



Developing a Human Resource Competency Framework for the Transition toward a Smart Circular Economy: A Case of the Steel Industry

Raziye Bahaeloo¹  | Zahra Sadeqi-Arani²  | Esmail Mazroui Nasrabadi³ 

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 08 June 2026

Received in revised form 14 September 2026

Accepted 29 September 2026

Published online 06 December 2026

Keywords:

Human Resource Management; Competency; Smart Circular Economy; Future-Oriented Thinking; Systems Thinking.

Abstract

Background and Objective: Despite the pivotal role of human resources in the intelligent transformation of the circular economy, previous studies have primarily focused on the impact of green human resource management, while comparatively little attention has been paid to identifying the human resource competencies required to realize this approach. Therefore, the present study was conducted with the aim of identifying the competencies necessary for the implementation and intelligentization of the circular economy in the steel industry.

Methodology: This research employed a mixed-methods (qualitative–quantitative) approach. In the qualitative phase, thematic analysis was used to identify the required competencies. Subsequently, in the quantitative phase, the relationships among these competencies were examined using fuzzy cognitive mapping (FCM). The study population consisted of experts from the steel industry. The required data were collected through interviews in the qualitative phase and through a questionnaire in the quantitative phase. The interview process continued until theoretical saturation was achieved, which occurred after 15 interviews.

Findings: The findings of the thematic analysis revealed 67 basic themes (competencies), 12 organizing themes, and 5 overarching themes. The results of the FCM indicate that the competencies of “systems thinking and intelligent decision-making”, “transformational leadership and risk management”, “cognitive and behavioral flexibility”, “future-oriented mindset” and “attitude toward change” exert the greatest influence on other competencies and play a foundational role in shaping them.

Conclusion: Institutionalizing a mindset grounded in future orientation, systems thinking, and readiness for change can enhance human resources’ understanding and awareness of the long-term impacts and consequences of implementing a smart circular economy. This, in turn, can foster more effective support for policies and initiatives aimed at the development of a green and sustainable industry.

Cite this article: Bahaeloo, R., Sadeqi-Arani, Z., & Mazroui Nasrabadi, E. (2026). Developing a Human Resource Competency Framework for the Transition toward a Smart Circular Economy: A Case of the Steel Industry. *Intelligent Management of Human Capital*, 3 (10), 63-98.

 DOI: <http://doi.org/10.22034/imhr.2026.585581.1099>

Publisher: Human Capital institute, Command and Staff University of I.R.I Army, <https://www.imhr.ir>

© “Authors retain the copyright and full publishing rights.”

DOI: 10.22034/imhr.2026.585581.1099



1. Master of Business Administration, Department of business Management Faculty of financial science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran E-mail: raziyebahao0@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Marketing Management, Faculty of financial science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran. E-mail: SadeqiArani@kashanu.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Business Management, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran. E-mail: drmazroui@kashanu.ac.ir



Developing a Human Resource Competency Framework for the Transition toward a Smart Circular Economy: A Case of the Steel Industry

Extended Abstract

Background and Objective: In recent years, the transition toward a circular economy has gained significant attention as a strategic approach for achieving sustainable industrial development, particularly in resource-intensive sectors such as the steel industry. Concurrently, the integration of digital technologies has led to the emergence of the “smart circular economy,” which emphasizes data-driven decision-making, automation, and intelligent resource management. Within this evolving paradigm, human resources play a pivotal role in enabling and sustaining organizational transformation. Despite this importance, existing research has predominantly concentrated on green human resource management practices and their environmental outcomes, while comparatively less attention has been devoted to identifying and structuring the specific human resource competencies required to operationalize and intelligitize the circular economy. Addressing this gap, the present study aims to systematically identify, categorize, and analyze the competencies necessary for the implementation of a smart circular economy in the steel industry, with a particular focus on understanding the interrelationships among these competencies.

Methodology: This study adopts a mixed-methods research design, combining qualitative and quantitative approaches to ensure both depth and analytical rigor. In the qualitative phase, thematic analysis was employed to extract and classify the competencies required for implementing a smart circular economy. Data were collected through semi-structured interviews with experts in the steel industry, selected based on their experience and knowledge in sustainability, operations, and human resource development. The sampling process followed a purposive strategy, and data collection continued until theoretical saturation was reached after 15 interviews, indicating that no new conceptual information was emerging.

The interview data were transcribed and analyzed using a systematic coding process, resulting in the identification of 67 basic themes representing individual competencies. These basic themes were further aggregated into 12 organizing themes, which were subsequently synthesized into 5 overarching themes representing higher-order competency domains.

In the quantitative phase, the relationships and causal interdependencies among the identified competencies were examined using Fuzzy Cognitive Mapping (FCM). This method enables the modeling of complex systems by capturing the degree and direction of influence among variables based on expert judgment. A structured questionnaire was distributed among industry experts to assess the strength of relationships between competencies. The resulting cognitive map provided insights into the dynamic structure of competency interactions and allowed for the identification of key driving and dependent competencies.

Findings: The results of the thematic analysis revealed a comprehensive competency framework consisting of 67 basic competencies, structured into 12 organizing categories and 5 overarching dimensions. These dimensions reflect a multi-layered competency system encompassing cognitive, behavioral, managerial, and strategic capabilities required for the intelligent transformation of the circular economy.

The Fuzzy Cognitive Mapping analysis further demonstrated that not all competencies exert equal influence within the system. Among the identified competencies, five emerged as the most influential and foundational drivers: (1) systems thinking and intelligent decision-making, (2) transformational leadership and risk management, (3) cognitive and behavioral flexibility, (4) future-oriented mindset, and (5) attitude toward change. These competencies were found to have the highest centrality within the cognitive map, indicating their strong causal impact on other competencies.

Specifically, “systems thinking and intelligent decision-making” serves as a core cognitive capability that enables individuals to understand complex interdependencies within circular



systems and make data-informed decisions. “Transformational leadership and risk management” plays a critical role in guiding organizational change and ensuring resilience in uncertain environments. “Cognitive and behavioral flexibility” facilitates adaptation to technological and structural changes, while a “future-oriented mindset” supports long-term strategic thinking aligned with sustainability goals. Finally, “attitude toward change” acts as a cultural enabler, shaping employees’ readiness to accept and support transformation initiatives.

The FCM results also revealed that these foundational competencies not only exert direct influence on operational and technical skills but also indirectly shape organizational learning, innovation capacity, and sustainability-oriented behaviors across the workforce.

Conclusion: The findings of this study highlight the central role of cognitive and attitudinal competencies in enabling the intelligent transformation of the circular economy within the steel industry. Rather than relying solely on technical skills or isolated human resource practices, successful implementation requires the institutionalization of a competency system grounded in systems thinking, adaptability, leadership, and future orientation.

By fostering these foundational competencies, organizations can enhance employees’ understanding of the long-term environmental, economic, and technological implications of circular economy initiatives. This enhanced awareness is expected to facilitate more effective participation in sustainability-driven strategies and improve alignment between human resource capabilities and organizational transformation goals.

Ultimately, the study contributes to the existing literature by providing an integrated competency framework and demonstrating the systemic interrelationships among competencies using fuzzy cognitive mapping. It also offers practical implications for policymakers and industry managers seeking to design targeted training, development, and recruitment strategies that support the transition toward a smart and sustainable circular economy in the steel industry.

Keywords: *Human Resource Management; Competency; Smart Circular Economy; Future-Oriented Thinking; Systems Thinking.*



تبیین چارچوب شایستگی‌های منابع انسانی در گذار به اقتصاد چرخشی هوشمند: مطالعه

موردی صنعت فولاد

راضیه بهاءلو هوره^۱ | زهرا صادقی آرانی^۲ | اسماعیل مزروعی نصرآبادی^۳

چکیده

زمینه و هدف: علی‌رغم نقش کلیدی منابع انسانی در هوشمندسازی اقتصاد چرخشی، مطالعات پیشین عمدتاً بر تأثیر مدیریت منابع انسانی سبز متمرکز بوده و شناسایی شایستگی‌های لازم منابع انسانی برای تحقق این رویکرد کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو پژوهش حاضر با هدف شناسایی شایستگی‌ها منابع انسانی در پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد انجام شده است.

روش: این پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) انجام شده است. در بخش کیفی، به‌منظور شناسایی شایستگی‌های موردنظر، از روش تحلیل مضمون استفاده شد. سپس در بخش کمی، روابط میان این شایستگی‌ها از طریق نقشه شناختی فازی مورد بررسی قرار گرفت. جامعه آماری پژوهش را خبرگان صنعت فولاد تشکیل می‌دهند. داده‌های موردنیاز در مرحله کیفی از طریق مصاحبه و در مرحله کمی با استفاده از پرسش‌نامه گردآوری شد. فرایند مصاحبه‌ها تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت و در نهایت پس از انجام ۱۵ مصاحبه، اشباع حاصل شد.

یافته‌ها: یافته‌های این تحقیق در بخش تحلیل مضمون حاکی از ۶۷ مضمون پایه (شایستگی)، ۱۲ مضمون سازمان‌دهنده و ۵ مضمون فراگیر است. نتایج تحلیل نقشه شناختی فازی نشان می‌دهد که شایستگی‌های «تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند»، «رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک»، «انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری»، «نگرش آینده‌نگر» و «نگرش به تغییر» بیشترین قدرت اثرگذاری را بر سایرین داشته و نقش زیربنایی در شکل‌دهی سایر شایستگی‌ها ایفا می‌کنند.

نتیجه‌گیری: نهادینه‌سازی نگرشی مبتنی بر آینده‌نگری، تفکر سیستمی و آمادگی برای پذیرش تغییر، می‌تواند درک و آگاهی منابع انسانی را نسبت به آثار و پیامدهای بلندمدت اجرای اقتصاد چرخشی هوشمند ارتقا دهد و زمینه حمایت مؤثرتر آن‌ها از سیاست‌ها و برنامه‌های مرتبط با توسعه صنعت سبز و پایدار را فراهم سازد.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۵/۰۳/۱۸

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۵/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۷/۰۷

تاریخ انتشار:

۱۴۰۵/۰۹/۱۵

کلیدواژه‌ها:

مدیریت منابع انسانی،
شایستگی، اقتصاد
چرخشی هوشمند،
تفکر آینده‌نگر، تفکر
سیستمی.

استناد: بهاءلو هوره، راضیه؛ صادقی آرانی، زهرا؛ مزروعی نصرآبادی، اسماعیل (۱۴۰۵). تبیین چارچوب شایستگی‌های منابع انسانی در گذار به اقتصاد چرخشی هوشمند: مطالعه موردی صنعت فولاد. فصلنامه مدیریت هوشمند سرمایه انسانی، ۳ (۱۰)، ۶۳-۹۸.

DOI: <http://doi.org/10.22034/imhr.2026.585581.1099>

ناشر: پژوهشکده سرمایه انسانی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، <https://www.imhr.ir>

© «حق نشر (کپی رایت) و کلیه حقوق انتشار برای نویسندگان محفوظ است.»



DOI: 10.22034/imhr.2026.585581.1099

۱. کارشناسی ارشد مدیریت کسب و کار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: raziyebahaaoo@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: SadeqiArani@Kashanu.ac.ir
۳. دانشیار گروه مدیریت کسب و کار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارآفرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: drmazroui@kashanu.ac.ir

مقدمه

اقتصاد چرخشی در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رویکردهای توسعه پایدار مورد توجه گسترده سیاست‌گذاران، سازمان‌ها و پژوهشگران قرار گرفته است (Geissdoerfer et al., 2026). افزایش نگرانی‌های جهانی در زمینه تخریب محیط‌زیست، کاهش منابع طبیعی، رشد فزاینده پسماندها و تشدید تغییرات اقلیمی، ضرورت گذار از الگوی سنتی اقتصاد خطی به مدل‌های پایدارتر را برجسته ساخته است (Geissdoerfer et al., 2023). در این راستا، اقتصاد چرخشی به‌عنوان مدلی جایگزین مطرح شده که هدف آن حفظ ارزش منابع، محصولات و مواد در چرخه‌های تولید و مصرف برای طولانی‌ترین زمان ممکن و در عین حال کاهش تولید پسماند و آلودگی است (Alejandro et al., 2025). این رویکرد با جداسازی رشد اقتصادی از مصرف بی‌رویه منابع طبیعی، زمینه دستیابی به توسعه پایدار و افزایش بهره‌وری منابع را فراهم می‌کند (Sébastien & Nicolas, 2025). مطالعات نشان می‌دهند که اجرای راهبردهای اقتصاد چرخشی علاوه بر کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف مواد اولیه، موجب افزایش بهره‌وری، کاهش آسیب‌پذیری کسب‌وکارها در برابر نوسانات بازار منابع، ایجاد فرصت‌های نوآوری و توسعه مدل‌های جدید کسب‌وکار می‌شود (Castro-López et al., 2025). از منظر زیست‌محیطی نیز این رویکرد از طریق افزایش طول عمر محصولات، توسعه بازیافت، بازتولید و استفاده مجدد از مواد، به کاهش استخراج منابع، تولید پسماند و انتشار آلاینده‌ها کمک می‌کند (Geissdoerfer et al., 2026).

