



Research in Production and Operations Management

University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329

Vol. 16, Issue 2, No. 41, summer 2025



DOI: [10.22108/POM.2025.142493.1574](https://doi.org/10.22108/POM.2025.142493.1574)

(Research paper)

Investigating the Causal Relationships among the Variables Influencing the Corporate Innovation Ecosystem The Case of Mobarakeh Steel Company

MohamadAmin Heidary

Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan ,
Iran, m.amin.heidary@ase.ui.ac.ir

Reza Ansari*

Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan ,
Iran, r.ansari@ase.ui.ac.ir

Saeed Jahanyan

Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan ,
Iran, s.jahanyan@ase.ui.ac.ir

Yahya Palizdar

Research Institute of Nanotechnology and Advanced Materials, Tehran, Iran, y.palizdar@merc.ac.ir

Purpose: In today's complex and uncertain business environment, large enterprises must shift from traditional, firm-centric approaches to collaborative value creation models. Innovation Ecosystems (IEs) have emerged as essential frameworks for understanding how firms co-evolve and innovate through interaction with multiple stakeholders. However, the dynamic and multi-actor nature of IEs presents major challenges for assessment and strategic management. This study addresses these challenges by developing a systematic methodology to analyze the complex interdependencies within the corporate innovation ecosystem of Mobarakeh Steel Company. The research aims to identify key influencing variables, map their causal relationships, and support strategic decision-making. It moves beyond linear analysis by embracing systemic feedback structures.

Design/methodology/approach: This research employs a mixed-methods approach rooted in systems thinking, using qualitative expert input alongside structural modelling techniques within a single in-depth case study of the Mobarakeh Steel IE. The process began with a comprehensive literature review to identify variables influencing corporate innovation ecosystems. To refine these, the Fuzzy Delphi Method

* Corresponding author, 0000-0002-3277-4719

2981-0329 / © University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



(FDM) was applied, enabling expert-based validation while addressing uncertainty and subjectivity in judgments. The most critical variables were then selected. Next, causal relationships among these variables, including feedback loops, were mapped through further expert consultation and literature support. Finally, a Causal Loop Diagram (CLD) was developed to visually represent the ecosystem's dynamic structure, showing how variables interact over time. This approach provides a qualitative systems model for a better understanding of the complex interdependencies within the innovation ecosystem evaluated in this research.

Findings: The Fuzzy Delphi Method identified and validated 28 essential variables that influence Mobarakeh Steel IE. These factors, critical to the ecosystem's operation and evolution, were further categorized, using literature and expert input, into four interconnected subsystems: "Communications Subsystem, Capabilities Subsystem, Economics Subsystem, Ecosystem Sustainability Subsystem". Following the variable identification and categorization, the study successfully mapped the intricate web of causal relationships between these 28 variables, spanning connections both within and across the four subsystems. This network of interdependencies was visually rendered in a Causal Loop Diagram (CLD) specific to the innovation ecosystem evaluated in this research. The resulting CLD provides a holistic, systemic representation of the ecosystem's structure, highlighting key feedback loops (both reinforcing and balancing) that drive its behaviour. This diagrammatic representation reveals the complex dynamics at play and potential leverage points for intervention.

Research limitations/implications: Given the study's single-case design centred on Mobarakeh Steel IE, its findings are context-specific and may not be generalizable to innovation ecosystems in other industries, regions, or stages of development. Additionally, although the Fuzzy Delphi Method employs a structured, consensus-building approach, its reliance on expert opinions introduces an element of subjectivity. While the derived CLD captures dynamic feedback loops, it is based on data covering only a few years; without longitudinal data supporting dynamic simulation, it ultimately oversimplifies the complexity of the real ecosystem.

Practical Implications: This study offers practical strategies for managing innovation ecosystems in large companies like Mobarakeh Steel. It identifies 28 critical variables across four subsystems to establish a structured framework for assessing ecosystem health. Using a Causal Loop Diagram (CLD) to illustrate interdependencies and potential outcomes, the research highlights key leverage points for enhancing innovation and sustainability. The combined use of the Fuzzy Delphi Method (FDM) and CLD provides a replicable approach that firms can apply to improve partner collaboration, resource allocation, capability development, and governance, ultimately promoting a more effective orchestration of their innovation ecosystems.

Social Implications: Strengthening corporate innovation ecosystems offers broad societal benefits. Effective corporate IEs can act as engines for regional development by fostering networks of suppliers, startups, and research institutions. By promoting a collaborative approach to innovation, this research indirectly supports the tackling of larger challenges, potentially including environmental sustainability within heavy industry if the ecosystem focuses on related innovations. Overall, improved innovation ecosystems contribute to inclusive economic and technological advancement.

Originality/value: This study uniquely integrates the Fuzzy Delphi Method (FDM) with Causal Loop Diagramming (CLD) to conduct a deep, systemic analysis of a corporate innovation ecosystem within a specific, complex industrial context. Using FDM provides a rigorous approach to variable identification and screening under uncertainty inherent in expert judgments about ecosystems. The resulting CLD offers a more nuanced and dynamic perspective than traditional linear or purely metric-based assessments, capturing the feedback structure that governs ecosystem behaviour. The study moves beyond generic IE descriptions to provide a context-specific, empirically grounded model of variable interactions. Its value extends to both researchers, offering a robust methodology for analyzing IE complexity, and practitioners (managers, strategists, policymakers), providing a practical tool for diagnosis, strategic planning, and fostering more effective and sustainable innovation ecosystems centred around large anchor firms.

Keywords: Corporate innovation ecosystem, Fuzzy Delphi method, Causal loop diagram, Ecosystem analysis



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۶، شماره ۲، پیاپی ۴۱، تابستان ۱۴۰۴

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ ص ۹۵-۱۲۰



DOI: [10.22108/POM.2025.142493.1574](https://doi.org/10.22108/POM.2025.142493.1574)

(مقاله پژوهشی)

بررسی روابط علی متغیرهای مؤثر در اکوسیستم نوآوری شرکتی مورد مطالعه، فولاد مبارکه

محمدامین حیدری^۱؛ رضا انصاری^{۲*}؛ سعید جهانیان^۳؛ یحیی پالیزدار^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، m.amin.heidary@ase.ui.ac.ir

۲- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، r.ansari@ase.ui.ac.ir

۳- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، s.jahanyan@ase.ui.ac.ir

۴- دانشیار پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته، تهران، ایران، y.palizdar@merc.ac.ir

