



## Presenting a Green Supply Chain Deployment Model Focusing on the New Technologies of the Fourth Industrial Revolution

Seyed Mehdi Sadr Bafghi 

Ph.D. Student at Islamic Azad University, Branch of Sciences and Research, Tehran, Iran.

[mehdisadr61@gmail.com](mailto:mehdisadr61@gmail.com)

Gholam Hassan Shirdel 

Departments of Mathematics and Computer Sciences, Faculty of Sciences, University of Qom, Qom, Iran (corresponding author).

[shirdel81math@gmail.com](mailto:shirdel81math@gmail.com)

Abbas Khamseh 

Department of Industrial Management, Islamic Azad University, Branch of Karaj, Karaj, Iran.

[abbas.khamseh@kiau.ac.ir](mailto:abbas.khamseh@kiau.ac.ir)

### Abstract

**Purpose:** The Fourth Industrial Revolution, also known as Industry 4.0, is currently a rapidly growing research topic (Chen et al., 2014). The technologies involved in Industry 4.0 transform analog and centralized workflows into digital and decentralized production processes, creating a structural change throughout entire production systems. These advancing technologies have a significant potential to greatly enhance production efficiency. For example, according to a McKinsey report, transitioning from conventional manufacturing to automated Manufacturing 4.0 can improve productivity by 45 to 55 percent. Industry 4.0 benefits the manufacturing sector in three key ways: vertical integration, horizontal integration, and end-to-end engineering (Liao et al., 2017). The issue of environmental protection and maintenance has been one of the most significant challenges in recent decades. Nearly all industries have acknowledged the importance of safeguarding the environment. Most manufacturing organizations strive to minimize waste generated during production and dispose of waste materials in an environmentally degradable manner (Charafi et al., 2017). Undoubtedly, the environmental impact of production organizations has raised considerable concern, ultimately prompting increased focus on sustainable practices that address environmental, economic, and social needs (Hosseini et al., 2018). In fact, all organizations are required to strive for compatibility in their performance across economic, social, and environmental dimensions (Ziyad et al., 2018). This study aims to analyze the relationship between new digital technologies and their role in enhancing performance or mitigating the challenges associated with implementing green supply chain management.

**Methodology:** In terms of the implementation method, the current study employs a mixed-methods approach, combining both quantitative and qualitative techniques. Questionnaires

**Cite this article:** Sadr Bafghi, S. M., Shirdel, G. H., & Khamseh, A. (2025). Presenting a Green Supply Chain Deployment Model Focusing on the New Technologies of the Fourth Industrial Revolution. *Science and Technology of Information Management*, 11 (3), 353-371. <https://doi.org/10.22091/stim.2024.10539.2080>

**Received:** 2024-04-09 ; **Revised:** 2025-06-08 ; **Accepted:** 2025-08-24 ; **Published online:** 2025-10-02

© The Author(s).

**Article type:** Research Article

**Published by:** University of Qom.



are distributed and collected to examine and analyze the data, enabling the interpretation of findings related to each research question. The statistical population of this study consists of two groups. The first part consists of experts familiar with the concepts of green supply chains and the new technologies of the Fourth Industrial Revolution. Since the modeling approach used in this research is prescriptive due to the lack of successful examples, the community involved in the qualitative phase includes experts and specialists related to the research topic, who will be selected in accordance with Awa's guidelines while consulting relevant references.

The participants in the qualitative phase of this research were selected from university faculty members and steel industry experts. To develop the final model for establishing a green supply chain with a focus on the new technologies of the Fourth Industrial Revolution, initial codes were extracted through interviews with experts in this field. These codes were then analyzed using thematic analysis in three stages: primary coding, sub-theme identification, and main theme development. During the main theme stage, the process involved linking categories with their sub-categories, as well as connecting categories at the levels of features and dimensions.

**Finding and Results:** This model includes 12 main themes: human resources, economic factors, social factors, strategic company activities, intra-organizational benefits, types of external pressures, the role of organizational interaction, product recycling, supplier management, quality index, technology index, and environmental index. It also includes 36 sub-themes, such as empowerment and teamwork, human resource development, employee participation, green human resource management, financial indices, resource investment, social responsibility, human capital development, consumer behavior, cooperation, strategic characteristics, environmental indicators, performance evaluation systems, innovation, reputation enhancement, improved productivity, cost savings, environmental laws, global competitive markets, government regulations, intra-organizational interactions, inter-organizational partnerships and communication, models of inter-organizational cooperation, pricing strategies and collection of used products, life cycle management, waste management based on the Internet of Things, closed-loop supply chains, product recycling infrastructure, characteristics of recyclable products, sustainability, transparency in performance, use of by-products, wide visibility, and green supplier selection.

Economic factors and various external pressures are exogenous and independent variables; they are external to the system and influence other variables without being affected themselves. The intra-organizational benefits variable is a dependent variable, as it is influenced solely by other variables. Mediated relationships were also identified among some variables. The results within the main themes indicated that the product is the most important theme, followed by supplier management, product recycling, intra-organizational benefits, and the environmental index.

**Keywords:** Supply chain, Green supply chain, Supply chain modeling, New technologies, Fourth industrial revolution, Information Management.



## ارائه مدل استقرار زنجیره تأمین سبز با تمرکز بر فناوری های نوین انقلاب صنعتی چهارم

مهدی صدر بافقی 

دانشجوی دکترا گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران.

[mehdisadr61@gmail.com](mailto:mehdisadr61@gmail.com)

غلام حسن شیردل 

دکترای تخصصی گروه ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران (نویسنده مسئول).

[shirdel81math@gmail.com](mailto:shirdel81math@gmail.com)

عباس خمسه 

استادیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران.

[abbas.khamseh@kiau.ac.ir](mailto:abbas.khamseh@kiau.ac.ir)

### چکیده

**هدف:** چهارمین انقلاب صنعتی که صنعت ۴,۰، نیز نامیده می‌شود، در حال حاضر یک موضوع پژوهشی است که در حال رشد است (چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). فناوری‌های درگیر در صنعت ۴,۰، با تبدیل گردش کار آنالوگ و متمرکز به فرایندهای تولید دیجیتال و غیرمتمرکز، تغییر ساختاری درکل سیستم‌های تولید را ایجاد می‌کند. این فناوری‌های رو به پیشرفت از ظرفیت بالایی برای افزایش چشمگیر بهره‌وری تولید برخوردار هستند. به عنوان مثال طبق گزارش مک کینزی، تغییر به تولید خودکار ۴,۰ از تولید متداول می‌تواند بهره وری را ۴۵ تا ۵۵ درصد بهبود بخشد. صنعت ۴,۰ از سه روش مختلف به سود بخش تولید است: مورد اول ادغام عمودی، دوم ادغام افقی و سوم مهندسی سر به سر (لیاو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، مسئله محیط زیست و نگهداری از آن یکی از چالش‌های مهم در چند دهه اخیر بوده است. تقریباً تمام صنایع، مسئله حفاظت و نگهداری از محیط زیست را پذیرفته اند. اغلب سازمان‌های تولیدی فعالیت خود را با هدف از بین بردن زباله های ایجادشده در فرایند تولید و دفع مواد زائد خود به‌صورتی که قابل تجزیه باشد، ادامه می‌دهند (چرافی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). بدون شک، تاثیر سازمان‌های تولیدی بر