در سال‌های اخیر، همزمان با گسترش فناوری‌های دیجیتال، مفهوم اقتصاد چرخشی هوشمند شکل گرفته است (Hernandez et al., 2025). این مفهوم بر تلفیق اصول اقتصاد چرخشی با فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، کلان‌داده‌ها و بلاک‌چین تأکید دارد. بهره‌گیری از این فناوری‌ها امکان پایش، مدیریت و بهینه‌سازی چرخه عمر محصولات را فراهم کرده و اجرای مؤثرتر راهبردهای چرخشی شامل کاهش مصرف، بازاستفاده، بازساخت و بازیافت را تسهیل می‌کند (Bressanelli et al., 2022). از این رو، اقتصاد چرخشی هوشمند به‌عنوان رویکردی نوین، ظرفیت بالایی برای ارتقای پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی در صنایع مختلف دارد (Khaw-ngern et al., 2021).

اقتصاد چرخشی هوشمند صرفاً یک تحول فناورانه نیست، بلکه مستلزم تغییرات سازمانی و انسانی نیز هست (Cvijović, 2023; Jabbour et al., 2019). مطالعات مختلف تأکید می‌کنند که موفقیت در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی نیازمند توسعه مهارت‌ها، آموزش کارکنان، تغییر فرهنگ سازمانی و مشارکت فعال منابع انسانی است (Singh & Sinha, 2026; Singh et al., 2026).

توجه به بُعد انسانی و توسعه قابلیت‌های کارکنان برای موفقیت برنامه‌های اقتصاد چرخشی ضروری است (Teixeira, 2025). و بدون توجه به آن، تحقق کامل اقتصاد چرخشی در سازمان‌ها امکان‌پذیر نخواهد بود (Jabbour et al., 2019).

با وجود آن‌که مطالعات پیشین به‌طور گسترده به نقش مدیریت منابع انسانی در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی پرداخته‌اند اما مرور این ادبیات نشان می‌دهد که تمرکز بیشتر این مطالعات به بررسی تأثیر مدیریت منابع انسانی بر عملکرد پایدار یا اقتصاد چرخشی بوده است و بررسی و شناسایی شایستگی‌های مورد نیاز منابع انسانی برای تحقق این رویکرد مغفول مانده است (Akhavan & Philsoophian, 2025; Marrucci et al., 2021; Obeidat et al., 2023; Singh et al., 2025; Teixeira, 2025). علاوه بر این، با وجود تأکید برخی پژوهش‌ها بر نقش فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی در هم‌افزایی با اقتصاد چرخشی (Akhavan & Philsoophian, 2025; Fantini et al., 2020; Singh & Sinha, 2026) هنوز مدلی یکپارچه که بتواند روابط علی میان شایستگی‌های منابع انسانی در بستر اقتصاد چرخشی هوشمند را تبیین و اولویت‌بندی کند، ارائه نشده است. همچنین در بررسی این شایستگی‌ها در صنعت فولاد ایران به عنوان یکی از پایه‌های اصلی توسعه اقتصادی کشور و از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و منابع طبیعی خلاء جدی وجود دارد. بر این اساس، نوآوری پژوهش حاضر در تمرکز بر شناسایی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد و همچنین مدل‌سازی روابط علی میان این شایستگی‌ها با استفاده از نقشه شناختی فازی است. این رویکرد امکان تحلیل ساختارمند و تعاملی عوامل انسانی را فراهم کرده و شکاف میان مطالعات مفهومی و نیازهای تصمیم‌گیری عملی در صنایع سنگین را پر می‌کند. این پژوهش به دنبال پاسخ به دو سؤال پژوهشی زیر است:

- شایستگی‌های کلیدی منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد چیست؟
- اولویت‌بندی شایستگی‌های کلیدی منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد با رویکرد نقشه شناختی فازی چگونه است؟

پیشینه پژوهش

پیشینه نظری

اقتصاد چرخشی^۱ به نظامی اقتصادی گفته می‌شود که در آن مواد هیچ‌گاه به ضایعات تبدیل نشده و در آن محصولات و مواد از طریق نگهداری، استفاده مجدد، بازسازی، بازتولید، بازیافت و به‌طور پیوسته در چرخه تولید و مصرف باقی می‌مانند (Geissdoerfer et al., 2026). اقتصاد چرخشی به‌عنوان مدلی جایگزین برای اقتصاد خطی^۲ سنتی مطرح شده است. در اقتصاد خطی، الگوی غالب «استخراج-تولید-مصرف-دفع»^۳ است. در این الگو، مواد اولیه استخراج شده، به کالا تبدیل می‌شوند و پس از مصرف به‌عنوان پسماند کنار گذاشته می‌شوند (Velenturf & Purnell, 2021).

در مقابل، اقتصاد چرخشی بر حفظ ارزش مواد، محصولات و منابع برای طولانی‌ترین زمان ممکن تأکید دارد و تلاش می‌کند جریان مواد را در چرخه تولید و مصرف حفظ کند (Corvellec et al., 2022). به‌بیان دیگر، اقتصاد چرخشی یک نظام اقتصادی است که مفهوم پایان عمر محصول را با راهبردهای کاهش مصرف منابع، استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی جایگزین می‌کند و از طریق بسته نگه‌داشتن چرخه‌های مواد، به دنبال کاهش تولید پسماند و استفاده بهینه از منابع است (Feng et al., 2025).

اقتصاد چرخشی با اصول چهارگانه کاهش، استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی^۴ در سطوح خرد، میانی و کلان عمل می‌کند و هدف آن ایجاد کیفیت زیست‌محیطی، رفاه اقتصادی و عدالت اجتماعی برای نسل‌های کنونی و آینده است (Abdolmaleki et al., 2025).

در سال‌های اخیر تلاش برای هوشمندسازی^۵ رویکر اقتصاد چرخشی افزایش یافته است (Alcayaga & Hansen, 2025). هوشمندسازی به‌معنای به‌کارگیری فناوری‌های نوین دیجیتال مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، بلاک‌چین و دوقلوهای دیجیتال در جهت افزایش کارایی، خودکارسازی فرایندها و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری در سازمان‌ها و صنایع است (Khaw-ngern et al., 2021). از این رو اقتصاد چرخشی هوشمند^۶ به نظامی صنعتی اطلاق می‌شود که در آن اصول بنیادین اقتصاد چرخشی با فناوری‌های نوین و ابزارهای صنعت نسل چهار تلفیق می‌شوند. این تلفیق، امکان مدیریت هوشمند چرخه عمر محصول از طراحی تا بازیافت را فراهم کرده و

¹ Circular economy (CE)

² Linear economy

³ Extraction, Production, Consumption, and Discarding

⁴ Reduce, Reuse, Recycle, Recover (4R)

⁵ Smartization

⁶ Smart circular economy

اجرای راهبردهای چرخشی مانند کاهش مصرف، بازاستفاده، بازساخت و بازیافت را به صورت کارآمدتر و ارزش آفرین تر می سازد (Bressanelli et al., 2022).

با گسترش مفهوم اقتصاد چرخشی، شناسایی الزامات و عوامل مؤثر بر پیاده سازی موفق آن به یکی از موضوعات مهم پژوهشی و اجرایی تبدیل شده است. در این میان، مطالعات مختلف نشان داده اند که بُعد انسانی سازمان ها نقشی تعیین کننده در موفقیت تغییرات سازمانی و استقرار رویکردهای اقتصاد چرخشی ایفا می کند (Jabbour et al., 2019). منابع انسانی از طریق مدیریت دانش، مهارت، نگرش و رفتار کارکنان، زمینه لازم برای تحقق اهداف پایداری و اجرای مؤثر اصول اقتصاد چرخشی را فراهم می سازند (Cvijović, 2023). یکی از مفاهیم کلیدی در این حوزه، شایستگی است که به مجموعه ای از دانش، مهارت ها، توانایی ها، نگرش ها و ویژگی های فردی اشاره دارد و افراد را قادر می سازد وظایف خود را به صورت اثربخش انجام داده و در دستیابی به اهداف سازمانی نقش مؤثری ایفا کنند (Wasim et al., 2026). در این راستا، توسعه قابلیت های مدیریتی، ارتقای مهارت های کارکنان و تقویت فرهنگ سازمانی حامی پایداری، از عوامل اساسی در نهادینه سازی اقتصاد چرخشی در سازمان ها محسوب می شوند (Cvijović, 2023; Górecki, 2020; Singh et al., 2025; Subramanian & Suresh, 2022).

در این چارچوب، شایستگی های سبز و زیست محیطی یکی از نخستین ابعاد مورد توجه است. کارکنان برای مشارکت مؤثر در اقتصاد چرخشی باید از دانش و نگرش زیست محیطی، آگاهی نسبت به مصرف منابع، توانایی کاهش ضایعات و درک پیامدهای زیست محیطی فعالیت های سازمان برخوردار باشند. مدیریت منابع انسانی سبز از طریق استخدام، آموزش، مشارکت، ارزیابی عملکرد و پاداش دهی می تواند چنین شایستگی هایی را توسعه دهد (Marrucci et al., 2021). همچنین آگاهی و درک کارکنان از مفاهیم اقتصاد چرخشی و توانایی به کارگیری آن ها در فعالیت های روزمره، پیش شرط موفقیت اقتصاد چرخشی به شمار می رود (Teixeira, 2025).

در سال های اخیر، مفهوم «مدیریت منابع انسانی چرخشی» به عنوان رویکردی نوین مطرح شده است که بر طراحی سیاست ها و اقدامات منابع انسانی با هدف افزایش پذیرش و اجرای اصول اقتصاد چرخشی توسط کارکنان تأکید دارد (Jabbour et al., 2019). این رویکرد شامل جذب و استخدام افراد همسو با ارزش های پایداری، آموزش مهارت های مرتبط با اقتصاد چرخشی، طراحی نظام های پاداش مبتنی بر عملکردهای چرخشی و مشارکت دادن کارکنان در تصمیم گیری های مرتبط با پایداری است (Marrucci et al., 2021). در این میان، آموزش و توسعه کارکنان به عنوان یکی از مهم ترین ابزارهای منابع انسانی شناخته می شود؛ زیرا گذار به مدل های چرخشی مستلزم

نیروی کاری مجهز به دانش و مهارت‌های تخصصی است (Alejandro et al., 2025; Singh et al., 2026). (Alejandro et al., 2025) توسعه مهارت‌های سبز و شایستگی‌های مرتبط با اقتصاد چرخشی نیز امکان شناسایی فرصت‌های نوآورانه و مشارکت مؤثر کارکنان در طراحی محصولات، فرآیندهای تولید و مدیریت منابع را فراهم می‌کند (Wasim et al., 2026). افزون بر این، توانمندسازی و مشارکت فعال کارکنان در تصمیم‌گیری‌ها موجب افزایش انگیزه، احساس مسئولیت‌پذیری و تعهد نسبت به اهداف محیط‌زیستی شده و احتمال موفقیت برنامه‌های اقتصاد چرخشی را افزایش می‌دهد (Akhavan & Philsoophian, 2025; Alejandro et al., 2025).

با توجه به ماهیت «هوشمند» اقتصاد چرخشی، شایستگی‌های دیجیتال و فناوریانه نیز جایگاه ویژه‌ای دارند. استفاده از هوش مصنوعی، فناوری‌های دیجیتال، تحلیل داده و فناوری‌های صنعت چهارم، کارکنان را ملزم می‌کند علاوه بر مهارت‌های تخصصی، توانایی استفاده و انطباق با فناوری‌های نوین را داشته باشند. در این چارچوب، آگاهی زیست‌محیطی، توان هدایت نوآوری فناوریانه، مهارت در فناوری‌های صنعت نسل چهارم و توانایی همکاری بین‌سازمانی از جمله قابلیت‌های مورد نیاز منابع انسانی تلقی می‌شوند (Singh et al., 2025). همچنین، ادغام فناوری‌های دیجیتال با مدیریت منابع انسانی می‌تواند رفتارهای خلاقانه و سازگاران کارکنان را تقویت کرده و ظرفیت سازمان برای مواجهه با پیچیدگی‌های اقتصاد چرخشی را افزایش دهد (Akhavan & Philsoophian, 2025).

اقتصاد چرخشی به دلیل ماهیت فرابخشی خود به تفکر سیستمی، نوآوری، حل مسئله و همکاری نیز نیاز دارد. کارکنان باید بتوانند ارتباط میان مواد اولیه، تولید، انرژی، ضایعات، بازیافت و زنجیره تأمین را درک کنند و از نگاه خطی به نگاه چرخه‌ای حرکت نمایند (Cvijović, 2023). هم‌زمان، توانایی شناسایی فرصت‌های جدید، خلاقیت، کارآفرینی و ارائه راهکارهای نوآورانه برای حفظ ارزش منابع اهمیت می‌یابد؛ به گونه‌ای که مدیریت منابع انسانی چرخشی می‌تواند از طریق تقویت گرایش‌های کارآفرینانه، زمینه توسعه نوآوری‌های چرخشی را فراهم کند (Castro-López et al., 2025). همکاری، ارتباطات و مشارکت نیز برای ایجاد هماهنگی میان واحدهای سازمان و ذی‌نفعان زنجیره ارزش ضروری است.

