Scientific Journal of Supply Chain Management
Vol. 25, No. 3, Autumn 2023, Serial No. 80
ISSN: 2008-9198 , E-ISSN: 2717-1647

Evaluating the Circular Supply Chain Implementation Barriers Using Ordinal Priority Approach

Mostafa Salmannezhad, Salim Karimi Takalo *

*Assistant Professor, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Vali-e-Asr University oF Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
(Received: 17/12/2022, Revised: 03/04/2023, Accepted: 31/05/2023, Published: 23/10/2023)
DOR: 20.1001.1.20089198.1402.25.80.6.2

ABSTRACT

In recent years, the circular supply chain has attracted the attention of many researchers and experts as a new approach in response to the lack of resources and minimizing waste production, and it can be useful in achieving a sustainable society and economy. Many research studies consider the reason for the slow progress of circular supply chain implementation to be a set of obstacles that prevent its successful adoption. Despite the study of obstacles and challenges of circular supply chain implementation in different countries, due to the difference in laws, infrastructures and social and cultural conditions, it is necessary to examine these obstacles in Iran as well. Among different industries in Iran, the investigation of the obstacles of the rotating supply chain in the automotive industry has not been considered. Therefore, in order to address this research gap, the researchers assessed the obstacles of the revolving supply chain in Saipa Citroen Automobile Company. To implement this necessity, the multi-criteria group decision-making method and specifically the Ordinal Priority Approach have been used. The results showed that the barrier of lack of technology to design recyclable products with a weight of 0.106 is the most important compared to other barriers. The findings of this study provide a comprehensive list of obstacles for the adoption of the circular supply chain and help the managers and decision makers of the automotive industry to formulate strategies to eliminate or reduce the effect of the most effective ones.

Keywords: Circular Supply Chain, Circular Economy, Implementation Barriers, Ordinal Priority Approach

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

* Corresponding Author Email: s.karimi@vru.ac.ir

نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و پنجم، شماره ۸۰، پاییز ۱۴۰۲؛ ص ۱۰۰-۸۹

شاپای چاپی: ۲۰۰۸-۹۱۹۸| شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۱۶۴۷

علمی ـ ترویجی

ارزیابی موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی با استفاده از رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای

مصطفی سلمان‌نژاد[۱]، سلیم کریمی تکلو[۲*]

۱- دانش‌آموخته دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد ، ایران، ۲- استادیار دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

DOR: 20.1001.1.20089198.1402.25.80.6.2

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

چکیده

زنجیره تامین چرخشی طی سال‌های اخیر به عنوان رویکردی جدید در پاسخ به کمبود منابع و به حداقل رساندن تولید زباله توجه بسیاری از محققان و متخصصان را به خود جلب کرده و می‌تواند در دستیابی به جامعه و اقتصاد پایدار مفید باشد. مطالعات پژوهشی بسیاری علت پیشرفت کند اجرای زنجیره تامین چرخشی را مجموعه‌ای از موانعی می‌دانند که مانع پذیرش موفقیت‌آمیز آن می‌شوند. علی‌رغم مطالعه موانع و چالش‌های اجرای زنجیره تامین چرخشی در کشورهای مختلف، به دلیل تفاوت در قوانین، زیرساخت‌ها و شرایط اجتماعی و فرهنگی لازم است این موانع در ایران نیز مورد بررسی قرار بگیرند. در میان صنایع مختلف در ایران، بررسی موانع زنجیره تامین چرخشی در صنعت خودروسازی مورد توجه قرار نگرفته است. بنابراین، محققان برای پرداختن به این شکاف تحقیقاتی به ارزیابی موانع زنجیره تامین چرخشی در شرکت خودروسازی سایپا سیترئون پرداختند. برای اجرای این ضرورت از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی و به طور خاص رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای استفاده شده است. نتایج نشان داد که مانع فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت با وزن ۰/۱۰۶ بیشترین اهمیت را نسبت به سایر موانع دارد. یافته‌های این مطالعه فهرست جامعی از موانع را برای پذیرش زنجیره تامین چرخشی تهیه کرده و به مدیران و تصمیم‌گیرندگان صنعت خودرو کمک می‌کند تا بر اساس آن، راهبردهایی را برای رفع یا کاهش اثر مؤثرترین آن‌ها تدوین کنند.

کلید واژه‌ها: زنجیره تامین چرخشی، اقتصاد چرخشی، موانع پیاده‌سازی، رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای

۱- مقدمه

الگوهای رایج تولید، مصرف و کسب و کارِ مدل زنجیره تامین بر محیط‌زیست و جامعه تاثیر منفی می‌گذارند؛ چون بیشتر اقدامات رایج در آنها هنوز مبتنی بر اصل خطی «استخراج، تبدیل، دفع» می‌باشد [۱]. در واقع، سازمان‌ها حجم عظیمی از منابع طبیعی را استخراج کرده و آنها را به محصولات نهایی تبدیل و در بازار برای مصرف می‌فروشند؛ در نهایت، مصرف‌کنندگان پس از اتمام استفاده از محصول، آن را دور ریخته و تبدیل به زباله می‌شود [۲]. در این رویکرد خطی، سازمان‌ها توجه کمتری به جامعه و محیط‌زیست دارند. در حالی که بازتولید محصولات مستهلک، هزینه زنجیره تامین را کاهش داده و مزیت رقابت به همراه خواهد داشت [۳]. طی سال‌های اخیر، اقتصاد چرخشی (CE) به عنوان رویکردی جدید برای پاسخ به کمبود منابع و به حداقل رساندن تولید زباله مطرح شده است و می‌تواند در دستیابی به جامعه و اقتصاد پایدار مفید باشد [۴]. رویکرد اقتصاد چرخشی به دنبال آن است که محصولات یا مواد را از طریق گسترش چرخه عمرشان در یک طرح چرخشی زنجیره تامین با بیشترین ارزش، حداقل زباله و بهینه‌سازی منابع طبیعی قابل استفاده نگه دارد [۵]. بر این اساس، اخیرا مفهوم زنجیره تامین چرخشی توجه بسیاری از محققان در سراسر جهان را به خود جلب کرده است [۶, ۷]

زنجیره تامین چرخشی، با ادغام ابعاد اقتصاد چرخشی در زنجیره تامین، به عنوان یک رویکرد حل پایدار برای مدل زنجیره تامین خطی که در آن مقدار زیادی زباله در عملیات‌های مختلف زنجیره تامین تولید می‌شود عمل می‌کند [۸]. زنجیره تامین چرخشی با تمرکز بر ابعاد ایجاد ارزش اقتصاد چرخشی، منابع ورودی موردنیاز را به حداقل رسانده و ضایعات، آلودگی و انتشار کربن را کاهش می‌دهد [۹]. بنابراین، پذیرش زنجیره تامین چرخشی در سازمان‌های تولیدی مزایای متعددی از جمله کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی بر اکوسیستم، بهبود بهره‌وری منابع، کاهش مصرف انرژی، بهبود طراحی محصول، بهبود رقابت، بهبود منافع اجتماعی و اقتصادی، ایجاد فرصت‌های شغلی و ... را به دنبال دارد [۱۰]. برای تولید محصول در مدل زنجیره تامین چرخشی نسبت به الگوی خطی آن، در مصرف انرژی و مواد خام به ترتیب تا ۴۰ و ۳۰ درصد صرفه‌جویی صورت می‌گیرد [۱۱]. پذیرش اقتصاد چرخشی نیاز مبرم سازمان‌ها برای حداقل‌سازی و مدیریت مؤثر زباله و پایدار ماندن در سناریوی فعلی کاهش منابع و حفاظت از محیط زیست است [۱۲]. بخش

* رایانامه نویسنده مسئول: v. s.karimi@vru.ac.ir

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

تولید خودرو سهم قابل‌توجهی در تولید ناخالص داخلی ایران دارد و عمدتاً متشکل از تولیدکنندگان خودرو و قطعات آن است. تجربیات تولیدکنندگان اروپایی نیز نشان از اهمیت ویژه اقتصاد چرخشی در این صنعت دارد؛ به عنوان نمونه، ۳۶ درصد از کل حجم یک خودروی تازه تولید شده رنو در اروپا از مواد بازیافتی حاصل می‌شود و ۸۵ درصد از یک خودرو فرسوده قابل بازیافت است [۵]. با این وجود، شرکت‌های خودروسازی در ایران دانش محدودی در مورد اقتصاد چرخشی در زنجیره تامین‌شان دارند و در اجرای آن نیز با مشکلاتی مواجه‌اند. بسیاری از مطالعات پژوهشی [۱۳, ۱۴] علت پیشرفت کند اجرای اقتصاد چرخشی را مجموعه‌ای از موانعی می‌دانند که مانع پذیرش موفقیت‌آمیز آن می‌شوند.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که موانع و چالش‌های اجرای اقتصاد چرخشی در صنعت خودروسازی چین [۱۵]، هند [۷]، پاکستان [۱۶] و استرالیا [۱۷] مورد مطالعه قرار گرفته است؛ با این حال، به دلیل تفاوت در قوانین خاص، زیرساخت ها و شرایط اجتماعی و فرهنگی، اجرای شیوه‌های اقتصاد چرخشی در کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته چالش برانگیز است [۱۲]. علاوه بر این، علی‌رغم بررسی موانع اجرای سیستم اقتصاد چرخشی در صنایع مختلف ایران نظیر ساخت و ساز [۱۸]، انرژی‌های تجدیدپذیر [۱۹]، لاستیک و پلاستیک [۲۰]، پسماندهای پزشکی [۲۱]، کابل و سیم [۲۲]، تولیدی [۲۳] و مدل کسب و کار [۲۴]، اما در صنعت خودروسازی در ایران مورد توجه قرار نگرفته است. شرکت خودروسازی سایپا سیترئون نیز از این موضوع مستثنی نیست و در حوزه اقتصاد چرخشی در زنجیره تامین مطالعه‌ای در آن صورت نپذیرفته است. اگرچه شرکت خودروسازی سایپا سیترئون ظرفیت تولید ۱۱۰هزار و ۱۱۰دستگاه خودرو دارد. اما می‌تواند با شناسایی و رفع موانع اجرای رویکرد اقتصاد چرخشی مثل جمع‌آوری خودروهای اسقاطی، زنجیره‌تأمین خود را برای تولید بیشتر با هزینه کمتر بهبود دهد. بر این اساس مشهود است که شکاف تحقیقاتی کافی در ارزیابی موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی در صنعت خودروسازی سایپا سیترئون وجود دارد.