**استناد به این مقاله:** صدر بافقی، م.، شیردل، غ.، و خمسه، ع. (۱۴۰۴). ارائه مدل استقرار زنجیره تأمین سبز با تمرکز بر فناوری های نوین

انقلاب صنعتی چهارم. علوم و فنون مدیریت اطلاعات، ۱۱(۳)، ۳۷۱-۳۵۳. <https://doi.org/10.22091/stim.2024.10539.2080>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰

ناشر: دانشگاه قم



نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان

1. Chen et al
2. Liao et al
4. Charafi et al

محیط زیست، نگرانی‌های زیادی داشته که در نهایت منجر به درخواست‌ها و توجه به شیوه‌های پایدار شده تا نیازهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را برآورده کنند (حسین و همکاران، ۲۰۱۸). در واقع، همه سازمان‌ها موظف هستند تا برای سازگاری عملکرد سازمان خود از جمله عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، تلاش کنند (زیاد و همکاران، ۲۰۱۸). پژوهش حاضر سعی در تحلیل رابطه بین فناوری‌های نوین دیجیتال در بهبود عملکرد و یا کاهش چالش‌های پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز دارد.

**روشن‌شناسی:** مطالعه حاضر از نظر روش اجرا، ماهیت ترکیبی دارد که در آن از روش‌های کمی و کیفی به‌صورت توانمند استفاده شده است. به‌طوری که در آن با توزیع و گردآوری پرسش‌نامه‌ها، نسبت به بررسی و تحلیل داده‌ها برای تفسیر یافته‌های مرتبط با هر یک از سؤالات پژوهش پرداخته شد. جامعه آماری پژوهش حاضر دو بخش است. بخش اول را خبرگان آشنا با مفاهیم زنجیره تامین سبز، فناوری‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم تشکیل می‌دهند. با توجه به اینکه رویکرد مدل‌سازی استفاده‌شده در این پژوهش با توجه به نبود نمونه موفق، از نوع تجویزی بوده، جامعه مربوط به فاز کیفی شامل خبرگان و متخصصان مرتبط با موضوع پژوهش است که ضمن مراجعه به آن‌ها در راستای عوامل استخراج شد. مشارکت‌کنندگان در فاز کیفی این پژوهش از میان اعضای هیئت علمی دانشگاه و خبرگان صنعت فولاد انتخاب شدند. برای رسیدن به مدل نهائی استقرار زنجیره تامین سبز با تمرکز بر فناوری‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا با مصاحبه‌ها از خبرگان این حوزه و کدگذاری در تحلیل مضمون به‌صورت سه مرحله کدگذاری اولیه، مضمون فرعی، و مضمون اصلی، کدهای اولیه استخراج شد. سپس طی مضمون اصلی، فرایند ربطدهی مقوله‌ها با زیر مقوله هایشان و پیوند دادن مقوله‌ها در سطح ویژگی‌ها و ابعاد صورت گرفت.

**یافته‌ها و نتیجه‌گیری:** نتایج در مضامین اصلی نشان داد که محصول مهمترین مضمون اصلی است و سپس نقش مدیریت تامین‌کننده، بازیافت محصول، مزایای درون سازمانی، و شاخص محیطی رتبه‌های مهم بعدی را به دست آوردند. الگو شامل ۱۲ مضمون اصلی منابع انسانی، عوامل اقتصادی، عوامل اجتماعی، فعالیت استراتژیک بنگاه، مزایای درون سازمانی، انواع فشارهای خارجی، نقش تعامل سازمانی، بازیافت محصول، نقش مدیریت تامین‌کننده، شاخص کیفیت، شاخص تکنولوژی، و شاخص محیطی و ۳۶ مضمون فرعی که شامل توانمندسازی و کار گروهی، توسعه منابع انسانی، مشارکت کارکنان، مدیریت منابع انسانی سبز، شاخص مالی، سرمایه‌گذاری منابع، مسئولیت اجتماعی، توسعه سرمایه انسانی، رفتار مصرف‌کننده، همکاری، ویژگی راهبرد، شاخص‌های زیست‌محیطی، سیستم ارزیابی عملکرد، همکاری، نوآوری، افزایش شهرت، بهره‌وری بهبودیافته، صرفه‌جویی در هزینه، قوانین محیطی، مسئولیت اجتماعی، نگرانی‌های زیست‌محیطی، بازارهای رقابتی جهانی، مقررات دولتی، تعاملات درون سازمانی، مشارکت بین‌سازمانی، ارتباطات بین‌سازمانی، شناسایی الگوی همکاری بین‌سازمانی، استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده، مدیریت چرخه عمر، مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیا، زنجیره تامین حلقه بسته، زیر ساخت بازیافت محصول، ویژگی محصولات قابل بازیافت، پایداری، شفافیت در عملکرد، استفاده از محصولات جانبی، دید گسترده، انتخاب تامین‌کننده سبز بود. متغیر عوامل اقتصادی و انواع فشارهای خارجی متغیری برون‌زا و مستقل می‌باشند که فلش از آنها خارج شده است و فقط بر دیگر متغیرها تأثیر می‌گذارند. متغیر مزایای درون‌سازمانی نیز متغیر وابسته است، در واقع متغیر مزایای درون سازمانی از دیگر متغیرها فقط تأثیر می‌پذیرد. برخی از متغیرها هم برای آن‌ها روابط میانجی پیدا کرد.

**کلیدواژه‌ها:** زنجیره تامین، زنجیره تامین سبز، مدل سازی زنجیره تامین، تکنولوژی‌ها نوین، انقلاب صنعتی چهارم، مدیریت اطلاعات.

## مقدمه

همواره در اکثر سازمان‌های جهان، مدیران و رهبران شرکت‌ها در پی ارتقاء و بهبود عملکرد صادراتی خویش هستند. عملکرد صادراتی، ترکیب گسترده‌ای هم از دریافتی‌های غیر ملموس، همچون افزایش دانش سازمانی و هم دریافتی‌های عینی و ملموس، همچون نتایج اقتصادی و مالی در بازار بین‌الملل است. مدل‌های گوناگونی تلاش کرده‌اند عملکرد صادراتی را معرفی و ارزیابی کنند. در همین راستا، امروزه سازمان‌های تجاری با یک محیط پیچیده و رقابتی نیز نسبت به گذشته روبه‌رو هستند. مدیریت همکاری چندجانبه در زنجیره تأمین وظیفه بسیار دشوار است. در حال حاضر یک رویکرد رایج برای پیشرفت سیستم گسترده یکپارچه سازمانی، مدیریت زنجیره تأمین سبز به شیوه فراگیر در صنایع است. در این راستا عملکرد زیست‌محیطی یک مؤلفه جدایی‌ناپذیر از مدیریت زنجیره تأمین سبز فرض شده است. بنابراین شرکت‌ها به‌طور فزاینده‌ای به استفاده از فناوری اطلاعات برای بهبود فرایند زنجیره تأمین سبز و عملکرد زیست‌محیطی تکیه می‌کنند (طوطیان و همکاران، ۱۴۰۰).