منابع انسانی دیجیتال و هوشمند، با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، تحلیل داده‌ها و سامانه‌های هوشمند، نقش اساسی در افزایش بهره‌وری، ارتقای شایستگی کارکنان، بهبود تصمیم‌گیری و ایجاد چابکی و مزیت رقابتی سازمان‌ها در محیط متحول و فناوریانه امروز ایفا می‌کند (باقری عسکری‌آبادی و همکاران، ۱۴۰۵؛ مولادوست و همکاران، ۱۴۰۵). در سطح مدیریتی، شایستگی‌های راهبردی، رهبری و مدیریت تغییر اهمیت اساسی دارند. اقتصاد چرخشی

مستلزم تحول در فرهنگ، فرایندها و الگوهای تصمیم‌گیری است و مدیران باید بتوانند این تغییر را هدایت و منابع انسانی را با اهداف چرخشی همسو کنند. رهبری، شایستگی مدیریتی و توان مدیریت تغییر از عوامل مهم نهادینه‌سازی ارزش‌های اقتصاد چرخشی محسوب می‌شوند (Górecki et al., 2020). همچنین، تعهد مدیریت ارشد، رهبری سازمانی، فرهنگ سازمانی و مدیریت تغییر در زمره عوامل کلیدی منابع انسانی برای ادغام اقتصاد چرخشی قرار گرفته‌اند (Singh et al., 2026). در مجموع، مبانی نظری نشان می‌دهد که شایستگی‌های منابع انسانی در اقتصاد چرخشی هوشمند مجموعه‌ای یکپارچه از شایستگی‌های سبز، دیجیتال، سیستمی، یادگیری و سازگاری، نوآوری و حل مسئله، همکاری و ارتباطات و شایستگی‌های راهبردی و رهبری است که در تعامل با یکدیگر ظرفیت انسانی لازم برای گذار پایدار و هوشمند صنعت فولاد را شکل می‌دهند.

پیشینه تجربی

(Jabbour et al., 2019) با هدف پر کردن شکاف موجود میان ادبیات اقتصاد چرخشی و مدیریت منابع انسانی، به بررسی «بُعد انسانی اقتصاد چرخشی» پرداختند. این مطالعه به‌صورت مروری و مفهومی طراحی شده و از چارچوب نظری مبتنی بر نظریه ذی‌نفعان و دیدگاه مبتنی بر منابع برای توسعه یک مدل یکپارچه استفاده می‌کند. داده‌ها از طریق مرور نظام‌مند ادبیات علمی مرتبط با اقتصاد چرخشی و مدیریت منابع انسانی سبز استخراج شدند. یافته‌ها نشان داد که ادغام مدیریت منابع انسانی سبز با مدل‌های اقتصاد چرخشی، می‌تواند چارچوبی مفهومی برای درک بهتر نقش منابع انسانی در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی ارائه دهد.

(Marrucci et al., 2021) با هدف بررسی نقش مدیریت منابع انسانی سبز در تسهیل گذار سازمان‌ها به سمت اقتصاد چرخشی و بهبود همزمان عملکردهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اعتباری سازمان‌ها انجام شد. جامعه این پژوهش ۸۱۹ سازمان دارای گواهی از نظام مدیریت و حسابرسی زیست‌محیطی^۱ بود. داده‌ها از طریق تحلیل‌های کمی و مدل‌سازی آماری برای بررسی اثر سه بُعد اصلی مدیریت منابع انسانی سبز شامل استخدام سبز، آموزش و مشارکت سبز، و مدیریت عملکرد و نظام پاداش سبز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر سه بُعد مدیریت منابع انسانی سبز بعد تأثیر مثبت و معناداری بر عملکرد زیست‌محیطی، اقتصادی و شهرت سازمانی دارند. همچنین یافته‌ها تأکید کردند که مدیریت منابع انسانی سبز نقش مستقلی در توسعه اقتصاد چرخشی دارد و تحت تأثیر عوامل بیرونی مانند فشار بازار یا رقابت فناورانه قرار نمی‌گیرد، که این امر اهمیت سرمایه انسانی را در تحول پایدار سازمانی برجسته می‌سازد.

¹ Eco-Management and Audit Scheme

(Subramanian & Suresh, 2022) با هدف بررسی رابطه میان یادگیری سازمانی و مدیریت منابع انسانی سبز در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی در بنگاه‌های کوچک و متوسط، پژوهشی ترکیبی انجام دادند. جامعه آماری شامل خبرگان و مدیران بنگاه‌های تولیدی کوچک و متوسط در هند بود. یافته‌ها نشان داد که عواملی مانند فرهنگ یادگیری سازمانی و مدیریت جداسازی سبز نقش محرک و کلیدی در اقتصاد چرخشی دارند.

(Górecki, 2020) با هدف بررسی تمایل شرکت‌های ساختمانی به پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در بستر سبک‌های مدیریتی انجام دادند. جامعه آماری این مطالعه شامل مدیران ارشد، میانی و مدیران سایت در شرکت‌های فعال در صنعت ساخت‌وساز کشور لهستان بود. یافته‌های پژوهش حاکی از آن بود که مدیران به‌عنوان رهبران تغییر در نهادهای سازشی ارزش‌ها و باورهای اقتصاد چرخشی نقش کلیدی دارند. همچنین، بهره‌گیری از سبک رهبری موقعیتی و برخورداری از شایستگی‌های مدیریتی از عوامل کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در صنعت ساخت‌وساز شناخته شدند.

(Cvijović, 2023) با هدف بررسی ارتباط میان اقتصاد چرخشی، مدیریت منابع انسانی سبز و توسعه پایدار، یک مطالعه مروری انجام داد. این پژوهش با تمرکز بر تحلیل ادبیات موجود، به بررسی روند شکل‌گیری دو حوزه اقتصاد چرخشی و مدیریت منابع انسانی سبز پرداخته است. داده‌ها از مطالعات علمی منتشرشده در حوزه پایداری و مدیریت منابع انسانی استخراج شدند. روش تحلیل به‌صورت کیفی و مبتنی بر مرور انتقادی ادبیات بود. یافته‌ها نشان داد که این دو حوزه در ابتدا به‌صورت مستقل توسعه یافته‌اند، اما هم‌گرایی آن‌ها می‌تواند به درک بهتر نقش انسان در تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کند.

(Obeidat et al., 2023) با هدف بررسی تأثیر مدیریت منابع انسانی سبز و توانمندسازی کارکنان سبز بر توسعه اقتصاد چرخشی و عملکرد پایدار، پژوهشی تجربی در بخش خدمات کشور قطر انجام دادند. جامعه آماری شامل ۱۳۱ مدیر فعال در سازمان‌های خدماتی بود. برای تحلیل داده‌ها از مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده گردید. یافته‌ها نشان داد که نیت راهبردی سبز تأثیر مستقیم و مثبتی بر پیاده‌سازی مدیریت منابع انسانی سبز دارد و مدیریت منابع انسانی سبز همراه با توانمندسازی سبز کارکنان، نقش مهمی در توسعه اقتصاد چرخشی ایفا می‌کند. همچنین اقتصاد چرخشی به‌عنوان یک متغیر میانجی، رابطه بین مدیریت منابع انسانی سبز و عملکرد پایدار را تقویت می‌کند و موجب بهبود قابل توجه در عملکرد سازمانی می‌شود.

(Singh et al., 2025) در یک مطالعه مفهومی با هدف بررسی هم‌افزایی میان هوش مصنوعی، مدیریت منابع انسانی و اقتصاد چرخشی، چارچوبی یکپارچه برای تسهیل تحول پایدار

سازمان‌ها ارائه دادند. این پژوهش با استفاده از رویکرد نظری و مبتنی بر ترکیب چند نظریه شامل دیدگاه مبتنی بر منابع، نظریه ذی‌نفعان، نظریه نهادی و رویکرد سیستم‌های اجتماعی-فنی انجام شد. نتایج نشان داد که هم‌افزایی میان فناوری‌های دیجیتال صنعت نسل چهارم، اصول اقتصاد چرخشی و سیاست‌های منابع انسانی سبز می‌تواند منجر به کاهش ضایعات، ارتقای بهره‌وری منابع و توسعه نوآوری سبز در سازمان‌ها شود. شایستگی‌های مورد نیاز مدیران شامل آگاهی زیست‌محیطی، توان هدایت نوآوری فناورانه، برنامه‌ریزی بر مبنای اقتصاد چرخشی و رهبری تحول دیجیتال است. همچنین، شایستگی‌های کلیدی نیروی انسانی مهارت در فناوری‌های صنعت چهارم، نگرش سبز، توانمندی در همکاری بین‌سازمانی و تعهد به مسئولیت اجتماعی ذکر شده است.

(Castro-López et al., 2025) با هدف بررسی نقش گرایش کارآفرینانه در توسعه نوآوری‌های مرتبط با اقتصاد چرخشی و نقش میانجی مدیریت منابع انسانی چرخشی انجام شد. این پژوهش در میان شرکت‌های فعال در حوزه نوآوری و تولید انجام گرفت و داده‌ها از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شد. روش تحلیل داده‌ها شامل رگرسیون‌های همزمان برای بررسی روابط مستقیم و غیرمستقیم میان متغیرها بود. نتایج نشان داد که گرایش کارآفرینانه تأثیر مستقیم بر نوآوری‌های چرخشی دارد و همچنین از طریق مدیریت منابع انسانی چرخشی این اثر تقویت می‌شود. علاوه بر این، مدیریت منابع انسانی چرخشی به‌عنوان یک نوع نوآوری غیرتکنولوژیک نقش مهمی در توسعه محصولات و فرآیندهای چرخشی ایفا می‌کند و موجب هم‌افزایی میان نوآوری فناورانه و غیرتکنولوژیک در سازمان‌ها می‌شود.

(Teixeira, 2025) با هدف بررسی نقش استراتژی‌های مدیریت منابع انسانی پایدار در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی، یک مطالعه تطبیقی میان دو کشور پرتغال و سوئد انجام داد. داده‌های مورد استفاده از پایگاه یورواستات^۱ در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ استخراج شده و شامل شاخص‌هایی مانند آموزش نیروی کار، استفاده از مواد چرخشی و نرخ رشد مشاغل سبز بود. نتایج نشان داد که سوئد در تمامی شاخص‌های مورد بررسی به‌ویژه در حوزه آموزش کارکنان و استفاده از مواد چرخشی عملکرد بهتری نسبت به پرتغال دارد. همچنین، هم‌راستایی سیاست‌های منابع انسانی با راهبردهای عمومی نقش کلیدی در موفقیت گذار به اقتصاد چرخشی دارد و تفاوت‌های ساختاری بین کشورها (همچون سطح حمایت دولتی یا فرهنگ سازمانی) نیز در این مسیر تأثیرگذار است.

(Akhavan & Philsoophian, 2025) با هدف بررسی نقش فناوری‌های دیجیتال و مدیریت

¹ Eurostat

منابع انسانی در تسهیل اقتصاد چرخشی در بنگاه‌های کوچک و متوسط، پژوهشی کمی انجام دادند. جامعه آماری شامل ۳۸۴ پاسخ‌دهنده از شرکت‌های کوچک و متوسط بود. یافته‌ها نشان داد که ادغام فناوری‌های دیجیتال با سیستم‌های مدیریت منابع انسانی، زمینه بروز رفتارهای خلاقانه و سازگاران را فراهم می‌کند. همچنین مشخص شد که این ترکیب نقش مهمی در افزایش توان سازمان‌ها برای مقابله با پیچیدگی‌های اجرای اقتصاد چرخشی دارد و موجب تسریع گذار به سمت پایداری می‌شود.

(Singh et al., 2026) با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی منابع انسانی مؤثر بر ادغام اقتصاد چرخشی در سازمان‌های هندی، یک مطالعه کاربردی انجام دادند. جامعه آماری شامل خبرگان منابع انسانی و مدیران سازمانی بود. در مرحله اول با استفاده از روش دلفی ۳۱ عامل شناسایی شد و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی ۱۵ عامل کلیدی اولویت‌بندی گردید. یافته‌ها نشان داد که عواملی مانند تعهد مدیریت ارشد، رهبری سازمانی، فرهنگ سازمانی و مدیریت تغییر، بیشترین اهمیت را در موفقیت پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی دارند. همچنین مشخص شد که سیستم‌های کنترلی به تنهایی کافی نیستند و برای موفقیت تحول پایدار باید با نوآوری و آموزش کارکنان همراه شوند.

روش‌شناسی پژوهش

هدف کلی مطالعه، شناسایی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد و سپس تعیین روابط علیّی میان این شایستگی‌ها بوده است. بنابر این، پژوهش حاضر با رویکردی آمیخته و در قالب دو بخش کیفی و کمی طراحی و اجرا شده است. در بخش نخست (کیفی-اکتشافی)، از روش تحلیل مضمون برای استخراج و شناسایی این شایستگی‌ها و در بخش دوم (کمی)، از نقشه‌شناختی فازی برای بررسی ساختار روابط، میزان اثرگذاری و تعامل میان عوامل شناسایی‌شده استفاده شد.