مطالعات پژوهشی بسیاری با استفاده از روش‌های رایج تصمیم‌گیری چندشاخصه به ارزیابی و اولویت‌بندی موانع اجرای اقتصاد چرخشی پرداخته‌اند (جدول ۳)؛ روش‌های مورد استفاده در ادبیات از دو منظر قابل بررسی هستند: الف) برای اولویت‌بندی از خبرگان و کارشناسان با یک تخصص خاص استفاده کرده‌اند، و در صورت استفاده از خبرگان با تخصص‌های گوناگون، تفاوتی بین آنها قائل نشده‌اند یا اینکه به صورت ذهنی به آنها وزن تخصیص داده شده است. این در حالی است که در مسائل تصمیم‌گیری کلان نظیر اقتصاد چرخشی که شامل زمینه‌های حرفه‌ای متعدد و پیچیده است، ضرورت استفاده از متخصصان متعدد جهت «تصمیم‌گیری گروهی» بدیهی است [۲۵]. در مسائل تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه[1]، محقق علاوه بر تعیین وزن شاخص‌ها، وزن متخصصان مختلف را محاسبه می‌کند، زیرا نظر برخی از آنها تاثیرات بیشتری بر موضوع مورد مطالعه دارد و تبعا باید اهمیت بیشتری برای آنها قائل شد [۲۶]. ب) در این روش‌ها به خاطر نرمال‌سازی و میانگین‌گیری دقت داده‌های ورودی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، امکان عدم اظهار نظر در صورت وجود دانش ناکافی برای متخصصان وجود ندارد، در نتیجه احتمال اظهار نادرست افزایش می‌یابد. با ملاحظه این نکات ضرورت استفاده از روش‌های جدید برای افزایش دقت و کاهش خطای تصمیم‌گیری بیشتر احساس می‌شود و این مهم را می‌توان به عنوان شکاف در ادبیات موجود در نظر گرفت و بر این اساس بر ضرورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه در ارزیابی موانع اجرای اقتصاد چرخشی تاکید کرد.

بر این اساس، نوآوری این پژوهش را می‌توان بدین صورت بیان کرد: ارزیابی موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی در شرکت خودروسازی سایپا سیترئون با ملاحظه قوانین، زیرساخت‌ها و شرایط خاص اقتصادی آن؛ استفاده از رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای[2] گروهی در قالب «روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی» با هدف رفع نواقص روش‌های مورد استفاده قبلی و در نتیجه کاهش خطا و افزایش دقت فرآیند تصمیم‌گیری. بنابراین، هدف این مطالعه ارزیابی موانع پیاده‌سازی زنجیره تامین چرخشی در شرکت خودروسازی سایپا سیترئون با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی و به طور خاص رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای برای تعیین وزن متخصصان و رتبه‌بندی موانع اجرای آن است.

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱- مدیریت پایداری و زنجیره تامین چرخشی

در طول سه دهه گذشته، مدیریت زنجیره تامین تبدیل به یکی از حوزه‌های کلیدی مدیریت در مورد «مدیریت پایداری» شده است [۲۷] . پذیرش فزاینده دیدگاه پایداری نسبت به مدیریت زنجیره تامین مستلزم ادغام مفاهیم مختلف مدیریت زیست‌محیطی [۲۸] و اجتماعی است. در این راستا، تیراوایت و همکاران [۲۹] ادبیات زنجیره تامین در این حوزه را به چهار بخش زنجیره تامین سبز، پایدار، حلقه بسته و چرخشی تقسیم کردند. یک جنبه غامض در مورد این چهار حالت پایداری زنجیره تامین، فقدان تمایز مفهومی و به طور ویژه در رابطه با نتایج ترمیمی یا احیاکننده[3] است. آنها تا حد

[1] Multi-attribute group decision-making (MAGDM)
[2] Ordinal priority approach (OPA)
[3] Restorative or regenerative outcomes

زیادی در بسیاری از پدیده‌هایی که به آن‌ها اشاره می‌شود، همپوشانی دارند، تا جایی که محققان به جای یکدیگر به آن‌ها اشاره می‌کنند [۳۰].

مدیریت زنجیره تامین سبز اشاره به ادغام تفکر زیست محیطی در مدیریت زنجیره تامین دارد [۳۱] ؛ مدیریت زنجیره تامین پایدار مربوط به مدیریت جریان‌های مواد، اطلاعات و سرمایه و همچنین همکاری بین شرکای زنجیره تأمین و با ملاحظه اهداف سه‌گانه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است که ریشه در الزامات مشتری و ذینفعان دارند [۳۰]؛ مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته ناظر به طراحی، کنترل و عملیات یک سیستم است به گونه‌ای که ارزش در کل چرخه عمر محصول با استفاده از بازیابی پویای ارزش از انواع و حجم‌های مختلف محصولات برگشتی در طول زمان حداکثر شود [۳۲]؛ مدیریت زنجیره تأمین چرخشی همان زنجیره‌های تأمین روبه‌جلو و معکوس هماهنگ از طریق ادغام هدفمند اکوسیستم کسب و کار هستند که به دنبال ایجاد ارزش از جریان‌های محصولات/ خدمات، محصولات جانبی و ضایعات قابل‌استفاده در چرخه‌های عمر طولانی‌تر بوده و پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی سازمان‌ها را بهبود می‌بخشند [۳۳]. جدول (۱) ویژگی‌های متمایز هر یک از این زنجیره‌های تامین را نشان می‌دهد:

جدول (۱). مفاهیم چهارگانه زنجیره تامین در بستر اقتصاد چرخشی [۲۹]

انواع زنجیره تامین	ویژگی‌ها	نتایج مورد انتظار
سبز	ادغام زنجیره تامین رو به جلو و معکوس	تمرکز زیست محیطی
پایدار	مشارکت مشتری و ذینفعان	موضوعات سه‌گانه کل‌نگر
حلقه بسته	حداکثرسازی ارزش‌آفرینی طی چرخه عمر محصول و کاهش ضایعات	تمرکز زیست محیطی و اقتصادی
چرخشی	ایجاد ارزش از طریق اکوسیستم کسب و کار	موضوعات سه‌گانه کل‌نگر

بر اساس تعریف فوق، زنجیره تامین چرخشی مستلزم ادغام زنجیره تامین اصلی با زنجیره تامین ترمیمی[1] دیگر است که به اجرای فرآیندهای بازیابی مواد می‌پردازد. زنجیره تامین اصلی اشاره به زنجیره تامین رو به جلو معمول دارد و مربوط به فرآیندهای تولید اصلی سازمان است. زنجیره تامین ترمیمی به دو چرخه ترمیمی اشاره دارد: ۱- زنجیره تامین معکوس که همان چرخه‌های حلقه بسته (بازگشت) محصولات به سازمان مرکزی است؛ ۲- زنجیره‌های تامین حلقه باز رو به جلو که جریان‌های آبشاری مواد[2] را به سازمان‌های خارج از زنجیره تامین اصلی پشتیبانی می‌کنند.

اگرچه زنجیره تامین سبز با زنجیره تامین پایدار همپوشانی قابل‌توجهی دارد [۳۴]، اما اساساً از نظر دامنه و فرصت نوآوری محدودتر است [۳۵]. از طرفی، با ملاحظه جریان‌های معکوس و رو به جلو، زنجیره تامین حلقه بسته را نیز می‌توان نقطه شروع مفیدی برای زنجیره تامین چرخشی در نظر گرفت؛ اما با این حال، این ناکافی خواهد بود، زیرا به عملیات گسترده‌تر پس از تولید و همراهی محیطی[3] به عنوان ایده‌آل اقتصاد چرخشی نمی‌پردازد؛ به عنوان مثال، عملیات زنجیره تامین که از جریان‌های ضایعات و هم‌افزایی محصولات جانبی حمایت کرده و به عنوان رابط سازمان‌ها از بخش‌های مختلف عمل می‌کند [۳۳]. علاوه‌بر این، رویکردهای معطوف به حداقل‌سازی مصرف منابع بکر، که یکی از شیوه‌های اساسی اقتصاد چرخشی هستند، در زنجیره تامین حلقه بسته پوشش داده نشده‌اند [۳۶].