سبز کردن زنجیره تأمین، فرایند در نظر گرفتن معیارها یا ملاحظات زیست‌محیطی در سرتاسر تأمین است. مدیریت زنجیره تأمین سبز، یکپارچه‌کننده مدیریت زنجیره تأمین با الزامات زیست‌محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد برای بیشینه کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با عملکرد کل زنجیره تأمین است (سارکیس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). در بررسی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های زنجیره تأمین به تحلیل اثرات محصولات بر محیط‌زیست به کمک رویکردی کلی نگر (شامل تحلیل دوره عمر محصول از آغاز تا پایان عمر آن) پرداخته می‌شود. در این رویکرد کلیه اثرات بوم‌شناختی (علم عادت و نحوه زندگی موجودات و تعامل آن‌ها با محیط) هر فعالیت در مراحل مختلف عمر محصول مانند مفهوم محصول، طراحی، تهیه مواد خام، ساخت و تولید، مونتاژ، نگهداری، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و استفاده مجدد محصول، اندازه‌گیری و در طراحی محصول لحاظ می‌شود (فراهانی و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه در ادبیات زنجیره تأمین مفاهیم مدیریت زنجیره تأمین پایدار و مدیریت زنجیره تأمین سبز معمولاً به‌جای یکدیگر به کار می‌روند، اما این دو مفهوم کمی با هم تفاوت دارند. مدیریت زنجیره تأمین پایدار در برگیرنده ابعاد اقتصادی و پایداری اجتماعی و

زیست محیطی است. بنابراین مفهوم مدیریت زنجیره تأمین پایدار وسیع تر از مدیریت زنجیره تأمین سبز است و مدیریت زنجیره تأمین سبز بخشی از مدیریت زنجیره تأمین پایدار است (فراهانی و همکاران، ۲۰۰۹).

### بیان مسئله

با فشار قوانین دولت برای دریافت استانداردهای زیست محیطی از یک طرف و رشد فزاینده تقاضای مشتریان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط زیست) مفهوم زنجیره تأمین سبز و مدیریت آن را پدیدار ساخت (شاکر و همکاران، ۱۳۹۶). با افزودن پسوندها «سبز» این مفهوم به مدیریت زنجیره تأمین سبز تبدیل شده است. امروزه متأسفانه نبود توجه کافی و بی مسئولیتی موجب آلودگی های محیط زیست شده است که عواقبی از جمله بیماری و ضعف برای بشر دارد و منجر به یک دور باطل می شود که فقط انتقال دهنده آلودگی از محیط به سازمان، از سازمان به محیط زیست، از یک سازمان به سازمان دیگر می شود (جابواری و همکاران، ۲۰۱۲).

شرکت های سراسر جهان راه هایی را برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین به مثابه ابزاری برای کاهش هزینه های عملیاتی، بهبود حاشیه ها، حفظ و افزایش سهم بازار، و افزایش پاسخگویی به مشتریان در نظر می گیرند (عطاران، ۲۰۲۰). انتخاب راه حل جدید برای تولید، یک تصمیم استراتژیک مهم است و معرفی فناوری های جدید می تواند تغییرات عمیقی را در کل پیکربندی زنجیره تأمین ایجاد کند (رینالدی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). از طرفی مدیریت زنجیره تأمین سبز یک استراتژی نوظهور است که هدف آن بهبود هم زمان فرایند و کیفیت محصولات، تحقق توسعه پایدار، و افزایش قابلیت های مدیریت زنجیره تأمین است (اب و هاب، ۲۰۲۰). همچنین، مسئله محیط زیست و نگهداری از آن یکی از چالش های مهم در چند دهه اخیر بوده است. تقریباً تمام صنایع، مسئله حفاظت و نگهداری از محیط زیست را پذیرفته اند. اغلب سازمان های تولیدی فعالیت خود را با هدف از بین بردن زباله های ایجاد شده در فرایند تولید و دفع مواد زائد خود به شیوه ای که تجزیه پذیر باشد، ادامه می دهند (چرافی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). بدون تردید، تأثیر سازمان های تولیدی بر محیط زیست، نگرانی فزاینده ای داشته که منجر به درخواست ها و توجه به شیوه های پایدار شده تا نیازهای زیست محیطی، اقتصادی، و اجتماعی را برآورده کنند (حسین و همکاران، ۲۰۱۸). در واقع، همه سازمان ها موظف هستند تا برای سازگاری عملکرد سازمان خود از جمله عملکرد

اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی، تلاش کنند (زیاد و همکاران، ۲۰۱۸). دستیابی به این تعادل به‌مثابه مشکل و در بعضی موارد چالشی بحث‌انگیز شده است (هفار و سیرسی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷). ظهور فناوری‌های نوین و ایجاد تحولات عظیم در بازارهای جهانی، زنجیره تأمین را بیش از پیش امری ضروری ساخته است، به‌نحوی که سازمان‌های مختلف برای ایجاد و حفظ موقعیت و جایگاه رقابتی خود، ناگزیر به استفاده از زنجیره تأمین سبز شده‌اند (جلالی، ۲۰۱۵). عطاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان فعال‌کننده‌های فناوری دیجیتال و پیامدهای آن‌ها در مدیریت زنجیره تأمین، بیان کرد شرکت‌هایی که مایل به بهبود عملکرد زنجیره تأمین موجود خود هستند، باید به فناوری متکی باشند تا سطح بالاتری از عملکرد را در برآوردن نیازهای مصرف‌کنندگان ارائه دهند. از دیگر نتایج پژوهش او این است که دیجیتالی شدن زنجیره‌های تأمین و فرایند تدارکات می‌تواند امتیازات متعددی از جمله شفافیت بیشتر و تصمیمات بهتر SCM<sup>۲</sup>، افزایش قابلیت انعطاف SCM، بهبود استفاده از دارایی‌ها را به همراه داشته باشد.

