوع فعالیت مستعد انواع آلودگی‌ها می‌باشند. با توجه به انتشار هر یک از آنها در مراحل مختلف تهیه شیشه جهت کنترل این آلاینده‌ها راهکارهای متفاوتی پیشنهاد شده است. یکی از مهمترین راهکارها حرکت به سمت اقتصاد مدور است که به نظر می‌رسد که در صنایع آلاینده ایران مورد غفلت قرار گرفته است و محققان ایرانی کمتر به این موضوع پرداختند. بسیاری از محققان معتقدند که عدم آگاهی از چالش‌های پیاده‌سازی آن یکی از دشواری‌های مدیران صنعتی برای پذیرش اقتصاد مدور است (کومار^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). شناسایی چالش‌های داخلی و خارجی یک رویه مهم برای سنجش فرصت‌ها و تهدیدهای بالقوه در اجرای اقتصاد مدور است که باید توسط سازمان‌ها انجام شود. این کار، سازمان را قادر می‌سازد مشکلات احتمالی اجرای آن را پیش‌بینی کرده و از شکست اجرای آن جلوگیری کند. علاوه بر این، شناسایی چالش‌ها اولین مرحله برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور است. تا زمانی که چالش‌ها شناسایی نشوند، درک اینکه کدام یک از آنها مهمتر است، امکان‌پذیر نیست. پس از اتمام این شناسایی، دست‌اندرکاران و سیاست‌گذاران صنایع می‌توانند استراتژی‌های مناسبی را برای رفع این چالش‌ها انجام دهند؛ لذا تحقیق حاضر به دنبال شناسایی، دسته‌بندی و تحلیل چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده به‌طور خاص در صنعت شیشه‌سازی یزد می‌باشد که یکی از صنایع راهبردی و درعین‌حال آلاینده کشور است. و بدین منظور از روش کیفی فراترکیب (شناسایی چالش‌ها) و تکنیک ترکیبی دیمتل-فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (تعیین روابط بین چالش‌ها و اولویت‌بندی آنها) استفاده می‌کند. در حقیقت آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌ها متمایز می‌کند شناسایی چالش‌های اقتصاد مدور در یکی از صنایع آلاینده کشور و همچنین، رویکرد شبکه‌ای و بررسی روابط و تعاملات بین این چالش‌هاست. با عنایت به مطالب بیان شده،

همچنین، این پژوهش اهداف ذیل را دنبال می‌کند:

- شناسایی چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده
- شناسایی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (روابط علت و معلولی) چالش‌ها
- اولویت‌بندی چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده



شکل شماره ۱: مدل مفهومی پژوهش

Figure 1: Conceptual model of research

ابزار و روش

این پژوهش از نظر هدف جزء تحقیقات کاربردی-توسعه‌ای قلمداد می‌شود زیرا به دنبال توسعه الگویی علمی و نوین از چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در سازمان‌ها است. بدین منظور، در مرحله اول چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور از طریق روش فراترکیب شناسایی می‌شوند و در مرحله دوم تحقیق، محققان از طریق روش ترکیبی DEMATEL-ANP فازی به دنبال تعیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری چالش‌های شناسایی شده و اولویت‌بندی آنها هستند.

فراترکیب مشابه فراتحلیل، برای یکپارچه‌سازی چندین مطالعه برای ایجاد یافته‌های جامع و تفسیری صورت می‌گیرد. در مقایسه با رویکرد فراتحلیل کمی که بر داده‌های کمی ادبیات موضوع و رویکردهای آماری تکیه دارد، در روش فراترکیب کیفی، پژوهشگر از طریق ۷ مرحله به دنبال شناسایی چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور است. فراترکیب اطلاعات و یافته‌های استخراج‌شده از مطالعات کیفی دیگر با موضوع مرتبط و مشابه را بررسی می‌کند. در نتیجه، نمونه مورد نظر برای فراترکیب، از مطالعات کیفی منتخب و بر اساس ارتباط آنها با سؤال پژوهش تشکیل می‌شود. فراترکیب، بر مطالعات کیفی که لزوماً ادبیات وسیعی را شامل نمی‌شود، تمرکز دارد و به جای ارائه خلاصه جامعی از یافته‌ها، یک ترکیب تفسیری از یافته‌ها ایجاد می‌کند. فراترکیب مستلزم

این است که پژوهشگر یک بازنگری دقیق و عمیق انجام داده، یافته‌های پژوهش‌های کیفی مرتبط را ترکیب کند. از راه بررسی یافته‌های مقاله‌های اصلی پژوهش، پژوهشگران واژه‌هایی را آشکار و ایجاد می‌کنند که نمایش جامع‌تری از پدیده تحت بررسی را نشان می‌دهد. مشابه نگرش نظام‌مند، نتیجه فراترکیب بزرگ‌تر از مجموع بخش‌هایش است (زیمرا، ۲۰۰۶). در این پژوهش، از روش هفت مرحله‌ای باروسو و ساندوسکی (۲۰۰۷) استفاده شده است که شامل فرآیند زیر است: ۱) تنظیم سؤال پژوهش؛ ۲) مرور ادبیات به شکل سیستماتیک؛ ۳) جستجو و انتخاب متون مناسب؛ ۴) استخراج اطلاعات متون؛ ۵) تجزیه و تحلیل یافته‌های کیفی؛ ۶) کنترل کیفیت؛ ۷) ارائه یافته‌ها.

جامعه آماری در مرحله اول پژوهش شامل کلیه پژوهش‌های منتشرشده در پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و خارجی مرتبط با چالش‌ها مؤثر بر اجرای اقتصاد مدور در سازمان‌ها، تا زمان انجام این پژوهش است. در مرحله دوم پژوهش، جامعه آماری دربرگیرنده تمامی استادان و مدیران حوزه پایداری و آشنا به موضوع اقتصاد مدور در صنعت شیشه‌سازی است که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، ۱۰ نفر انتخاب شدند (۳ نفر از استادان و ۷ نفر از متخصصان در صنعت شیشه‌سازی) که در مرحله تعیین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بین این چالش‌ها و اهمیت آنها همکاری کردند

دیمتل فازی

در این پژوهش، جهت کاوش روابط علت و معلولی و تعیین میزان درجه^۶ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از ابعاد و چالش‌ها در و از یکدیگر، از دیمتل فازی مطابق با مراحل ذیل استفاده شد (لین^۳ و همکاران، ۲۰۱۳).

گام اول: عوامل ارزیابی که دارای ماهیت ارتباطات علی هستند و معمولاً تعداد زیادی از حالات پیچیده را دربر می‌گیرد تدوین و برای مواجهه با ابهام قضاوت انسانی مقیاس کلامی فازی طبق الگوی جدول ۱ طراحی می‌شود.

1.Zimmer
2.Barros & Sandelowski
3.Lin

جدول شماره ۱: اعداد فازی مثلثی متغیرهای کلامی میزان اثرگذاری ابعاد و چالش‌ها در یکدیگر
Table 1: Triangular fuzzy numbers of verbal variables the effect of dimensions and challenges on each other

| اعداد فازی مثلثی triangular fuzzy numbers | مقیاس عددی Numerical scale | Linguistic terms | متغیر کلامی |
|--|-------------------------------|---------------------|-----------------|
| 0, 0, 0.25 | 0 | No influence | بدون تأثیر |
| 0, 0.25, 0.5 | 1 | Very low influence | تأثیر خیلی کم |
| 0.25, 0.5, 0.75 | 2 | Low influence | تأثیر کم |
| 0.5, 0.75, 1 | 3 | High influence | تأثیر زیاد |
| 0.75, 1, 1 | 4 | Very high influence | تأثیر خیلی زیاد |

گام دوم: نظر خبرگان اخذ و میانگین آنها محاسبه می‌شود. برای این کار، با در نظر گرفتن تعداد P خبره، ماتریس Z^1, Z^2, \dots, Z^P به دست می‌آید که هر درایه آنها با اعداد فازی مربوط مشخص می‌شوند. برای محاسبه ماتریس میانگین از رابطه $Z = \frac{Z^1 \oplus Z^2 \oplus \dots \oplus Z^P}{P}$ استفاده می‌شود. این ماتریس «ماتریس فازی اولیه روابط مستقیم» نامیده می‌شود؛ طوری که در آن $Z_{ij} = (I_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ (مقدار هر درایه از ماتریس Z) اعداد فازی مثلثی‌اند. در ضمن با توجه به اینکه عناصر قطر اصلی صفر بودند در ماتریس به صورت $(0, 0, 0)$ مشخص می‌شوند. گام سوم: از طریق رابطه ۱، که رابطه استانداردسازی است، مقیاس‌های شاخص‌ها به مقیاس‌های قابل مقایسه تبدیل می‌شوند. در رابطه زیر، ماتریس X «ماتریس فازی روابط مستقیم استانداردشده» نامیده می‌شود:

$$a_{ij} = \left(\sum_{j=1}^i I_{ij}, \sum_{j=1}^i m_{ij}, \sum_{j=1}^i u_{ij} \right)$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^i u_{ij} \right)$$

$$x_{ij} = \frac{Z_{ij}}{r} = (I'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$$

گام چهارم: ماتریس فازی روابط مجموع T به دست می‌آید. توضیح آنکه $x_{ij} = (I'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ و مقادیر درایه‌های ماتریس‌های X_u, X_m, X_l به ترتیب شامل مقادیر I' و m' و u' در ماتریس X هستند.

$$XI = [I_{ij}^*], Xm = [m_{ij}^*], Xu = [u_{ij}^*]$$

نظر به اینکه $t_{ij} = (I_{ij}^*, m_{ij}^*, u_{ij}^*)$ است، داریم:

$$[I_{ij}^*] = X_I \times (I - X_I)^{-1}$$

$$[m_{ij}^*] = X_m \times (I - X_m)^{-1}$$

$$[u_{ij}^*] = X_u \times (I - X_u)^{-1}$$

در این رابطه، I ماتریس یکه، X_I ، X_m و X_u هر کدام ماتریس $n \times n$ هستند که درایه‌های آن به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس X را تشکیل می‌دهد. گام پنجم: به دست آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس T که با استفاده از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$\bar{D} = (\bar{D}_i)_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n \bar{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad \bar{R} = (\bar{R}_i)_{1 \times n} = \left[\sum_{i=1}^n \bar{T}_{ij} \right]_{1 \times n}$$

که \bar{D} و \bar{R} به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند.