زنجیره تامین چرخشی موضوعات مختلف بوم‌شناسی صنعتی مانند همزیستی صنعتی، پارک‌های بوم‌صنعتی، ارزیابی چرخه حیات، یکپارچه‌سازی فرآیند، اکوسیستم صنعتی، مدیریت طول عمر و مدیریت زنجیره تامین سبز را ارتقا می‌دهد [۷]. مدیریت زنجیره تامین چرخشی را می‌توان به عنوان رویکردی در نظر گرفت که منابع را تا زمانی که ممکن است مورد استفاده نگه می‌دارد و ضایعات را در هر مرحله، از طراحی تا توزیع و فراتر از آن کاهش می‌دهد [۳۷]. فرآیند تبدیل زنجیره‌های تامین خطی (مدل سنتی زنجیره تامین مبتنی بر «استخراج، ساخت و دفع») به زنجیره‌های چرخشی باید به گونه‌ای پیش برود که مدل‌های کسب و کار قادر به مدیریت جریان چرخشی ساده هم محصولات و هم محصولات جانبی/ضایعات تولیدشده باشند [۳۸]. اجرای طرح‌های زنجیره تامین چرخشی در بین کسب و کارها گسترش یافته است، زیرا پذیرش زنجیره تامین چرخشی به بهبود عملکرد پایدار کسب و کارها کمک می‌کند [۳۹]؛ علاوه بر این، در محیط پیچیده امروزی، پذیرش و گسترش مدل‌های زنجیره تامین چرخشی برای پایداری کسب‌وکار چالش برانگیز است و به درک و تئوری‌سازی جامع نیاز دارد [۴۰]. به همین خاطر، بررسی مفاهیم اقتصاد چرخشی و مدیریت زنجیره تامین چرخشی برای

[1] restorative supply chain

[2] cascading flows of materials
[3] post-production and stewardship

بهبود عملکرد اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی زنجیره‌های تامین صنعتی مهم است. ادبیات موجود در مورد زنجیره تامین چرخشی نشان می‌دهد که چالش‌ها و موانع مختلفی در ارتباط با پذیرش زنجیره تامین چرخشی وجود دارد. در بخش بعدی موانع مختلف اجرای زنجیره تامین چرخشی مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۲- موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی

مفهوم اقتصاد چرخشی در زمینه‌های مختلفی مانند بخش ساخت و ساز، بخش خدمات، زنجیره تامین و بخش تولید انجام شده است [۱۲]. این بخش مطالعات انجام شده در زمینه زنجیره تامین چرخشی را پوشش می‌دهد و موانع اجرای آن را نیز بررسی می‌کند. در مطالعات، علاقه زیادی به زنجیره تامین چرخشی وجود دارد [۵, ۴۱]. به عنوان مثال، آواستی و همکاران [۴۲] با افزایش حجم جهانی زباله‌های الکترونیکی با رشد اقتصادی، خواستار رویکرد اقتصاد چرخشی شدند که در آن زباله‌های الکترونیکی به عنوان فرصتی برای بازیافت یا بازیافت فلزات ارزشمند در نظر گرفته می‌شود.

دی ژسوس، مندونسا [۴۳] ادبیات گذشته و یافته‌های مربوط به موانع اقتصاد چرخشی را ترکیب کردند و یک چارچوبی از موانع را ایجاد کردند. آن‌ها بین موانع نرم و سخت که مانع اجرای اقتصاد چرخشی می‌شوند تمایز قائل شدند. ژو و جنگ [۴۴] موانع شیوه‌های زنجیره تامین توسعه یافته را در میان تولیدکنندگان چینی شناسایی کردند. گالوائو و همکاران [۴۵] شبکه کتاب‌سنجی و تحلیل محتوا را برای شناسایی موانع اصلی اقتصاد چرخشی که شامل فناوری، سیاست و مقررات، مالی و اقتصادی، مدیریتی، شاخص‌های عملکرد، مشتریان و اجتماعی می‌شود، ترکیب کردند. گویندان و هسناجیک [۵] موانع زنجیره تامین چرخشی را در هشت دسته مختلف طبقه بندی کردند که عبارتند از: مسئله دولتی، مسئله اقتصادی، مسئله فناوری، مسئله دانش، مسائل مدیریتی، مسئله چارچوب اقتصاد چرخشی، مسئله فرهنگی و اجتماعی و مسئله بازار. مونت و همکاران [۴۶] موانع اصلی زنجیره تامین چرخشی مانند همکاری با شرکت‌های دیگر، عدم آگاهی مصرف‌کننده، قیمت پایین بسیاری از مواد اولیه، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه بالا و محصولات برای مدل‌های کسب‌وکار چرخشی طراحی نشده‌اند، را شناسایی کردند. کرچر و همکاران [۳۹] موانع را به چهار دسته مربوط به فرهنگ، نظارتی، بازار و فناوری طبقه‌بندی کردند. اییک [۴۷] سیاست‌های نوآوری ادغام نشده و مشوق‌های دولتی از اقتصاد خطی را به عنوان یکی از موانع اصلی در اقتصاد چرخشی در هند شناسایی کرد. از موانع دیگر زنجیره تامین چرخشی می‌توان به مشکل درونی‌سازی ریسک‌های قانونی [۴۸]، کاهش فروش محصولات جدید به دلیل افزایش فروش محصولات تعمیر شده بازسازی شده [۴۹]، فقدان عرضه (یا کیفیت) محصولات یا منابع برگشتی و سازماندهی تدارکات پس‌گیری [۵۰]، عدم اطمینان در مورد ارزش باقیمانده محصولات جدید [۵۱]، مشکل برنامه‌ریزی و پیش‌بینی مالی برای شرکت‌ها به دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن حجم محصولات برگشتی [۵۲] و خطرات ناشی از عملکرد محصول و افزایش تعهدات برای محصولات یا مواد بازسازی‌شده [۴۶] اشاره کرد.

برای ارائه سیستم تولید خودرو به صورت چرخشی، بازاریابی ارزش چرخشی یک محرک مهم است و به سناریوهای مختلفی مانند تجربه مصرف‌کننده با محصول، تمایل مصرف‌کننده به بازگشت محصول، تقسیم‌بندی سبز مصرف‌کننده، آگاهی از مزایای اجتماعی-اقتصادی و اجتماعی-محیط زیستی منابع بستگی دارد و عدم وجود هر کدام مانعی برای زنجیره تامین چرخشی خودرو خواهد بود. طراحی سیستم تولید چرخشی برای بازارها نیاز به راهبردهای مشخصی دارد و در مطالعه‌ای در همین زمینه، جاتاپ و لارسون [۵۳] موضوعاتی را مانند اطلاعات بازار، زیرساخت‌های فیزیکی، محیط نظارتی، دانش و مهارت‌ها و غیره را مورد بحث قرار دادند. بازیابی محصول یکی از اصول اقتصاد چرخشی است و به زیرساخت‌های بازیابی، ادغام بازیگران شبکه در سیستم تولید چرخشی، تمایل مصرف‌کننده برای بازگرداندن محصول و مشارکت در بازآفرینی ارزش بستگی دارد. شارما و پندی [۵۴] از رویکرد پایین به بالا برای ارزیابی قابلیت بازیافت در هند استفاده کردند و نرخ بازیافت را طبق استاندارد AIS-219 محاسبه کردند. ساریگولو و همکاران [۵۵] تأثیر نگرش‌های محیطی مصرف‌کننده، ویژگی‌های محصول و تطابق شخصیت-محصول را بر روی الگوهای دفع مورد مطالعه قرار دادند. ماتسوموتو و همکاران [۵۶] دانش مصرف‌کننده را در مورد قطعات خودروی بازسازی‌شده، درک مزایا و خطرات و قصد خرید مصرف‌کننده در سه کشور آسیایی مورد بررسی قرار دادند.

همان‌طور که در بالا اشاره شد مطالعات متعددی وجود دارد که محرک‌ها و موانع زنجیره تامین چرخشی را در زمینه اقتصادهای نوظهور شناسایی کرده‌اند، اما مطالعات مختص کشور ایران نادر است. علاوه بر این، تعداد بیشتری از مطالعات نیاز به تحقیقات در مورد اجرای اقتصاد چرخشی و زنجیره تامین چرخشی در سطح خرد را تایید کرده‌اند تا مدیران را با بینش‌هایی برای رسیدگی به موانعی که پیاده‌سازی و محرک‌ها را در انتقال شرکت‌ها به زنجیره تامین چرخشی به چالش می‌کشند، ارائه دهد [۵, ۷]. علاوه بر این شکاف‌های ادبیات، اکثر این مطالعات بر بخش تولید عمومی متمرکز شده‌اند و مطالعات کمتر به بخش صنعت خودرو تمرکز کرده‌اند. مطالعه‌ای وجود ندارد که محرک‌ها و موانع زنجیره تامین چرخشی را در سطح خرد در صنعت خودروسازی ایران بررسی کرده باشد. از این رو، این مطالعه به پر کردن شکاف ادبیات کمک می‌کند. این مطالعه به درک زنجیره تامین چرخشی و رتبه‌بندی موانع اجرای آن کمک می‌کند. موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی به همراه زیرمعیارهای

آن در صنعت خودرو بر اساس بررسی ادبیات در ۷ دسته اصلی دسته‌بندی شد که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲). طبقه‌بندی و انواع موانع زنجیره تامین چرخشی