زنجیره تأمین سبز بر محیط‌زیست تأثیر مثبت دارد و بخش جدانشدنی از فعالیت سازمان‌ها برای سازگاری با محیط‌زیست را تشکیل می‌دهد. تأثیرات محیطی در طول چرخه عمر یک محصول، از استخراج منابع تا تولید و مصرف یا بازیافت رخ می‌دهد و این مهم برای سازمان‌ها برای دستیابی به سود و کاستن اثرات محیطی و افزایش اثربخشی آن‌ها است. لذا می‌توان اظهار داشت که استقرار زنجیره تأمین بر پایداری شرکت‌ها متمرکز شده است (هرمس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳) و دوره جدیدی از تفکر کسب‌وکار و منبعی از مزیت رقابتی را ایجاد می‌کند. دستیابی به استقرار بهتر زنجیره تأمین سبز نیازمند سطح بالایی از قابلیت‌ها و توانمندی‌های مختلف است. (لیسی<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۲۰) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که یادگیری عرضه‌کننده سبز و مشتری بر نوآوری محصول سبز و فرایند تأثیر مثبتی می‌گذارد. با این حال، تلاطم فناوری سبز این روابط را به شکل متفاوتی تعدیل می‌کند. به‌طور خاص، تلاطم فناوری سبز، تأثیر یادگیری مشتری سبز بر محصول و نوآوری فرایند سبز را تقویت می‌کند، در حالی که تأثیر یادگیری عرضه‌کننده سبز بر نوآوری فرایند سبز را تضعیف می‌کند. تأثیر تعدیل‌کننده تلاطم فناوری سبز بر ارتباط بین یادگیری تأمین‌کننده سبز و نوآوری محصولات سبز ناچیز است. این نتایج اهمیت یادگیری از شرکای زنجیره تأمین را برای

1. Hafar and Circe
2. Supply chain management
3. Hermes et al
4. Lacey et al

توسعه پایدار و چابکی شرکت‌ها در سازگاری با شرایط تکنولوژیکی خارجی در اجرای شیوه‌های زیست‌محیطی خود برجسته می‌کند. تولیدات مختلف اعم از مواد اولیه، کالاهای مصرفی و ... به‌نحوی با محیط‌زیست در ارتباط هستند (یاداو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). این امر، به‌ویژه در صنعت فولاد که راهبردی و بسیار تأثیرپذیر از متغیرهای بیرونی است، مشهودتر است. فولاد همیشه کالای راهبردی بوده، به‌نحوی که امروزه میزان تولید فولاد و محصولات فولادی یکی از شاخصه‌های مهم توسعه صنعتی کشورهاست. صنایع فولاد به‌عنوان یکی از مهمترین صنایع کشور که نقش بسزایی در تولید ناخالص داخلی و حتی ملی ایفا می‌کند، در تمام قسمت‌های چرخ حیات خود، اعم از بهره‌برداری از منابع طبیعی، ساخت، تولید و استفاده و پس از استفاده با محیط‌زیست در تعامل است. همچنین به دلیل صادرات محصولات فولادی به بازارهای بین‌المللی، نیاز آن به انطباق با قوانین زیست‌محیطی بین‌المللی اجتناب‌ناپذیر است. هوشمندی یکی از راه‌های سازگاری با محیط‌زیست است. پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام شده است. در پژوهشی که به بررسی نقش مدیریت زنجیره تأمین سبز و عملکرد صادرات با نقش میانجی عملکرد زیست‌محیطی پرداخته است (وفا و همکاران، ۲۰۱۸)، نتایج نشان داد که مدیریت زنجیره تأمین سبز مثبت و معناداری بر عملکرد هر دو عملکرد صادرات و زیست‌محیطی دارد. (شارما<sup>۲</sup> و همکاران ۲۰۱۷) به بررسی مدیریت زنجیره تأمین سبز و شاخص‌های عملکرد در صنعت کشاورزی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد شرکت‌های حوزه صنعت کشاورزی به‌طور روز افزون اهمیت مسائل زیست‌محیطی را در دستیابی به امتیاز رقابتی تصدیق کرده‌اند. (مهمد<sup>۳</sup> و همکاران ۲۰۱۷) در بررسی رابطه بین ERP<sup>۴</sup>، جهت‌گیری زنجیره تأمین و عملکرد عملیاتی نشان دادند که جهت‌گیری زنجیره تأمین تأثیر قابل توجهی بر عملکرد عملیاتی دارد در حالی که بر روش‌های ERP وجود ندارد. (ژو<sup>۵</sup> و همکاران ۲۰۱۶) نقش مدیریت ارتباطات مشتری در محیط زیست و بهبود عملکرد اقتصادی با مدیریت زنجیره تأمین سبز پرداخته‌اند. نتایج آماری با تجزیه و تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که هر دو اثرات تعدد و میانجی‌گری وجود دارد. در داخل کشور نیز بررسی تبات یر تولید به‌هنگام بر توانایی زنجیره تأمین و عملکرد سازمان مطالعه موردی شرکت نیک محضر اسپادانا در اصفهان انجام شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). شناسایی و

1. Yadav et al
2. Sharma et al
3. Mahmed et al
4. Enterprise resource planning
5. Zhou et al

تحلیل عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز و تأثیر آن بر بهبود عملکرد در پژوهش حسن زاده و همکاران (۱۳۹۶) اشاره شده است. نتایج نشان می‌دهد که عملکردهای اقتصادی، عملیاتی، زیست‌محیطی، و اجتماعی در کارخانه سیمان، به‌طور مثبت با پیاده‌سازی فعالیت‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز رابطه دارند. شاکر و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی رابطه مدیریت زنجیره تأمین سبز و عملکرد شرکت‌ها در شهرک صنعتی شماره ۹ شهر سمنان نشان دادند که بین مدیریت زنجیره تأمین سبز و عملکرد شرکت‌ها رابطه معناداری وجود دارد. بررسی رابطه میان زنجیره تأمین سبز و عملکرد صادراتی مطالعه موردی شرکت‌های شهرک صنعتی پرند در پژوهش سلیمانی یگانه (۱۳۹۵) اشاره شده است. با این حال با بررسی ادبیات پژوهش، موضوع شاخص‌های زیست‌محیطی در استقرار زنجیره تأمین سبز به‌ویژه در صنعت فولاد به‌عنوان خلأ پژوهشی شناخته شد. بنابراین پژوهش حاضر سعی در تحلیل تأثیر این شاخص‌ها در مدیریت زنجیره تأمین سبز دارد.

### روش پژوهش

مطالعه حاضر از نظر روش اجرا، ماهیت ترکیبی دارد که در آن از روش‌های کمی و کیفی به‌شیوه توأمان استفاده شده است. به‌طوری که در آن با توزیع و گردآوری پرسش‌نامه‌ها، به بررسی و تحلیل داده‌ها برای تفسیر یافته‌های مرتبط با موضوع اصلی پژوهش پرداخته شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل دو بخش می‌شود. بخش اول خبرگان آشنا با مفاهیم زنجیره تأمین سبز هستند. با توجه به اینکه رویکرد مدل‌سازی استفاده‌شده در این پژوهش با توجه به نبود نمونه موفق، از نوع تجویزی بوده، جامعه مربوط به فاز کیفی شامل خبرگان و متخصصان مرتبط با موضوع پژوهش است که با مراجعه به آن‌ها، عوامل استخراج خواهد شد. مشارکت‌کنندگان در فاز کیفی این پژوهش از میان اعضای هیئت علمی دانشگاه و خبرگان صنعت فولاد انتخاب شدند. در فاز کمی جامعه آماری هدف این پژوهش را خبرگان دانشگاهی تشکیل می‌دهند. در ادامه پس از به دست آمدن شاخص‌های مورد نظر با مصاحبه‌ها، پرسش‌نامه‌ای تهیه شده و پس از جمع‌آوری آن‌ها، با استفاده از تکنیک AHP<sup>۱</sup> به اولویت‌بندی شاخص‌ها پرداخته شد.

### یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر پس از انجام ۱۸ مصاحبه، مضامین به اشباع نظری رسیده و تکرار مصاحبه‌ها متوقف شد.

### ترکیب وضعیت جنسیتی مشارکت کنندگان

با توجه به فراوانی مشاهده شده در بین مشارکت کنندگان ۴۴/۴۵٪ مشارکت کنندگان را خانم‌ها و ۵۵/۵۵٪ را آقایان تشکیل می‌دهند. نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. وضعیت جنسیتی مشارکت کنندگان

| جنسیت          | فراوانی | درصد فراوانی | درصد فراوانی معتبر |
|----------------|---------|--------------|--------------------|
| مرد            | ۱۰      | ۵۵/۵۵        | ۵۵/۵۵              |
| زن             | ۸       | ۴۴/۴۵        | ۴۴/۴۵              |
| داده‌های معتبر | ۱۸      | ۱۰۰          | ۱۰۰                |
| داده‌های گمشده | ۰       | ۰            | -                  |
| نهایی          | ۱۸      | ۱۰۰          | -                  |

### ترکیب وضعیت تحصیلی مشارکت کنندگان

۳۸/۹٪ از مشارکت کنندگان مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد داشتند. ۶۱/۱٪ مدرک دکتری دریافت کرده بودند.

جدول ۲: وضعیت تحصیلی مشارکت کنندگان

| درصد فراوانی معتبر | درصد  | فراوانی |               |
|--------------------|-------|---------|---------------|
| ۳۸,۹               | ۳۸,۹  | ۷       | کارشناسی ارشد |
| ۶۱,۱               | ۶۱,۱  | ۱۱      | دکتری         |
| ۱۰۰,۰              | ۱۰۰,۰ | ۱۸      | کل            |

### کدگذاری محوری (دور دوم کدگذاری)

کدگذاری محوری، کارهای تحلیلی ناشی از کدگذاری اولیه و تا اندازه‌ای هم کدگذاری تنظیمی را توسعه می‌دهد. هدف از این روش کدگذاری، کنار هم چیدن داده‌هایی است که در فرایند کدگذاری اولیه از هم «جدا» یا «گسیخته» شده‌اند. «محور» در کدگذاری محوری، یک مضمون برآمده از دور اول کدگذاری است. این روش «مضمون‌ها را به زیر مضمون‌ها مرتبط می‌کند و مشخصه‌ها و جهت‌گیری‌های مضمون را مشخص می‌کند». گلیرز<sup>۱</sup> (۱۹۸۷) معتقد است با کدگذاری محوری، می‌توانید شمار کدهای بدوی را کاهش دهید، با گرد هم آوردن داده‌هایی که مشابه هم کدگذاری

شده‌اند به‌همراه دسته‌بندی کردن و نام‌گذاری دوباره آن‌ها. در طی این دور از کدگذاری، «یک کد پرداخت می‌شود تا به بهترین شکل خود درآید» (سالدانا<sup>۱</sup>، ۱۳۹۵)

حاصل کدگذاری محوری، پیش‌فرض‌های تئوریک و فرضیه‌های اولیه است. توجه به تفاوت‌ها و تضادها به درک عمیق‌پدیده و تعمیق تئوری می‌انجامد. یافتن طبقه مرکزی و محوری که مبنای رویش تئوری باشد، نتیجه نهایی کدگذاری محوری است. این مرحله راهی برای ارتباط منطقی بین طبقات و زیر طبقات است. ویژگی بارز این مرحله تعیین تفاوت‌های اساسی است که پدیده و زمینه آن از یکدیگر قابل تشخیص باشند. تحلیلی از علت پدیده با توجه به شرایط، فرهنگ، محیط، و پیامدهایی که نتیجه آن هستند مشخص می‌شود (ادیب حاج باقری و همکاران، ۱۳۹۶)

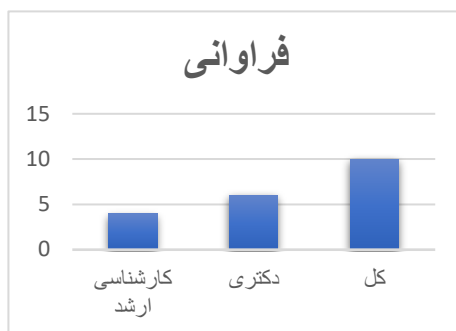
جدول ۳. مضامین به‌دست‌آمده از روش کدگذاری

| مضمون اصلی        | مضمون فرعی                                         | کد اولیه                                               |
|-------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| بازیافت محصول (H) | استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده | تشویق مشتریان به بازگرداندن محصولات                    |
|                   | مدیریت چرخه عمر                                    | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی                               |
|                   |                                                    | توانایی پیش‌بینی مسیر رشد محصول                        |
|                   |                                                    | تولید محصولات قابل بازیافت                             |
|                   |                                                    | تولید محصولات با عمر طولانی                            |
|                   |                                                    | بازیافت مواد با استفاده از فناوری جدید                 |
|                   |                                                    | بهینه‌سازی فرایندهای تولید با استفاده از فناوری جدید   |
|                   |                                                    | طراحی محصولات با استفاده از فناوری های جدید            |
|                   |                                                    | مدیریت حاشیه سود برای محصولات ابداعی و محصولات کارکردی |
|                   |                                                    | افزایش تنوع محصولات فولادی سبز                         |
|                   |                                                    | مدیریت تقاضا                                           |
|                   |                                                    | طراحی زنجیره تأمین ناب برای محصولات کارکردی            |
|                   |                                                    | طراحی زنجیره تأمین چابک برای محصولات ابداعی            |