جامعه آماری پژوهش شامل دو گروه اصلی از خبرگان صنعتی و دانشگاهی بود. خبرگان صنعتی را مدیران، کارشناسان و متخصصان فعال در صنعت فولاد تشکیل می‌دادند که حداقل سه سال سابقه کاری مرتبط، تحصیلات دانشگاهی و تجربه اجرایی در حوزه صنعت فولاد یا اقتصاد چرخشی داشتند. این افراد از شرکت‌های بزرگ و معتبر فعال در زنجیره فولاد مانند فولاد مبارکه اصفهان، ذوب‌آهن اصفهان، فولاد سبا، فولاد آلیاژی، فولاد تکنیک، آهن پایا، سریر صنعت تام و شرکت پشتیبانی و توسعه فناوری و نوآوری فولاد مبارکه انتخاب شدند. گروه دوم شامل خبرگان دانشگاهی بود که در زمینه اقتصاد چرخشی هوشمند و صنعت فولاد دارای سوابق

پژوهشی، علمی و مطالعات تخصصی مرتبط بودند. نمونه‌گیری به روش هدفمند و گلوله‌برفی انجام شد تا افراد دارای بیشترین دانش تخصصی شناسایی و وارد مطالعه شوند.

گردآوری داده‌های کیفی از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته انجام گرفت. این مصاحبه‌ها تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافتند؛ به این معنا که پس از انجام چندین مصاحبه، اطلاعات جدید و مفاهیم تازه‌ای استخراج نشد و داده‌ها به ثبات رسیدند. در نهایت، پس از ۱۵ مصاحبه، اشباع نظری حاصل شد.

تحلیل مضمون یک روش نظام‌مند برای شناسایی، تحلیل و تفسیر الگوهای معنایی در داده‌های کیفی است که طی چند مرحله تا استخراج مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر پیش می‌رود. در مرحله نخست، آشنایی با داده‌ها صورت می‌گیرد؛ پژوهشگر با چندین بار خواندن متن مصاحبه‌ها، درک عمیقی از محتوای داده‌ها پیدا می‌کند و نکات اولیه را یادداشت‌برداری می‌نماید. پس از آن، کدگذاری اولیه انجام می‌شود؛ در این مرحله بخش‌های معنادار داده‌ها شناسایی و به واحدهای کوچک‌تر معنایی (کدهای پایه)^۱ تبدیل می‌شوند. این مضامین، ابتدایی‌ترین سطح سازمان‌دهی داده‌ها هستند. در ادامه، مضامین پایه مورد بازبینی و ادغام قرار گرفته و مضامین سازمان‌دهنده^۲ ایجاد می‌شوند. این مضامین، مفاهیم گسترده‌تری هستند که چندین مضمون پایه مرتبط را در یک چارچوب معنایی منسجم قرار می‌دهند. در نهایت، مضامین فراگیر^۳ شکل می‌گیرند که بالاترین سطح انتزاع در تحلیل هستند و بیانگر الگوهای کلی و جامع پژوهش می‌باشند. این مضامین، ارتباط میان مضامین سازمان‌دهنده را در قالب یک تصویر کلان از پدیده مورد مطالعه نشان می‌دهند و مبنای تفسیر نهایی نتایج تحقیق قرار می‌گیرند.

برای اعتبارسنجی یافته‌های در مرحله کیفی، از مجموعه‌ای از روش‌های شناخته‌شده شامل بازبینی مشارکت‌کنندگان، مثلث‌سازی داده‌ها، بازبینی هم‌تایان استفاده شد. بدین منظور، پس از استخراج اولیه مضامین و مقوله‌ها، نسخه مقدماتی نتایج برای تعدادی از مشارکت‌کنندگان ارسال گردید تا میزان دقت و صحت برداشت پژوهشگر از تجارب آنان ارزیابی شود. علاوه بر این، فرایند کدگذاری توسط سه پژوهشگر مستقل مورد بازبینی قرار گرفت و بر اساس اجماع نظرات کدهای نهایی تأیید شدند. همچنین، جهت انتقال‌پذیری یافته‌ها، تمامی مراحل گردآوری و تحلیل داده‌ها به صورت دقیق و مستند ثبت شد، که زمینه بازبینی و یا تعمیم داده‌ها به صنایع دیگر فراهم شود.

^۱ Basic themes

^۲ Organizing themes

^۳ Global themes

در بخش کمی پژوهش، داده‌ها از طریق پرسشنامه محقق‌ساخته جمع‌آوری شدند. طراحی این پرسشنامه بر اساس شایستگی‌های استخراج‌شده در مرحله کیفی انجام شد. روایی ابزار با توجه به تأیید در مرحله کیفی مورد تأیید قرار گرفت و پایایی آن نیز از طریق توافق حداقل ۷۸ درصدی میان خبرگان (جدول ۱) تأیید شد.

در مرحله تحلیل کمی، از روش نقشه شناختی فازی برای بررسی روابط علی میان شایستگی‌های منابع انسانی استفاده شد. این روش که نخستین بار توسط کوسکو در سال ۱۹۸۶ معرفی شد (Kosko, 1986)، ابزاری برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و تحلیل روابط علت و معلولی میان مفاهیم است. فرایند نقشه شناختی فازی شامل چند مرحله اصلی است. ابتدا ماتریس اولیه تشکیل شد که در آن سطرها نشان‌دهنده شایستگی‌ها و ستون‌ها نمایانگر خبرگان بودند. هر مقدار در این ماتریس نشان‌دهنده وزن یا میزان تأثیرگذاری هر خبره بر هر شایستگی بود. در مرحله دوم، این داده‌ها به مقادیر فازی در بازه صفر تا یک تبدیل شدند تا میزان عضویت هر مقدار در مجموعه فازی مشخص شود. این فازی‌سازی با استفاده از نرمال‌سازی مقادیر و تعیین کران‌های بالا و پایین انجام گرفت. در مرحله بعد، ماتریس قدرت روابط تشکیل شد. در این ماتریس، روابط میان شایستگی‌ها به صورت عددی در بازه منفی یک تا مثبت یک نمایش داده شد. هر شایستگی به صورت یک بردار چندبعدی در نظر گرفته شد و میزان ارتباط میان دو بردار بر اساس روابط مستقیم یا غیرمستقیم محاسبه گردید. سپس با استفاده از میانگین اختلافات، شاخص فاصله و در نهایت شاخص شباهت، میزان قدرت ارتباط بین عوامل تعیین شد. در نهایت، ماتریس نهایی روابط با اعمال اصلاحات خبرگان تدوین شد. در این مرحله، به دلیل احتمال وجود ابهام یا خطا در داده‌های اولیه، نظرات خبرگان برای اصلاح و تعدیل روابط لحاظ شد تا دقت مدل افزایش یابد. همچنین، ترسیم شبکه روابط در مرحله کیفی (شبکه مضامین) با نرم‌افزار ایکس ماینده^۱ و در مرحله کمی (روابط علی) با استفاده از نرم‌افزار FMMapper محاسبه شد.

یافته‌های پژوهش

به منظور تعیین شایستگی‌های منابع انسانی در پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد، مصاحبه‌هایی با خبرگان صنعتی و دانشگاهی انجام شد. آمار توصیفی مربوط به خبرگان مشارکت‌کننده در پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

^۱ X mind

جدول ۱. آمار توصیفی خبرگان پژوهش

ردیف	سن	تحصیلات	تخصص	سابقه کاری	حوزه فعالیت	فاز مورد استفاده
۱	۴۰	کارشناسی	مهندسی مکانیک	۶	کارشناس تحقیق و توسعه	فاز ۱ و ۲
۲	۲۸	کارشناسی ارشد	مدیریت کارآفرینی	۷	خریدوفروش قطعات فولادی	فاز ۱ و ۲
۳	۳۷	کارشناسی ارشد	مهندسی برق	۷	حوزه اتوماسیون سازی خط فولاد	فاز ۱ و ۲
۴	۳۶	کارشناسی ارشد	مهندسی شیمی	۸	عضو کارگروه پسماند اقتصاد چرخشی فولاد	فاز ۱ و ۲
۵	۳۴	کارشناسی ارشد	مهندسی صنایع	۱۰	عضو کارگروه انرژی اقتصاد چرخشی فولاد	فاز ۱ و ۲
۶	۵۱	کارشناسی ارشد	مهندسی صنایع	۲۵	معاونت برنامه ریزی و توسعه	فاز ۱
۷	۳۳	کارشناسی ارشد	مهندسی عمران	۷	کارشناس پروژه	فاز ۱ و ۲
۸	۳۸	کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	۷	کارشناس مکانیک واحد پشتیبانی فنی فولاد	فاز ۱ و ۲
۹	۳۵	کارشناسی ارشد	مهندسی مواد و متالورژی	۵	کارشناس تولید خط نورد سرد فولاد	فاز ۱ و ۲
۱۰	۳۶	کارشناسی ارشد	مواد و متالورژی	۱۱	کارشناس تولید خط نورد گرم فولاد	فاز ۱ و ۲
۱۱	۲۹	کارشناسی	حسابداری	۵	حسابدار و انباردار	فاز ۱ و ۲
۱۲	۴۵	دکتری	مهندسی صنایع و برنامه ریزی سیستم ها	۱۸	خبره دانشگاهی	فاز ۱ و ۲
۱۳	۵۶	دکتری	مهندسی صنایع و برنامه ریزی سیستم ها	۲۹	خبره دانشگاهی	فاز ۱ و ۲
۱۴	۴۹	دکتری	مهندسی مکانیک	۲۳	خبره دانشگاهی	فاز ۱ و ۲
۱۵	۵۵	دکتری	مهندسی مواد و متالورژی	۳۰	خبره دانشگاهی	فاز ۱ و ۲

جدول ۲ نمونه هایی از گزاره های کلامی و مفاهیم استخراج شده اولیه (مضامین پایه) نشان می دهد.

جدول ۲. نمونه‌هایی از گزاره‌های کلامی و مضامین پایه (شایستگی‌های منابع انسانی در پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد)

مفهوم استخراج‌شده اولیه	گزاره‌های کلامی
نگرش مثبت به فناوری	خوشبختانه فولاد مبارکه همچون‌جور که گفتم به خورده دیدشون نسبت به
تعامل‌پذیری نسبت به تغییر و نوآوری	هوشمند سازی اقتصاد چرخشی بهتره به ویژه مدیران میانی و مدیران بالادستی شون هم حرف شنوی دارن (P1).
نگرش مدیران نسبت به امکان‌پذیری نوآوری داخلی	دید مدیران ما نسبت به هوشمند سازی منفیه به دو علت یکی اینکه اصلا این کارا نمیشه (P5).
انگیزه و علاقه مدیران نسبت به نوآوری	خیلی انگیزه و علاقه‌مندی مهمه، انگیزه توی مدیر (P4).
تمایل رویارویی با فناوری‌های نوظهور	بیشتر به نظرم مدیرهارو به جوری باید درگیر هوشمند سازی و چرخشی سازی کرد دیگه (P6).
توانایی فرهنگ‌سازی برای حفظ منابع	مدیری که بتونه فرهنگ سازمانی رو به سمت مسئولیت‌پذیری، صرفه‌جویی و نوآوری هدایت کنه، خیلی راحت‌تر نیروها رو با خودش همراه می‌کنه. توی چنین فضایی، حتی کارگر ساده هم می‌فهمه چرا به پیچ باید دوباره استفاده بشه، نه اینکه دور ریخته بشه (P6).
ایجاد ذهنیت و نگرش مثبت نسبت به باز یافت	مدیران باید نگاه سیستمی و بلندمدت داشته باشن (P15).
نگرش سیستمی	کسی که در صنعت فولاد کار می‌کنه و می‌خواه اقتصاد چرخشی هوشمند رو اجرا کنه باید بتونه بین تولید، محیط‌زیست و توسعه پایدار تعادل برقرار کنه (P15).
آینده‌نگر	خوشبختانه مدیران فولاد مبارکه... به شرکت تحقیقاتی تاسیس کردن و به صندوقی براش گذاشتن (P1)
توانایی توازن در تولید و محیط‌زیست	کارگروه اقتصاد چرخشی هوشمند ایجاد کردن و حالا مثلا محصولات نوین و اینا همه زیرمجموعه اینا یعنی دو تا کلان روندی که آقای دکتر زرنندی دنبالشن (P7)
حمایتگری مدیران از پژوهش و توسعه فناوری	تو فراند اجرای هوشمندسازی به نظرم مدیر اطمینان قلبی پیدا کنه که این اقداماتی که انجام میده باعث سود شرکت بشه (P8).
بینش اقتصادی مدیر	وقتی مدیر بتونه بودجه رو به درستی تخصیص بده، پروژه‌ها رو به صرفه نگه داره و ریسک‌های مالی رو مدیریت کنه، زمینه تحقق اقتصاد چرخشی هوشمند خیلی راحت‌تر میشه (P6).
توانایی تخصیص بودجه	توان تعامل مؤثر با نهادهای سیاست‌گذار و تنظیم‌گر صنعت برای پیاده سازی اقتصاد چرخشی هوشمند خیلی مهمه (P15).
مدیریت ریسک های مالی	توان هدایت تیم‌های چندتخصصی هم ضروریه (P15).
تعامل بین‌بخشی و ارتباط با سیاست‌گذاران	توان هدایت تیم‌های چندتخصصی هم ضروریه (P15).
توان رهبری و مدیریت تیم‌های چند تخصصی	آشنایی با فناوری‌های نو (P15).
آشنایی با فناوری‌های نوین	آشنایی با فناوری‌های نو (P15).
استقبال از فناوری‌های نوین	آشنایی با فناوری‌های نو (P15).