موانع	موانع فرعی	منبع
قانونی	ضعف اجرای قوانین و مقررات حفاظت از محیط زیست	[۵, ۷, ۱۰, ۱۲, ۱۴, ۱۶, ۵۷, ۵۸]
	فقدان استانداردهای جهانی برای سنجش عملکرد زنجیره تامین چرخشی	
	دفع غیررسمی زباله‌های پلاستیک‌های بازیافتی	
	فقدان سیاست‌های تخفیف مالیاتی برای ترویج زنجیره تامین چرخشی	
سازمانی	پشتیبانی و تعهد ضعیف مدیریت	[۵, ۷, ۱۰, ۵۷, ۵۹, ۶۰]
	فقدان برنامه‌ریزی راهبرد	
	تمرکز صنعتی قوی بر سنتی	
	مدل کسب‌وکار تولید- دفع	
	عدم انعطاف و هماهنگی بین بخشی	
	عدم وجود انگیزه برای ترویج زنجیره تامین چرخشی	
تکنولوژی	فن آوری محدود برای طراحی برای پایان عمر محصولات	[۷, ۱۲, ۱۶, ۵۷-۶۰]
	عدم وجود مدل‌های مفید و تخصص فنی	
	مراکز جمع‌آوری ناکافی و کارخانه‌های بازیافت	
	در دسترس بودن ضعیف منابع	
	عدم وجود یک سیستم اطلاعاتی برای ردیابی مواد بازیافتی	
بازار	عدم آموزش و توسعه در بین ذینفعان	[۴, ۵, ۷, ۱۲, ۱۶, ۶۱]
	شک و تردید در مورد کیفیت محصولات بازسازی شده و بازیافتی	
	عدم به اشتراک‌گذاری اطلاعات در میان شرکای زنجیره تامین	
	عدم آگاهی مشتری از بازگشت کالاهای استفاده شده	
	فقدان یک شبکه لجستیک معکوس منسجم	
مالی	هزینه بالای خرید و بسته‌بندی مواد سازگار با محیط زیست	[۷, ۱۰, ۱۲, ۱۶, ۴۴, ۶۰]
	هزینه بالای جمع آوری و تفکیک زباله	
	چشم‌انداز کوتاه مدت نسبت به منافع اقتصادی	
	قیمت بالاتر محصولات بازیافتی	
	منابع مالی محدود برای اجرای زنجیره تامین چرخشی	
فرهنگی و اجتماعی	عدم تمایل مصرف‌کنندگان به انتخاب محصولات بازیابی شده	[۱۴, ۱۶, ۶۲-۶۴]
	عدم آگاهی و مشارکت مشتری در مورد فعالیت‌های بازیابی	
	آموزش عمومی، آگاهی و هر گونه هنجارهای اجتماعی	
	عدم قابلیت اطمینان برای بازگرداندن محصول	

۲-۲- رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای

در عمل، به‌دلیل محدودیت زمان، بودجه و منابع در صنایع نمی‌توان همه موانع را به‌طور همزمان در نظر گرفت. بنابراین، فرآیند شناسایی، اولویت‌بندی و واکنش به عوامل حیاتی ضروری به نظر می‌رسد [۶۵]. محققان در ادبیات از ابزارهای مختلفی برای تحلیل چالش‌ها و موانع حیاتی اقتصاد چرخشی استفاده کرده‌اند. جدول(۳) تحقیقات جدیدی را نشان می‌دهد که از روش‌های مختلف برای این کار استفاده کرده‌اند.

روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه که در یک محیط تصمیم‌گیری گسسته تعریف می‌شوند، به‌دنبال یافتن مناسب‌ترین گزینه هستند [۶۶] و چون شاخص‌های آن اغلب دارای ابعاد متفاوت و متضاد هستند، گزینه‌ها به ندرت آرمان‌های همه شاخص‌ها را برآورده می‌کنند. یکی از مشکلات روش‌های رایج تصمیم‌گیری چندشاخصه تناقض در داده‌های ورودی است، بخصوص زمانی که از مقایسات زوجی استفاده شده باشد [۶۷]. علاوه بر این، انتخاب نادرست روش نرمال‌سازی برای مقایسه مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری، احتمال وقوع خطاهای محاسباتی را در این روش‌ها افزایش می‌دهد [۶۸]. استفاده از روش‌های میانگین‌گیری برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان نیز یکی دیگر از چالش‌های این روش‌های تصمیم‌گیری است [۶۹]؛ بخصوص زمانی که یکی از خبرگان در مورد یک جزء نظر ندهد یا نظری برابر با صفر بیان کند،

نظر کارشناسان دیگر به دلیل ضرب صفر با عدد مربوط بـه نظـر آنهـا بی‌اثر می‌شود و در نتیجه نتایج اشتباه می‌شوند. مشکل دیگـر ناکـافی بودن اطلاعات خبرگان یا تحلیلگران در مـورد برخـی از گزینـه‌هـای تصمیم‌گیری است؛ در این حالت آنها ممکن است به صورت نادرسـت اظهار نظر کرده یا نظری ندهد و این باعث کاهش دقـت و نـامطلوبی نتایج حاصل می‌شود [۷۰].

جدول (۳). فهرست روش‌های مورد استفاده در مطالعات قبلی

منبع	روش	هدف
[۱۲]	FAHP	بررسی و اولویت‌بندی موانع اجرای اقدامات مدیریت زنجیره تامین چرخشی در صنایع پلاستیک هند
[۷۱]	AHP- Fuzzy DEMATEL	شناسایی و تحلیل روابط متقابل بین موانع زنجیره تامین چرخشی و تأثیر آنها بر اجرای زنجیره تامین چرخشی در هند
[۱۸]	Fuzzy TOPSIS	شناسایی و تقسیم موانع اجرای اقتصاد چرخشی در صنعت ساخت و ساز به سه بعد رفتاری، فنی و قانونی و در نهایت اولویت‌بندی آنها
[۲۲]	Fuzzy BWM & Fuzzy DEMATEL	ارزیابی موانع پذیرش اقتصاد چرخشی در صنعت کابل و سیم ایران
[۷۲]	IF-DEMATEL & EDAS	تحلیل نحوه تعامل موانع پیاده‌سازی لجستیک معکوس و اولویت‌بندی آنها در بخش تولید نیجریه
[۷۳]	F-FUCOM & FQFD	ارائه مدلی برای تحلیل موانع و توانمندسازهاس پذیرش مدیریت زنجیره تامین چرخشی در صنایع داروسازی
[۱۴]	DEMATEL	شناسایی و تحلیل نظام‌مند روابط علی-معلولی موانع زنجیره تامین چرخشی در بخش مواد غذایی در چین
[۷۴]	DEMATEL	شناسایی و تحلیل روابط علی بین موانع اقتصاد چرخشی در بخش نساجی
[۷۵]	Grey-DEMATEL & Agglomerative Hierarchical Clustering	شناسایی موانع اجرای لجستیک معکوس و ارائهی رویکرد عملی برای غلبه بر موانع مربوطه در بخش لجستیک معکوس در راستای ترویج اقتصاد چرخشی در هند
[۷]	ISM	تحلیل چالش‌های اجرای زنجیره تامین چرخشی در کشورهای در حال توسعه
[۵۸]	ISM	ارائه مدل چالش‌های اجرای موفق اقتصاد چرخشی در زنجیره‌های تامین مواد غذایی در اقتصاد نوظهور هند که به مفاهیم پایداری منتهی می‌شود.
[۷۶]	TISM	شناسایی موانع تعیین‌کننده اقتصاد چرخشی و ارائه دستورالعمل‌هایی در زمینه بهبود نوآوری صنعت نساجی در تایوان

رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای که به وسیله عطایی و همکاران [۷۷] ارائه شده است، بـرای رفـع ایـن مسـائل و مشـکلات بـا اسـتفاده از رتبـه گزینه‌ها و شـاخص‌هـا بـه عنـوان داده ورودی ضـمن رفـع تناقضـات احتمالی آنها، نیاز به نرمال‌سازی را رفع کرده است؛ علاوه بـر ایـن، بـا بکارگیری مدل ریاضی نیاز به میانگین‌گیری را از بـین مـی‌بـرد و بـه متخصصان اجازه داده تا با عدم اظهار نظـر در صـورت وجـود دانـش ناکافی، دقت تصـمیم‌گیـری را افـزایش دهنـد. بـه عبـارتی، رویکـرد اولویت‌دهی رتبه‌ای با جلوگیری از اشتباهات و خطاهـای محتمـل در روش‌های تصمیم‌گیری امکان ارائـه نتـایج دقیـق و قابـل اعتمـادتر را فراهم کرده است [۷۷].

چنـدین پـژوهش قـدرت ایـن رویکـرد را بـرای حـل مسـائل تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه به طور عینی، انعطاف‌پذیر و کـارا و بدون نگرانی از مقایسه‌های زوجی، نرمال‌سازی و کامل بـودن داده‌هـا تأیید کـرده‌انـد [۷۸, ۷۹]. در ایـن مقالـه بـرای تعیـین وزن موانـع و متخصصان از این رویکرد استفاده مـی‌شـود تـا ضـمن رفـع موانـع و استفاده از قابلیت‌های آن بتوان با دقت بیشتری این اوزان را به دسـت آورد.