چکیده: در فضای کنونی حاکم بر کسب و کارها، با توجه به میزان عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی، صاحبان بنگاه‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که بقا و تداوم حرکت بنگاه در مسیر توسعه، به توجه به معیارهای جدیدی نیازمند است. به عبارت دیگر، تنها عملکرد بنگاه در تعامل فعال با بازیگران پیرامونی در راستای پیشبرد نوآوری و تحول در مبانی مدیریت، با محوریت تعامل در یک بستر زنده و رو به تکامل، ضامن صحت مسیر توسعه بنگاه است. مفهوم اکوسیستم نوآوری، یک مفهوم بنیادین به شمار می‌رود و برای این نگرش جدید، به راهکار نوین مذکور مطرح شده است. تحلیل صحیح شاخص‌های پویایی و بقای اکوسیستم، به شناسایی کاستی‌های ساختاری، عملکردی و راهبردی در اکوسیستم کمک می‌کند و در صورت لزوم، بازیگران کلیدی را به اصلاح و بازتعریف سازوکارها و حتی نقش‌ها در اکوسیستم سوق می‌دهد. این مطالعه برای تحلیل فضای پیچیده و بسیار پویای اکوسیستم، ابتدا عوامل و متغیرهای مؤثر بر اکوسیستم را در طول زمان شناسایی و با روش دلفی فازی، این متغیرها را غربال کرده است؛ سپس برای نشان دادن تعاملات در بستر اکوسیستم، نمودار روابط علی متغیرها را ترسیم کرده است. در نهایت، اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه به عنوان یک نمونه با فرآیند فوق، تحلیل شده است. در این پژوهش، ۲۸ متغیر تأثیرگذار بر شرایط اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه، در قالب چهار زیرسیستم ارتباطات، توانمندی‌ها، اقتصاد و پایداری اکوسیستم دسته‌بندی شده‌اند؛ سپس با الگوبرداری از پیشینه پژوهش در کنار بهره‌گیری از نظرات خبرگان، روابط علی این متغیرها شناسایی و نمودار روابط علی متغیرهای مؤثر بر اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه با توجه به زیرسیستم‌های مذکور، ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم نوآوری، دلفی فازی، مدل‌سازی، روابط علی، فولاد مبارکه



۱- مقدمه

مهاجرت ارزش از سازمان‌ها به اکوسیستم‌ها مسئله‌ای است که در سال‌های اخیر، بنگاه‌های بزرگ دنیا را به چالش کشیده و مدیران این بنگاه‌ها را به ایجاد بستر مناسب برای شکل‌گیری، جذب و رشد فضاهای آزاد و نوآورانه، سوق داده است؛ بستری که امکان رشد و تکامل مشترک را برای همه اعضای خود فراهم کند (Williamson & Meyer, 2020; Shalender & Sharma, 2024; Shi et al., 2023). در این بستر جدید، عملکرد بنگاه در تعامل فعال با بازیگران پیرامونی، در راستای پیشبرد نوآوری و تحول در مبانی مدیریت، ضامن بقا و تداوم و حرکت بنگاه بزرگ و بازیگران پیرامونی آن در مسیر توسعه است (Feng et al., 2021; Granstrand & Holgersson, 2020; Valkokari, 2015). مفهوم اکوسیستم نوآوری، یک مفهوم بنیادین به شمار می‌رود و برای این نگرش جدید، به راهکار نوین مذکور، اندر^۱ آن را برای اولین بار در سال (۲۰۰۶) مطرح کرده است. تنوع عناصر در اکوسیستم و نقش‌های آنها در کنار قابلیت‌ها و دارایی‌های مکمل^۲، سازوکاری را برای نوآوری و خلق ارزش‌های جدید فراهم می‌آورد (Granstrand & Holgersson, 2020).

رشد و تعالی این بستر در گرو برنامه‌ریزی صحیح و عملکرد مناسب همه اعضا، به‌خصوص بازیگر یا بازیگران کلیدی اکوسیستم است؛ اما این بازیگران برای اینکه استراتژی مناسبی در مسیر بلوغ اکوسیستم انتخاب کنند، لازم است ابتدا به ارزیابی و درکی صحیح از شرایط و وضعیت اکوسیستم دست یابند؛ بنابراین ارزیابی وضعیت اکوسیستمی که بستر مناسبی برای نوآوری و تکامل مشترک اعضا باشد، نیازمند روشی مناسب است که این ساختار پویا، پیچیده و متنوع را به‌خوبی مدل‌سازی و تحلیل کند (Paasi et al., 2023; Meng & Ma, 2018; Yao et al., 2021; Yung et al., 2020; Zhang et al., 2021). در موضوع مدیریت بنگاه‌ها، همواره یکی از دغدغه‌های مدیران سیاست‌گذاران و محققان، پاسخ به این سؤال است که چگونه ارزیابی‌های لازم از طریق استقرار یک ساز و کار سنجش و پایش انجام شود؟ این موضوع به‌صورت مشابه برای راهبران و بازیگران در اکوسیستم نیز مطرح است. در پیشینه مدیریت نوآوری، روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد؛ از جمله رویکردهای عینی و ذهنی برای اندازه‌گیری خروجی‌ها و فرآیندها (Kuczarski, 2000; OECD & Eurostat, 2018) که برخی از این رویکردها از نظر بازیگر اکوسیستم نیز در نظر گرفته به کار برده می‌شود. با این حال در واقعیت، اندازه‌گیری عملکرد پدیده‌های جمعی چند بازیگر، کار دشواری است؛ زیرا معمولاً تنش‌ها و تناقضات بین اهداف خاص هر بازیگر و سیستم پدیدار می‌شود و سؤالاتی را درباره عملکرد و آن چیزی ایجاد می‌کند که دقیقاً باید اندازه‌گیری شود (Ritala & Almpantopoulou, 2017; Zhang & Zhou, 2023). از سوی دیگر، اکوسیستم‌ها به‌صورت پویا از طریق تعاملات بین بازیگران در حال تکامل‌اند و نباید به‌صورت خطی تحلیل شوند (Valkokari, 2015; Paasi et al., 2023). به اعتقاد محققان (Paasi et al., 2023)، نوآوری فرآیندی به‌ندرت خطی و معمولاً چندوجهی است، تا جایی که در برخی از مقالات منتشرشده (Granstrand & Holgersson, 2020)، دشواری تحلیل، یکی از نقاط ضعف اکوسیستم نوآوری مطرح شده است.

گروهی از محققان (Oh et al., 2016) استدلال می‌کنند که اندازه‌گیری صحیح پیشرفت تکامل مشترک در یک اکوسیستم نوآوری، فراتر از قابلیت‌های علمی فعلی است؛ زیرا به نظر می‌رسد این فرآیند ارزیابی با توجه به

وابستگی‌های متقابل متعدد بین سازمان‌ها، فناوری‌ها، افراد و مؤسسات بسیار پیچیده است. در پاسخ به این مسئله، ریتالا و آلمپانوپولو^۳ (۲۰۱۷) پاسخ دادند که رویکردهای مختلفی در این زمینه اتخاذ می‌شود؛ برای مثال، اکوسیستم از نظر بازیگران بررسی و جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطوح سیستمی یا زیرسیستمی انجام می‌شود.