مفهوم استخراج شده اولیه	گزاره های کلامی
	نسل چهارم هوش مصنوعی چیزی است که ما به تازگی هم اومده داخل صنعت آهن (P10).
به روزرسانی کردن آگاهی و دانش توانایی همگام شدن با تحولات فناورانه	همچنین به مدیر موفق در حوزه هوشمندسازی باید همیشه خودشو به روز کنه (P۹)
تعامل با نهادهای بالادستی	مدیر باید بلد باشه با نهادهای بالادستی تعامل کنه؛ یعنی بتونه از فرصت های حمایتی استفاده کنه، به دولت پیشنهاد بده و حتی در جلسات سیاست گذاری شرکت کنه چون به بخشی از موفقیت پیاده سازی اقتصاد چرخشی هوشمند به لابی درست، مشارکت در سیاست گذاری و استفاده از مشوق های دولتی برمیگرده (P1).
مشارکت در سیاست گذاری	
بهره گیری از مشوق های دولتی	
آشنایی با قوانین باز یافت و محیط زیست	مدیر باید با قوانین آشنا باشه؛ یعنی بدونه چه مقرراتی درباره پسماند، انرژی، باز یافت، گواهی های محیط زیستی وجود داره و چطور باید رعایتشون کنه (P1).
مهارت و دانش فنی	نه حتی سر وصله های فنی ... دانش فنی شون خوبه (P2). ناتوانی و عدم مهارت کافی نیروی انسانی و دانشی در بهره برداری از پلنهای صنعتی (P11).
کار تیمی و ارتباط موثر	برای اینکه فرایندهای پیچیده اقتصاد چرخشی هوشمند پیش بره، افراد باید بتونن با هم همکاری کنن، اطلاعاتشون رو به اشتراک بذارن و مشکلات رو با هم حل کنن (P8) هر چقدر تیم شما تو دانش، مهارت و نگرش آماده تر باشه، اجرای اقتصادی چرخشی هوشمند راحت تر و موفق تر پیش می ره (P3)
مشارکت کارکنان	عامل اصلی موفقیت توی حیطه هوشمند سازی اقتصاد چرخشی مشارکت، مشارکت، مشارکت کارکنان (P2)
تعهد	حالا اینکه برای هوشمند سازی اقتصاد چرخشی چه مهارتهایی باید بلد باشند و اینها بیشتر از اون به نظرم تعهده که مهمه ... تعلق خاطر کمتره دلسوزی کمتره، وابستگی و تعلق خاطر است که مهمه. تکنسین شرکت ما دلسوزانه داره برای مجموعه کار می کنه (P3).
تعلق خاطر به سازمان	
دلسوزی نسبت به سازمان	
نگرش مسئولانه و محیط زیستی	نیروی انسانی متخصص، دلسوز و تلاش می کنند و نهایت همکاری را با ما داشتند (P4).
	شایستگی نیروی انسانی توی حوزه هوشمند سازی اقتصاد چرخشی فقط مهارت فنی نیست؛ باید افراد نگرش و فرهنگ درست نسبت به حفظ منابع و محیط زیست داشته باشن. (P7)
توانایی جلب کردن اعتماد مدیران	شرکت ما میخواست قرارداد ببندد با فولاد مبارکه جهت هوشمند سازی خط نوردش بعد اونا گفته بودن که خب حالا ما با این ها کار میکنیم که به دانشی پیدا کنن و بتونن خودشونا محک بزنن اما قرارداد اصلی رو با

مفهوم استخراج‌شده اولیه	گزاره‌های کلامی
	یه شرکت ایتالیایی بستن... یعنی هنوز اون اعتماد رو بهمون نکرده بودن (P5)
نیروی انسانی نخبه و متخصص	از نظر دانش مشکلی نداریم. اینه بچه‌ها بالای هفتاد هشتاد درصدشون عضو بنیاد علمی نخبگان شدن (P5) اگر نیروی انسانی دانش لازم رو نداشته باشه، نمی‌تونه کارها رو به درستی انجام بده؛ مثلاً بلد نباشه چطور از فناوری‌های هوشمند تو اقتصاد چرخشی استفاده کنه، عملاً نمی‌تونه کمک کنه روند تولید بهینه بشه (P8).
پیوند انگیزه فردی کارکنان و موفقیت سازمانی	یه بحث انگیزه است. یه بحثش اینه که شرکت‌ها بدونن موفقیت شرکت رو موفقیت خودشون بدونن (P5).
شناخت کامل عملی از صنعت	برای موفقیت توی هوشمند سازی خط تولید نیاز به افرادی هست که هم صنعت رو می‌شناسن و هم پشتوانه علمی خوبی دارن (P5).
دارا بودن پشتوانه علمی قوی	ما یه افرادی داریم که بین‌رشته‌ای هستن؛ مواد، شیمی، کامپیوتر و مدیریت بلدن این افراد خیلی مهم هستن برای انجام پروژه‌های هوشمندسازی (P5).
چندتخصصی بودن نیروها	انتقال مهارت به نیروی انسانی تو حیطه اقتصاد چرخشی هوشمند خیلی مهمه (P6). کسانی که خودشون علاقه‌مند به حوزه اقتصاد چرخشی هوشمند باشن یا تو بازار صادراتی کار کرده باشن تا حدی یاد گرفتن. چیزی مثل بازاریابی تو حوزه اقتصاد چرخشی یا بازاریابی سبز هنوز تو آموزش‌مون جا نیفتاده. (P10)
آموزش مهارت‌های نرم	از طرفی، برای پیاده سازی اقتصاد چرخشی هوشمند نیازمند یک سری مهارت‌های نرم نو هستیم مثل تحلیل داده، تفکر سیستمی و حتی سواد محیط‌زیستی باید تو بدنه نیروی انسانی جا بیفته. وگرنه فقط یه سری شعار باقی می‌مونه (P6).
ارتقا سواد محیط زیستی	وقتی خطا کم باشه، ضایعات و دوباره کاری‌ها هم کم می‌شن و این یعنی صرفه‌جویی مالی (P8). خب این باعث میشه که خطای انسانی اون نفری که داره به حساب اپراتور این دستگاه‌هاست. باعث افزایش بهره‌وری میشه (P8)
توانمندی کاهش خطاهای انسانی	نیروی انسانی باید با فناوری‌های جدید آشنا باشه؛ مثلاً بتونه از سیستم‌های هوشمند برای مدیریت مصرف انرژی استفاده کنه، داده‌ها رو تحلیل کنه و تصمیم‌های بهینه بگیره. بدون این دانش، اقتصاد چرخشی عملاً بی‌معنیه (P7).
آموزش پذیری فناوری‌های نو در کارکنان	صنعت فولاد و اقتصاد چرخشی همواره در حال تغییر و پیشرفته. افرادی که مقاومت کنن یا نخوان یاد بگیرن، باعث کندی حرکت می‌شن. پس
انعطاف‌پذیری	
یادگیری مستمر	

مفهوم استخراج شده اولیه	گزاره‌های کلامی
	تیمی که همیشه آماده یادگیری و به‌روزرسانی خودش باشد، خیلی کمک می‌کند (P7).
آگاهی کارکنان از مزایای اقتصاد چرخشی	من فکر میکنم علم و آگاهی لازم نسبت به مزایا و پیاده‌سازی‌های اقتصاد چرخشی هوشمند و همچنین مضرات عدم پیاده‌سازی (P13).
شناخت بازار کار و ساختار صنعت	ولی به نظر من کسی که میاد تو حیطه هوشمندسازی خطوط فولاد... حداقلش اینه که بازارو بشناسه و اون فرهنگ مشتری یا اون مشتری رو بشناسه (P14).
شناخت فرهنگ و اخلاق مشتری	
خلاقیت	نیروی انسانی باید نگاه خلاق و یادگیرنده داشته باشه تا بتونه خودش رو با تغییرات سریع صنعت فولاد و تحولات فناوری های هوشمند وفق بده (P15)
توان سازگاری با تغییرات و نوآوری	اقتصاد چرخشی هوشمند نیاز به نوآوری و به‌روزرسانی داره. نیروهای با مهارت بهتر می‌تونن تغییرات رو سریع‌تر مدیریت کنن و فرصت‌های جدید اقتصادی ایجاد کنن (P8).

بر اساس استخراج مفاهیم اولیه ارائه‌شده در جدول ۲ شایستگی منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد در قالب ۶۷ مضمون پایه و ۱۲ مضمون سازمان‌دهنده و ۵ مضمون فراگیر دسته‌بندی شدند. نتایج این دسته‌بندی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد

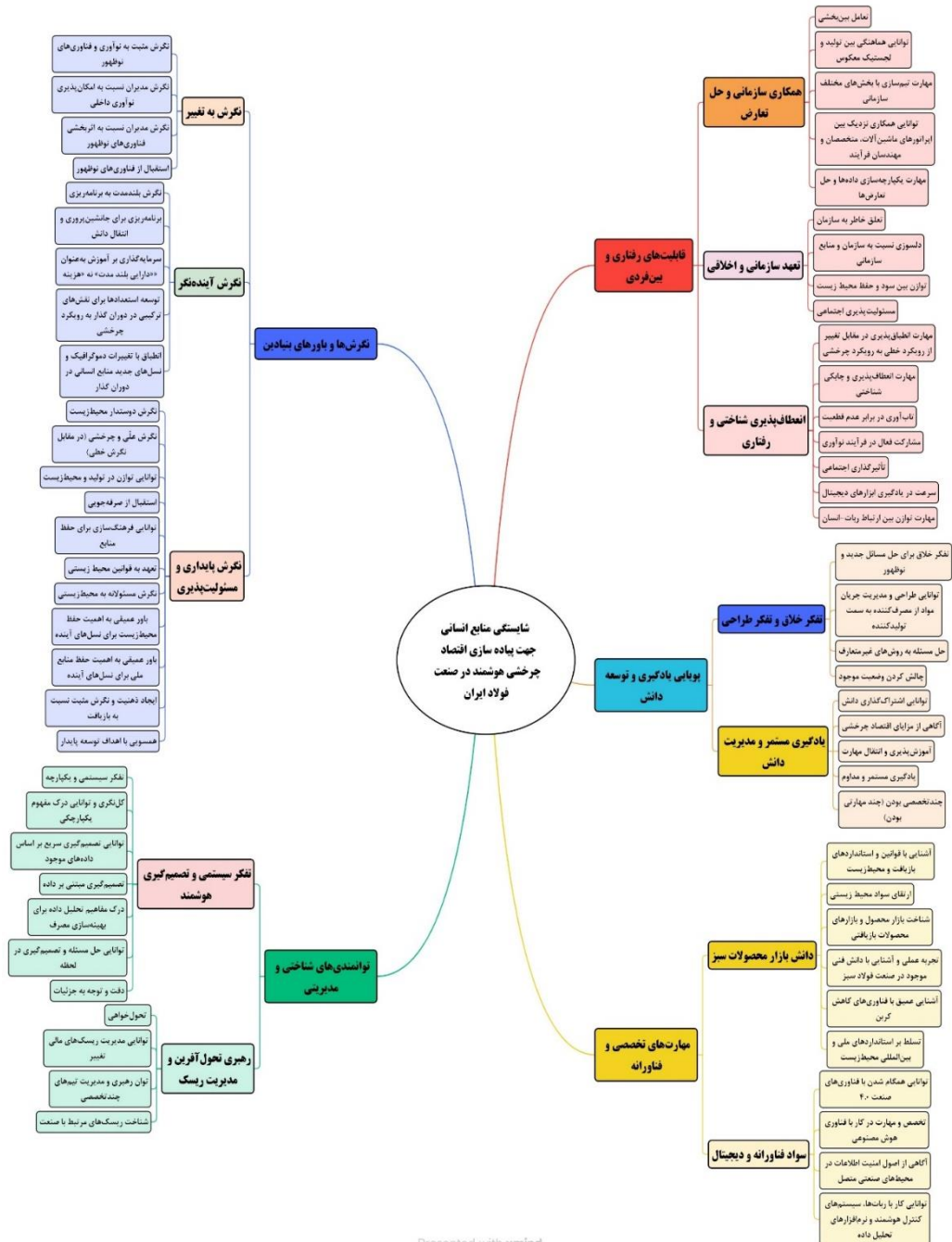
مضمون پایه	کدهای سازمان‌دهنده	کدهای فراگیر
نگرش دوستدار محیط‌زیست نگرش علی و چرخشی (در مقابل نگرش خطی) توانایی توازن در تولید و محیط‌زیست استقبال از صرفه‌جویی توانایی فرهنگ‌سازی برای حفظ منابع تعهد به قوانین محیط زیستی نگرش مسئولانه به محیط‌زیستی باور عمیقی به اهمیت حفظ محیط‌زیست برای نسل‌های آینده باور عمیقی به اهمیت حفظ منابع ملی برای نسل‌های آینده ایجاد ذهنیت و نگرش مثبت نسبت به بازیافت همسویی با اهداف توسعه پایدار	نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری	نگرش‌ها و باورهای بنیادین