۳- روش تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی است و برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه ساختاریافته استفاده شد. ابتدا بر اساس مرور ادبیات پژوهش موانع زنجیره تامین پرخشی استخراج شد. سپس از جامعه هدف که شامل خبرگان شرکت خودروسازی سایپا سیتروئن کاشان بود، نمونه مورد نظر از طریق روش گلوله برفی انتخاب شد. در مجموع از نظرات ۱۰ کارشناس در طول اجرای پروژه برای بررسی اعتبار موانع زنجیره تامین چرخشی به عنوان نمونه استفاده شد. برای سنجش روایی موانع از نسبت روایی محتوا[1] [۸۰] استفاده شد و موانع نهایی تعیین شد. معیار انتخاب نمونه، سابقه کاری (بیش از ۱۰ سال)، تخصص و داشتن مسئولیت بود. سپس در ادامه پژوهش برای وزن‌دهی متخصصان و موانع (شاخص‌ها) و رتبه‌بندی آن‌ها از روش OPA استفاده شد. برای وزن دهی به موانع از نظرات ۵ نمونه (به دلیل عدم همکاری ۵ خبره از ۱۰ خبره) که تخصص و حوزه فعالیت آنها به ترتیب برنامه‌ریزی و مهندسی خرید، تولید و مونتاژ، مهندسی تولید، برنامه‌ریزی و کنترل تولید و پشتیبانی فنی بود استفاده شد. برای توضیح مراحل رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای، ابتدا متغیرها، پارامترها و مجموعه‌ها را به صورت زیر تعریف می‌شود [۷۷].

مجموعه‌ها

I : مجموعه متخصصان $\forall i \in I$

J : مجموعه شاخص‌ها $\forall j \in J$

اندیس‌ها

i : اندیس متخصصان $(1, \dots, p)$

j : اندیس اولویت شاخص‌ها $(1, \dots, n)$

متغیرها

Z : تابع هدف

W_{ij}^{r} : وزن j امین شاخص بوسیله i امین متخصص در r امین رتبه

پارامترها

i : رتبه متخصص i

j : رتبه شاخص j

وزن متخصص/ شاخص در این رویکرد نقش متخصص/شاخص را بر نتایج نشان می‌دهد؛ یعنی یک متخصص/ شاخص با وزن بالاتر تأثیر بیشتری بر نتایج دارد. بنابراین، دو متخصص با اولویت یکسان (ورودی) و وزن‌های مختلف (خروجی) نقش‌های متفاوتی بر نتایج دارند و این بستگی به نظرات آنها دارد. این رویکرد از چند مرحله ساده به شرح زیر تشکیل شده است:

مرحله ۱. شناسایی و رتبه‌بندی متخصصان: بر اساس تصمیم‌گیری گروهی و با توجه به تخصص متفاوت کارشناسان، آنها با استفاده از اعداد رتبه‌ای و بر اساس تجربه حرفه‌ای، تخصص و آشنایی با موضوع تحقیق رتبه‌بندی می‌شوند.

مرحله ۲. تعیین و رتبه‌بندی شاخص‌ها: در این مطالعه موانع شناسایی‌شده به عنوان شاخص در نظر گرفته می‌شوند. شاخص‌ها از طریق تصمیم‌گیری گروهی اولویت‌بندی می‌شوند. متخصص با دانش ناکافی یا تجربه نامربوط می‌تواند از اظهارنظر در مورد یک شاخص خاص صرف نظر کرده و آن شاخص را در رتبه‌بندی حذف کند.

مرحله ۳. بر اساس قضاوت‌های رتبه‌ای در مراحل ۱ و ۲، مدل ریاضی (۱) نوشته و حل می‌شود، در نتیجه، مقادیر بهینه برای W_{ij} به دست می‌آید.

$$
\begin{aligned}
&Max\ Z \\
&Z \le i\left(j\left(W_{ij}^{r} - W_{ij}^{r+1}\right)\right) \qquad \forall i,j,r \\
&Z \le ij\, W_{ij}^{j} \qquad \forall i,j \\
&\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n} W_{ij} = 1 \\
&W_{ij} \ge 0 \qquad \forall i,j \\
&Z \text{ آزاد در علامت} \qquad (۱)
\end{aligned}
$$

برای محاسبه وزن، شاخص‌ها و متخصصان بر اساس جواب‌های بهینه مدل (۱) باید از معادلات (۲) تا (۳) استفاده شود:

$$W_j = \sum_{i=1}^{p} W_{ij} \qquad \forall j \qquad (۲)$$

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} W_{ij} \qquad \forall i \qquad (۳)$$

۴- نتایج

با توجه به اهمیت و نقش تاثیرگذار صنعت خودروسازی در اقتصاد جامعه و نیز نقش گسترده این صنعت در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و نیز خدمات اجتماعی در اجزای مختلف زنجیره تامین آن، در این پژوهش موانع و چالش‌های اجرای اقتصاد چرخشی در صنعت خودروسازی سایپا سیتروئن مورد بررسی قرار گرفت.

روایی موانع با استفاده از روش CVR در جدول (۲) آورده شده است. از آنجایی‌که حداقل شاخص نسبت روایی محتوا برای ۱۰ نفر

[1] Content validity ratio (CVR)

۰٫۶۲ است [۸۱]، در نهایت ۱۸ مانع زنجیره تامین چرخشی در صنعت خودرو انتخاب شد. جدول (۴) موانع زنجیره تامین چرخشی انتخابی را با شاخص نسبت روایی محتوا آنها نشان می‌دهد.

جدول (۴). موانع انتخابی و حداقل «نسبت روایی محتوا» آنها

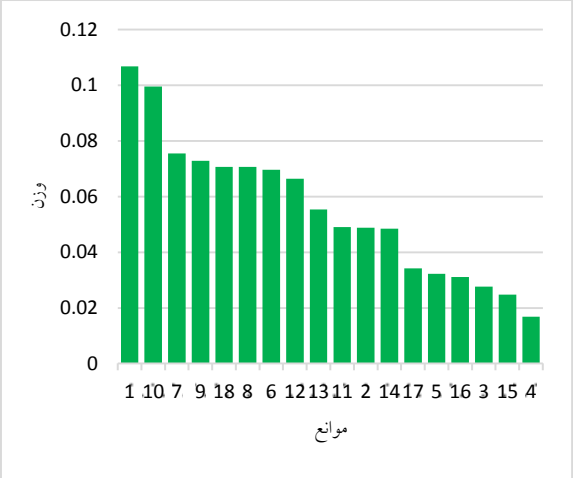
ردیف	موانع	CVR
C1	فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت	۰/۸۳
C2	نبود فناوری برای ارزیابی کیفیت یا کنترل مخصولات بازیافتی	۰/۶۷
C3	شک و تردید در مورد کیفیت محصولات بازسازی شده و بازیافتی	۰/۶۷
C4	مشکلات آسیب به برند و شهرت	۰/۶۷
C5	فقدان رهبری/مدیریت هماهنگ در میان اعضای زنجیره	۰/۶۷
C6	در اولویت نبودن چرخشی کردن زنجیره	۰/۶۷
C7	دانش یا اطلاعات ناکافی در مورد شرایط چرخه عمر محصول	۰/۸۳
C8	فقدان متخصص در طراحی و تولید	۰/۸۳
C9	عدم وجود انگیزه برای ترویج چرخشی بودن	۰/۸۳
C10	کمبود منابع و قابلیت‌ها	۰/۸۳
C11	فقدان منابع مالی کافی	۱
C12	هزینه کم دفن زباله، به جای بازیافت	۰/۶۷
C13	هزینه بالای جمع آوری و تفکیک	۰/۶۷
C14	فقدان مقررات برای حمایت از طرح‌های بازیابی	۰/۸۳
C15	فقدان تلاش برای قانون‌گذاری سیستم‌های استاندارد بازیابی	۰/۶۷
C16	عدم تمایل مصرف‌کنندگان به انتخاب محصولات بازیابی شده	۰/۶۷
C17	عدم آگاهی و مشارکت مشتری در مورد فعالیت‌های بازیابی	۰/۶۷
C18	عدم قابلیت اطمینان برای بازگرداندن محصول	۰/۸۳

یکی از مزایای کلیدی رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای توانایی آن در تخمین همزمان وزن معیارها و متخصصان است. قبل از اجرای مدل رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای باید اولویت متخصصان را تعیین کرد. بدین منظور، متخصصان بر اساس «تخصص»، «اثرپذیری» و «تجربه کاری» رتبه‌بندی شدند (ردیف آخر جدول ۵). داده‌های جمع‌آوری شده از متخصصان در مورد شاخص‌ها (موانع زنجیره تامین چرخشی) در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول (۵). نظر متخصصان در مورد اولویت موانع

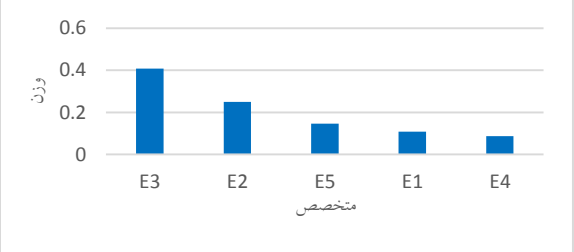
متخصص / موانع	۱	۲	۳	۴	۵
C1	-	۱	۱۰	۱	۱
C2	-	۲	۶	۳	۲
C3	۸	۳	۵	۶	۹
C4	۶	۹	۹	۳	۳
C5	۱	۸	۸	۴	۲
C6	۵	۲	۱۳	۳	۲
C7	-	۴	۱۱	۱	۲
C8	۴	۷	۱۲	۱	۱
C9	-	۳	۲	۲	۱
C10	-	۱	۱	۵	۴
C11	۷	۱۲	۵	۱	۳
C12	-	۱۱	۱۴	۱	۵
C13	-	۱۰	۳	۱	۶
C14	۳	۱۲	۴	۲	۷
C15	۲	۶	-	۳	۸
C16	-	-	۷	۴	۱
C17	-	۵	-	۵	۱
C18	-	۲	۲	۴	۲
رتبه متخصصان	**۴**	**۲**	**۱**	**۵**	**۳**

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای اجرا شد و وزن موانع محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که موانع C1 و C10 با عنوان «فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت» و «کمبود منابع و قابلیت‌ها» و با مقادیر ۰/۱۰۶۷۰۲ و ۰/۰۹۹۴۷۱ بیشترین اهمیت را نسبت به سایر موانع زنجیره تامین چرخشی دارند. این دو مانع با تفاوت زیادی نسبت به سایر موانع از اهمیت بیشتری برخوردارند. مانع C4 نیز با عنوان «مشکلات آسیب به برند و شهرت» با مقدار ۰/۰۱۶۸۰۵ دارای کمترین اهمیت در بین سایر موانع زنجیره تامین چرخشی است. البته موانع C15، C3، C16، C5 و C17 نیز به ترتیب قبل از مانع C4 از کمترین اهمیت برخوردارند. برای درک بهتر اهمیت موانع، وزن آنها در شکل (۱) به صورت نزولی نشان داده شده است.