گام ششم: مشخص کردن میزان اهمیت شاخص‌ها $(\bar{D}_i + \bar{R}_i)$ و روابط بین معیارها $(\bar{D}_i - \bar{R}_i)$. اگر $\bar{D}_i - \bar{R}_i > 0$ باشد، معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\bar{D}_i - \bar{R}_i < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.

گام هفتم: دیفازی کردن اعداد فازی $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ و $\bar{D}_i - \bar{R}_i$ به دست آمده از مرحله قبلی که طبق رابطه زیر انجام می‌شود. در این رابطه، B دیفازی شده عدد $\bar{A} = (a_1, a_2, a_3)$ می‌باشد.

$$B = \frac{l + m + n}{3}$$

روش ANP و روش ترکیبی DANP فازی

مدل ANP حالت عمومی تحلیل سلسله مراتبی AHP بوده که در آن روابط فقط به صورت سلسله مراتبی تعریف نشده شبکه رسم شده دربرگیرنده روابط بیشتری است. در این روش ابتدا می‌بایست ساختار شبکه‌ای مسأله مدل‌سازی شود. برای این کار از روش DEMATEL و ساختار

ایجاد شده توسط این روش استفاده می‌شود. پس از ساخت این شبکه در میان معیارهای اصلی مشخص می‌گردد کدام معیارها بر یکدیگر تأثیرگذار بوده (روابط بیرونی) و زیرمعیارهای کدام یک از معیارها بر یکدیگر اثرگذارند (روابط درونی). در مرحلهٔ بعدی این روش می‌بایست به ازای تک‌تک روابط موجود در ساختار شبکه مقایسات زوجی بین معیارها و زیر معیارها صورت گیرد. این مقایسات طبق پژوهش ساعتی^۱ با ثابت کردن یک عامل میان سایر عوامل باید صورت گیرد که مشخصاً پیچیده و زمان‌گیر خواهد بود. همان‌طور که اشاره شد به‌منظور جلوگیری از به وجود آمدن این موضوع چن^۲ و همکاران (۲۰۱۱) روش DANP را ارائه کردند. در این روش از ماتریس ارتباطات کامل به وجود آمده در روش DEMATEL به عنوان سوپرماتریس مقایسات زوجی استفاده شده است.

مراحل این روش به شرح ذیل است:

گام اول: ایجاد ساختار شبکه‌ای میان معیارها و محاسبه ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها و زیرمعیارها با استفاده از DEMATEL

گام دوم: تشکیل سوپر ماتریس وزن‌دار نشده از روی ماتریس ارتباطات کامل؛ این گام یک مرتبه به ازای ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها و بار دیگر بر روی ماتریس ارتباطات کامل میان زیر معیارها انجام می‌شود. اگر ماتریس ارتباطات کامل به‌دست‌آمده از روش DEMATEL را T بنامیم برای به دست آوردن سوپر ماتریس وزن‌دار نشده (T_c^a) می‌بایست ابتدا داده‌های موجود در هر بلاک مربوط به زیرمعیارهای یک معیار را نرمال کرده و ترانهاده ماتریس نهایی به‌دست‌آمده از کنار هم قرار دادن بلاک‌ها را به عنوان سوپر ماتریس وزن‌دار شده در نظر می‌گیریم.

1. Saaty

2. Chen

$$T = \begin{bmatrix} T^{11} & \dots & T^{1j} & \dots & T^{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{j1} & \dots & T^{ij} & \dots & T^{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{m1} & \dots & T^{mj} & \dots & T^{mm} \end{bmatrix},$$

$$T^{11} = \begin{bmatrix} T_{11}^{11} & \dots & T_{12}^{11} & \dots & T_{1m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{21}^{11} & \dots & T_{22}^{11} & \dots & T_{2m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{m_1 1}^{11} & \dots & T_{m_1 2}^{11} & \dots & T_{m_1 m_2}^{11} \end{bmatrix},$$

با تقسیم عناصر هر سطر ماتریس T^{ij} بر مجموع عناصر همان سطر و کنار هم قرار دادن آنها ماتریس نرمال شده به دست T^α می‌آید. سوپر ماتریس وزن‌دار نشده عبارت خواهد بود از ترانهاده ماتریس به دست آمده در این مرحله:

$$T_c^\alpha = (T^\alpha)'$$

گام سوم: تشکیل سوپر ماتریس وزن‌دار؛ در این گام با استفاده از سوپر ماتریس وزن‌دار نشده میان معیارهای اصلی عنصر مربوط به هر بلاک سوپر ماتریس مربوط به زیر معیارها در عناصر بلاک ضرب شده و سوپر ماتریس وزن‌دار (W) تشکیل می‌گردد.

گام چهارم: تعیین اولویت‌های نهایی؛ پس از تشکیل سوپر ماتریس وزن‌دار شده با استفاده از حد بی‌نهایت ماتریس تشکیل شده، وزن‌های نهایی تعیین می‌شود.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k$$

یافته‌ها

مرحله نخست: استخراج و دسته‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در این پژوهش از متدولوژی هفت مرحله‌ای سانلوسکی و باروسو (۲۰۰۷) برای انجام روش فراترکیب استفاده شده است.

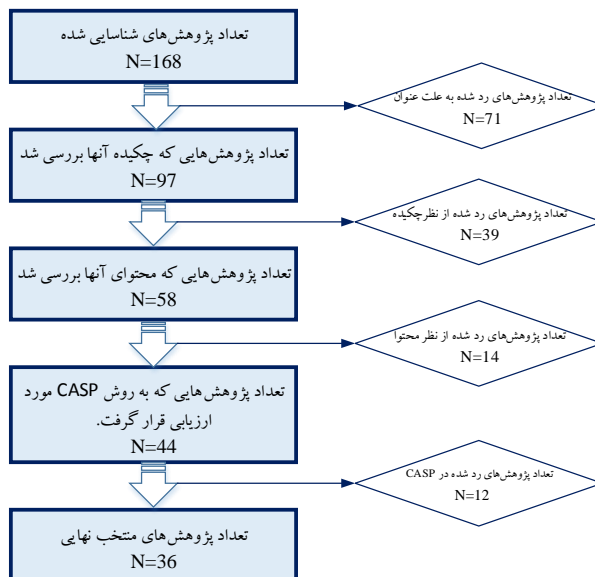
۱. تنظیم سؤال پژوهش: برای تنظیم سؤال پژوهش از پارامترهای مختلف مرتبط با موضوع پژوهش همچون چه چیزی، جامعه مورد مطالعه، محدودیت زمانی و چگونگی روش، استفاده می‌شود. سؤال پژوهش برای این قسمت عبارت است از اینکه، چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده کدامند؟

۲. انجام ادبیات نظام‌مند: در این مرحله پژوهشگر بر جستجوی نظام‌مند بر مقالات منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر متمرکز می‌شود و کلیدواژه‌های مرتبط را انتخاب می‌کند. در پژوهش حاضر، این کلیدواژه‌ها در پایگاه علمی اسکاپوس به صورت زیر انجام شد:

"Circular economy" OR "Circularity"
AND
"Barriers" OR "Challenges"

در نتیجه جستجو و بررسی پایگاه داده و با استفاده از کلیدواژه‌های مورد نظر ۱۶۸ منبع یافت شد. شایان ذکر است که جستجوی مقالات طی بازه «۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱ میلادی» انجام پذیرفت.

۳. جستجو و انتخاب مقالات مناسب: در این مرحله، پژوهشگر در هر بازنگری، تعدادی از مقالات را رد می‌کند که این مقالات در فرآیند فراترکیب مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. در پژوهش حاضر، فرآیند بازنگری به صورت خلاصه در شکل ۲ نشان داده می‌شود.



شکل شماره ۲: خلاصه‌ای از نتایج جستجو و انتخاب منابع مناسب

Figure 2: A schematic summary of the search results and selected resources

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تعداد ۳۶ منبع در فرآیند جستجو و انتخاب منابع، مناسب و قابل پذیرش تشخیص داده شد. معیارهای پذیرش یا عدم پذیرش، شامل مواردی چون محدوده جغرافیایی، زبان مطالعات، زمان مطالعات، روش‌های مطالعه، جامعه مورد مطالعه، شرایط مورد مطالعه و نوع مطالعه است. همچنین برای بررسی کیفیت روش‌شناختی مطالعات بر اساس برنامه^۴ مهارت‌های ارزیابی حیاتی^۱ برای هر مقاله بر اساس ده معیار ذکر شده امتیازی در نظر گرفته شد. بر اساس امتیازات اخذ شده ۴۴ مقاله، حداقل امتیاز داده شده به مقاله‌ها ۲۳ و حداکثر امتیاز داده شده ۴۹ (از ۵۰) بوده است، اما در ۴۴ مقاله ارزیابی شده، ۱۲ مقاله امتیازی زیر ۲۰ (متوسط و ضعیف) کسب کرده‌اند یا اینکه معیارهای پذیرش را نداشته و حذف شدند. در نتیجه در فرآیند ارزیابی، پژوهشگر از میان ۱۶۸ مقاله، ۱۳۲ مقاله را حذف کرده و در نهایت ۳۶ مقاله برای تجزیه و تحلیل اطلاعات باقی می‌ماند.