با توجه به دیدگاه‌های موجود در پیشینه، نتیجه گرفته می‌شود که ویژگی کلیدی اکوسیستم‌ها در زمینه‌های اقتصادی و تجاری این است که منابع جدید ارزش ایجاد می‌کنند، منابع موجود را به اشتراک می‌گذارند تا ارزش‌های جدید ایجاد و مدل‌های تجاری مختلف را فعال کنند. با نگاه به گسترده‌بودن ابعاد و تنوع عناصر تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌ها، استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی و تحلیل ساختارهای پیچیده، زمینه مناسبی را برای بررسی، تحلیل و پایش آنها ایجاد می‌کند. با این حال در واقعیت، اندازه‌گیری عملکرد هر پدیده جمعی چند بازیگر دشوار است؛ اما با توجه به توسعه ابزارهای تحلیلی با کمک مدل‌سازی و استفاده از نظریه‌های مرتبط مثل نظریه پیچیدگی، مطالعات اکوسیستم نوآوری از سطوح توصیفی صرف، به مدل‌سازی اطلاعات کمی تبدیل می‌شود.

در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای نمایه‌سازی و ارزیابی صحیح اکوسیستم نوآوری انجام شده است. انتخاب روش ارزیابی یکی از خلأهای موجود در این زمینه است که در حال حاضر محققان به آن توجه کرده‌اند. در برخی از تحقیقات ارزیابی اکوسیستم، هدف کشف زنجیره‌های رفتاری است که بر رشد و زوال اکوسیستم تأثیر می‌گذارد (Ghazinoory et al., 2020). از دیگر تلاش‌ها و نتایج علمی مربوط به این سازوکار ارزیابی، به مطالعات یانسیتی و ریچارد^۴ (۲۰۰۶)، ریتالا و همکاران^۵ (۲۰۰۹) و مرکان و گوکتاس^۶ (۲۰۱۱) اشاره می‌شود. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در اکوسیستم با هدف حفظ کیفیت سازوکارها و جریانات تبادل اطلاعات و ارزش‌آفرینی انجام و بر همین اساس، در بعضی منابع نیز برای بررسی شاخص‌های عملکرد و برنامه‌ریزی در اکوسیستم، از اصطلاح «سلامت اکوسیستم»^۷ (Iansiti & Richards, 2006) استفاده می‌شود. سلامت اصطلاحی است که از علم زیست‌شناسی به عاریت گرفته شده است و وضعیت اکوسیستم را از نظر وجود ویژگی‌هایی مانند پویایی و تمایل به رشد در یک اکوسیستم توصیف می‌کند (Ritala & Almpnanopoulou, 2017). در هر صورت، مانند هر مطالعه تحلیلی دیگر، باید معیارها و شاخص‌های عملکردی کاملاً تعریف‌شده‌ای برای پایش و تحلیل معرفی و از ابزارهایی استفاده شود که با سطح تحلیل و سؤال تحقیق مرتبط است.

دیدگاه سنتی مدل‌سازی فرض می‌کند که همه سیستم‌ها با بررسی دقیق اجزای آنها تشریح شود؛ اما در بسیاری از رویدادها، به‌ویژه در جوامع بشری، چنین نیست. شرایط بسیاری تجربه شده است که کل سیستم با مجموع اجزا برابر نیست؛ بنابراین در این شرایط نمی‌توان نتایج یک موقعیت را با مطالعه تک‌تک اجزا توضیح داد (Zimmerman & Plsek, 1998). به‌طور کلی رویکردهای سنتی برای تبیین فرآیندهای تغییر و تحول سازمانی محدود بوده و در هدایت تلاش‌های پژوهشی و شیوه‌های مدیریت کاربردی رضایت‌بخش نبوده است؛ بنابراین برای این مهم باید به سراغ ابزارهایی با قابلیت‌های پیچیده تحلیل رفت.

تا به امروز پژوهشگران، مواردی از تحلیل اکوسیستم نوآوری را مطرح کرده‌اند؛ اما این کار برای یک اکوسیستم نوآوری شرکتی با وجود یک بازیگر کلیدی از جنس سرمایه‌گذاری جسورانه، تاکنون در مطالعات لحاظ نشده بود؛ بنابراین در این پژوهش پس از شناسایی متغیرها، روش‌های تحلیل بررسی و سپس ابزارهای مناسب مربوطه برای رسیدن به هدف مهم فوق، معرفی و استفاده شد.

۲- مرور پیشینه پژوهش

تاکنون دسته‌بندی استاندارد برای متغیرهای مؤثر بر اکوسیستم نوآوری منتشر نشده است؛ اما با توجه به ماهیت و اشتراک مفهوم اکوسیستم، برخی از شاخص‌های سنجش وضعیت از مفاهیم تجربه‌شده مشابه، از جمله اکوسیستم کسب‌وکار وام گرفت؛ بنابراین در این مبحث به تجربیات و شاخص‌های مطرح‌شده در این موارد اشاره خواهد شد.

۲-۱- سابقه پژوهش

در بررسی‌ها و تجارب ثبت‌شده اکوسیستم‌های کسب‌وکار (Graça & Camarinha-Matos, 2017; Halachenko, 2020)، یکی از ابعاد پایش اکوسیستم، رضایت ذی‌نفعان و بازیگران اعم از مشتریان، کارکنان و شرکاست. این مورد با اندازه‌گیری درصد رضایت و نرخ ترک خدمت کارکنان و بازیگران سنجیده می‌شود. شاخص درآمد نوآوری^۸ که توانایی خلق ارزش اقتصادی را نشان می‌دهد نیز، یکی از معیارهای نظارتی و تنوع بازیگران، بازارها و محصولات موجود در اکوسیستم نیز یکی از شاخص‌هایی است که در این موضوع مدنظر قرار داده می‌شود (Zhang, 2007). یانسیتی و لوین^۹ (۲۰۰۴) سه مؤلفه پایداری، بهره‌وری و ظرفیت ایجاد تنوع و قابلیت‌های جدید را برای سلامت اکوسیستم کسب‌وکار، معرفی کرده‌اند.

در دیدگاه دن‌هارتیگ و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۶)، سلامت اکوسیستم شاخص ارتباطات مؤثر بین بازیگران است که به‌سادگی از بین نمی‌روند.