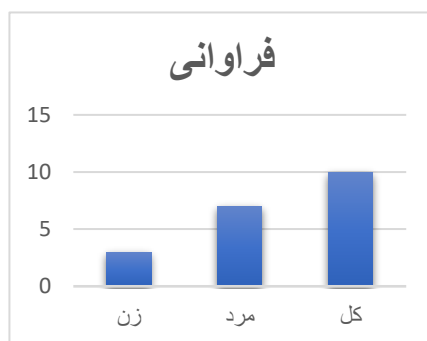
| مضمون اصلی                 | مضمون فرعی                                  | کد اولیه                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                             | تطابق نوع محصول و نوع زنجیره تأمین                                                             |
|                            | مدیریت ضایعات فلزی<br>مبتنی بر اینترنت اشیا | ردیابی و نظارت بر جریان ضایعات در زنجیره تأمین                                                 |
|                            | زنجیره تأمین حلقه بسته                      | کاهش ضایعات با بازیافت محصولات و موارد تولید محصولات از مواد ذوب شده با استفاده از فناوری جدید |
|                            | زیر ساخت بازیافت محصول                      | ذوب و شکل دهی مجدد با استفاده از فناوری جدید                                                   |
|                            |                                             | تمیز کردن و تصفیه مواد قابل بازیافت                                                            |
|                            |                                             | جداسازی مواد به وسیله روشهای نوین                                                              |
|                            |                                             | جمع آوری و دسته بندی محصولات قابل بازیافت                                                      |
|                            |                                             | بهره از فناوری های جدید سیستم های مرتب سازی                                                    |
|                            |                                             | راهنمایی و پشتیبانی مقامات نظارتی                                                              |
|                            |                                             | حمایت و تشویق مصرف کننده در بازیافت محصولات                                                    |
|                            |                                             | فرایند لجستیک معکوس                                                                            |
|                            | ویژگی محصولات قابل بازیافت                  | بهره از مواد اولیه تخریب نکردن محیط زیست                                                       |
|                            |                                             | بهره از مواد اولیه با ضریب تجزیه پذیری بالا                                                    |
|                            |                                             | بهره از مواد اولیه با قابلیت بازیافت بالا                                                      |
| نقش مدیریت تأمین کننده (I) | پایداری                                     | مدیریت مواد زائد                                                                               |
|                            |                                             | لجستیک معکوس                                                                                   |
|                            |                                             | عملیات سبز                                                                                     |
|                            |                                             | طراحی سبز                                                                                      |
|                            | شفافیت در عملکرد                            | افشا قیمت مواد اولیه و قیمت محصولات                                                            |
|                            | استفاده از محصولات جانبی                    | استفاده از ضایعات                                                                              |
|                            |                                             | سرمایه گذاری در استفاده از تجهیزات و مواد اولیه                                                |
|                            | دید گسترده                                  | توانایی ردیابی و مدیریت اثرات زیست محیطی                                                       |
|                            |                                             | راه حل های فناوری اطلاعات مبتنی بر وب                                                          |
|                            | انتخاب تأمین کننده سبز                      | اتخاذ شیوه های منبعیابی اخلاقی                                                                 |
|                            |                                             | انتخاب تأمین کنندگان براساس پذیرش فناوری های جدید                                              |

| مضمون اصلی     | مضمون فرعی | کد اولیه                                            |
|----------------|------------|-----------------------------------------------------|
|                |            | نظارت بر تأمین کنندگان برای همسویی با اهداف پایداری |
|                |            | ارزیابی تأمین کنندگان برای عملکرد پایداری           |
|                |            | تعامل با تأمین کنندگان برای فرهنگ پایداری           |
| شاخص کیفیت (J) |            | استفاده از مواد اولیه با دوام و با کیفیت            |
|                |            | افزایش کیفیت محصولات                                |
| شاخص محیطی (L) |            | منابع انرژی تجدیدپذیر                               |
|                |            | صرفه جویی در منابع طبیعی                            |
|                |            | کاهش آلودگی                                         |
|                |            | تولید پاک                                           |
|                |            | حداقل ضایعات مواد اولیه                             |

پس از کدگذاری محوری همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است، ۴ مضمون اصلی بازیافت محصول، نقش مدیریت تأمین‌کننده، شاخص کیفیت و شاخص محیطی و ۱۱ مضمون فرعی استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده شده، مدیریت چرخه عمر، مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیا، زنجیره تأمین حلقه بسته، زیرساخت بازیافت محصول، ویژگی محصولات قابل بازیافت، پایداری، شفافیت در عملکرد، استفاده از محصولات جانبی، دید گسترده، و انتخاب تأمین‌کننده سبز به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد مضمون بازیافت محصول با ۳۸ فراوانی و مضمون شاخص کیفیت با ۲ فراوانی به ترتیب بیشترین و کمترین واحدهای معنادار بر اساس کمیت را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده این است که مشارکت کنندگان به بازیافت محصول تأکید بیشتری دارند. در ادامه برای اولویت‌بندی شاخص‌های به‌دست‌آمده از روش AHP استفاده شد. برای این کار پرسش‌نامه مقایسات زوجی در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار گرفت. نمونه آماری این مطالعه، ۱۰ نفر از خبرگان بودند. در این بخش، فراوانی نمونه آماری از نظر جنسیت و سطح تحصیلات شرح داده شده است. شکل‌های (۱) و (۲) فراوانی ویژگی‌های فردی نمونه آماری را از نظر جنسیت و تحصیلات را نشان می‌دهند.



شکل ۱. فراوانی نمونه آماری از نظر جنسیت



شکل ۲. فراوانی نمونه آماری از نظر تحصیلات

چنانچه ملاحظه می شود، از میان نمونه آماری که به پرسش نامه ها پاسخ دادند، ۳ نفر زن و ۷ نفر مرد بوده اند. از نظر سطح تحصیلات، ۴ نفر فوق لیسانس و ۶ نفر دکتری بوده اند. معیارهای شناسایی شده شامل ۴ مضمون اصلی بازیافت محصول، نقش مدیریت تأمین کننده، شاخص کیفیت، و شاخص محیطی بود. هر کدام از این مضمون ها دارای مضمون های فرعی بودند بودند که اولویت بندی روی آن ها انجام گرفت.

ماتریس تصمیم بر اساس مدل ارزش بندی ۹ درجه ای ساعتی تشکیل می شود. تصمیم گیرنده از مقیاس بنیادی ۱-۹، که با ساعتی برای تعیین درجه اولویت تعریف شده است، استفاده می کند. در این مدل، ۱ تعیین کننده اهمیت برابر، ۳ اهمیت به طور متوسط بیشتر، ۵ اهمیت بیشتر، ۷ اهمیت خیلی بیشتر، و ۹ اهمیت بسیار بیشتر هستند. ارزش های ۲، ۴، ۶ و ۸ برای تعیین ارزش های بینابین اهمیت به کار می روند (علیزاده زوارم و شفایی فالح، ۱۳۹۷). گام بعد مقایسه زوجی عناصر در سلسله مراتبی ساخته شده، است. هدف، تنظیم اولویت های نسبی آن ها با توجه به

هر یک از عناصر سطح بالاتر است. قبل از هرگونه محاسبه بردارهای وزن و ماتریس مقایسات باید نرمال شود. بنابراین درایه‌های هر ستون باید بر مجموع درایه‌های ستون متناظرشان تقسیم شوند. در این صورت، یک ماتریس نرمال شده حاصل می‌شود که در آن مجموع درایه‌های هر بردار ستونی ۱ است. برای بخش بعدی، به محاسبه مقادیر ویژه ماتریس نیازمندیم، چرا که این مقادیر، وزن‌های نسبی معیارها را خواهند داد. این رویه در ریاضیات معمول است. پس از انجام محاسبات، وزن معیارها و مقادیر وزنی به شرح جدول زیر به دست آمد.