مضمون پایه	کدهای سازمان‌دهنده	کدهای فراگیر
نگرش بلندمدت به برنامه‌ریزی برنامه‌ریزی برای جانشین‌پروری و انتقال دانش سرمایه‌گذاری بر آموزش به‌عنوان «دارایی بلند مدت» نه «هزینه» توسعه استعدادها برای نقش‌های ترکیبی در دوران گذار به رویکرد چرخشی انطباق با تغییرات دموگرافیک و نسل‌های جدید منابع انسانی در دوران گذار	نگرش آینده‌نگر	
	نگرش به تغییر	
تفکر سیستمی و یکپارچه کل‌نگری و توانایی درک مفهوم یکپارچگی توانایی تصمیم‌گیری سریع بر اساس داده‌های موجود تصمیم‌گیری مبتنی بر داده درک مفاهیم تحلیل داده برای بهینه‌سازی مصرف توانایی حل مسئله و تصمیم‌گیری در لحظه دقت و توجه به جزئیات	تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	توانمندی‌های شناختی و مدیریتی
	رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک	
توانایی همگام شدن با فناوری‌های صنعت ۴.۰ تخصص و مهارت در کار با فناوری هوش مصنوعی آگاهی از اصول امنیت اطلاعات در محیط‌های صنعتی متصل توانایی کار با ربات‌ها، سیستم‌های کنترل هوشمند و نرم‌افزارهای تحلیل داده	سواد فناورانه و دیجیتال	مهارت‌های تخصصی و فناورانه
	دانش بازار محصولات سبز	

مضمون پایه	کدهای سازمان دهنده	کدهای فراگیر
قابلیت‌های رفتاری و بین فردی	انعطاف پذیری شناختی و رفتاری	مهارت انطباق پذیری در مقابل تغییر از رویکرد خطی به رویکرد چرخشی مهارت انعطاف پذیری و چابکی شناختی تاب آوری در برابر عدم قطعیت مشارکت فعال در فرآیند نوآوری تأثیرگذاری اجتماعی سرعت در یادگیری ابزارهای دیجیتال مهارت توازن بین ارتباط ربات-انسان
	همکاری سازمانی و حل تعارض	تعامل بین بخشی توانایی هماهنگی بین تولید و لجستیک معکوس مهارت تیم سازی با بخش های مختلف سازمانی توانایی همکاری نزدیک بین اپراتورهای ماشین آلات، متخصصان و مهندسان فرآیند مهارت یکپارچه سازی داده ها و حل تعارض ها
	تعهد سازمانی و اخلاقی	تعلق خاطر به سازمان دلسوزی نسبت به سازمان و منابع سازمانی توازن بین سود و حفظ محیط زیست مسئولیت پذیری اجتماعی
پویایی یادگیری و توسعه دانش	یادگیری مستمر و مدیریت دانش	توانایی اشتراک گذاری دانش آگاهی از مزایای اقتصاد چرخشی آموزش پذیری و انتقال مهارت یادگیری مستمر و مداوم چند تخصصی بودن (چند مهارتی بودن)
	تفکر خلاق و تفکر طراحی	تفکر خلاق برای حل مسائل جدید و نوظهور توانایی طراحی و مدیریت جریان مواد از مصرف کننده به سمت تولید کننده حل مسئله به روش های غیرمتعارف چالش کردن وضعیت موجود پذیرش ریسک و عدم ترس از شکست

به منظور نشان دادن ارتباط میان شایستگی های دانشی، مهارتی و نگرشی کارکنان، شبکه مضامین شایستگی نیروی انسانی در پیاده سازی اقتصاد چرخشی هوشمند در صنعت فولاد ایران در شکل ۱ ترسیم شده است.



Presented with xmind

شکل ۱. شبکه مضامین شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی

در فاز دوم پژوهش و در نخستین گام از طراحی نقشه شناختی فازی، ماتریس اولیه تشکیل می‌شود. این ماتریس بر اساس داده‌های حاصل از پرسشنامه‌های تکمیل‌شده توسط n نفر از خبرگان و ارزیابی m مضمون سازمان‌دهنده ایجاد می‌گردد و دارای ابعاد $n \times m$ است. در این ساختار، هر سطر نمایانگر دیدگاه یک خبره و هر ستون بیانگر یکی از مضامین سازمان‌دهنده (شایستگی‌های منابع انسانی) می‌باشد که در مقیاس ۱ تا ۱۰ ارزش‌گذاری شده است. این ماتریس به‌عنوان مبنای تحلیل روابط علی میان شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی و شکل‌دهی نقشه شناختی فازی در مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد (جدول ۴).

جدول ۴. ماتریس اولیه شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی

شایستگی \ خبره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری	۱۰	۱۰	۹	۸	۱۰	۹	۹	۹	۱۰	۹	۹	۸	۹	۹
نگرش آینده‌نگر	۹	۱۰	۸	۷	۳	۵	۹	۸	۷	۷	۷	۷	۷	۷
نگرش به تغییر	۴	۵	۴	۵	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۴
تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک	۹	۱۰	۹	۹	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۹	۹
سواد فناورانه و دیجیتال	۹	۸	۹	۹	۸	۷	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
دانش بازار محصولات سبز	۹	۹	۹	۸	۱۰	۱۰	۸	۸	۹	۹	۹	۹	۹	۱۰
انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
همکاری سازمانی و حل تعارض	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
تعهد سازمانی و اخلاقی	۸	۷	۸	۸	۹	۱۰	۸	۸	۹	۸	۸	۸	۸	۸
یادگیری مستمر و مدیریت دانش	۱۰	۹	۷	۵	۴	۹	۸	۸	۷	۸	۸	۸	۸	۸
تفکر خلاق و تفکر طراحی	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

پس از محاسبه ماتریس اولیه، در مراحل بعد نرمال‌سازی، محاسبه فواصل شایستگی‌ها از یکدیگر، حذف روابط بی‌معنی بر مبنای نظرات خبرگان و خروجی نرم‌افزار FMMapper در جداول ۵ تا ۷ آمده است.

مقادیر ماتریس نرمال‌سازی در بازه ۱- تا ۱+ قرار دارند و بیانگر میزان و جهت اثرگذاری میان شایستگی‌های کلیدی هستند. در این ماتریس، هر مقدار نشان‌دهنده شدت تأثیر یک عامل بر عامل دیگر است؛ به‌طوری‌که هرچه قدر مطلق مقدار به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، شدت اثرگذاری بیشتر خواهد بود. همچنین مقادیر مثبت نشان‌دهنده روابط مستقیم و هم‌افزا میان متغیرها بوده،

در حالی که مقادیر منفی بیانگر روابط معکوس و بازدارنده بین عوامل هستند.

جدول ۵. محاسبات نرمال‌سازی

خبره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
شایستگی														
نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
نگرش آینده‌نگر	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
نگرش به تغییر	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۱۷	۰.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۸۳	۰.۸۳	۰.۸۳	۰.۸۳	۰.۸۳
تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	۰.۳۳	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۱۷	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳
رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
سواد فناوریانه و دیجیتال	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
دانش بازار محصولات سبز	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
همکاری سازمانی و حل تعارض	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
تعهد سازمانی و اخلاقی	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
یادگیری مستمر و مدیریت دانش	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
تفکر خلاق و تفکر طراحی	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰

جدول ۶. محاسبه فواصل شایستگی‌ها از یکدیگر

خبره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
شایستگی												
نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۱۸	۰.۶۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۱۵
نگرش آینده‌نگر	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
نگرش به تغییر	۰.۱۸	۰.۸۲	۰.۰۰	۰.۵۰	۰.۸۲	۰.۸۲	۰.۸۳	۰.۸۲	۰.۸۲	۰.۸۲	۰.۸۰	۰.۸۷
تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	۰.۶۵	۰.۳۵	۰.۵۰	۰.۰۰	۰.۳۵	۰.۳۵	۰.۳۷	۰.۳۵	۰.۳۵	۰.۳۵	۰.۳۷	۰.۵۰
رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
سواد فناوریانه و دیجیتال	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
دانش بازار محصولات سبز	۰.۰۲	۰.۹۸	۰.۸۳	۰.۳۷	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۹۷	۰.۸۳
انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
همکاری سازمانی و حل تعارض	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
تعهد سازمانی و اخلاقی	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۸۲	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۹۸	۰.۸۵
یادگیری مستمر و مدیریت دانش	۰.۰۲	۰.۹۸	۰.۸۰	۰.۳۷	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۹۷	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۸۳
تفکر خلاق و تفکر طراحی	۰.۱۵	۰.۸۵	۰.۸۷	۰.۵۰	۰.۸۵	۰.۸۵	۰.۸۳	۰.۸۵	۰.۸۵	۰.۸۵	۰.۸۳	۰.۰۰

جدول ۷. ماتریس نهایی قدرت روابط شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی

اقتصاد چرخشی (حذف روابط بی‌معنی بر مبنای نظرات خبرگان)

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۱۵
نگرش آینده‌نگر	۰	۰	۰.۸۲	۰	۰	۰	۰.۹۸	۰	۰	۰	۰.۹۸	۰.۸۵
نگرش به تغییر	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۸۲	۰	۰.۸۲	۰	۰.۸۲	۰.۸	۰.۸۷
تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	۰	۰	۰	۰	۰.۳۵	۰	۰.۳۷	۰	۰.۳۵	۰	۰	۰.۵

۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰	۰.۹۸	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰.۸۲	۰	۰	رهبری تحول آفرین و مدیریت ریسک
۰.۸۵	۰.۹۸	۰	۰	۰	۰.۹۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	سواد فناوریانه و دیجیتال
۰.۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	دانش بازار محصولات سبز
۰.۸۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۸۲	۰	۰	انعطاف پذیری شناختی و رفتاری
۰	۰.۹۸	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	همکاری سازمانی و حل تعارض
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	تعهد سازمانی و اخلاقی
۰	۰	۰	۰	۰.۹۸	۰.۹۷	۰.۹۸	۰	۰.۳۷	۰	۰	۰	یادگیری مستمر و مدیریت دانش
۰	۰	۰	۰	۰	۰.۸۳	۰	۰	۰.۵	۰.۸۷	۰	۰	تفکر خلاق و تفکر طراحی

جدول ۸. اطلاعات مدل نقشه شناختی فازی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد را نمایش می‌دهد.

جدول ۸. اطلاعات مدل نقشه شناختی فازی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد

حالت و معیارهای ترجیحی					
نوع	مرکزیت	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	نام اجزاء	مجموع اجزاء
معمولی	۱۵.۶۵	۷.۲۸	۸.۳۷	نگرش پایداری و مسئولیت پذیری	۱۲
اثرگذار	۶.۱۴	۶.۱۴	۰	نگرش آینده‌نگر	مجموع اتصال
اثرگذار	۳.۷۵	۳.۷۵	۰	نگرش به تغییر	۸۰
اثرگذار	۷.۶۰	۷.۶۰	۰	تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند	تراکم
معمولی	۱۶.۲۸	۷.۶۰	۸.۶۷	رهبری تحول آفرین و مدیریت ریسک	۰/۵۱
معمولی	۱۵.۴۹	۷.۲۵	۸.۲۴	سواد فناوریانه و دیجیتال	اتصال در هر جزء
معمولی	۱۶.۱۷	۷.۵۳	۸.۶۴	دانش بازار محصولات سبز	۶/۱۵
اثرگذار	۷.۶۰	۷.۶۰	۰	انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری	تعداد جزء مستقل
اثرپذیر	۸.۶۷	۰	۸.۶۷	همکاری سازمانی و حل تعارض	۴
معمولی	۱۵.۹۵	۷.۴۳	۸.۵۲	تعهد سازمانی و اخلاقی	تعداد جزء وابسته
معمولی	۱۵.۳۵	۷.۱۴	۸.۲۱	یادگیری مستمر و مدیریت دانش	۲
اثرپذیر	۱۰	۰	۱۰	تفکر خلاق و تفکر طراحی	تعداد جزء معمولی
					۶
					امتیاز پیچیدگی
					۰/۵

نتایج حاصل از نقشه شناختی فازی نشان می‌دهد که شبکه شایستگی‌های موردنیاز منابع انسانی برای پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی هوشمند در صنعت فولاد دارای ۴۰ ارتباط میان ۱۲ مؤلفه اصلی است. مقدار تراکم شبکه (۰/۲۷۷۸) بیانگر آن است که بیش از نیمی از ارتباطات ممکن میان متغیرها برقرار بوده و شبکه از انسجام و تعامل نسبتاً بالایی برخوردار است. همچنین، مقدار اتصال در هر جزء (۶/۱۵) نشان می‌دهد که هر مؤلفه به طور متوسط با بیش از شش مؤلفه

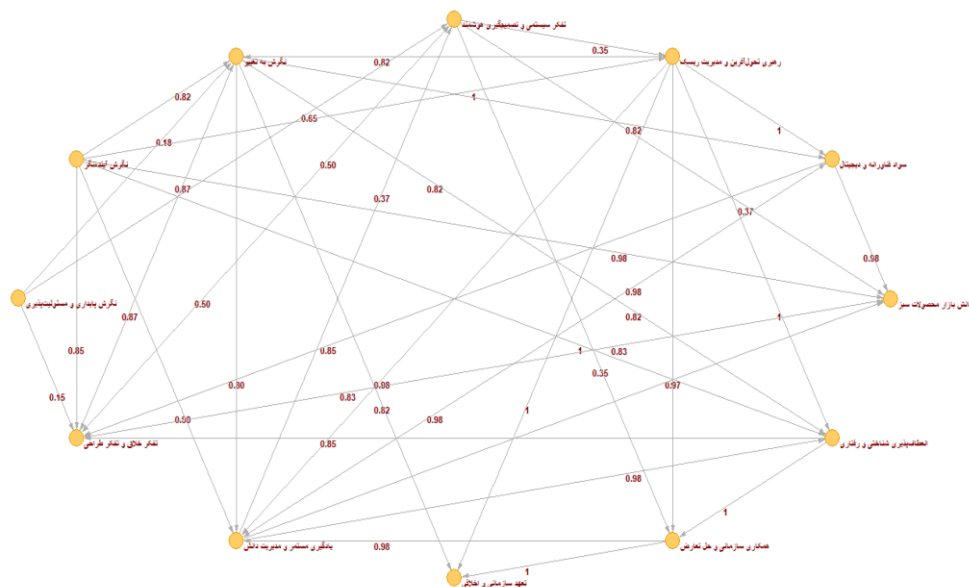
دیگر در ارتباط است که حاکی از پیچیدگی و وابستگی متقابل بالای شایستگی‌ها است. شاخص پیچیدگی (۰/۵) نیز نشان‌دهنده تعادل نسبی میان متغیرهای علت و معلول در ساختار مدل است.