مرکان و گوکناس^{۱۱} (۲۰۱۱) سه شاخص کلیدی را برای اکوسیستم نوآورانه به تصویر می‌کشند. به اعتقاد آنها، اولین شاخص ارزیابی اکوسیستم وضعیت توسعه آن است. همچنین همکاری بین صنعت و دانشگاه یکی دیگر از اجزای اکوسیستم نوآوری است. انتظار می‌رود که همکاری تحقیق و توسعه بین دانشگاه و صنعت، خروجی نوآوری را افزایش دهد. فرهنگ نوآوری یکی دیگر از اجزای ساختاری است که انتظار می‌رود فعالیت‌های نوآورانه را تقویت کند. نیروی کار ماهر و تحصیل‌کرده و مهاجرت با مهارت بالا، شاخصی از وضعیت فرهنگ نوآوری است. بین سطح فرهنگ نوآوری و کارایی نوآوری رابطه مثبت، اما ناچیز وجود دارد.

در شرایط گستردگی ابعاد و تنوع عناصر تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌ها، استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی و تحلیل، زمینه مناسبی را برای بررسی و پایش آنها ایجاد می‌کند.

به‌طور کلی در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی برای شاخص‌گذاری و ارزیابی صحیح مفهوم نوآوری انجام شده است؛ اما معرفی یک سیستم ارزیابی مدون برای سنجش و پایش اکوسیستم نوآوری، یکی از خلأهای موجود در این حوزه است که در حال حاضر مجامع علمی به آن توجه کرده‌اند.

با توجه به اینکه اکوسیستم‌ها ساختارهای بسیار پویا هستند و از عناصر زنده تشکیل شده‌اند، مدل‌سازی آنها با استفاده از ابزارهای توضیح داده شده در بخش قبل، در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است که در ادامه، به مواردی از آن اشاره خواهد شد.

پاسی و همکاران^{۱۲} (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی پویایی اکوسیستم نوآوری»، پویایی اکوسیستم نوآوری را با استفاده از روش دینامیک سیستم بررسی و ابتدا عوامل کلیدی ایجاد پویایی در اکوسیستم نوآوری و

عناصر مدل را شناسایی کرده است؛ سپس با فرمول‌بندی و تحلیل مدل نشان داده شده است که چگونه عوامل کلیدی پویایی بر نتایج شکل‌گیری اکوسیستم تأثیر می‌گذارند.

در تحقیقی با عنوان «نوآوری فناوری و خلق ارزش در یک اکوسیستم نوآوری شرکتی براساس مدل‌سازی پویایی سیستم»، ژانگ و همکاران^{۱۳} (۲۰۲۱) ابتدا متغیرهای مؤثر انتخاب‌شده در اکوسیستم نوآوری یک شرکت، با محوریت نوآوری فناوریانه و مسیرهای ارزش‌آفرینی را شناسایی کردند، سپس خروجی این کار را در قالب نمودار روابط علت و معلولی ترسیم کردند. در این تحقیق، ساختار اصلی اکوسیستم نوآوری مبتنی بر شرکت، دولت، دانشگاه‌ها، مؤسسات تحقیقاتی و مؤسسات توسعه فناوری و سپس با تکمیل متغیرهای مؤثر بر عملکرد بازیگران اکوسیستم، مدل تحلیل دینامیکی این اکوسیستم را ترسیم شده است.

یونگ و همکاران^{۱۴} (۲۰۲۰) نیز در تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی پویای اکوسیستم نوآوری با ارائه دو نمونه از تجهیزات صنعت فضایی»، با انتخاب متغیرهایی، اکوسیستم نوآوری را در صنایع پیشرفته تحلیل و نتایجی را در این باره ارائه کرده‌اند. دباغ‌افروز و همکاران^{۱۵} (۲۰۱۹) نیز، در تحقیقی با عنوان «ایجاد اکوسیستم نوآوری در بخش سلامت با برنامه پویایی سیستم»، این موضوع را در بخش سلامت تحلیل کرده‌اند.

۲-۲- تحلیل شکاف نظری پژوهش

با توجه به مطالب فوق، پژوهش‌های محدودی با ابزارهای متنوع در تحلیل اکوسیستم نوآوری انجام گرفته است؛ اما پژوهش‌های انجام‌شده، به مطالعات موردی بر برخی اکوسیستم‌های نوآوری محدود شده و متغیرهای محدودی با نظر خبرگان اکوسیستم‌های مطالعه شده در این پژوهش‌ها ارزیابی شده است. با توجه به جمع‌بندی فوق، هنوز تحلیلی جامع با در نظر گرفتن ابعاد مختلف اکوسیستم نوآوری و دسته‌بندی عوامل مؤثر در هریک از این ابعاد ارائه نشده است. همچنین برای تحلیل در زمینه اکوسیستم نوآوری شرکتی در صنعت فولاد، هیچ پژوهشی منتشر نشده و علاوه بر این، نقش عوامل مؤثری از جمله سرمایه‌گذاری جسورانه در وضعیت اکوسیستم‌های نوآوری تحلیل نشده است.

بنابراین در این پژوهش، ابتدا با جمع‌بندی مرور پیشینه، روش تحلیل پویاشناسی به‌عنوان یک روش تحلیل مناسب برای اکوسیستم شناسایی شده است؛ سپس با توجه به نتایج حاصل از مرور پیشینه، متغیرهای به کار برده شده در این تحلیل شناسایی شده‌اند. همچنین این پژوهش در قالب یک گام جدید، متغیرهای فوق را در قالب زیرسیستم‌های مشخص با کمک خبرگان اکوسیستم دسته‌بندی و مدل مفهومی روابط بین متغیرها را در قالب یک نمودار روابط علی معرفی می‌کند. با توجه به نیازهای تحلیل و ارزیابی اکوسیستم نوآوری، در این پژوهش سعی بر آن است تا با تعیین عوامل و متغیرهای مؤثر، روابط حاکم بر اکوسیستم نوآوری در قالب یک مطالعه موردی در اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه شناسایی شود. تعیین متغیرها و روابط، گام مهمی در نگرش صحیح به ابعاد اکوسیستم است و مهم‌ترین ابزار را در جهت رسیدن به تحلیلی مناسب از اکوسیستم فراهم می‌آورد.

۲-۳- متغیرهای شناسایی شده براساس مرور پیشینه برای ارزیابی اکوسیستم نوآوری

با مرور پیشینه در این تحقیق، منابعی برای انتخاب شاخص‌ها و متغیرهای تأثیرگذار شناسایی و بررسی شد. در نهایت حاصل بررسی‌های انجام‌شده در قالب جدول ۱ جمع‌آوری و نتیجه مرور پیشینه شاخص‌ها با ذکر منابع مربوطه ارائه شد.

هرچند تاکنون تلاش‌هایی برای جمع‌بندی شاخص‌های مذکور انجام شده است، اما به نظر می‌رسد این موضوع در ابعاد شناسایی شاخص‌های جدید در کنار استفاده از مدل‌های پیشرفته توسعه‌یافتنی است.