۴. استخراج نتایج: در کل فرآیند فراترکیب، پژوهشگر به‌طور پیوسته، منابع منتخب و نهایی شده را برای دستیابی به چالش‌های اجرای مدیریت زنجیره تأمین پایدار را مورد بازنگری قرار داده است. در پژوهش حاضر، اطلاعات منابع به این صورت دسته‌بندی شده است؛ مرجع مربوط به هر منبع ثبت شد (شامل نام خانوادگی نویسنده و سالی که منبع منتشر شده است) و چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در سازمان‌ها که در هر منبع موجود است، استخراج و بیان شدند.

۵. تجزیه و تحلیل و تلفیق یافته‌های کیفی: هدف از روش فراترکیب، ایجاد تفسیر یکپارچه و جدیدی از یافته‌ها است. این روش‌شناسی جهت شفاف‌سازی مفاهیم و الگوها و نتایج پذیرفته شده است (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۰). در طول تجزیه و تحلیل، محقق موضوعات یا تم‌هایی را جستجو می‌کند که در میان مطالعات موجود در فراترکیب پدیدار شده‌اند. سانلوسکی و باروسو (۲۰۰۷) به این موارد به عنوان «بررسی موضوعی» اشاره می‌کند، به طوری که محقق تم‌ها یا موضوعاتی را مشخص می‌کند. به محض اینکه موضوعات شناسایی و مشخص شدند، بررسی‌کننده یک طبقه‌بندی را شکل می‌دهد و طبقه‌بندی‌های مشابه و مربوطه را در موضوعی قرار می‌دهد که آن را به بهترین نحو توصیف کند. تم‌ها اساس و پایه‌ای برای ایجاد «توضیحات و مدل‌ها، تئوری‌ها یا فرضیات کاری» ارائه می‌دهند. در این پژوهش بعد از استخراج متون از مقالات منتخب، با توجه به هم‌معنی بودن واژه‌ها، هم‌پوشانی لازم صورت گرفته شد به طوری که ۹۹ کد شناسایی و با توجه به هم‌معنی بودن برخی از آنها، هم‌پوشانی لازم صورت پذیرفت و در نهایت ۲۷ کد یا

مفهوم استخراج گردید. سپس این کدها و مفاهیم در ۶ گروه، دسته‌بندی شدند که هر یک از این دسته‌ها به عنوان ابعاد چالش‌های اجرای اقتصاد مدور در سازمان‌ها در نظر گرفته شدند (جدول ۲).

جدول شماره ۲: همپوشانی چالش‌های استخراج‌شده از مطالعات پیشین و ایجاد مفاهیم و ابعاد
Table 2. Overlap of challenges extracted from previous studies and creation of concepts and dimensions

| دسته Category | مفهوم Concept | چالش‌های ارائه‌شده در مطالعات پیشین Challenges presented in previous studies | ردیف Row |
|----------------------------------|---|---|-------------|
| چالش‌های مدیریتی | دانش و تخصص محدود مدیران در خصوص مفهوم اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | آگاهی، درک و بیش ناکافی از اقتصاد مدور؛ عدم آگاهی و احساس فوریت؛ فقدان آگاهی و/یا عدم تمایل به درگیر شدن در اقتصاد مدور؛ عدم آگاهی از زنجیره تأمین مدور؛ کمبود دانش و مهارت مدیران برای اجرای اقدامات اقتصاد مدور | 1 |
| چالش‌های فرهنگی و اجتماعی | ریسک‌گریزی و مقاومت در مقابل تغییر | ریسک‌گریزی اعضای سازمان؛ مقاومت در برابر تغییر مدیریت عالی | 2 |
| چالش‌های اقتصادی | هزینه‌های زیاد مربوط به بازایی، حمل‌ونقل و مرتب‌سازی پسماندها | هزینه‌های زیاد بازایی محصولات؛ هزینه‌های زیاد حمل‌ونقل پسماندها؛ هزینه‌های زیاد مرتب‌سازی پسماندها | 3 |
| چالش‌های فرهنگی و اجتماعی | وجود فرهنگ اقتصاد خطی در سازمان | فرهنگ زیست‌محیطی شرکت؛ عدم فرهنگ‌سازی برای اقتصاد مدور؛ وجود فرهنگ سیستم خطی | 4 |
| چالش‌های سازمانی | کمبود نیروی انسانی متخصص و آشنا به مسائل زیست‌محیطی | کمبود نیروی کار ماهر برای اقتصاد مدور؛ عدم وجود نیروی کار ماهر و متخصصان واجد شرایط در اقتصاد مدور؛ کمبود منابع انسانی متخصص | 5 |
| چالش‌های مدیریتی | سیاست‌زدگی و طرز فکر بوروکراتیک در مدیریت سازمان | طرز فکر بوروکراتیک / سیاسی؛ کاغذبازی‌های سازمانی | 6 |
| چالش‌های فرهنگی و اجتماعی | عدم دانش و آگاهی کارکنان و مشتریان از اقدامات اقتصاد مدور | آگاهی، درک و بیش ناکافی از اقتصاد مدور؛ فقدان آگاهی و/یا عدم تمایل به درگیر شدن در اقتصاد مدور؛ فقدان آگاهی و علاقه مشتری؛ عدم دانش و آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد نوسازی | 7 |
| چالش‌های اقتصادی | کمبود بودجه و ابزارهای مالی جهت آموزش، تحقیق و توسعه و عملیات اقتصاد مدور | فقدان بودجه حمایتی سرمایه‌گذاری، نوآوری و تحقیقات در مورد اقتصاد مدور؛ عدم دسترسی به بودجه؛ کمبود بودجه برای آموزش؛ کمبود بودجه برای تحقیق و توسعه؛ کمبود بودجه برای عملیات اقتصاد مدور | 8 |
| چالش‌های سازمانی | عدم وجود یک سیستم استاندارد برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور | عدم وجود سیستمی استاندارد از شاخص‌های عملکردی به‌منظور سنجش اقتصاد مدور در زنجیره تأمین؛ فقدان یک سیستم استاندارد برای ارزیابی عملکرد، جمع‌آوری داده‌ها، محاسبه و ارسال و مجازات؛ عدم وجود یک سیستم استاندارد برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور | 9 |
| چالش‌های زیرساختی و فناوری | جدید بودن مفهوم اقتصاد مدور و عدم وجود تحقیقات تجربی و کاربردی در کشور | نوین بودن مفهوم اقتصاد مدور | 10 |
| چالش‌های اقتصادی | هزینه بالای خرید مواد اولیه سازگار با محیط زیست | هزینه بالای خرید مواد سازگار با محیط زیست توسط تأمین‌کننده؛ هزینه بالای خرید مواد سازگار با محیط زیست؛ عدم خرید سبز | 11 |

| ردیف Row | چالش‌های ارائه‌شده در مطالعات پیشین Challenges presented in previous studies | مفهوم Concept | دسته Category |
|-------------|--|--|----------------------------|
| 12 | سطح تقاضای بازار و سود؛ عدم تعادل بین عرضه و تقاضای بازار؛ سطح پایین تقاضا و پذیرش محصولات بازسازی‌شده از مردم به دلیل ظاهر آنها؛ تقاضای ضعیف برای محصولات زیست‌محیطی | تقاضای کم مشتریان برای محصولات بازیافتی | چالش‌های بازار و طراحی |
| 13 | فقدان برنامه‌های آموزشی و توسعه مناسب؛ کمبود بودجه برای آموزش؛ عدم آموزش و پشتیبانی؛ عدم آموزش مسائل زیست‌محیطی | عدم توجه سیستم آموزشی سازمان‌ها به اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | چالش‌های سازمانی |
| 14 | استفاده محدود از مدل‌های کسب‌وکار پایدار؛ فقدان دوام اقتصادی مدل‌های کسب‌وکار مدور؛ کاربرد محدود مدل‌های جدید کسب‌وکار؛ فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های کسب‌وکار مدور؛ عدم وجود یک چارچوب مدل کسب‌وکار مدور | فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های موفق کسب‌وکار برای اجرای اقتصاد مدور | چالش‌های زیرساختی و فناوری |
| 15 | عدم وجود سیستم تبادل اطلاعات؛ فقدان اطلاعات دقیق در مورد مواد / ردیابی در زنجیره تأمین برای بازیافت در دسترس نیست؛ فقدان اطلاعات قابل اعتماد برای عموم؛ عدم کفایت سیستم‌های مدیریت اطلاعات عدم وجود سیستم اطلاعاتی جهت پیگیری؛ کمبود اطلاعات در مورد تأثیرات | عدم وجود سیستم تبادل اطلاعات بین ذینفعان مختلف | چالش‌های زیرساختی و فناوری |
| 16 | محدودیت‌های طراحی محصولات؛ مسائل مربوط زیبایی‌شناسی محصولات؛ عدم توجه به مواد جایگزین در طراحی محصولات | محدودیت‌های طراحی یامسائل زیبایی‌شناسی(به‌عنوان مثال: محدودیت‌های مواد جایگزین) | چالش‌های بازار و طراحی |
| 17 | نیاز به سرمایه‌گذاری بلندمدت؛ هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری؛ نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا که دارای بازده اقتصادی طولانی‌مدت است؛ | هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت اقتصاد مدور | چالش‌های اقتصادی |
| 18 | عدم طراحی سبز؛ توجه محدود به مرحله پایان عمر در طراحی محصول فعلی؛ عدم طراحی محصولات برای مدل‌های کسب‌وکار مدور؛ چالش‌های مربوط به طراحی جهت استفاده مجدد و بازیابی محصولات؛ عدم دانش فنی در طراحی محصول | طراحی نادرست محصولات (به‌عنوان مثال، برای عمر زیاد، جداسازی قطعات یا استفاده مجدد طراحی نشده است). | چالش‌های بازار و طراحی |
| 19 | عدم وجود تفکر سیستمی در بین مدیران؛ وجود ذهنیت خطی در مدیریت؛ عدم وجود ذهنیت مدورگرایی | وجود ذهنیت خطی در مدیران و عدم تفکر سیستمی و مدور | چالش‌های مدیریتی |
| 20 | موانع قوانین و مقررات؛ عدم اجرای قوانین اقتصاد مدور به میزان کافی؛ موانع مربوط به قوانین و مقررات؛ فقدان قوانین و مقررات زیست‌محیطی؛ عدم وجود قوانین و مقررات حمایتی | عدم قوانین، مقررات و استانداردها، یا عدم تطابق بین قوانین فعلی و قوانین مربوط به اجرای اقتصاد مدور | چالش‌های سازمانی |
| 21 | دسترسی محدود و کیفیت مواد بازیافتی؛ دسترسی محدود به محصولات دارای استفاده مجدد؛ محدودیت در دسترس بودن و کیفیت مواد بازیافتی؛ کمبود مواد بازیافت با کیفیت بالا | دسترسی محدود به مواد اولیه بازیافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز | چالش‌های زیرساختی و فناوری |
| 22 | عدم فشار از سوی جامعه اجتماعی؛ ملزم نساختن سازمان‌ها به رعایت مسائل زیست‌محیطی؛ عدم توجه نهادهای اجتماعی | عدم فشار از سوی نهادهای فرهنگی و اجتماعی | چالش‌های فرهنگی |
| 23 | کمبود زیرساخت؛ ضعف زیرساخت‌های موجود ضعیف؛ عدم استفاده از فناوری‌های پیشرفته؛ کمبود فناوری‌های مربوط به جمع‌آوری، جداسازی و بازیابی | عدم وجود فناوری‌ها و زیرساخت‌های مؤثر جمع‌آوری، جداسازی و بازیابی | چالش‌های زیرساختی و فناوری |
| 24 | بی‌ثباتی اقتصادی؛ ریسک‌های اقتصاد کلان؛ وجود تورم و رکود اقتصادی | عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی) | چالش‌های بازار و طراحی |
| 25 | عدم تعهد مدیران ارشد برای حرکت به سمت اقتصاد مدور؛ عدم تعهد رهبران سازمان‌ها؛ عدم تعهد مدیریت | عدم تعهد و اشتیاق مدیریت نسبت به اجرای اصول اقتصاد مدور | چالش‌های مدیریتی |