شکل (۱). وزن موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی به صورت نزولی

شکل (۲) وزن متخصصان شرکت خودروسازی سایپا در مورد موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی را نشان می‌دهد که بر اساس آن، متخصص سوم، یعنی مدیر مهندسی تولید، وزن بیشتری در تعیین رتبه موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی داشته است.



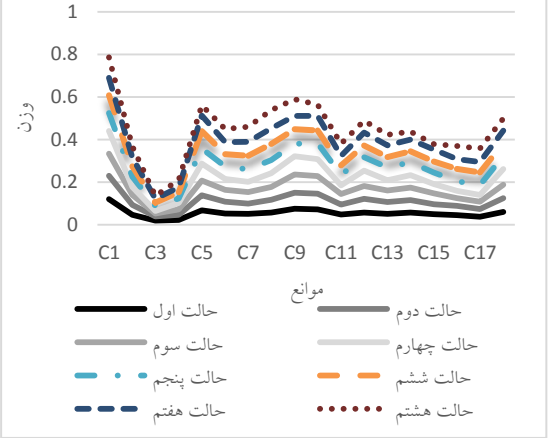
شکل (۲). وزن متخصصان شرکت خودروسازی سایپا به صورت نزولی

۵- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت نتایج رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای برای ارزیابی ثبات رتبه‌بندی اولویت‌ها اجرا می‌شود و می‌تواند روشی کارآمد برای تعیین کارایی این رویکرد باشد. بر این اساس، رتبه متخصصان تحت یک تحلیل حساسیت قرار می‌گیرد و نشان داده می‌شود که چگونه اولویت‌های مختلف متخصصان بر رتبه نهایی شاخص‌ها تأثیر می‌گذارد. بر این اساس، در این بخش ۸ حالت تصادفی در قالب جدول (۶) برای بررسی این موضوع در نظر گرفته می‌شود.

جدول (۶). حالات مختلف تغییر در اولویت متخصصان

		حالات مختلف رتبه‌بندی متخصصان							
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
اولویت‌های متخصصان	اول	۲	۴	۲	۱	۱	۱	۱	۵
	دوم	۴	۵	۵	۲	۲	۵	۳	۴
	سوم	۵	۳	۱	۵	۳	۳	۴	۳
	چهارم	۱	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۲
	پنجم	۳	۱	۴	۴	۵	۲	۲	۱



شکل (۳). وزن موانع بر اساس رتبه‌های مختلف متخصصان

شکل (۳) وزن موانع را به صورت نمودار خطی تجمعی و بر اساس رتبه‌های مختلف متخصصان نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، تغییر رتبه متخصصان تأثیر مستقیمی بر وزن موانع دارد. یافته‌های تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که مانع ۱ در هر هشت حالت دارای بیشترین اهمیت و مانع ۳ در هفت حالت به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین مانع می‌باشد. مانع ۴ در شش حالت دارای رتبه هفدهم یا هجدهم است. مانع ۲ نیز در چهار حالت در رتبه دوازدهم قرار گرفته است. در مجموع، رتبه ۴ مانع اول و ۴ مانع آخر تقریبا در بیشتر حالات یکسان می‌باشد، در حالی که رتبه سایر موانع در حالات مختلف به صورت قابل‌توجهی تغییر می‌کند و این نشان از اهمیت رتبه‌بندی متخصصان به عنوان ورودی این رویکرد دارد.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

امروزه اکثر صنایع به دلیل خطر فزاینده کمبود منابع و فشار برای تغییر به سمت کسب و کار پایدار، اجرای شیوه‌های چرخشی را در زنجیره تامین خود آغاز کرده‌اند؛ اما به دلیل وجود انبوهی از موانع که غلبه بر همه آنها را به طور همزمان دشوار می‌کند، قادر به تصمیم‌گیری صحیح نیستند. این مطالعه موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی در شرکت خودروسازی سایپا سیتروئن کاشان را بر اساس روش کارا و انعطاف‌پذیر رویکرد اولویت‌دهی رتبه‌ای شناسایی و اولویت‌بندی کرد. شناسایی و رتبه‌بندی این موانع می‌تواند برای طراحی راهبردها و سیاست‌های مدیران این شرکت و صنعت خودروسازی جهت انتقال جریان محصول مدل خطی به سیستم‌های چرخشی کمک‌کننده باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده و با توجه به نظر متخصصان، «فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت» به عنوان مهمترین چالش پیاده‌سازی زنجیره تامین چرخشی در شرکت سایپا سیتروئن کاشان عمل می‌کند. با اینکه فناوری لازمه اجرای زنجیره تامین چرخشی است [۸۲]. اما از نظر کارشناسان عدم دسترسی به فناوری یا فناوری‌های درجه پایین در صنعت خودروسازی مانع اجرای زنجیره تامین چرخشی می‌شود. استفاده از فناوری‌های تولید دیجیتال می‌تواند شرکت‌ها را قادر سازد تا عملکرد خود را در اجرای اقتصاد چرخشی بهینه کنند [۸۲]. به عنوان مثال، فناوری موجود که می‌تواند داده‌های بلادرنگ را ارائه دهد، می‌تواند فرصت یک طرح تعمیر و نگهداری پیش‌بینی شده برنامه‌ریزی شده را افزایش دهد. این در حالی است که با وجود خطرات بهداشتی و همچنین خطرات زیست محیطی، صنعت خودرو از فناوری‌های درجه پایین و کارگران غیر ماهر برای مدیریت مجموعه‌های قطعات برگشتی در صنعت استفاده می‌کند.

«کمبود منابع و قابلیت‌ها» مانع مهم دیگری است که در رتبه دوم قرار دارد. کمبود منبع و فقدان قابلیت‌های منابع مختلف، صنعت

خودرو را از استفاده مجدد و بازیافت باز می‌دارد. برخلاف زنجیره تامین خطی، توسعه یک زنجیره تامین حلقه بسته ممکن است نیاز به سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌ها برای دستیابی به محصولات چرخشی داشته باشد [۸۳]. منابعی از جمله منابع سازمانی، منابع مالی، دسترسی به سرمایه و در دسترس بودن بودجه عمومی برای اجرای زنجیره تامین چرخشی ممکن است کمیاب و غیر قابل دسترس باشند. در مجموع، کارشناسان کمبود منابع مختلف را مانعی مهم برای اجرای زنجیره تامین چرخشی در صنعت خودرو می‌دانند.

دانش یا اطلاعات ناکافی در مورد شرایط چرخه عمر محصول، عدم وجود انگیزه برای ترویج چرخشی بودن، عدم قابلیت اطمینان برای بازگرداندن محصول، در اولویت نبودن چرخشی کردن زنجیره، فقدان متخصص در طراحی و تولید و هزینه کم دفن زباله به جای بازیافت از موانع مهم دیگر در زنجیره تامین داور صنعت خودرو هستند. تحلیل حساسیت در بخش یافته‌ها، خروجی مدل را به نحوی تائید کرد؛ زیرا با تغییر اولویت کارشناسان، مانع «فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت» کماکان به‌عنوان مهمترین عامل معرفی شد.

نتایج مطالعه نشان داد که فقدان فناوری برای طراحی محصولات قابل بازیافت از مهم‌ترین موانع زنجیره تامین چرخشی شرکت خودروسازی سایپا سیترئون است. یافته‌های این مطالعه فهرست جامعی از موانع را برای پذیرش زنجیره تامین چرخشی در صنعت خودروسازی ایران فراهم کرده و به مدیران و تصمیم‌گیرندگان صنعت خودرو کمک می‌کند تا بر این اساس، راهبردهایی را برای ریشه‌کن کردن مؤثرترین آنها تدوین و مجموعه‌ای از مقررات جامع و ملموس را برای اجرای زنجیره تامین چرخشی تهیه کنند.

بر اساس بینش‌های به‌دست آمده از تحلیل موانع می‌توان راهبردهایی را برای کاهش مهمترین موانع اجرای زنجیره تامین چرخشی مطرح کرد. در طراحی محصولات چرخشی باید از فناوری سازگار با محیط زیست استفاده کرد. اجرای اقتصاد چرخشی همچنین نیازمند فناوری‌های پایدار جدید از نظر طراحی سازگار با محیط زیست، تولید سبز و ارزیابی چرخه عمر است [۶۰].