جدول ۱- متغیرهای مؤثر بر اکوسیستم نوآوری

Table 1- Variables affecting the innovation ecosystem

ردیف	شرح متغیر / شاخص	مرجع شناسایی متغیر
۱	سازوکار هدایت نوآوری از طریق راهبر اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱) رابلو نتو و همکاران ^{۱۶} (۲۰۲۴)
۲	شدت تغییرات میزان ریسک در اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰) جوانمردی ^{۱۷} (۲۰۲۲)
۳	سطح حمایت دولت	یونگ و همکاران (۲۰۲۰) جوانمردی (۲۰۲۲) دباغ افروز و همکاران (۲۰۱۹)
۴	هزینه‌های مدیریتی هزینه‌شده در اکوسیستم	پوپوف و همکاران ^{۱۸} (۲۰۲۱)
۵	تعداد ذی‌نفعان دولتی فعال در اکوسیستم	پوپوف و همکاران (۲۰۲۱)
۶	تنوع عناصر فعال در اکوسیستم نوآوری	ژانگ و همکاران ^{۱۹} (۲۰۲۱) جوانمردی (۲۰۲۲)
۷	تعداد دانشگاه‌ها و ذی‌نفعان علمی	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) پوپوف و همکاران (۲۰۲۱)
۸	تعداد نیروی کار نوآوری فعال در اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)
۹	هزینه تحقیق و توسعه انجام‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰) دباغ افروز و همکاران (۲۰۱۹)
۱۰	هزینه آموزش انجام‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)
۱۱	تعداد تأمین‌کنندگان محصولات نوآوری	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)
۱۲	هزینه‌های فناوری انجام‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)
۱۳	میزان سطح دانش داخلی موجود در بستر اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰) رابلو نتو و همکاران (۲۰۲۴)
۱۴	میزان سرمایه کل محقق‌شده در بستر اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) جوانمردی (۲۰۲۲)
۱۵	سطح پایداری اکوسیستم	یانسیتی و لوین (۲۰۰۴) رابلو نتو و همکاران (۲۰۲۴)

ردیف	شرح متغیر / شاخص	مرجع شناسایی متغیر
۱۶	توانمندی نوآوری در بستر اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰)
۱۷	توانمندی طراحی و توسعه در بستر اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰)
۱۸	توانمندی بازطراحی و ارتقا در بستر اکوسیستم	یونگ و همکاران (۲۰۲۰)
۱۹	میزان جذابیت اکوسیستم برای مخاطبان و ذی‌نفعان	پاسی و همکاران (۲۰۲۳)
۲۰	میزان نوآوری مشترک ایجادشده در بستر اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱)
۲۱	تعداد پتنت‌های ثبت‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)
۲۲	سطح همکاری صنعت و دانشگاه در اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱) جوانمردی (۲۰۲۲) رابلو نتو و همکاران (۲۰۲۴) دباغ افروز و همکاران (۲۰۱۹)
۲۳	حجم بازار تکنولوژی در بستر اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) جوانمردی (۲۰۲۲)
۲۴	درآمد حاصل از نوآوری محقق‌شده در اکوسیستم	ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) پوپوف و همکاران (۲۰۲۱) دباغ افروز و همکاران (۲۰۱۹)
۲۵	میزان سود اقتصادی به دست آمده در اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱) دباغ افروز و همکاران (۲۰۱۹)
۲۶	میزان ارزش مشترک خلق‌شده در اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱) رابلو نتو و همکاران (۲۰۲۴)
۲۷	سطح توزیع سود تجربه‌شده بین بازیگران اکوسیستم	یان و همکاران (۲۰۲۱)
۲۸	سطح توسعه مشترک ^{۲۰} بازیگران اکوسیستم	پاسی و همکاران (۲۰۲۳)

موضوع شاخص‌گذاری و شناسایی معیارهای صحیح در تحلیل اکوسیستم، همچنان در حال پیشرفت و به‌روزرسانی است. پیچیدگی بالای روابط در بستر اکوسیستم، سبب شده است که انتخاب این شاخص‌ها دشوارتر شود. در هر صورت لازمه نتیجه‌گیری مناسب از یک فرایند پایش، انتخاب مناسب شاخص‌هاست و در این زمینه به فعالیت‌های علمی و عملیاتی گسترده‌تری نیاز است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

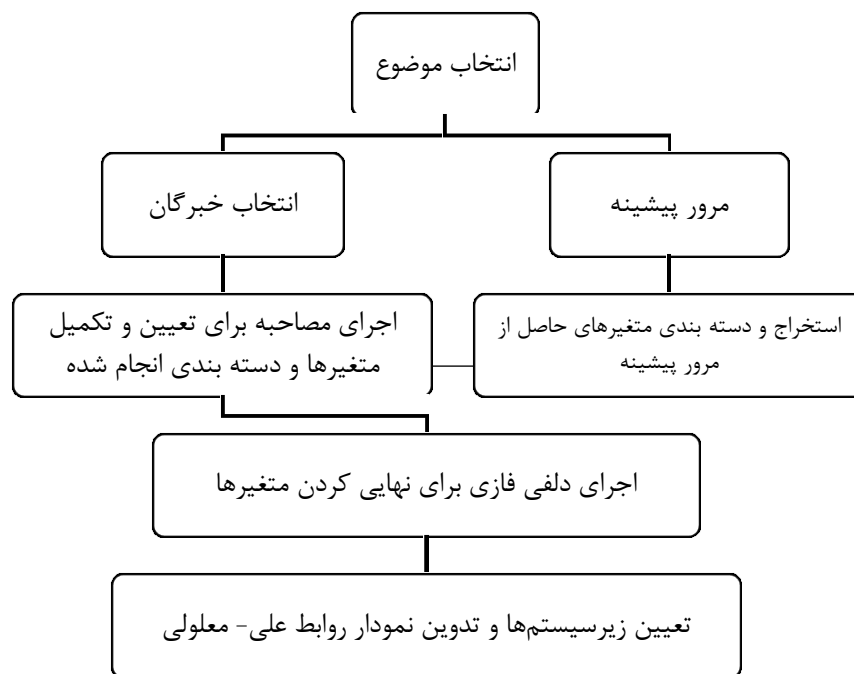
با توجه به مدل «پیار پژوهش»^{۲۱} مبتنی بر مطالعات ساندرز^{۲۲} (۲۰۰۹)، لایه‌های فلسفه، رویکرد، هدف، ابزارها و روش‌های اجرای یک پژوهش علمی در قالب توصیف می‌شود.