| ردیف Row | چالش‌های ارائه‌شده در مطالعات پیشین Challenges presented in previous studies | مفهوم Concept | دسته Category |
|-------------|---|---|------------------|
| 26 | عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی سازمان؛ عدم شاخص‌ها و اهداف روشن؛ عدم وجود اهداف استراتژیک بلندمدت؛ فقدان آرمان‌ها، اهداف و چشم‌اندازهای ملی تعریف شده برای حرکت به سمت اقتصاد مدور | عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی، مأموریت، چشم‌انداز و اهداف سازمانی | چالش‌های سازمانی |
| 27 | عدم وجود مکانیسم‌های حمایت مالی و مشوق‌های مالیاتی؛ عدم حمایت مالی؛ مشوق‌های مالی دولت از اقتصاد خطی پشتیبانی می‌کند؛ فقدان حمایت دولت | عدم وجود مکانیسم‌های حمایت مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی | چالش‌های اقتصادی |

۶. حفظ کنترل کیفیت: جهت بررسی کنترل کیفیت (پایایی مدل)، از شاخص کاپا استفاده شده است. بدین طریق که خبره دیگری که متخصص حوزه مدیریت و پایداری بود، بدون اطلاع از نحوه ادغام کدها و مفاهیم ایجاد شده توسط پژوهشگر، اقدام به گروه‌بندی مفاهیم می‌کند. سپس گروه‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگر با گروه‌های ارائه‌شده توسط خبره، مقایسه می‌شود. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، پژوهشگر ۶ گروه و خبره دیگر ۷ گروه ایجاد کرده‌اند که از این تعداد، ۵ گروه مشترک هستند. طبق محاسبات صورت گرفته، مقدار شاخص کاپا برابر است با ۰/۶۱۷، که در سطح توافق معتبر قرار می‌گیرد و نتیجتاً، پایایی مدل تأیید می‌شود.

جدول شماره ۳: نحوه محاسبه وضعیت تبدیل کدها به مفاهیم توسط پژوهشگر و فرد خبره

Table 3: The comparison between groups suggested by the present authors and the expert

| | نظر پژوهشگر Author opinion | | |
|----------------------------|---|-----------|---|
| | بله Yes | خیر No | مجموع کدگذار اول Aggregate of codification 1 |
| | بله Yes | A=5 | B=1 |
| خیر No | C=2 | D=0 | 2 |
| نظر خبره Expert opinion | مجموع کدگذار دوم Aggregate of codification 2 | | N=8 |
| | 7 | 1 | |

$$\text{توافقات مشاهده شده} = \frac{A+D}{N} = \frac{5}{8} = 0.625$$

$$\text{توافقات شانسی} = \frac{A+B}{N} \times \frac{A+C}{N} \times \frac{C+D}{N} \times \frac{B+D}{N} = \frac{6}{8} \times \frac{7}{8} \times \frac{2}{8} \times \frac{1}{8} = 0.0205$$

$$\text{مقدار شاخص کاپا} = \frac{\text{توافقات شانسی} - \text{توافقات مشاهده شده}}{1 - \text{توافقات شانسی}} = \frac{0.625 - 0.0205}{1 - 0.0205} = 0.617$$

۷. ارائه یافته‌ها: در این مرحله از روش فراترکیب، یافته‌های حاصل از مراحل گذشته ارائه می‌شود که در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴: ابعاد و چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده

Table 4: Dimensions and challenges of implementing circular economy in organizations

| چالش‌ها Challenges | علائم symbol | ابعاد Dimensions |
|--|-----------------|--|
| هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت اقتصاد مدور | E1 | چالش‌های اقتصادی Economical |
| هزینه بالای خرید مواد اولیه سازگار با محیط زیست | E2 | |
| عدم وجود مکانیسم‌های حمایت مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی | E3 | |
| کمبود بودجه و ابزارهای مالی جهت آموزش، تحقیق و توسعه و عملیات اقتصاد مدور | E4 | |
| هزینه‌های زیاد مربوط به بازیابی، حمل‌ونقل و مرتب‌سازی پسماندها | E5 | |
| عدم فشار از سوی نهادهای فرهنگی و اجتماعی | CS1 | چالش‌های فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social |
| عدم دانش و آگاهی کارکنان و مشتریان از اقدامات اقتصاد مدور | CS2 | |
| وجود فرهنگ اقتصاد خطی در سازمان | CS3 | |
| ریسک‌گریزی و مقاومت در مقابل تغییر | CS4 | |
| عدم تعهد و اشتیاق مدیریت نسبت به اجرای اصول اقتصاد مدور | M1 | چالش‌های مدیریتی Managerial |
| وجود ذهنیت خطی در مدیران و عدم تفکر سیستمی و مدور | M2 | |
| دانش و تخصص محدود مدیران در خصوص مفهوم اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | M3 | |
| سیاست‌زدگی و طرز فکر بوروکراتیک در مدیریت سازمان | M4 | |
| عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی، مأموریت، چشم‌انداز و اهداف سازمانی | O1 | چالش‌های سازمانی Organizational |
| عدم توجه سیستم آموزشی سازمان‌ها به اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | O2 | |
| عدم وجود یک سیستم استاندارد برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور | O3 | |
| عدم قوانین، مقررات و استانداردها، یا عدم تطابق بین قوانین فعلی و قوانین مربوط به اجرای اقتصاد مدور | O4 | |
| کمبود نیروی انسانی متخصص و آشنا به مسائل زیست‌محیطی | O5 | |

| چالش‌ها Challenges | علائم symbol | ابعاد Dimensions |
|--|-----------------|---|
| عدم وجود سیستم تبادل اطلاعات بین ذینفعان مختلف | IT1 | چالش‌های زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology |
| فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های موفق کسب‌وکار برای اجرای اقتصاد مدور | IT2 | |
| عدم وجود فناوری‌ها و زیرساخت‌های مؤثر جمع‌آوری، جداسازی و بازیابی | IT3 | |
| جدید بودن مفهوم اقتصاد مدور و عدم وجود تحقیقات تجربی و کاربردی در کشور | IT4 | |
| دسترسی محدود به مواد اولیه بازیافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز | IT5 | |
| تقاضای کم مشتریان برای محصولات بازیافتی | MD1 | چالش‌های بازار و طراحی Market and Design |
| عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی) | MD2 | |
| طراحی نادرست محصولات (به‌عنوان مثال، برای عمر زیاد، جداسازی قطعات یا استفاده مجدد طراحی نشده است). | MD3 | |
| محدودیت‌های طراحی یا مسائل زیبایی‌شناسی (به‌عنوان مثال: محدودیت‌های مواد جایگزین) | MD4 | |

مرحله دوم: تعیین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری و اولویت‌بندی چالش‌های کاربرست اقتصاد مدور در این پژوهش برای تعیین میزان تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری و میزان اهمیت چالش‌ها از تکنیک ترکیبی DEMATEL-ANP فازی استفاده شد. با توجه به فرآیند انجام این تکنیک که در بخش‌های گذشته تشریح شد، در ابتدا ماتریس‌های اولیه تکمیل‌نشده در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار گرفته شد و از آنان درخواست گردید که با مقایسه زوجی ابعاد و چالش‌های هر بُعد با یکدیگر، شدت تأثیر عامل سطری را بر عوامل ستونی را به صورت عددی میان ۰ تا ۴ در خانه‌های مربوط به آنها درج کنند. سپس مطابق با جدول ۱، این اعداد، به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند. در مرحله بعد، پس از جمع‌بندی و محاسبه میانگین حسابی نظرات خبرگان و نرمال‌سازی ماتریس اولیه روابط مستقیم فازی، ماتریس روابط مستقیم فازی نرمال شده حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵: ماتریس نرمال فازی (شدت روابط مستقیم) برای ابعاد