بررسی شاخص مرکزیت نشان می‌دهد که مؤلفه‌های «رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک»، «دانش بازار محصولات سبز»، «تعهد سازمانی و اخلاقی»، «نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری» و «سواد فناورانه و دیجیتالی» دارای بالاترین مقادیر مرکزیت هستند. این امر بیانگر آن است که این مؤلفه‌ها بیشترین نقش را در ساختار شبکه داشته و از اهمیت راهبردی بیشتری در موفقیت پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی هوشمند برخوردارند.

از منظر تأثیرگذاری، مؤلفه‌های «تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند»، «انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری»، «نگرش آینده‌نگر» و «نگرش به تغییر» در زمره متغیرهای اثرگذار قرار گرفته‌اند. این مؤلفه‌ها به عنوان متغیرهای محرک و علت شناخته می‌شوند و نقش زیربنایی در شکل‌دهی سایر شایستگی‌ها ایفا می‌کنند.

در مقابل، مؤلفه‌های «همکاری سازمانی و حل تعارض» و «تفکر خلاق و تفکر طراحی» دارای تأثیرگذاری صفر و تأثیرپذیری بالا هستند؛ بنابراین در دسته متغیرهای اثرپذیر یا پیامدی قرار می‌گیرند. این یافته نشان می‌دهد که ارتقای این شایستگی‌ها تا حد زیادی تحت تأثیر توسعه سایر قابلیت‌های فردی و سازمانی قرار دارد و به‌عنوان نتایج نهایی فرایند توسعه شایستگی‌ها ظاهر می‌شوند. علاوه بر این، شش مؤلفه شامل «نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری»، «رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک»، «سواد فناورانه و دیجیتالی»، «دانش بازار محصولات سبز»، «تعهد سازمانی و اخلاقی» و «یادگیری مستمر و مدیریت دانش» در گروه متغیرهای معمولی قرار دارند؛ به این معنا که هم بر سایر مؤلفه‌ها اثر می‌گذارند و هم از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند. این دسته از متغیرها نقش واسطه‌ای و پیونددهنده در شبکه ایفا کرده و موجب انتقال اثرات میان عوامل محرک و عوامل پیامدی می‌شوند.

نقشه شناختی فازی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد در شکل ۲ ترسیم شده است:



شکل ۲. نقشه شناختی فازی شایستگی‌های منابع انسانی جهت پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد، منابع انسانی نیازمند مجموعه‌ای از شایستگی‌های نگرشی، دانشی، رفتاری و مدیریتی است که به صورت یکپارچه زمینه تحقق اهداف پایداری، نوآوری و بهره‌وری را فراهم می‌کنند. در بخش تحلیل مضمون این پژوهش ۶۷ شایستگی پایه شناسایی شد که در فرآیند طبقه‌بندی و تجمیع، در قالب ۱۲ شایستگی کلیدی و ۵ شایستگی کلی سازمان‌دهی شدند.

نخستین شایستگی، نگرش پایداری و مسئولیت‌پذیری است که به‌عنوان زیربنای ارزشی و اخلاقی سایر قابلیت‌ها عمل می‌کند. کارکنانی که از این نگرش برخوردارند، حفاظت از منابع و محیط زیست را وظیفه‌ای حرفه‌ای و فردی تلقی کرده و فراتر از الزامات رسمی، در جهت کاهش ضایعات، مصرف انرژی و آلودگی تلاش می‌کنند. این نگرش منبعی درونی برای ایجاد رفتارهای مسئولانه و پایدار در سازمان محسوب می‌شود. در کنار آن، نگرش آینده‌نگر نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های راهبردی ایفا می‌کند. افراد آینده‌نگر قادرند پیامدهای بلندمدت تصمیمات خود را ارزیابی کرده و به جای تمرکز بر منافع کوتاه‌مدت، بر پایداری و تاب‌آوری سیستم در افق زمانی بلندمدت توجه کنند. چنین نگرشی امکان درک ارزش سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و حمایت از

نوآوری‌های پایدار را فراهم می‌سازد. نگرش به تغییر نیز از شایستگی‌های ضروری در محیط‌های متحول امروزی است. این قابلیت بیانگر آمادگی ذهنی برای پذیرش ایده‌های جدید، آزمایش روش‌های نوین و یادگیری از تجربه‌ها و حتی شکست‌هاست. کارکنانی که این ویژگی را دارند، تغییر را فرصتی برای رشد و بهبود می‌دانند و در برابر تحولات سازمانی مقاومت کمتری نشان می‌دهند. از منظر شناختی، تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند اهمیت ویژه‌ای دارد. این شایستگی به افراد کمک می‌کند تا ارتباطات پیچیده میان فرآیندها، منابع، انرژی، بازار و بازیافت را درک کرده و تصمیماتی مبتنی بر داده و تحلیل اتخاذ کنند. چنین رویکردی از تصمیم‌گیری‌های جزیره‌ای جلوگیری کرده و منافع کل سیستم را بر منافع محدود بخشی ترجیح می‌دهد.

در سطح مدیریتی، رهبری تحول‌آفرین و مدیریت ریسک از عوامل کلیدی موفقیت به شمار می‌رود. رهبران تحول‌آفرین با ترسیم چشم‌اندازی روشن از آینده، کارکنان را برای مشارکت در تغییرات توانمند می‌سازند، منابع لازم برای نوآوری را بسیج می‌کنند و در عین حال ریسک‌های احتمالی را به‌صورت آگاهانه مدیریت می‌نمایند. این قابلیت نقش مهمی در شکل‌گیری فرهنگ نوآوری و یادگیری در سازمان دارد. از سوی دیگر، سواد فناورانه و دیجیتال به‌عنوان یک پیش‌نیاز اساسی مطرح است. در محیط‌های هوشمند، تمامی کارکنان باید درک مناسبی از فناوری‌های دیجیتال و ابزارهای هوشمند داشته باشند تا بتوانند داده‌ها را تفسیر کرده و از فناوری برای بهبود عملکرد خود بهره بگیرند. نبود این شایستگی می‌تواند مانع بهره‌برداری مؤثر از زیرساخت‌های فناورانه شود.

دانش بازار محصولات سبز نیز برای توسعه کسب‌وکارهای مبتنی بر اقتصاد چرخشی ضروری است. شناخت روندها، استانداردها و نیازهای بازارهای سبز به سازمان کمک می‌کند تا ارزش محیط‌زیستی محصولات خود را به مشتریان منتقل کرده و فرصت‌های جدید تجاری را شناسایی کند. همچنین، انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری به کارکنان امکان می‌دهد در شرایط متغیر، فرضیات خود را بازنگری کرده و رفتارهای خود را با نیازهای جدید تطبیق دهند. این ویژگی در محیط‌های پویا و مبتنی بر نوآوری اهمیت ویژه‌ای دارد. از آنجا که اقتصاد چرخشی ماهیتی شبکه‌ای و مشارکتی دارد، همکاری سازمانی و حل تعارض نیز از شایستگی‌های حیاتی محسوب می‌شود. افراد باید بتوانند فراتر از مرزهای واحدهای سازمانی عمل کرده، با ذی‌نفعان مختلف همکاری کنند و در شرایط تعارض، راه‌حل‌هایی مبتنی بر منافع کلان سازمان ارائه دهند.

در کنار این موارد، تعهد سازمانی و اخلاقی تضمین‌کننده تداوم اجرای ارزش‌های پایداری است. این شایستگی شامل پایبندی به اصول اخلاق حرفه‌ای، شفافیت در گزارش‌دهی و اجتناب

از رفتارهای غیرمسئولانه است و نقش مهمی در افزایش اعتماد ذی نفعان ایفا می کند. از سوی دیگر، یادگیری مستمر و مدیریت دانش سازمان را قادر می سازد تا همگام با تحولات سریع فناوری و بازار حرکت کند. کارکنان باید علاوه بر یادگیری مداوم، در انتقال و اشتراک گذاری دانش نیز مشارکت فعال داشته باشند تا سرمایه دانشی سازمان به طور مستمر تقویت شود. در نهایت، تفکر خلاق و تفکر طراحی موتور محرک نوآوری در اقتصاد چرخشی محسوب می شوند. این شایستگی ها به افراد کمک می کنند مسائل را از زوایای جدید بررسی کرده، راه حل های نوآورانه برای استفاده مجدد از منابع و کاهش ضایعات ارائه دهند و محصولات و فرآیندها را بر اساس اصول پایداری بازطراحی کنند. در مجموع، این مجموعه شایستگی ها چارچوبی جامع برای توسعه منابع انسانی مورد نیاز در مسیر استقرار اقتصاد چرخشی هوشمند در صنعت فولاد فراهم می آورد.

مطالعات پیشین در حوزه مدیریت منابع انسانی و اقتصاد چرخشی، عمدتاً بر شناسایی نقش کلی مدیریت منابع انسانی سبز، یادگیری سازمانی و فناوری های دیجیتال در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی تأکید داشته اند و بیشتر با رویکردهای مفهومی، مروری یا مدل سازی معادلات ساختاری به بررسی روابط بین متغیرهای کلان پرداخته اند. به عنوان مثال (Jabbour et al., 2019) و (Cvijović, 2023) بر بُعد انسانی و ضرورت یکپارچگی مدیریت منابع انسانی سبز با اقتصاد چرخشی تأکید کرده اند، در حالی که (Marrucci et al., 2021) بیشتر بر اثرگذاری شیوه های مدیریت منابع انسانی سبز بر عملکرد سازمانی تمرکز داشته اند. همچنین (Singh et al., 2025) و (Akhavan & Philsoophian, 2025) نقش فناوری های دیجیتال و هوشمندسازی را برجسته کرده اند. در مقابل، پژوهش حاضر با تمرکز بر صنعت فولاد و استفاده از نقشه شناختی فازی، سطح تحلیل را از متغیرهای کلی به شایستگی های عملیاتی و کلیدی منابع انسانی ارتقاء داده و علاوه بر شناسایی این شایستگی ها، روابط علی میان آن ها را نیز مدل سازی کرده است. از نظر شباهت، این پژوهش نتایج مانند مطالعات (Subramanian & Suresh, 2022)، (Obeidat et al., 2023) و (Singh et al., 2026) داشته و بر اهمیت یادگیری، رهبری، فرهنگ سازمانی و توانمندسازی منابع انسانی در موفقیت اقتصاد چرخشی تأکید دارد. برخلاف اغلب پژوهش های پیشین که ماهیت توصیفی، مروری یا مبتنی بر معادلات ساختاری داشته اند، این مطالعه با رویکرد اکتشافی در ابتدا به شناسایی شایستگی های کلیدی جهت تحقق و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد پرداخته و سپس با رویکرد کمی نقشه شناختی فازی، ساختار شبکه ای و علی میان شایستگی ها را استخراج کرده است. در این راستا شایستگی هایی مانند «تفکر سیستمی و تصمیم گیری هوشمند» و «سواد فناورانه و دیجیتال» و «تفکر خلاق و تفکر طراحی» مفاهیم جدیدی بوده و متمایز از یافته های پیشینه پژوهش و متناسب با مفهوم هوشمندسازی

اقتصاد چرخشی است.

با توجه به نتایج نقشه شناختی فازی، متغیرهای «نگرش آینده‌نگر»، «نگرش به تغییر»، «تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند» و «انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری» به‌عنوان متغیرهای اثرگذار و پیشران شناسایی شده‌اند. از آنجا که این شایستگی‌ها بیشترین قدرت تأثیرگذاری را بر سایر مؤلفه‌های مدل دارند، تمرکز بر توسعه و تقویت آن‌ها می‌تواند زمینه‌ساز ارتقای سایر شایستگی‌های منابع انسانی و تسهیل استقرار اقتصاد چرخشی هوشمند در صنعت فولاد باشد. از این‌رو، چارچوب شایستگی‌های استخراج‌شده می‌تواند به‌عنوان مبنای طراحی و استقرار نظام مدیریت منابع انسانی مبتنی بر شایستگی در شرکت‌های فولاد مورد استفاده قرار گیرد.