براساس الگوی فوق، پژوهش حاضر در دسته‌بندی اثبات‌گرایی با رویکرد قیاسی و روش کمی مبتنی بر پیمایش انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی ابعاد و تعیین روابط علی در اکوسیستم نوآوری است. با توجه به اینکه این پژوهش به گسترش شناخت و کیفیت تصمیم‌گیری بازیگران مؤثر در اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه کمک می‌کند؛ بنابراین از نظر هدف یک تحقیق کاربردی محسوب می‌شود. از طرفی با توجه به بهره‌گیری از روش

گردآوری داده‌ها برای انجام مراحل مطالعات مروری نیز، یک پژوهش توصیفی از نوع پیمایشی است. استراتژی این پژوهش پس از پیمایش اولیه، مطالعه موردی بر یک موضوع مشخص در بستری مشخص است. ابزارهای استفاده‌شده، مطالعات کتابخانه‌ای در کنار بررسی میدانی از مسیر پرسش‌نامه و مصاحبه و درنهایت استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری برای ترسیم روابط علی بین متغیرهای تأثیرگذار است. می‌توان اذعان داشت که مزیت اصلی در مدل‌سازی، شناسایی فرایندها و روابط و حلقه‌های بازخورد است که بیانگر غیرخطی بودن و پویایی اکوسیستم و آثار متغیرها در ابعاد مختلف آن است. برای ایجاد یک مدل با این رویکرد، این فرآیند در دو مرحله زیر انجام می‌شود:

۱. شناسایی متغیرهای مؤثر و غربالگری آنها که در این پژوهش با کمک دلفی فازی انجام می‌شود؛
۲. تعیین زیرسیستم‌ها و ترسیم روابط بین متغیرها که با ترسیم نمودار روابط علی انجام می‌شود.

عناوین مراحل اجرایی پژوهش، در شکل ۱ ارائه شده است. در ادامه، این مقاله جزییات مراحل فوق را شرح داده است.



شکل ۱- فرآیند اجرایی این پژوهش

Figure 1- Implementation process of this research

۳-۱- غربالگری متغیرهای مؤثر با روش دلفی فازی

پس از طی مراحل مرور پیشینه در این پژوهش، ابتدا متغیرها در قالب مصاحبه با افراد مؤثر و آگاه به بحث گذاشته و فهرست متغیرها با نظر ایشان تکمیل و به‌روزرسانی شد؛ سپس برای غربالگری نهایی آنها، از روش دلفی فازی^{۳۳} استفاده شد. روش دلفی به‌طور کلی، به‌عنوان ابزار در طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها از جمله پیش‌بینی روندها، برنامه‌ریزی، تدوین استراتژی‌ها، جذب دانش، جمع‌بندی و برنامه‌ریزی سیاست‌های عمومی، تحقیقات بازار، برنامه‌ریزی پروژه در مقیاس بزرگ، توسعه محصول جدید و طراحی سیستم‌ها به کار می‌رود.

در روش دلفی کلاسیک، نظرات خبرگان در قالب اعداد قطعی بیان می‌شود؛ در حالی که افراد خبره از شایستگی‌های ذهنی خود برای بیان نظر استفاده می‌کنند و این نشان‌دهنده احتمالی بودن عدم قطعیت حاکم بر این شرایط است. احتمالی بودن عدم قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد؛ بنابراین، بهتر است داده‌ها در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ و با استفاده از مجموعه‌های فازی تحلیل شوند. برای این منظور، پیشنهاد ادغام روش دلفی سستی با تئوری فازی با عنوان «روش دلفی فازی» ارائه شد. در این روش، از توابع عضویت برای نشان‌دادن نظر خبرگان استفاده می‌شود. مزیت روش دلفی فازی در توجه به هریک از نظرات و یکپارچه‌کردن آنها برای دستیابی توافق گروهی است. مراحل اجرایی این روش، ترکیبی از روش دلفی سستی و تحلیل داده‌های هر مرحله با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است. به منظور فازی‌سازی نظرات خبرگان از اعداد فازی استفاده می‌شود. اعداد فازی، مجموعه‌های عددی‌اند که در مواجهه با عدم قطعیت درباره یک پدیده، به همراه داده‌های عددی تعریف می‌شوند (Lianto, 2023; Hashemi Petrudi et al., 2022)؛ بنابراین دلفی فازی روش ترکیبی از روش دلفی و نظریه مجموعه‌های فازی است که ایشیکاوا و همکاران^{۲۴} (۱۹۹۳) آن را ارائه کردند. به‌طور کلی از روش دلفی برای دو منظور پیش‌بینی و یا غربالگری استفاده می‌شود. اگر هدف پیش‌بینی باشد، عموماً در چند دور انجام می‌شود؛ ولی حالت غربالگری، در یک دور نیز انجام می‌شود (Habibi et al., 2015; Hasan & Jaber, 2024).

درواقع دلفی فازی یک روش مشارکتی برای جمع‌آوری نظرات افراد خبره در یک حوزه خاص است. در این روش، یک گروه از متخصصان در یک حوزه خاص، به عنوان اعضای پانل انتخاب می‌شوند و نظرات خود را درباره یک مسئله خاص، با استفاده از مفاهیم فازی ارائه می‌دهند. منطق فازی نیز یک منطق ریاضی است که برای مدل‌سازی عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها و اطلاعات استفاده می‌شود. در این نوع از منطق، مقادیر به‌صورت فازی تعریف می‌شوند؛ به این معنی که به جای مقادیر دقیق، هر مقدار با یک درجه عضویت در یک مجموعه فازی تعریف می‌شود. مزیت روش دلفی فازی در توجه به هریک از نظرات و یکپارچه‌کردن آنها برای دستیابی به توافق گروهی است. مراحل اجرایی این روش ترکیبی از روش دلفی سستی و تحلیل داده‌های هر مرحله، با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است. به منظور فازی‌سازی نظرات خبرگان، از اعداد فازی استفاده می‌شود که مجموعه‌های فازی‌اند که در مواجهه با عدم قطعیت درباره یک پدیده تعریف می‌شوند.

پس از شناسایی متغیرها، گروه خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل و پرسش‌نامه‌ها به منظور تعیین میزان اهمیت و مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی شده با موضوع اصلی پژوهش و غربالگری برای آنها ارسال می‌شود که در آن متغیرهای زبانی، برای بیان اهمیت هر شاخص به کار می‌روند. در نهایت غربالگری شاخص‌ها در دلفی فازی، از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه انجام می‌شود. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می‌شود. در مقالات مرجع این تحقیق (Habibi et al., 2015)، مقدار ۰/۷، مقدار آستانه در نظر گرفته شده است.

برای اجرای فرآیند غربالگری، ابتدا مقادیر فازی مثلثی نظرات خبرگان محاسبه می‌شود، سپس برای محاسبه میانگین نظرات نفرات پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آنها محاسبه می‌شود. اعداد فازی مثلثی متغیرهای کلامی مطابق جدول ۲ تنظیم می‌شوند.