Table 5: Fuzzy normal matrix (intensity of direct relations) for dimensions

| مدیریتی Managerial | فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social | اقتصادی Economical | ابعاد Dimensions | ابعاد |
|------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0.1, 0.156, 0.2 | 0.078, 0.133, 0.167 | 0, 0, 0 | Economical | اقتصادی |
| 0.1, 0.156, 0.211 | 0, 0, 0 | 0, 0.056, 0.111 | Cultural and Social | فرهنگی و اجتماعی |
| 0, 0, 0 | 0.044, 0.1, 0.156 | 0.022, 0.078, 0.133 | Managerial | مدیریتی |
| 0.078, 0.133, 0.178 | 0.033, 0.089, 0.144 | 0.056, 0.111, 0.167 | Organizational | سازمانی |
| 0.1, 0.156, 0.2 | 0.044, 0.078, 0.133 | 0.089, 0.144, 0.2 | Infrastructure and Technology | زیرساختی و فناوری |
| 0.044, 0.1, 0.156 | 0.044, 0.078, 0.133 | 0.067, 0.122, 0.178 | Market and Design | بازار و طراحی |
| بازار و طراحی Market and Design | زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology | سازمانی Organizational | ابعاد Dimensions | ابعاد |
| 0.067, 0.122, 0.178 | 0.156, 0.211, 0.222 | 0.1, 0.156, 0.211 | Economical | اقتصادی |
| 0.078, 0.133, 0.167 | 0.022, 0.078, 0.133 | 0.1, 0.056, 0.2 | Cultural and Social | فرهنگی و اجتماعی |
| 0.044, 0.1, 0.156 | 0.1, 0.156, 0.2 | 0.167, 0.222, 0.222 | Managerial | مدیریتی |
| 0.078, 0.133, 0.178 | 0.078, 0.133, 0.189 | 0, 0, 0 | Organizational | سازمانی |
| 0.122, 0.178, 0.211 | 0, 0, 0 | 0.111, 0.167, 0.222 | Infrastructure and Technology | زیرساختی و فناوری |
| 0, 0, 0 | 0.033, 0.067, 0.122 | 0.044, 0.1, 0.144 | Market and Design | بازار و طراحی |

بعد از نرمال سازی نظر خبرگان در مورد ابعاد، ماتریس T طبق روابط مرحله چهارم تکنیک دیمتل فازی برای هر یک از حدهای فازی (U و M, L) محاسبه و در نهایت با ترکیب سه ماتریس، ماتریس روابط مجموع نهایی T در قالب جدول ۶ حاصل آمد.

جدول ۶: ماتریس T فازی
Table 6: Fuzzy T matrix

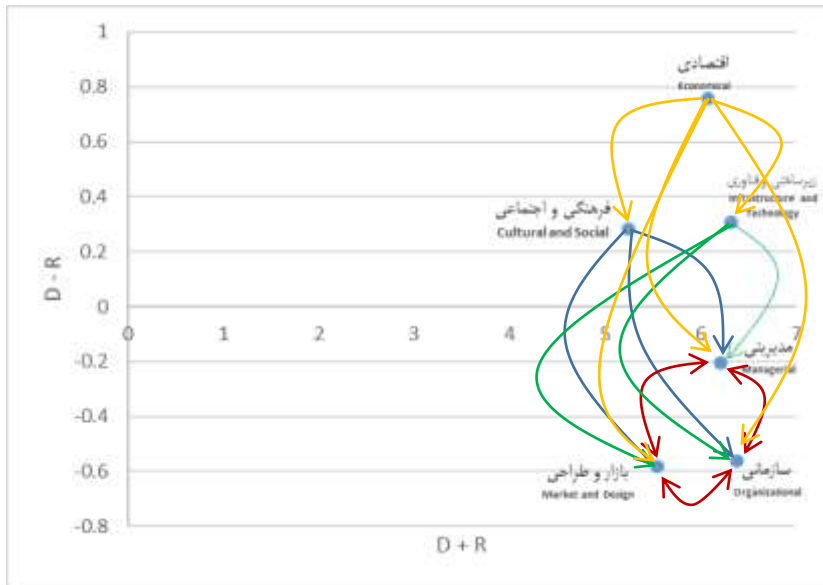
| مدیریتی Managerial | فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social | اقتصادی Economical | ابعاد Dimensions | ابعاد |
|------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0.153, 0.389, 1.336 | 0.107, 0.296, 1.087 | 0.038, 0.197, 1.015 | Economical | اقتصادی |
| 0.124, 0.322, 1.17 | 0.019, 0.132, 0.804 | 0.022, 0.199, 0.964 | Cultural and Social | فرهنگی و اجتماعی |
| 0.045, 0.215, 1.051 | 0.067, 0.241, 0.983 | 0.252, 0.241, 1.031 | Managerial | مدیریتی |
| 0.111, 0.316, 1.191 | 0.056, 0.222, 0.967 | 0.078, 0.255, 1.046 | Organizational | سازمانی |
| 0.145, 0.367, 1.319 | 0.075, 0.239, 1.05 | 0.117, 0.31, 1.169 | Infrastructure and Technology | زیرساختی و فناوری |
| 0.072, 0.25, 1.064 | 0.06, 0.187, 0.855 | 0.08, 0.232, 0.941 | Market and Design | بازار و طراحی |
| بازار و طراحی Market and Design | زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology | سازمانی Organizational | ابعاد Dimensions | ابعاد |
| 0.121, 0.355, 1.268 | 0.196, 0.417, 1.28 | 0.167, 0.424, 1.407 | Economical | اقتصادی |
| 0.103, 0.298, 1.092 | 0.052, 0.246, 1.052 | 0.135, 0.349, 1.216 | Cultural and Social | فرهنگی و اجتماعی |
| 0.087, 0.3, 1.139 | 0.133, 0.336, 1.154 | 0.205, 0.431, 1.291 | Managerial | مدیریتی |
| 0.109, 0.31, 1.145 | 0.11, 0.305, 1.136 | 0.049, 0.226, 1.097 | Organizational | سازمانی |
| 0.162, 0.378, 1.276 | 0.053, 0.221, 1.083 | 0.167, 0.408, 1.397 | Infrastructure and Technology | زیرساختی و فناوری |
| 0.027, 0.153, 0.87 | 0.061, 0.216, 0.966 | 0.078, 0.272, 1.087 | Market and Design | بازار و طراحی |

در ادامه، D (جمع سطرها) و R (جمع ستون‌ها) محاسبه و با توجه به روش مرکز ناحیه از حالت فازی خارج شدند. نتیجه به همراه D+R و D-R در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

جدول ۷: محاسبات D و R
Table 7: Calculations D and R

| ابعاد Dimensions | D_i | R_i | $(D_i)^{def}$ | $(R_i)^{def}$ | D+R | D-R |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|-------|------------|
| اقتصادی Economical | 0.786, 2.079, 7.392 | 0.387, 1.434, 6.166 | 3.418 | 2.662 | 6.080 | 0.756 |
| فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social | 0.456, 1.546, 6.297 | 0.384, 1.317, 5.745 | 2.766 | 2.482 | 5.248 | 0.284 |
| مدیریتی Managerial | 0.589, 1.765, 6.65 | 0.649, 1.86, 7.113 | 3.001 | 3.207 | 6.209 | - 0.206 |
| سازمانی Organizational | 0.512, 1.635, 6.582 | 0.802, 2.111, 7.495 | 2.910 | 3.469 | 6.379 | - 0.560 |
| زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology | 0.719, 1.922, 7.294 | 0.605, 1.74, 6.671 | 3.312 | 3.005 | 6.317 | 0.306 |
| بازار و طراحی Market and Design | 0.379, 1.309, 5.764 | 0.61, 1.794, 6.79 | 2.484 | 3.065 | 5.548 | - 0.581 |

به استناد برآیند نظر خبرگان در ارتباط میان ابعاد چالش‌های کاربرد اقتصاد مدور و داده‌های جدول ۷، نمودار علت و معلولی به صورت شکل ۳ ترسیم شد. همچنین با استفاده از جدول ۸، که از فازی‌زدایی ماتریس محاسبه شده T به دست آمده است، درجه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از ابعاد به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، چالش‌های اقتصادی تأثیرگذارترین و چالش‌های بازار و طراحی تأثیرپذیرترین چالش‌ها در کاربست اقتصاد مدور محسوب می‌شوند. همچنین، چالش‌های سازمانی تعامل بیشتری با سایر چالش‌ها دارد؛ لذا وزن (اهمیت) این چالش‌ها در سیستم بیشتر است.



شکل شماره ۳: روابط علت و معلولی ابعاد چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور

Figure 3: Cause and effect relationships Dimensions of the challenges of implementing a circular economy

جدول ۸: ماتریس فازی زدایی شده

Table 8: Defuzzy matrix

| بازار و طراحی Market and Design | زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology | سازمانی Organizational | مدیریتی Managerial | فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social | اقتصادی Economic | ابعاد Dimensions | ابعاد |
|------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|---|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0.5814 | 0.6311 | 0.6660 | 0.6258 | 0.4967 | 0.4168 | Economical | اقتصادی |
| 0.4977 | 0.4502 | 0.5667 | 0.5387 | 0.3182 | 0.3947 | Cultural and Social | فرهنگی و اجتماعی |
| 0.5090 | 0.5409 | 0.6423 | 0.4371 | 0.4306 | 0.4415 | Managerial | مدیریتی |
| 0.5215 | 0.5166 | 0.4573 | 0.5394 | 0.4149 | 0.4598 | Organizational | سازمانی |
| 0.6052 | 0.4523 | 0.6576 | 0.6103 | 0.4545 | 0.5318 | Infrastructure and Technology | زیرساختی و فناوری |
| 0.3497 | 0.4143 | 0.4790 | 0.4560 | 0.3672 | 0.4177 | Market and Design | بازار و طراحی |

به همین ترتیب، برای چالش‌های هر بُعد، مقدار D ، R و $D+R$ و $D-R$ محاسبه شد که در جدول ۹ مشاهده می‌شود.