در حوزه جذب و استخدام، ضروری است معیارهای انتخاب کارکنان و مدیران از تمرکز صرف بر دانش و مهارت‌های فنی فراتر رفته و شایستگی‌های پیشران شناسایی‌شده نیز در فرآیندهای جذب لحاظ شوند. استفاده از مصاحبه‌های مبتنی بر شایستگی، کانون‌های ارزیابی و آزمون‌های سنجش تفکر تحلیلی، آینده‌نگری، سازگاری با تغییر و توانایی حل مسائل پیچیده می‌تواند به جذب افرادی منجر شود که ظرفیت بیشتری برای مشارکت در برنامه‌های تحول دیجیتال و اقتصاد چرخشی دارند.

در حوزه آموزش و توسعه منابع انسانی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که توسعه تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری هوشمند باید در اولویت برنامه‌های آموزشی قرار گیرد. برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط با تحلیل داده، هوش مصنوعی، شبیه‌سازی فرآیندها، مدیریت چرخه عمر محصول، مدیریت انرژی و تحلیل زنجیره ارزش می‌تواند در تقویت این شایستگی نقش مؤثری ایفا کند. همچنین برای نهادینه‌سازی نگرش آینده‌نگر و نگرش مثبت به تغییر، پیشنهاد می‌شود کارگاه‌های آینده‌پژوهی، سناریونویسی، مدیریت تغییر، نوآوری سازمانی و یادگیری از تجربیات موفق و ناموفق در سطح سازمان اجرا شود. از سوی دیگر، توسعه انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری از طریق چرخش شغلی، تشکیل تیم‌های میان‌رشته‌ای و مشارکت کارکنان در پروژه‌های نوآورانه امکان‌پذیر خواهد بود. همچنین، مربیگری و منتورینگ توسط مدیران و خبرگان باتجربه، انتقال دانش ضمنی و ارائه بازخورد مستمر را تسهیل می‌کند. تشکیل اجتماعات یادگیری، گروه‌های حل مسئله و شبکه‌های اشتراک دانش نیز به تبدیل یادگیری فردی به یادگیری سازمانی کمک می‌کند.

در زمینه ارزیابی عملکرد، پیشنهاد می‌شود چارچوب شایستگی‌های استخراج‌شده به شاخص‌های رفتاری و عملکردی قابل سنجش تبدیل شود. به‌عنوان مثال، میزان مشارکت کارکنان

در ارائه راهکارهای کاهش ضایعات، بهبود بهره‌وری منابع، استفاده از فناوری‌های هوشمند، مشارکت در پروژه‌های نوآوری، یادگیری مستمر و همکاری بین‌بخشی می‌تواند در نظام ارزیابی عملکرد لحاظ شود. این رویکرد ضمن تقویت شایستگی‌های کلیدی، موجب همسویی رفتار کارکنان با اهداف اقتصاد چرخشی هوشمند خواهد شد.

علاوه بر این، چارچوب پیشنهادی پژوهش می‌تواند مبنای مدیریت استعداد و جانشین‌پروری در صنعت فولاد قرار گیرد. از آنجا که متغیرهای پیشران شناسایی شده بیشترین تأثیر را بر سایر شایستگی‌ها دارند، پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها این مؤلفه‌ها را به‌عنوان معیارهای اصلی شناسایی استعدادها و انتخاب مدیران آینده در نظر گیرند. طراحی برنامه‌های توسعه رهبری مبتنی بر تفکر سیستمی، مدیریت تغییر، تصمیم‌گیری داده‌محور و آینده‌نگری راهبردی می‌تواند زمینه پرورش رهبران تحول‌آفرین موردنیاز برای تحقق اقتصاد چرخشی هوشمند را فراهم سازد. پژوهش‌های آتی می‌توانند با تمرکز بر متغیرهای اثرگذار به بررسی عمیق‌تر سازوکارهای شکل‌گیری شایستگی‌های منابع انسانی در پیاده‌سازی و هوشمندسازی اقتصاد چرخشی در صنعت فولاد و سایر صنایع انرژی‌بر بپردازند. سرمایه‌گذاری بر توسعه متغیرهای اثرگذار، نه تنها موجب تقویت مستقیم این شایستگی‌ها می‌شود، بلکه به‌صورت غیرمستقیم زمینه ارتقای سایر قابلیت‌های منابع انسانی از جمله رهبری تحول‌آفرین، سواد دیجیتال، همکاری سازمانی، یادگیری مستمر، تعهد اخلاقی و تفکر خلاق را نیز فراهم می‌آورد و در نهایت تحقق اقتصاد چرخشی هوشمند در بخش فولاد منجر خواهد شد.

قدردانی

نویسندگان از مشارکت‌کنندگان در این پژوهش به ویژه مدیران شرکت‌های فولادی ایران قدردانی می‌کنند.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the participants of this study, particularly the managers of Iranian steel companies..

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع بالقوه‌ای در رابطه با انتشار این اثر وجود ندارد. علاوه بر این، مسائل اخلاقی از جمله سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار علمی، جعل و یا تحریف داده‌ها، انتشار و یا ارسال تکراری و افزونگی، به طور کامل توسط نویسندگان مورد نظارت قرار گرفته است.

Conflict of interest

The authors declare no potential conflict of interest regarding the publication of this work. In addition, the ethical issues including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and, or falsification, double publication and, or submission, and redundancy have been completely witnessed by the authors.

حمایت مالی

نویسندگان هیچ‌گونه حمایت مالی برای انجام این پژوهش، نگارش و یا انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

منابع

- عسکری باقرآبادی، محبوبه؛ حیدری، محمد صادق؛ و شفیع، عباس (۱۴۰۵). واکاوی و تبیین شایستگی‌های مدیران منابع انسانی در عصر همکاری با عامل‌های هوشمند خودمختار. *فصلنامه مدیریت هوشمند سرمایه انسانی*، ۳ (۹)، ۲۱۶-۱۹۳.
<https://doi.org/10.22034/imhr.2026.582963.1093>
- مولادوست، کیومرث؛ و نجفی، محسن (۱۴۰۵). واکاوی ارتباط هوش مصنوعی و مدیریت منابع انسانی (کارکردها، پیامدها و ملاحظات اخلاقی- انسانی). *مدیریت هوشمند سرمایه انسانی*، ۳ (۹)، ۱۹۲-۱۵۷.
<https://doi.org/10.22034/imhr.2026.591533.1119>
- Abdolmaleki, H., Ahmadi, Z., Hashemi, E., & Talebi, S. (2025). A review of the circular economy approach to the construction and demolition wood waste: A 4 R principle perspective. *Cleaner Waste Systems*, 11, 100248.
<https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100248>
- Akhavan, P., & Philsoophian, M. (2025). Human resource management theory and the circular economy: digital technologies and improvisation. *Management Decision*, 1-28. <https://doi.org/10.1108/md-03-2025-0749>
- Alcayaga, A., & Hansen, E. G. (2025). Smart circular economy as a service business model: an activity system framework and research agenda. *R&D Management*, 55(2), 508-530. <https://doi.org/10.1111/radm.12707>
- Alejandro, G.-S., Leonardo, V.-I., Ana Belén, G., Claudia, E. H., & Ricardo, R.-L. (2025). Circular economy in a recently transitioned high-income country in Latin America and the Caribbean: Barriers, drivers, strengths, opportunities, key stakeholders and priorities in Chile. *Journal of cleaner production*, 486, 144429. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144429>
- Askari Bagherabadi, M., Heydari, M. S., & Shafiei, A. (2026). Exploring and Elucidating the Competencies of Human Resource Managers in the Era of Collaboration with Autonomous Intelligent Agents. *Intelligent Management of Human Capital*, 3(9), 216-193.
<https://doi.org/10.22034/imhr.2026.582963.1093> [In Persian].
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Pigosso, D. C., & Parida, V. (2022). Towards the smart circular economy paradigm: A definition, conceptualization, and research agenda. *Sustainability*, 14(9), 4960.
<https://doi.org/10.3390/su14094960>
- Castro-Lopez, A., Entrialgo, M., Liao, C. T., & Santos-Vijande, M. L. (2025). Towards circular economy through innovation: the role of entrepreneurial orientation and human resource management. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 21. ^{۳۶} (۱).
<https://doi.org/10.1007/s11365-024-01032-x>
- Corvellec, H., Stowell, A. F., & Johansson, N. (2022). Critiques of the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 26(2), 421-432.
<https://doi.org/10.1111/jiec.13187>

- Cvijović, J. (2023). Green human resource management in circular economy and sustainability. In *Sustainable business change: Project management toward circular economy* (pp. 41-57). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23543-6_2
- Fantini, P., Pinzone, M., & Taisch, M. (2020). Placing the operator at the centre of Industry 4.0 design: Modelling and assessing human activities within cyber-physical systems. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.025>
- Feng, J., Liu, W., & Chen, F. (2025). Moving towards a circular economy: A systematic review of barriers to electric vehicle battery recycling. *Sustainable production and consumption*, 54, 241-260. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.01.006>
- Geissdoerfer, M., Kanda, W., & Kirchherr, J. (2026). Conceptualizing circular ecosystems: an analysis of 45 definitions. *Business Strategy and the Environment*, 35(2), 2368-2394. <https://doi.org/10.1002/bse.70242>
- Geissdoerfer, M., Santa-Maria, T., Kirchherr, J., & Pelzeter, C. (2023). Drivers and barriers for circular business model innovation. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3814-3832. <https://doi.org/10.1002/bse.3339>
- Górecki, J. (2020). Simulation-based positioning of circular economy manager's skills in construction projects. *Symmetry*, 12(1), 50. <https://doi.org/10.3390/sym12010050>
- Hernandez, J. C. R., Villa-Enciso, E., Cardona-Acevedo, S., Valencia, J., & Velasquez Salas, S. (2025). Smart innovation for a circular economy: a systematic review of emerging trends and the future of AI in the sustainable economy. *Sustainability*, 17(13), 5793. <https://doi.org/10.3390/su17135793>
- Jabbour, C. J. C., Sarkis, J., de Sousa Jabbour, A. B. L., Renwick, D. W. S., Singh, S. K., Grebinyevych, O., Kruglianskas, I., & Godinho Filho, M. (2019). Who is in charge? A review and a research agenda on the 'human side' of the circular economy. *Journal of cleaner production*, 222, 793-801. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.038>
- Khaw-ngern, K., Klomkul, L., Peuchthonglang, P., & Khaw-ngern, C. (2021). A digital circular economy for smart cities. *Psychology and education*, 58(1), 1432-1439.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International journal of man-machine studies*, 24(1), 65-75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)
- Marrucci, L., Daddi, T., & Iraldo, F. (2021). The contribution of green human resource management to the circular economy and performance of environmental certified organisations. *Journal of cleaner production*, 319, 128859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128859>
- Moladoost, K., & Najafi, M. (2026). Exploring the Relationship Between Artificial Intelligence and Human Resource Management: Functions, Implications, and Ethical-Human Considerations. *Intelligent Management of Human*

- Capital*, 3(9), 192-157. <https://doi.org/10.22034/imhr.2026.591533.1119>
[In Persian]
- Obeidat, S. M., Abdalla, S., & Al Bakri, A. A. K. (2023). Integrating green human resource management and circular economy to enhance sustainable performance: an empirical study from the Qatari service sector. *Employee Relations: The International Journal*, 45(2), 535-563. <https://doi.org/10.1108/ER-01-2022-0041>
- Sébastien, B., & Nicolas, J. (2025). Closing the loop at the local scale: Investigating the drivers of and barriers to the implementation of the circular economy in cities and regions. *Ecological Economics*, 231, 108542. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108542>
- Singh, K. N., & Sinha, A. P. (2026). AI-Driven Green HRM for Circular Economy Transition: Toward Sustainable Organizational Models. *Sustainable Development*, n/a(n/a), 1-22. <https://doi.org/10.1002/sd.71198>
- Singh, R., Joshi, A., Dissanayake, H., Nainanayake, D., & Kumar, V. (2025). Harnessing Artificial Intelligence and Human Resource Management for Circular Economy and Sustainability: A Conceptual Integration. *Sustainability*, 17(15), 7054. <https://doi.org/10.3390/su17157054>
- Singh, R., Joshi, A., Shekhar, S., & Kumar, V. (2026). Investigating the role of strategic human resource management in enabling circular economy integration. *Strategy & Leadership, ahead-of-print*(ahead-of-print), 1-26. <https://doi.org/10.1108/SL-02-2026-0047>
- Subramanian, N., & Suresh, M. (2022). The contribution of organizational learning and green human resource management practices to the circular economy: A relational analysis—evidence from manufacturing SMEs (part II). *The Learning Organization*, 29(5), 443-462. <https://doi.org/10.1108/TLO-06-2022-0068>
- Teixeira, N. (2025). Innovative Human Resource Management Strategies for Circular Economy Transition: Comparative Insights from Portugal and Sweden. *Merits*, 5(2), 8. <https://www.mdpi.com/2673-8104/5/2/8>
- Velenturf, A. P., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable production and consumption*, 27, 1437-1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>
- Wasim, M., Qureshi, S. M., Ramzan, M. B., & Iqbal, M. S. (2026). Impact of Green Skills Development and Circular Economy Training on Circular Economy Performance: The Role of Employee Proactive Behavior. *Sustainability*, 18(6), 2920. <https://doi.org/10.3390/su18062920>