جدول ۴. وزن مضامین

| اولویت | وزن مضامین | مضمون‌های فرعی                                     |
|--------|------------|----------------------------------------------------|
| ۲      | ۴,۴        | استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده |
| ۳      | ۳,۶        | مدیریت چرخه عمر                                    |
| ۱      | ۴,۴۵       | مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیاء          |
| ۴      | ۲,۶۵۸      | زنجیره تأمین حلقه بسته                             |
| ۵      | ۲,۴۶۷      | زیرساخت بازیافت محصول                              |
| ۶      | ۲,۳۲۸      | ویژگی محصولات قابل بازیافت                         |
| ۸      | ۱,۶۲۶      | پایداری                                            |
| ۷      | ۱,۹۰۶      | شفافیت در عملکرد                                   |
| ۹      | ۱,۰۶۲      | استفاده از محصولات جانبی                           |
| ۱۰     | ۰,۶۱۷      | دید گسترده                                         |
| ۱۱     | ۰,۳۳۱      | انتخاب تأمین‌کننده سبز                             |

بنابراین با توجه به مضمون‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها مضامین مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیاء با وزن ۴,۴۵، استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده با وزن ۴,۴، مدیریت چرخه عمر با وزن ۳,۶، زنجیره تأمین حلقه بسته با وزن ۲,۶۵۸، زیرساخت بازیافت محصول با وزن ۲,۴۶۷، ویژگی محصولات قابل بازیافت با وزن ۲,۳۲۸، شفافیت در عملکرد با وزن ۱,۹۰۶، پایداری با وزن ۱,۶۲۶، استفاده از محصولات جانبی با وزن ۱,۰۶۲، دید گسترده با وزن ۰,۶۱۷ و انتخاب تأمین‌کننده سبز با وزن ۰,۳۳۱ به ترتیب از بالاترین رتبه به پایین‌ترین رتبه مشخص شدند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

زنجیره تأمین سبز بخش جدایی‌ناپذیری از فعالیت شرکت‌ها برای سازگاری با محیط‌زیست است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، عامل ۲۴ درصد (حدود یک‌چهارم) از بیماری‌ها در

جهان از آلودگی محیط زیست ناشی می شود و مرگ و میر سالیانه بیش از ۱۳ میلیون نفر در جهان بر اثر ابتلا به بیماری های ناشی از عوامل زیست محیطی است. از سوی دیگر برخی از محققان، مدیریت زنجیره تأمین سبز را به عنوان یک مسئله مهم سازمانی مطرح کردند که نقشی اساسی و کلیدی در ارتقاء کارآمدی و هماهنگی کردن شرکا و سازگاری عملکرد اجرایی منطبق با محیط زیست، به حداقل رساندن ضایعات غیر قابل بازیافت، کاهش ریسک های محیطی، و تأثیرات منفی بر روی محیط زیست و در عین حال ارتقاء و بهبود کیفیت و کارایی اکولوژیکی سازمان ها و شرکت های آن ها را بر عهده دارد. هدف از این پژوهش ارائه مدل استقرار زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد بود. به همین منظور، ابتدا با مصاحبه با خبرگان صنعت و استفاده از روش تحلیل مضمون، شاخص های استقرار زنجیره تأمین سبز شناسایی شدند که حاصل آن استخراج ۴ مضمون اصلی (بازیافت محصول، نقش مدیریت تأمین کننده، شاخص کیفیت، و شاخص محیطی) و ۱۱ مضمون فرعی (استراتژی قیمت گذاری و جمع آوری محصولات استفاده شده، مدیریت چرخه عمر، مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیا، زنجیره تأمین حلقه بسته، زیرساخت بازیافت محصول، ویژگی محصولات قابل بازیافت، پایداری، شفافیت در عملکرد، استفاده از محصولات جانبی، دید گسترده، انتخاب تأمین کننده سبز) و ۴۹ کد اولیه بود. سپس ۱۱ مضمون فرعی با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی رتبه بندی شدند. نتایج نشان داد که مدیریت ضایعات فلزی مبتنی بر اینترنت اشیا مهمترین شاخص استقرار مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد است. کریمی و همکاران (۱۴۰۲) نیز در پژوهش خود بر نقش اینترنت اشیا در مدیریت زنجیره تأمین سبز اشاره کردند. این شاخص، به عنوان یک راهکار نوین در بهینه سازی فرایندهای جمع آوری، بازیافت، و مدیریت ضایعات فلزی ارائه شده است. ادغام اینترنت اشیا در مدیریت ضایعات فلزی در زنجیره تأمین سبز نشان دهنده پیشرفت قابل توجهی در ارتقاء پایداری و کارایی است. این رویکرد از فناوری های اینترنت اشیا برای بهینه سازی جمع آوری، پردازش، و بازیافت ضایعات فلزی استفاده می کند و با اصول اقتصاد دایره ای همسو می شود. فناوری های اینترنت اشیا می توانند دسته بندی هوشمند زباله های فلزی را تسهیل کنند. سیستم های خودکار مجهز به حسگرها و دوربین ها می توانند انواع مختلف فلزات را شناسایی کرده و براساس آن دسته بندی کنند. این کار راندمان فرایندهای بازیافت را افزایش می دهد و تضمین می کند که فلزات به روشی سازگار با محیط زیست پردازش شوند. استفاده از اینترنت اشیا در مدیریت ضایعات فلزی در زنجیره تأمین سبز مزایای متعددی از جمله افزایش بهره وری، کاهش اثرات زیست محیطی، و شفافیت بهبود یافته را ارائه می دهد.

از دیگر نتایج پژوهش، اهمیت استراتژی قیمت‌گذاری و جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده در استقرار مدیریت زنجیره سبز بود که در پژوهش‌های هو و گائو<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) و لو<sup>۲</sup> (۲۰۲۲) نیز به آن اشاره شده است. این استراتژی‌ها نه تنها به بهینه‌سازی‌های اقتصادی کمک می‌کنند، بلکه تأثیرات مثبت زیست‌محیطی نیز به همراه دارند. قیمت مناسب می‌تواند مصرف‌کنندگان را به خرید محصولات سبز و استفاده مجدد از کالاهای بازیافتی ترغیب کند. این امر به کاهش ضایعات و افزایش میزان بازیافت کمک می‌کند. با تعیین قیمت‌های رقابتی برای محصولات بازیافتی، شرکت‌ها می‌توانند در بازارهای مختلف جایگاه بهتری پیدا کنند و به مزیت‌های اقتصادی دست یابند. در نهایت، استراتژی‌های قیمت‌گذاری می‌توانند به پروژه‌های مالی زیست‌محیطی و توسعه زیرساخت‌های لازم برای مدیریت سبز کمک بپردازند. این امر به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا سرمایه‌گذاری‌های لازم را برای بهبود فرایندهای بازیافت و مدیریت پسماند انجام دهند.