جدول ۲- اعداد فازی مثلثی (Ishikawa et al., 1993)

Table 2- Triangular fuzzy numbers of verbal variables

متغیرهای کلامی	عدد فازی مثلثی
کاملاً بااهمیت	(۰/۷۵ ۱ ۱)
بااهمیت	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)
متوسط	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)
کم اهمیت	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)
بی اهمیت	(۰ ۰ ۰/۲۵)

در مرحله نظرسنجی، پرسش نامه امتیازدهی به متغیرها به اعضای گروه خبره ارسال و میزان موافقت آنها با هر کدام از مؤلفه ها اخذ و نظرات جمع بندی ارائه می شود. با توجه به نتایج، میانگین فازی هریک از مؤلفه ها با توجه به روابط زیر محاسبه می شود (Habibi et al., 2015):

$$D_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), i = 1, 2, 3, \dots, n, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$A_j = \min(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), B_j = (\prod_{i=1}^n b_{ij})^{1/n}, C_j = \max(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad (2)$$

$$D_{avej} = 1/3 * (A_j + B_j + C_j) \quad (3)$$

در این رابطه، D_{ij} بیانگر دیدگاه خبره i ام درباره متغیر j و D_{avej} میانگین حسابی دیدگاه های خبرگان درباره آن متغیر است. متغیرهای زبانی برای بیان اهمیت هر شاخص به کار می روند. مطابق جدول، برای بیان مقادیر در این پژوهش، از اعداد فازی مثلثی استفاده شد. به طور کلی مراحل طی شده در روند اجرای روش دلفی فازی شامل موارد زیر است (Cuhls, 2023; Hasan & Jaber, 2024):

- شناسایی خبرگان و تشکیل پنل دلفی؛
 - شناسایی طیف مناسب برای فازی سازی عبارات کلامی؛
 - تجمع فازی مقادیر فازی شده؛
 - فازی زدایی مقادیر؛
 - انتخاب شدت آستانه و غربال معیارها؛
 - جمع بندی و تأیید همگرایی نتایج.
- تأیید و غربالگری شاخص ها از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه انجام می شود. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می شود که اصولاً مقدار ۰/۷، مقدار آستانه در نظر گرفته شده است (Habibi et al., 2015). البته در برخی پژوهش ها، مقدار آستانه از میانگین کل اعداد فازی نیز محاسبه می شود. برای این کار ابتدا باید مقادیر فازی مثلثی نظرهای خبرگان محاسبه شود، سپس برای محاسبه میانگین نظرات افراد پاسخ دهنده، میانگین فازی آنها تعیین شود. در نهایت مقادیر میانگین محاسبه شده برای هر متغیر کمتر از مقدار آستانه، از فهرست متغیرهای بااهمیت حذف می شوند.

به طور کلی در این پژوهش، ابتدا استخراج متغیرها از مرور پیشینه و مصاحبه‌ها انجام می‌شود، سپس با استفاده از روش دلفی فازی، نسبت به غربالگری آنها اقدام و در نهایت با بهره‌گیری از رویکرد روابط علی، مدل مبتنی بر این روابط بین متغیرهای مؤثر بر اکوسیستم نوآوری ترسیم و ارائه می‌شود. در ادامه، روش تعیین زیرسیستم‌ها تا تدوین نمودار روابط علی توضیح داده خواهد شد.

۳-۲- تعیین زیرسیستم‌ها و ترسیم نمودار روابط علی

در سال‌های اخیر تاکنون، موضوع نمایه‌سازی و شناسایی معیارهای صحیح در تحلیل اکوسیستم، همچنان در حال پیشرفت است. پیچیدگی بالای روابط در اکوسیستم، انتخاب این شاخص‌ها را دشوارتر کرده است. در هر صورت، نتیجه‌گیری مناسب یک فرآیند نظارتی، مستلزم انتخاب مناسب شاخص‌هاست و در این زمینه به فعالیت‌های علمی و عملیاتی گسترده‌تری نیاز است.

رویکرد پیچیدگی^{۲۵}، راه جدیدی برای مفهوم‌سازی بسیاری از پارادوکس‌های آشکاری را فراهم می‌کند که مدل‌سازی با آن مواجه است. در اواسط قرن بیستم، نظریه پیچیدگی و مفاهیم مرتبط با آن، از مفاهیم رشته‌های مختلف وام گرفته شد. نظریه پیچیدگی، با عنوان مطالعه سیستم‌های انطباقی پیچیده (Silva et al., 2021) بیان می‌شود. ریشه‌های این نظریه، از تحقیقات در علوم طبیعی سرچشمه می‌گیرد و عدم قطعیت‌ها و رویدادهای غیرخطی را مطرح می‌کند (Grobman, 2005). نظریه پیچیدگی بر تعاملات و حلقه‌های بازخوردی تأکید دارد که دائماً سیستم‌ها را تغییر می‌دهند. به طور کلی، نظریه پیچیدگی مجموعه‌ای قدرتمند و انعطاف‌پذیر از استعاره‌ها، مدل‌های ذهنی و استراتژی‌ها را در اختیار قرار می‌دهد که تحقیقات درباره سازمان‌ها را در محیط‌های پیچیده مانند تجارت و جامعه هدایت می‌کند. براساس موارد ذکر شده، ابزارهایی که برای تحلیل سازوکارها و فرآیندهای پیچیده به کار می‌روند، در تحلیل اکوسیستم‌ها نیز مؤثرند. بر همین اساس، از ابزارهایی مانند نظریه گراف^{۲۶}، روش مدل‌سازی مبتنی بر عامل^{۲۷} و روش تحلیل پویاشناسی سیستم^{۲۸} در تحلیل ساختارهای پیچیده و پویای اکوسیستم استفاده می‌شود.

مرور منابع مرتبط با موضوع این پژوهش نشان می‌دهد که شناسایی روابط علی و ترسیم حلقه‌های بازخورد، به‌ویژه زمانی که تغییرات، نقش محوری در فرضیه تحقیق دارند، مسیر مناسبی برای شناسایی ابعاد موضوع است. این رویکرد روش‌ها و ابزارهایی را برای مدل‌سازی و تحلیل سیستم‌های دینامیکی فراهم می‌کند. از نتایج این روند، برای درک بهتر رفتار سیستم استفاده می‌شود. این روش برای ترسیم ابعاد مسائلی استفاده می‌شود که در سیستم‌های پیچیده اجتماعی، مدیریتی، اقتصادی یا زیست‌محیطی به وجود می‌آیند. همچنین برای سیستم‌های اجتماعی، مدیریتی، اقتصادی، زیست‌محیطی و فیزیولوژیکی اعمال می‌شود (Tomoaia et al., 2017).