جدول ۹: محاسبه D و R برای همه چالش‌ها

Table 9: Calculate D and R for all challenges

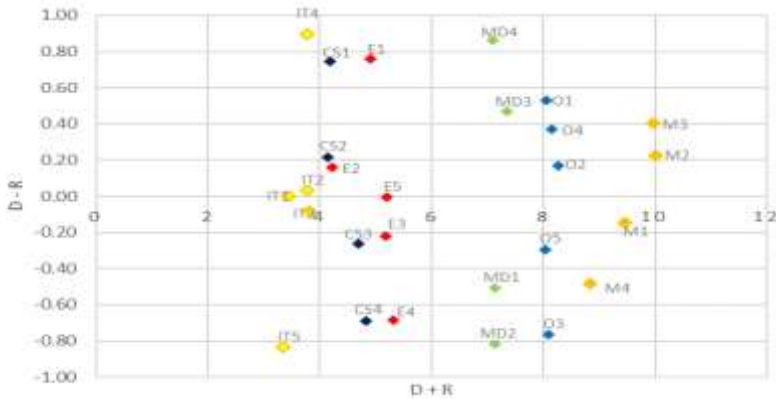
| D-R | D+R | $(R_i)^{defuzzy}$ | $(D_i)^{defuzzy}$ | Ri | Di | چالش Challenge | ابعاد Dimensions |
|------------|-------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|---|
| 0.757 | 4.916 | 2.079 | 2.836 | 0.335, 1.267, 4.636 | 0.782, 1.967, 5.76 | E1 | اقتصادی Economic |
| 0.159 | 4.242 | 2.042 | 2.200 | 0.366, 1.252, 4.506 | 0.4, 1.372, 4.829 | E2 | |
| - 0.221 | 5.201 | 2.711 | 2.490 | 0.676, 1.804, 5.653 | 0.595, 1.676, 5.198 | E3 | |
| - 0.689 | 5.325 | 3.007 | 2.318 | 0.856, 2.087, 6.079 | 0.464, 1.467, 5.025 | E4 | |
| - 0.006 | 5.219 | 2.613 | 2.607 | 0.643, 1.755, 5.44 | 0.634, 1.684, 5.502 | E5 | |
| 0.746 | 4.201 | 1.728 | 2.473 | 0.218, 1.061, 3.903 | 0.644, 1.718, 5.057 | CS1 | فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social |
| 0.214 | 4.150 | 1.968 | 2.182 | 0.361, 1.284, 4.259 | 0.464, 1.442, 4.638 | CS2 | |
| - 0.265 | 4.697 | 2.481 | 2.216 | 0.633, 1.702, 5.109 | 0.531, 1.546, 4.57 | CS3 | |
| - 0.694 | 4.833 | 2.764 | 2.069 | 0.837, 2.015, 5.438 | 0.409, 1.356, 4.443 | CS4 | |
| - 0.146 | 9.465 | 4.806 | 4.66 | 0.734, 2.253, 11.431 | 0.768, 2.224, 10.987 | M1 | مدیریتی Manag erial |

| D-R | D+R | (Ri) ^{defuzzy} | (Di) ^{defuzzy} | Ri | Di | چالش Challenge | ابعاد Dimensions |
|------------|-------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|---|
| 0.228 | 10 | 4.889 | 5.117 | 0.763, 2.304, 11.601 | 0.84, 2.437, 12.074 | M2 | |
| 0.403 | 9.960 | 4.779 | 5.182 | 0.762, 2.304, 11.27 | 0.886, 2.51, 12.148 | M3 | |
| - 0.484 | 8.833 | 4.659 | 4.174 | 0.733, 2.154, 11.09 | 0.497, 1.844, 10.182 | M4 | |
| 0.527 | 8.060 | 3.767 | 4.294 | 0.441, 1.622, 9.236 | 0.693, 2.007, 10.182 | O1 | |
| 0.167 | 8.284 | 4.059 | 4.225 | 0.585, 1.865, 9.726 | 0.713, 1.998, 9.966 | O2 | سازمانی Organizational |
| - 0.767 | 8.101 | 4.434 | 3.667 | 0.726, 2.056, 10.52 | 0.458, 1.578, 8.967 | O3 | |
| 0.370 | 8.164 | 3.897 | 4.267 | 0.632, 1.718, 9.342 | 0.697, 1.979, 10.126 | O4 | |
| - 0.298 | 8.036 | 4.167 | 3.869 | 0.707, 2.001, 9.792 | 0.532, 1.7, 9.375 | O5 | |
| - 0.001 | 3.465 | 1.733 | 1.732 | 0.374, 1.082, 3.743 | 0.385, 1.072, 3.739 | IT1 | |
| 0.031 | 3.792 | 1.880 | 1.912 | 0.499, 1.174, 3.968 | 0.444, 1.213, 4.077 | IT2 | زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology |
| - 0.087 | 3.833 | 1.960 | 1.873 | 0.445, 1.268, 4.167 | 0.457, 1.145, 4.017 | IT3 | |

| D-R | D+R | (R _i) ^{defuzzy} | (D _i) ^{defuzzy} | R _i | D _i | چالش Challenge | ابعاد Dimensions |
|------------|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 0.893 | 3.794 | 1.450 | 2.343 | 0.276, 0.808, 3.267 | 0.674, 1.605, 4.752 | IT4 | بازار و طراحی Market and Design |
| - 0.836 | 3.363 | 2.100 | 1.263 | 0.493, 1.356, 4.451 | 0.127, 0.653, 3.011 | IT5 | |
| - 0.507 | 7.142 | 3.825 | 3.317 | 0.627, 1.57, 9.276 | 0.527, 1.284, 8.141 | MD1 | |
| - 0.818 | 7.150 | 3.984 | 3.166 | 0.668, 1.634, 9.65 | 0.353, 1.178, 7.968 | MD2 | |
| 0.466 | 7.354 | 3.444 | 3.91 | 0.531, 1.361, 8.439 | 0.675, 1.638, 9.416 | MD3 | |
| 0.859 | 7.109 | 3.125 | 3.984 | 0.4, 1.171, 7.805 | 0.671, 1.636, 9.645 | MD4 | |

تأثیرگذارترین: ■ رنگ تأثیرپذیرترین: ■ رنگ مهمترین: رنگ

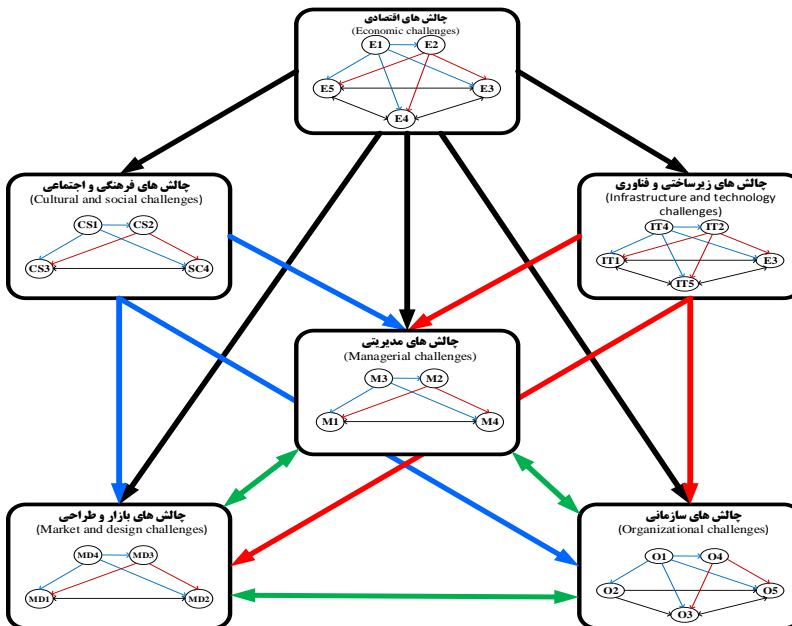
به استناد برآیند نظر خبرگان در ارتباط میان چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در هر بُعد و داده‌های جدول ۱۱، نمودار علت و معلولی به صورت شکل ۴ ترسیم شد.



شکل شماره ۴: روابط علت و معلولی چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور

Figure 4: Cause and effect relationships challenges of implementing a circular economy

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، الگوی روابط بین چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده را می‌توان به صورت شکل شماره ۵ مشاهده کرد.



شکل شماره ۵: الگوی روابط بین چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده

Figure 5: Pattern of relationships between the challenges of implementing circular economy in polluting industries

در ادامه طبق روابط مطرح‌شده، سوپرماتریس وزن‌دار نشده ابعاد (جدول ۸) و همچنین چالش‌ها ایجاد شده و با ضرب عناصر مربوط به وزن هر بلاک از روی سوپر ماتریس ابعاد، سوپرماتریس وزن‌دار شده به دست می‌آید. سپس می‌بایست این سوپر ماتریس را به توان بی‌نهایت رساند. به‌منظور محاسبه حد بی‌نهایت، ماتریس وزن‌دار شده را آن‌قدر به توان می‌رسانیم تا با ۲ رقم اعشار همگرا شود. در این حالت عناصر یک سطر با یکدیگر برابر شده و عدد به‌دست‌آمده وزن نهایی زیر معیار را مشخص می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده را می‌توان در جدول شماره ۱۰ مشاهده کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که در بین ابعاد، چالش‌های سازمانی، مدیریتی و بازار و طراحی به ترتیب مهمترین چالش‌های صنایع آلاینده محسوب می‌شوند. همچنین در تحلیلی جامع، چالش‌های عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی)، وجود ذهنیت خطی در مدیران و عدم تفکر سیستمی و مدور و چالش تقاضای کم مشتریان برای محصولات بازیافتی مهمترین چالش‌های موجود در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده همانند صنعت شیشه‌سازی محسوب می‌شود.