مدیریت چرخه عمر از دیگر شاخص‌های مهم در استقرار مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد شناسایی شد که با یافته‌های ژینگ و لیو<sup>۳</sup> (۲۰۲۳) و یلیک و کاراکر<sup>۴</sup> (۲۰۲۳) نیز همسو است. مدیریت چرخه عمر نقش مهمی در ایجاد مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد دارد، به‌ویژه با توجه به تأثیر زیست‌محیطی قابل توجه این صنعت. ادغام مدیریت چرخه عمر در مدیریت زنجیره تأمین سبز شامل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی، و اجتماعی محصولات در کل چرخه عمر آن‌ها، از استخراج مواد خام تا دفع پایان عمر می‌شود. مدیریت چرخه عمر چارچوبی برای ارزیابی پایداری فرایندهای تولید فولاد فراهم می‌کند و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا اثرات منفی زیست‌محیطی را در هر مرحله از چرخه عمر محصول، از جمله منبع‌یابی مواد، تولید، توزیع، استفاده و دفع، شناسایی و کاهش دهند. همچنین، با به‌کارگیری مدیریت چرخه عمر، تولیدکنندگان فولاد می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای بگیرند به گونه‌ای که بهره‌وری منابع را افزایش داده و ضایعات را کاهش دهند. این رویکرد استراتژیک به همسو کردن شیوه‌های تولید با اهداف پایداری کمک می‌کند و در نهایت عملکرد کلی زیست‌محیطی زنجیره تأمین فولاد را بهبود می‌بخشد. علی‌رغم مزایای بیان‌شده، بسیاری از ذی‌نفعان در زنجیره تأمین فولاد ممکن است اصول مدیریت چرخه عمر یا مزایای آن را به‌طور کامل درک نکنند که منجر به مقاومت در برابر اتخاذ شیوه‌های پایداری می‌شود.

1. Hou and Gao

2. Lu

3. Xing and Liu

4. Yellice and Karacaer

همچنین، هزینه‌های اولیه مرتبط با اجرای شیوه‌های مدیریت چرخه عمر و مدیریت زنجیره تأمین سبز می‌تواند مانعی باشد که ممکن است در آن، شرکت‌ها منافع اقتصادی کوتاه مدت را بر پایداری بلندمدت اولویت دهند. صنعت فولاد اغلب شامل زنجیره‌های تأمین پیچیده می‌شود که اجرای روش‌های یکنواخت مدیریت چرخه عمر را در تمام مراحل و ذی‌نفعان دشوار می‌کند.

اگر چه شاخص‌هایی که بیان شد، از مهمترین شاخص‌های مؤثر بر استقرار موفقیت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد شناسایی شدند اما این صنعت برای رقابت در کلاس جهانی بایستی با محور قرار دادن مهمترین شاخص‌ها، به همه شاخص‌های شناسایی شده توجه کافی را داشته باشد. به محققان آینده نیز پیشنهاد می‌شود در زمینه آسیب‌شناسی استقرار مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد پژوهشی را انجام دهند. به بررسی روابط شبکه‌ای بین شاخص‌های شناسایی شده با استفاده از تکنیک‌های نقشه‌شناسی فازی و پویایی‌شناسی سیستم نیز می‌تواند از سوی پژوهشگران آینده توجه شود. در نهایت، پژوهشگران با استفاده از تکنیک‌های دیگر وزن‌دهی مانند بهترین-بدترین و فرایند تحلیل شبکه‌ای در محیط‌های فازی و خاکستری می‌توانند شاخص‌های شناسایی شده را تحلیل کنند.

### پیشنهادهای

۱. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش که نشان می‌دهند بهبود قابلیت‌های زیست‌محیطی تأثیر مثبتی بر راهبردهای زیست‌محیطی و عملکرد زیست‌محیطی، مالی، و عملیاتی دارند، بنابراین تقویت قابلیت‌های زیست‌محیطی همچون بهبود و نوسازی زیرساخت‌ها، استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای کاهش انتشار آلودگی، به‌کارگیری کارشناسان زیست‌محیطی مجرب، همکاری با تأمین‌کنندگان پاینده به اصول زیست‌محیطی و کنترل کیفی دائمی که در این پژوهش به آن‌ها توجه شده است، تأثیر بسزایی در بهبود عملکردهای صنایع فولاد کشور خواهد داشت. با توجه به اینکه تقویت قابلیت‌های زیست‌محیطی صنایع فولاد نیاز به صرف هزینه زیادی دارد، بنابراین پیشنهاد می‌شود مسئولان ذیربط برای تأمین مالی صنایع فولاد کشور برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی آنان، مانند سایر کشورهای جهان، یارانه‌های زیست‌محیطی در نظر گیرند.

۲. با توجه به نتایج پژوهش که تأثیرگذاری مثبت راهبردهای زیست‌محیطی بر عملکردهای زیست‌محیطی، مالی، و عملیاتی را نشان می‌دهند، پیشنهاد می‌شود کارشناسان زیست‌محیطی صنایع فولاد با تشکیل جلسات بین کارشناسان زیست‌محیطی و بحث و تبادل نظر و دریافت مشاوره از متخصصان داخلی و خارجی صاحب‌نظر در حوزه انرژی و محیط‌زیست، امکان

اجرای راهبردهای جهانی و راهکارهای داخلی تدوین شده در این حوزه را بررسی کرده و برای اجرایی کردن هرچه سریع تر آنها اقدام کنند.

۳. بهبود عملکرد زیست محیطی صنایع فولاد بدون توجه به نحوه عملکرد تأمین کنندگان آنها امکان پذیر نیست. بنابراین به مسئولان صنایع فولاد کشور پیشنهاد می شود در وهله اول با تأمین کنندگانی همکاری کنند که سوخت استانداردتری تولید می کنند و در وهله بعد با تأمین کنندگان خود توافقاتی داشته باشند تا استاندارد سوخت تولیدی خود را به استاندارد جهانی برسانند.

### منابع

- Karimi, H., Jamshidi, M.J., and Bakhsham, M. (2014), Identifying the components and driving indicators in green supply chain management based on the Internet of Things, *Industrial Management Studies*, 21(62), 129-160.
- Attaran, M. (2020, July). Digital technology enablers and their implications for supply chain management. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 158-172.
- Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79-92.
- Hou, Y., & Gao, G. (2022). Pricing and manufacturing strategy of dual-channel green supply chain under common product competition. *BCP Business & Management*. 29, 28-36.
- Hussain, N., Rigoni, U., & Orij, R. P. (2018). Corporate governance and sustainability performance: Analysis of triple bottom line performance. *Journal of business ethics*, 149, 411-432.
- Lu, M. (2022). An Analysis of Green Supply Chain Pricing Strategy Considering Government Subsidies and Retailers' Altruistic Preference. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information Management and Management Science*.
- Rinaldi, C. (2021). *In dialogue with Reggio Emilia: Listening, researching and learning*. Routledge.
- Xing, Y., & Liu, Y. (2023). Integrating product-service innovation into green supply chain management from a life cycle perspective: A systematic review and future research directions. *Technovation*, 126, 102825.
- Yellice, S., & Karacaer, M. (2023). The Effects of Green Supply Chain Management Practices on The Performance Of The Turkish Iron and Steel Industry. *AYBU Business Journal*, 3 (2), 34-53.
- Zaid, A. A., Jaaron, A. A., & Bon, A. T. (2018). The impact of green human resource management and green supply chain management practices on sustainable performance: An empirical study. *Journal of cleaner production*, 204, 965-979.