در این رابطه، راهبرد زیرساختی در دو جهت تقاضا و عرضه باید مورد توجه قرار بگیرد. در بعد تقاضا، حمایت از مدل‌های جدید کسب‌وکار سود بیشتری نسبت به اجرای برنامه‌های آموزش مصرف‌کننده دارد؛ زیرا مدل‌های کسب‌وکار موفق به عنوان رابطی عمل می‌کند که از طریق آن تقاضا برای محصولات چرخشی در پایین‌دست، نوآوری بالادست در مواد سازگار با محیط زیست را تحریک می‌کند [۸۴]. چنین رویکردی در بعد عرضه نیز برای ایجاد مزیت‌های فن‌آوری به این صنعت کمک می‌کند تا با استفاده از فرصت‌های در حال رشد زیست‌محیطی، بر روند و عرضه مواد پایدار تسلط یابد.

با ایجاد اتحادهای مشترک تحقیق و توسعه یا اتحادیه‌های تولیدی برای ادغام نوآوری به‌صورت عمودی یا افقی می‌توان شبکه‌سازی را تسهیل کرد. در واقع، گذار از یک اقتصاد خطی به یک اقتصاد چرخشی مستلزم تغییراتی در تقریباً همه فعالیت‌های زنجیره ارزش است که به زمان و سرمایه‌گذاری اولیه نیاز دارد [۶۰]. علاوه بر این، هزینه‌های اضافی مربوط به همکاری با شرکای خارجی و مدیریت اثرات زیست‌محیطی عواملی هستند که حرکت شرکت‌ها به سمت اقتصاد چرخشی را مختل می‌کنند [۱۸]. این هزینه‌ها و تقاضای ناکافی بازار مانع بقای مدل‌های کسب‌وکار چرخشی جدید می‌شود [۸۵]. اتخاذ اقداماتی برای کاهش هزینه نظیر بهبود فرآیندها یا تأمین مالی خارجی در این راستا باید مورد توجه قرار بگیرد.

۷- مراجع

[1] N. Patwa, U. Sivarajah, A. Seetharaman, S. Sarkar, K. Maiti, and K. Hingorani, "Towards a circular economy: An emerging economies context," Journal of business research, vol. 122, pp. 725-735, 2021.

[2] S. K. Jakhar, S. K. Mangla, S. Luthra, and S. Kusi-Sarpong, "When stakeholder pressure drives the circular economy: Measuring the mediating role of innovation capabilities," Management Decision, 2018.

[3] M. Safari, M. Fallah, and H. Kazemipoor, "Presenting a Mathematical Model for the Collection and Reproduction of Depreciated Products in a Closed Loop Supply Chain Using the GameTheory," Iranian Journal Of Supply Chain Management, vol. 24, no. 74, pp. 47-60, 2022. (In Persian)

[4] L. Batista, Y. Gong, S. Pereira, F. Jia, and A. Bittar, "Circular supply chains in emerging economies – a comparative study of packaging recovery ecosystems in China and Brazil," International Journal of Production Research, vol. 57, no. 23, pp. 7248-7268, 2019,

[5] K. Govindan and M. Hasanagic, "A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective," International Journal of Production Research, vol. 56, no. 1-2, pp. 278-311, 2018.

[6] S. Lahane, R. Kant, and R. Shankar, "Circular supply chain management: A state-of-art review and future opportunities," Journal of Cleaner Production, vol. 258, p. 120859, 2020.

[7] S. K. Mangla et al., "Barriers to effective circular supply chain management in a developing country context," Production Planning & Control, vol. 29, no. 6, pp. 551-569, 2018.

[8] H. T. S. Caldera, C. Desha, and L. Dawes, "Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean' SMEs," Journal of Cleaner Production, vol. 218, pp. 575-590, 2019.

[9] D. L. M. Nascimento et al., "Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context," Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 30, no. 3, pp. 607-627, 2019.

[10] V. Kumar, I. Sezersan, J. A. Garza-Reyes, E. D. Gonzalez, and A.-S. Moh'd Anwer, "Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers," Management Decision, 2019.

[11] S. Lahane and R. Kant, "A hybrid Pythagorean fuzzy AHP – CoCoSo framework to rank the performance outcomes of circular supply chain due to adoption of its enablers," Waste Management, vol. 130, pp. 48-60, 2021.

[12] C. Khandelwal and M. K. Barua, "Prioritizing Circular Supply Chain Management Barriers Using Fuzzy AHP: Case

management," Journal of Cleaner Production, vol. 16, no. 15, pp. 1699-1710, 2008.
[31] S. K. Srivastava, "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review," International Journal of Management Reviews, vol. 9, no. 1, pp. 53-80, 2007.
[32] J. V. Daniel R. Guide and L. N. V. Wassenhove, "OR FORUM—The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research," Operations Research, vol. 57, no. 1, pp. 10-18, 2009.
[33] L. Batista, M. Bourlakis, P. Smart, and R. Maull, "In search of a circular supply chain archetype – a content-analysis-based literature review," Production Planning & Control, vol. 29, no. 6, pp. 438-451, 2018.
[34] J. L. Glover, D. Champion, K. J. Daniels, and A. J. D. Dainty, "An Institutional Theory perspective on sustainable practices across the dairy supply chain," International Journal of Production Economics, vol. 152, pp. 102-111, 2014.
[35] P. Ahi and C. Searcy, "A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management," Journal of Cleaner Production, vol. 52, pp. 329-341, 2013.
[36] A. MahmoumGonbadi, A. Genovese, and A. Sgalambro, "Closed-loop supply chain design for the transition towards a circular economy: A systematic literature review of methods, applications and current gaps," Journal of Cleaner Production, vol. 323, p. 129101, 2021.
[37] N. Subramanian and A. Gunasekaran, "Cleaner supply-chain management practices for twenty-first-century organizational competitiveness: Practice-performance framework and research propositions," International Journal of Production Economics, vol. 164, pp. 216-233, 2015.
[38] A. P. Loomba and K. Nakashima, "Enhancing value in reverse supply chains by sorting before product recovery," Production Planning & Control, vol. 23, no. 2-3, pp. 205-215, 2012.
[39] J. Kirchherr et al., "Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU)," Ecological economics, vol. 150, pp. 264-272, 2018.
[40] M. Dora, M. S. Bhatia, and D. Gallear, "Supply chain in a circular economy: a multidimensional research agenda," 2016.
[41] J. Liu, Y. Feng, Q. Zhu, and J. Sarkis, "Green supply chain management and the circular economy: Reviewing theory for advancement of both fields," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2018.
[42] A. K. Awasthi et al., "Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase," Science of the Total Environment, vol. 613, pp. 46-53, 2018.
[43] A. De Jesus and S. Mendonça, "Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy," Ecological economics, vol. 145, pp. 75-89, 2018.
[44] Q. Zhu and Y. Geng, "Drivers and barriers of extended supply chain practices for energy saving and emission reduction among Chinese manufacturers," Journal of cleaner production, vol. 40, pp. 6-12, 2013.
[45] G. D. A. Galvão, J. de Nadae, D. H. Clemente, G. Chinen, and M. M. de Carvalho, "Circular economy: overview of barriers," Procedia Cirp, vol. 73, pp. 79-85, 2018.
[46] O. Mont, A. Plepys, K. Whalen, and J. L. Nußholz, "Business model innovation for a Circular Economy: Drivers and barriers for the Swedish industry–the voice of REES companies," 2017.
[47] F. Van Eijk, "Barriers & drivers towards a circular economy. Literature review," Acceleratio: Naarden, The Netherlands, pp. 1-138, 2015.
[48] S. Prendeville and N. Bocken, "Design for remanufacturing and circular business models," in Sustainability through innovation in product life cycle design: Springer, 2017, pp. 269-283.
of the Indian Plastic Industry," Global Business Review, vol. 0, no. 0, p. 0972150920948818, 2020.
[13] E. Guldmann and R. D. Huulgaard, "Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study," Journal of Cleaner Production, vol. 243, p. 118160, 2020.
[14] M. Farooque, A. Zhang, and Y. Liu, "Barriers to circular food supply chains in China," Supply Chain Management: An International Journal, 2019.
[15] K. Feng and C.-Y. Lam, "An overview of circular economy in China: How the current challenges shape the plans for the future," The Chinese Economy, vol. 54, no. 5, pp. 355-371, 2021.
[16] M. Agyemang, S. Kusi-Sarpong, S. A. Khan, V. Mani, S. T. Rehman, and H. Kusi-Sarpong, "Drivers and barriers to circular economy implementation: an explorative study in Pakistan's automobile industry," Management Decision, 2019.
[17] V. K. Soo, P. Compston, and M. Doolan, "Is the australian automotive recycling industry heading towards a global circular economy?–A case study on vehicle doors," Procedia CIRP, vol. 48, pp. 10-15, 2016.
[18] A. Mahpour, "Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management," Resources, conservation and recycling, vol. 134, pp. 216-227, 2018.
[19] S. Ghoochkanloo, "Prioritizing Barriers to Circular Business Model Innovation in Iran Renewable Energy Sector: A Multiple Case Study," International Journal of Innovative Research and Development, vol. 9, no. 5, 2020.
[20] A. Ghorbanpur and A. K. Hosseinpoor, "Application of Circular Economy in Downstream Petroleum Industry: An Interpretative Modelling," Environmental Energy and Economic Research, vol. 5, no. 4, pp. 1-13, 2021.
[21] S. Jafarzadeh Ghoushchi, A. Memarpour Ghiaci, S. Rahnamay Bonab, and R. Ranjbarzadeh, "Barriers to circular economy implementation in designing of sustainable medical waste management systems using a new extended decision-making and FMEA models," Environmental Science and Pollution Research, pp. 1-19, 2022.
[22] K. Govindan, A. K. Nasr, F. Karimi, and H. Mina, "Circular economy adoption barriers: An extended fuzzy best–worst method using fuzzy DEMATEL and Supermatrix structure," Business Strategy and the Environment, 2022.
[23] M. Amiri, M. Hashemi-Tabatabaei, M. Ghahremanloo, M. Keshavarz-Ghorabaee, E. Zavadskas, and S. Salimi-Zavieh, "Evaluating barriers and challenges of circular supply chains using a decision-making model based on rough sets," International Journal of Environmental Science and Technology, pp. 1-22, 2022.
[24] A. Asgari and R. Asgari, "How circular economy transforms business models in a transition towards circular ecosystem: the barriers and incentives," Sustainable Production and Consumption, vol. 28, pp. 566-579, 2021.
[25] S. Liu, F. T. Chan, and W. Ran, "Multi-attribute group decision-making with multi-granularity linguistic assessment information: An improved approach based on deviation and TOPSIS," Applied Mathematical Modelling, vol. 37, no. 24, pp. 10129-10140, 2013.
[26] Z.-P. Fan and Y. Liu, "A method for group decision-making based on multi-granularity uncertain linguistic information," Expert Systems with Applications, vol. 37, no. 5, pp. 4000-4008, 2010.
[27] P. Hallinger, "A Meta-Synthesis of Bibliometric Reviews of Research on Managing for Sustainability, 1982–2019," Sustainability, vol. 13, no. 6, p. 3469, 2021.
[28] S. Seuring, "Industrial ecology, life cycles, supply chains: differences and interrelations," Business Strategy and the Environment, vol. 13, no. 5, pp. 306-319, 2004.
[29] M. Theeraworawit, S. Suriyankietkaew, and P. Hallinger, "Sustainable Supply Chain Management in a Circular Economy: A Bibliometric Review," Sustainability, vol. 14, no. 15, p. 9304, 2022.
[30] S. Seuring and M. Müller, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain

[49] E. MacArthur, "Towards the circular economy," Journal of Industrial Ecology, vol. 2, no. 1, pp. 23-44, 2013.
[50] R. Kissling et al., "Success factors and barriers in re-use of electrical and electronic equipment," Resources, Conservation and Recycling, vol. 80, pp. 21-31, 2013.
[51] O. Mont, C. Dalhammar, and N. Jacobsson, "A new business model for baby prams based on leasing and product remanufacturing," Journal of Cleaner Production, vol. 14, no. 17, pp. 1509-1518, 2006.
[52] M. Linder and M. Williander, "Circular business model innovation: inherent uncertainties," Business strategy and the environment, vol. 26, no. 2, pp. 182-196, 2017.
[53] S. Jagtap and A. Larsson, "Design of product service systems at the base of the pyramid," in ICoRD'13: Springer, 2013, pp. 581-592.
[54] L. Sharma and S. Pandey, "Recovery of resources from end-of-life passenger cars in the informal sector in India," Sustainable Production and Consumption, vol. 24, pp. 1-11, 2020.
[55] E. Sarigöllü, C. Hou, and M. Ertz, "Sustainable product disposal: Consumer redistributing behaviors versus hoarding and throwing away," Business Strategy and the Environment, vol. 30, no. 1, pp. 340-356, 2021.
[56] M. Matsumoto, K. Chinen, and H. Endo, "Paving the way for sustainable remanufacturing in Southeast Asia: An analysis of auto parts markets," Journal of Cleaner Production, vol. 205, pp. 1029-1041, 2018.
[57] A. Kumar and G. Dixit, "An analysis of barriers affecting the implementation of e-waste management practices in India: A novel ISM-DEMATEL approach," Sustainable Production and Consumption, vol. 14, pp. 36-52, 2018.
[58] Y. K. Sharma, S. K. Mangla, P. P. Patil, and S. Liu, "When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain," Management Decision, 2019.
[59] H. Gupta and M. K. Barua, "Identifying enablers of technological innovation for Indian MSMEs using best–worst multi criteria decision making method," Technological Forecasting and Social Change, vol. 107, pp. 69-79, 2016.
[60] V. Rizos et al., "Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers," Sustainability, vol. 8, no. 11, p. 1212, 2016.
[61] H. Gupta and M. K. Barua, "A framework to overcome barriers to green innovation in SMEs using BWM and Fuzzy TOPSIS," Science of the Total Environment, vol. 633, pp. 122-139, 2018.
[62] Y. Liu and Y. Bai, "An exploration of firms' awareness and behavior of developing circular economy: An empirical research in China," Resources, Conservation and Recycling, vol. 87, pp. 145-152, 2014.
[63] P. Planing, "Business model innovation in a circular economy reasons for non-acceptance of circular business models," Open journal of business model innovation, vol. 1, no. 11, pp. 1-11, 2015.
[64] B. Xue et al., "Survey of officials' awareness on circular economy development in China: Based on municipal and county level," Resources, Conservation and Recycling, vol. 54, no. 12, pp. 1296-1302, 2010.
[65] B. Biswas and R. Gupta, "Analysis of barriers to implement blockchain in industry and service sectors," Computers & Industrial Engineering, vol. 136, pp. 225-241, 2019.
[66] G.-H. Tzeng and K.-Y. Shen, New concepts and trends of hybrid multiple criteria decision making. CRC Press, 2017.
[67] M. Kwiesielewicz and E. Van Uden, "Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP," Computers & Operations Research, vol. 31, no. 5, pp. 713-719, 2004.
[68] N. Vafaei, R. A. Ribeiro, and L. M. Camarinha-Matos, "Normalization techniques for multi-criteria decision making: analytical hierarchy process case study," in doctoral conference on computing, electrical and industrial systems, 2016.
[69] D. V. Budescu and A. K. Rantilla, "Confidence in aggregation of expert opinions," Acta psychologica, vol. 104, no. 3, pp. 371-398, 2000.
[70] S. W. Lin and M. T. Lu, "Characterizing disagreement and inconsistency in experts' judgments in the analytic hierarchy process," Management Decision, 2012.
[71] S. Lahane and R. Kant, "Evaluating the circular supply chain implementation barriers using Pythagorean fuzzy AHP-DEMATEL approach," Cleaner Logistics and Supply Chain, vol. 2, p. 100014, 2021.
[72] C. M. U-Dominic, I. J. Orji, and M. Okwu, "Analyzing the Barriers to Reverse Logistics (RL) Implementation: A Hybrid Model Based on IF-DEMATEL-EDAS," Sustainability, vol. 13, no. 19, p. 10876, 2021.
[73] F. Khan and Y. Ali, "Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry," Environment, Development and Sustainability, 2022.
[74] W.-K. Chen, V. Nalluri, H.-C. Hung, M.-C. Chang, and C.-T. Lin, "Apply DEMATEL to Analyzing Key Barriers to Implementing the Circular Economy: An Application for the Textile Sector," Applied Sciences, vol. 11, no. 8, p. 3335, 2021.
[75] P. Dutta, S. Talaulikar, V. Xavier, and S. Kapoor, "Fostering reverse logistics in India by prominent barrier identification and strategy implementation to promote circular economy," Journal of Cleaner Production, vol. 294, p. 126241, 2021.
[76] Y.-F. Huang, S. G. Azevedo, T.-J. Lin, C.-S. Cheng, and C.-T. Lin, "Exploring the decisive barriers to achieve circular economy: Strategies for the textile innovation in Taiwan," Sustainable Production and Consumption, vol. 27, pp. 1406-1423, 2021.
[77] Y. Ataei, A. Mahmoudi, M. R. Feylizadeh, and D.-F. Li, "Ordinal Priority Approach (OPA) in Multiple Attribute Decision-Making," Applied Soft Computing, vol. 86, p. 105893, 2020.
[78] S. Islam, "Evaluation of low-carbon sustainable technologies in agriculture sector through grey ordinal priority approach," International Journal of Grey Systems, vol. 1, no. 1, pp. 5-26, 2021.
[79] T. K. Quartey-Papafio, S. Islam, and A. R. Dehaghani, "Evaluating suppliers for healthcare centre using ordinal priority approach," Management Science and Business Decisions, vol. 1, no. 1, pp. 5-11, 2021.
[80] V. Dohale, A. Gunasekaran, M. Akarte, and P. Verma, "An integrated Delphi-MCDM-Bayesian Network framework for production system selection," International Journal of Production Economics, vol. 242, p. 108296, 2021.
[81] C. H. Lawshe, "A quantitative approach to content validity," Personnel psychology, vol. 28, no. 4, pp. 563-575, 1975.
[82] A. B. L. de Sousa Jabbour, C. J. C. Jabbour, C. Foropon, and M. Godinho Filho, "When titans meet–Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors," Technological Forecasting and Social Change, vol. 132, pp. 18-25, 2018.
[83] P. Ghisellini, X. Ji, G. Liu, and S. Ulgiati, "Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review," Journal of Cleaner Production, vol. 195, pp. 418-434, 2018.
[84] M. A. Franco, "Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry," Journal of Cleaner Production, vol. 168, pp. 833-845, 2017.
[85] D. A. Vermunt, S. O. Negro, P. A. Verweij, D. V. Kuppens, and M. P. Hekkert, "Exploring barriers to implementing different circular business models," Journal of Cleaner Production, vol. 222, pp. 891-902, 2019.