جدول شماره ۱۰: نتایج رتبه‌بندی چالش‌ها با استفاده از روش DANP فازی

Table 10: Challenge ranking results by using fuzzy DANP Method

| رتبه Rank | وزن نهایی Final weight | وزن نسبی Relative weight | چالش‌ها Challenges | وزن Weight | ابعاد Dimensions |
|-----------|------------------------|--------------------------|---|------------|--------------------------------------|
| 26 | 0.0256 | 0.1706 | هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت اقتصاد مدور | 0.15 | اقتصادی Economical |
| 27 | 0.0248 | 0.1654 | هزینه بالای خرید مواد اولیه سازگار با محیط زیست | | |
| 20 | 0.0325 | 0.2166 | عدم وجود مکانیسم‌های حمایت مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی | | |
| 18 | 0.0357 | 0.238 | کمبود بودجه و ابزارهای مالی جهت آموزش، تحقیق و توسعه و عملیات اقتصاد مدور | | |
| 22 | 0.0314 | 0.2092 | هزینه‌های زیاد مربوط به بازیابی، حمل‌ونقل و مرتب‌سازی پسماندها | | |
| 24 | 0.0278 | 0.2006 | عدم فشار از سوی نهادهای فرهنگی و اجتماعی | 0.1384 | فرهنگی و اجتماعی Cultural and Social |
| 23 | 0.0308 | 0.2222 | عدم دانش و آگاهی کارکنان و مشتریان از اقدامات اقتصاد مدور | | |
| 13 | 0.0380 | 0.2749 | وجود فرهنگ اقتصاد خطی در سازمان | | |
| 8 | 0.0418 | 0.3021 | ریسک‌گریزی و مقاومت در مقابل تغییر | 0.179 | مدیریتی Managerial |
| 4 | 0.0449 | 0.2509 | عدم تعهد و اشتیاق مدیریت نسبت به اجرای اصول اقتصاد مدور | | |
| 2 | 0.0458 | 0.2558 | وجود ذهنیت خطی در مدیران و عدم تفکر سیستمی و مدور | | |

| رتبه Rank | وزن نهایی Final weight | وزن نسبی Relative weight | چالش‌ها Challenges | وزن Weight | ابعاد Dimensions |
|--------------|---------------------------|-----------------------------|--|---------------|--|
| 5 | 0.0448 | 0.2504 | دانش و تخصص محدود مدیران در خصوص مفهوم اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | | |
| 6 | 0.0434 | 0.2426 | سیاست‌زدگی و طرز فکر بوروکراتیک در مدیریت سازمان | | |
| 17 | 0.0361 | 0.1862 | عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی، مأموریت، چشم‌انداز و اهداف سازمانی | 0.1937 | سازمانی Organizational |
| 11 | 0.0387 | 0.1997 | عدم توجه سیستم آموزشی سازمان‌ها به اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی | | |
| 7 | 0.0420 | 0.2168 | عدم وجود یک سیستم استاندارد برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور | | |
| 15 | 0.0372 | 0.1921 | عدم قوانین، مقررات و استانداردها، یا عدم تطابق بین قوانین فعلی و قوانین مربوط به اجرای اقتصاد مدور | | |
| 10 | 0.0397 | 0.2049 | کمبود نیروی انسانی متخصص و آشنا به مسائل زیست‌محیطی | | |
| 21 | 0.0320 | 0.1898 | عدم وجود سیستم تبادل اطلاعات بین ذینفعان مختلف | 0.1686 | زیرساختی و فناوری Infrastructure and Technology |
| 19 | 0.0346 | 0.2055 | فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های موفق کسب‌وکار برای اجرای اقتصاد مدور | | |
| 16 | 0.0362 | 0.2145 | عدم وجود فناوری‌ها و زیرساخت‌های مؤثر جمع‌آوری، جداسازی و بازیابی | | |
| 25 | 0.0275 | 0.1634 | جدید بودن مفهوم اقتصاد مدور و عدم وجود تحقیقات تجربی و کاربردی در کشور | | |
| 12 | 0.0382 | 0.2266 | دسترسی محدود به مواد اولیه بازیافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز | | |
| 3 | 0.0454 | 0.2641 | تقاضای کم مشتریان برای محصولات بازیافتی | 0.1702 | بازار و طراحی Market and Design |
| 1 | 0.0475 | 0.276 | عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی) | | |
| 9 | 0.0413 | 0.2402 | طراحی نادرست محصولات | | |
| 14 | 0.0378 | 0.2196 | محدودیت‌های طراحی یا مسائل زیبایی‌شناسی (به‌عنوان مثال: محدودیت‌های مواد جایگزین) | | |

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی و ارائه الگویی از روابط بین چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع آلاینده و به‌طور خاص صنعت شیشه‌سازی یزد بود. در این پژوهش ابتدا با به‌کارگیری

روش فراترکیب، مطالعات و مقالات مرتبط با موضوع مورد بررسی قرار گرفت و با نظر اعضای تیم پژوهش و تأیید خبرگان، الگوی چالش‌های پیاده‌سازی تدوین شد که این الگو دارای ۲۸ چالش در ۶ بُعد است. سپس با استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی و تحلیل آن با استفاده از روش ترکیبی دیمتل-فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، روابط و اهمیت این چالش‌ها مورد بررسی قرار گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که بُعد اقتصادی تأثیرگذارترین، بُعد بازار و طراحی تأثیرپذیرترین و بُعد سازمانی مهم‌ترین بُعد محسوب می‌شوند. همچنین، در بُعد اقتصادی، چالش «هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت اقتصاد مدور» تأثیرگذارترین و «کمبود بودجه و ابزارهای مالی جهت آموزش، تحقیق و توسعه و عملیات اقتصاد مدور» تأثیرپذیرترین و مهم‌ترین چالش شناسایی شدند که در پژوهش‌های گرافسترم و اسما (۲۰۲۱)، سینگ و همکاران (۲۰۲۰)، الحسنی^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، ماهپور^۲ (۲۰۱۸)، کرچر و همکاران (۲۰۱۸) و گاویندان و هساناگیگ (۲۰۱۸) نیز مورد اشاره قرار گرفته‌اند. این پژوهشگران معتقدند که طرح‌های اقتصاد مدور معمولاً چنان پرهزینه است که برای اطمینان از تأمین اقتصادی، به یارانه‌های مالی نیاز دارد. به عبارت دیگر، برای سازمان‌هایی که قصد حرکت به سمت اقتصاد مدور را دارند، دسترسی به منابع مناسب مالی بسیار اهمیت دارد. برای درک صحیح مدل اقتصاد مدور، مهم‌ترین عامل، آموزش است اما برای آموزش کارکنان، هزینه زیادی لازم است. منابع مالی اصلی‌ترین مانع سازمان برای انجام آموزش‌های مناسب کارمندان است. به همین دلیل، همه سازمان‌ها قادر به اجرای صحیح مدل اقتصاد مدور نیستند. همچنین، سازمان‌ها برای پیاده‌سازی اقتصاد مدور در عملیات سازمانی، به پول زیادی نیاز دارد زیرا آنها مجبورند مدل خطی خود را به مدل مدور تغییر دهند. از سوی دیگر، منافع حاصل از اقتصاد مدور در بلندمدت تحقق خواهد یافت؛ به همین دلیل بانک‌ها و مؤسسات مالی جهت انجام کمک‌های مالی در جهت اجرای اقتصاد مدور به صورت محافظه‌کارانه عمل می‌کنند.

یکی دیگر از نتایج تحقیق حاضر، بُعد بازار و طراحی بود که به عنوان تأثیرپذیرترین بُعد شناسایی شد. در این بُعد چالش «محدودیت‌های طراحی یا مسائل زیبایی‌شناسی» تأثیرگذارترین، چالش «عدم اطمینان در مورد بازار (به‌عنوان مثال، رکود اقتصادی)» تأثیرپذیرترین چالش و چالش «طراحی نادرست محصولات» بیشترین تعامل را با سایر چالش‌ها دارد. تحقیقات زیادی از جمله هانگ^۳ و همکاران (۲۰۲۱)، ژیا و روان (۲۰۲۰)، سینگ و همکاران (۲۰۲۰)، کرچر و همکاران (۲۰۱۸) و گاویندان و هساناگیگ (۲۰۱۸) به این چالش‌ها اشاره کرده‌اند. در طراحی یک محصول

1. Al Hosni
2. Mahpour
3. Huang

پایدار مشکلات زیادی وجود دارد. این مشکلات ممکن است به دلیل عدم تحقیق و توسعه برای طراحی محصولات و فرآیندهای پایدار باشد. بنابراین، عدم طراحی محصول پایدار مانعی برای اجرای اقتصاد مدور در سازمان است. در بستر اقتصاد مدور، هدف از طراحی، ارتقا و انجام عملیاتی است که امکان استقرار چرخه‌های طراحی چندگانه را می‌دهد. در همین زمینه راهکارهایی مانند طراحی برای بازیافت، طراحی برای تولید مجدد و استفاده مجدد، طراحی برای جداسازی قطعات و طراحی برای محیط زیست می‌تواند ارائه شود.

از دیگر نتایج تحقیق، شناسایی چالش‌های سازمانی به عنوان مهمترین بُعد در چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد مدور است که در این بین چالش‌های «عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی، مأموریت، چشم‌انداز و اهداف سازمانی»، «عدم وجود یک سیستم استاندارد برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور» و «عدم توجه سیستم آموزشی سازمان‌ها به اقتصاد مدور و مسائل زیست‌محیطی» به ترتیب تاثیرگذارترین، تاثیرپذیرترین و مهمترین چالش‌ها محسوب می‌شوند. بای و همکاران (۲۰۲۰)، حالیم و همکاران (۲۰۲۰) و کومار و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهش‌های خود به این چالش‌ها اشاره کردند. توسعه شایستگی‌ها از طریق برنامه‌های آموزش و توسعه به سازمان‌ها امکان می‌دهد تا با استفاده از شیوه‌های مدور، محصولات را طراحی و استفاده مجدد، نوسازی و بازیافت کنند. در همین راستا، ایجاد یک سیستم ارزیابی عملکرد جهت سنجش اثربخشی برنامه‌های آموزشی و همچنین سطح مدورگرایی در سازمان می‌تواند مفید باشد. معیارهای ارزیابی نه‌تنها برای حمایت از طرح‌های جدید، بلکه برای قضاوت در خصوص خدمات موجود حیاتی هستند. تصور می‌شود که عدم تطبیق معیارها منبع اصلی عدم کارایی و ایجاد اختلال در فعل‌وانفعالات اقدامات پایدار است. یکی از موانع همسویی اقدامات اقتصاد مدور، عدم وجود معیارهای ارزیابی عملکرد مناسب است که اساس سیستم‌های یکپارچه مدیریت هستند. اگر سازمان‌ها اقدامی انجام دهند که سیستم اندازه‌گیری عملکرد را با شیوه‌های مدور خود پیوند دهند، وضعیت بهتری برای موفقیت در کار خود خواهند داشت. اگرچه چالش‌هایی که بیان شد، از مهمترین چالش‌های مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور در صنایع تولیدی کشور به‌خصوص در صنعت شیشه‌سازی محسوب می‌شوند، اما این صنعت برای اجرای موفق اقتصاد مدور، بایستی با محور قرار دادن مهمترین چالش‌ها، به همه چالش‌های شناسایی شده توجه کافی را داشته باشد. استفاده از دستورالعمل‌های مشخص و چک‌لیست چالش‌های مؤثر در هنگام تصمیم‌گیری می‌تواند کار تصمیم‌گیری را آسان‌تر، و قدرت اجرای تصمیم‌گیری را بیشتر کند، لذا پیشنهاد می‌شود بر اساس چالش‌ها و میزان اهمیت آنها که در این پژوهش شناسایی شدند، دستورالعمل‌ها و چک‌لیست‌هایی تهیه شود و در اختیار مدیران اجرایی قرار گیرد. به محققان

آینده نیز پیشنهاد می‌شود پژوهشی در این زمینه در صنایع دیگر صورت گیرد تا بتوان نتایج بهتر و مناسب‌تری استخراج شود و در نهایت بتوان الگوی جامع‌تری طراحی کرد زیرا صنعت‌های مختلف مشخصه‌ها و چالش‌های متفاوت و خاص خود را دارد. همچنین پیشنهاد می‌شود، نام‌گذاری و دسته‌بندی ابعاد با استفاده از روش‌های پیمایشی و کمی مانند روش تحلیل خوشه‌ای و ... انجام پذیرد. اعتبارسنجی الگوی حاضر با رویکردهای کمی نیز می‌تواند توسط پژوهشگران آینده صورت پذیرد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

References

- Accorsi, R., Bortolini, M., Baruffaldi, G., Pilati, F., & Ferrari, E. (2017). Internet-of-things Paradigm in Food Supply Chains Control and Management. *Procedia Manufacturing*, 11, 889- 895.
- Agyemang, M., Kusi-Sarpong, S., Khan, S. A., Mani, V., Rehman, S. T., & Kusi-Sarpong, H. (2019). Drivers and barriers to circular economy implementation: An explorative study in Pakistan's automobile industry. *Management Decision*, 57(4), 971–994.
- Al Hosni, I. S., Amoudi, O., & Callaghan, N. (2020). An exploratory study on challenges of circular economy in the built environment in Oman. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Management, Procurement and Law*, 173(3), 104–113.
- Bai, C., Ahmadi, H. B., Moktadir, M. A., Kusi-Sarpong, S., & Liou, J. J. H. (2021). Analyzing the Interactions among the Challenges to Circular Economy Practices. *IEEE Access*, 9, 63199–63212.
- Barros, J., Sandelowski, M. (2007). *Handbook for synthesizing qualitative research*, Springer publishing company Inc, 1-310.
- Beaulieu L, Van Durme G, Arpin M-L. (2015). *Circular economy: a critical literature review of concepts*. Rep., CIRAIIG.
- Bianchini, A., Rossi, J., & Pellegrini, M. (2019). Overcoming the main barriers of circular economy implementation through a new visualization tool for circular business models. *Sustainability (Switzerland)*, 11(23), 6614.
- Chen, W. K., Nalluri, V., Hung, H. C., Chang, M. C., & Lin, C. T. (2021). Apply dematel to analyzing key barriers to implementing the circular economy: An application for the textile sector. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(8), 3335.
- Chen, F. H., Hsu, T. S. & Tzeng, G.H. (2011). A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring

- hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*, 30, 908-932.
- Cruz Rios, F., & Grau, D. (2019). Circular Economy in the Built Environment: Designing, Deconstructing, and Leasing Reusable Products. In book: *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, 1-94.
- Garcés-Ayerbe, C., Rivera-Torres, P., Suárez-Perales, I., & Hiz, D. I. L. D. La. (2019). Is it possible to change from a linear to a circular economy? An overview of opportunities and barriers for european small and medium-sized enterprise companies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 1-15.
- Genovese, A., Acquaye, A.A., Figueroa, A., & Koh, S.L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: evidence and some applications. *Omega*, 66, 344-357.
- Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 278-311.
- Graziano, M., Alexander, K. A., Liesch, M., Lema, E., & Torres, J. A. (2019) Understanding an emerging economic discourse through regional analysis: blue economy clusters in the US Great Lakes basin. *Applied Geography*, 105:111-123.
- Guerra-Rodríguez, S., Oulego, P., Rodríguez, E., Singh, D. N., & Rodríguez-Chueca, J. (2020). Towards the implementation of circular economy in the wastewater sector: Challenges and opportunities. *Water (Switzerland)*, 12(5), 1431.

- Haleem, A., Khan, S., Pundir, H., Jain, A., Upadhyay, P., & Khan, M. I. (2021). Investigating barriers toward the implementation of circular economy: A fuzzy critic approach. *Journal of Industrial Integration and Management*, 6(1), 107–139.
- Hosseini-Motlagh, S. M., Nouri-Harzvili, M., Choi, T. M., Ebrahimi, S. (2019). Reverse supply chain systems optimization with dual channel and demand disruptions: Sustainability, CSR investment and pricing coordination. *Information Sciences*, 503, 606-634.
- Joshi, P., & Visvanathan, C. (2019). Sustainable management practices of food waste in Asia: Technological and policy drivers. *Journal of Environmental Management*, 247, 538–550.
- Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S. M., Jabbour, C. J. C., & Bhalaji, A. K. A. (2021). Inhibitors to circular economy practices in the leather industry using an integrated approach: Implications for sustainable development goals in emerging economies. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1554-1568.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264–272.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J. A., Gonzalez, E. D. R. S., & AL-Shboul, M. A. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management Decision*, 57(4), 1067–1086.
- Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, 32–39.

- Mahpour, A. (2018). Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 216–227.
- Marković, M., Krstić, B., & Rađenović, T. (2020). Circular economy and sustainable development. In *Economics of Sustainable Development*, 2(3), 1143 – 1156.
- Masi, D., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., & Godsell, J. (2018). Towards a more circular economy: exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective. *Production Planning and Control*, 29(6), 539–550.
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., Kemp, R., & Doménech, T. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651–661.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140, 369–380.
- Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., & Jaca, C. (2018). Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185, 157–167.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710–718.
- Rajabipoor Meybodi, A., Mofatehzadeh, E., Kiani, M., & Zamzam, F. (2021). Designing the Model of Factors Affecting Green Supply Chain Establishment and Management: A Meta-synthesis Approach and Strategic Option (SODA) Analysis and Development. *The Journal of Productivity Management*, 15(1), 265-293. (In Persian).

- Reuter, M. A., Van Schaik, A., Gutzmer, J., Bartie, N., & Abadías-Llamas, A. (2019). Challenges of the Circular Economy: A Material, Metallurgical, and Product Design Perspective. *Annual Review of Materials Research*, 49, 253–274.
- Rodríguez-Antón, J. M., & Alonso-Almeida, M. D. (2019). The Circular Economy Strategy in Hospitality: A Multicase Approach. *Sustainability*, 11(20), 1-14.
- Sandelowski, M., Barroso, J., & Voils, C. I. (2007). Using qualitative metasummary to synthesize qualitative and quantitative descriptive findings. *Research in nursing & health*, 30(1), 99-111.
- Sangwan, K.S., Bhakar, V., & Digalwar, A.K. (2019). A sustainability assessment frame- work for cement industry e a case study. *Benchmarking: An International Journal*, 26, 470-497.
- Sauve, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56.
- Singh, R. K., Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., & de Sá, M. M. (2020). Managing operations for circular economy in the mining sector: An analysis of barriers intensity. *Resources Policy*, 69(4), pp 101752.
- Smol, M., Kulczycka, J., Henclik, A., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2015). The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 95, 45-54.
- Xia, X., & Ruan, J. (2020). Analyzing barriers for developing a sustainable circular economy in agriculture in China Using Grey-DEMATEL approach. *Sustainability (Switzerland)*, 12(16), 6358.
- Zanjani, S., Iranzadeh, S., Khadivi, A., Feghhi Farahmand, N. (2020), Designing a Corporate Growth Strategy Based on Ansoff Matrix Using Fuzzy Inference System, *novation Management in Defense Organizations* 3 (2), 151-178.

- Zhang, J., Liu, H., Yu, G., Ruan, J., & Chan, F.T. A (2019). Three-Stage and Multi-Objective Stochastic Programming Model to Improve the Sustainable Rescue Ability by Considering Secondary Disasters in Emergency Logistics. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 1145–1154.
- Zimmer, L. (2006). Qualitative meta-synthesis: a question of dialoguing with texts», *Journal of Advanced Nursing*, 53(3): 311–318.