ترسیم نمودار حلقه‌های علی (CLD) روشی برای ثبت ساختار و بازخوردها و نشان‌دادن چگونگی تأثیر متغیرهای مرتبط بر یکدیگر است. مدل تهیه‌شده با این روش، شامل متغیرها و روابط آنهاست که نشان از آثار مثبت یا منفی است. رابطه مثبت نشان می‌دهد که عنصر مقصد یک نمودار روابط علی (CLD) برای نمایش بازخوردها و روابط تهیه می‌شود که از طریق حلقه‌های مثبت (تقویت‌کننده) و منفی (تعادل‌کننده) بیان می‌شود. حلقه‌های مثبت با رشد تصاعدی همراهاند و حلقه‌های منفی تمایل به رسیدن به نقطه تعادل دارند. این ابزار بر اساس تئوری دینامیک

غیرخطی برنامه‌ریزی شده و براساس نظریه بازخورد کنترلی در علوم ریاضی و مهندسی توسعه یافته است. با توجه به حوزه کاربرد، دانش روان‌شناسی، علوم اجتماعی، اقتصاد و دیگر شاخه‌های علم نیز در تحلیل پویایی به کار می‌رود (Sberman, 2001; Shaker et al., 2022).

در این پژوهش، ضمن شناسایی و انتخاب روش فوق، به‌عنوان یک روش مناسب، برای ترسیم روابط و حلقه‌های بازخورد متغیرهای شناسایی‌شده، از این روش استفاده شد.

۴- مطالعه کاربردی و یافته‌های پژوهش

برای طی مراحل پژوهش، ابتدا نسبت به شناسایی و تحلیل متغیرهای اثرگذار در اکوسیستم، از مسیر مرور پیشینه اقدام شد؛ سپس با بهره‌گیری از مصاحبه با خبرگان صنعت (مدیران شرکت توسعه و پشتیبانی فناوری و نوآوری فولاد مبارکه)، درباره متغیرهای مربوطه بحث و بعد ارزیابی شد. در این مرحله، ضمن بررسی متغیرهای شناسایی‌شده در گام مرور پیشینه، تعداد سه متغیر با نظر خبرگان مصاحبه‌شونده به موارد شناسایی‌شده اضافه شد تا فهرستی از ۳۱ متغیر مؤثر در اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه تشکیل داده شود. این سه متغیر جدید شامل موارد زیر بودند:

- ارتباط ذینفعان خصوصی و دولتی؛

- بلوغ ارتباطات در بستر اکوسیستم؛

- میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر محقق‌شده در بستر اکوسیستم.

علت اضافه‌شدن این متغیرها، آثار تجربه‌شده از سوی مدیران و کارشناسان شرکت توسعه و پشتیبانی فناوری و نوآوری فولاد مبارکه (MSTID)، به‌عنوان یک عضو کلیدی از اکوسیستم بود. براساس این تجربیات، کیفیت ارتباطات در کنار ایجاد یک بازوی سرمایه‌گذاری، که بازیگران نوآور را پشتیبانی کند، تا حدود زیادی امکان توسعه نوآوری را در بستر اکوسیستم افزایش می‌دهد.

همچنین برای امکان‌پذیری تحلیل بهتر روابط، با کمک خبرگان اکوسیستم، این متغیرها در قالب چهار زیرسیستم دسته‌بندی با عناوین زیر دسته‌بندی شدند:

➤ دسته اول: متغیرهای بلوغ ارتباطات در اکوسیستم؛

➤ دسته دوم: متغیرهای توانمندی اکوسیستم؛

➤ دسته سوم: متغیرهای اقتصادی اکوسیستم؛

➤ دسته چهارم: متغیرهای پایداری اکوسیستم.

این پژوهش در بستر اکوسیستمی انجام شده است که سرمایه‌گذاری جسورانه، یک عنصر حیاتی در زمینه‌سازی است و برای شکل‌گیری و پایداری آن، نقش داشته است. دیگر پژوهش‌های مرتبط نیز این موضوع را تأیید می‌کند که ساختارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر، فقط یک منبع سرمایه محلی نیستند، بلکه تخصص و حضور آنها در جامعه نیز راه قدرتمندی برای بازکردن درهای لازم برای اصلاح و بازسازی ایده‌های نوآورانه است. البته ذکر این نکته ضروری است که بدون چشم‌انداز فراگیر و بلندمدت از شکل‌گیری یک زیست‌بوم نوآوری، حرکت در این مسیر، برای سرمایه‌گذاران خطرپذیر بسیار دشوار باشد؛ زیرا در این شرایط، آنها به کسب‌وکارها کمک می‌کنند تا به‌خوبی

گام‌های اولیه را بردارند؛ اما در صورت شکل‌نگرفتن یک بستر مناسب و یک زیست‌بوم نوآوری استوار، دسترسی و ارتباط بین سرمایه‌گذاران خطرپذیر باتجربه و استارت‌آپ‌ها برای پشتیبانی از مراحل بعدی و تداوم سرمایه‌گذاری‌ها مشکل می‌شود. این رخداد، ضمن افزایش خطر سرمایه‌گذاری، احتمال موفقیت استارت‌آپ‌ها را نیز، کم می‌کند.

پس از شناسایی متغیرها، گروه تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل و پرسش‌نامه‌ها به‌منظور تعیین مرتبط‌بودن شاخص‌های شناسایی‌شده با موضوع اصلی پژوهش برای آنها ارسال شد. مطابق اصول اجرای روش، در این مرحله متغیرهای زبانی، برای بیان اهمیت هر شاخص به کار می‌روند (Habibi et al., 2015). تکنیک دلفی فازی در بسیاری از موارد، که هدف آن غربالگری شاخص‌های پژوهش است، به‌صورت تک‌مرحله انجام می‌شود. هرچند در مواردی که هدف، شناسایی عوامل جدید باشد، معمولاً دلفی فازی به‌صورت چند مرحله‌ای انجام می‌شود. در این پژوهش از روش دلفی فازی مطابق توضیحات بخش ۳ استفاده و غربالگری شاخص‌ها در دلفی فازی از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه انجام می‌شود. مقدار آستانه نیز مطابق نظر مقالات مرجع این تحقیق (Hashemi Petrudi et al., 2022; Habibi et al., 2015)، به مقدار ۰/۷ در نظر گرفته شده است.

مطابق توضیحات فوق، با توجه به تعدد و تنوع متغیرها، روش دلفی فازی تک‌مرحله‌ای برای غربال نهایی متغیرها استفاده و پس از انجام دلفی فازی، نتایج این گام در قالب متغیرهای غربال‌شده مدل اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه معرفی شد. پس از انجام مراحل دلفی فازی، جدول حاصل از نتایج این گام، در قالب متغیرهای غربال‌شده مدل اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه معرفی شد که نتیجه این کار در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

با محاسبات انجام‌شده بر نتایج پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده، تعداد چهار متغیر از فهرست تهیه‌شده خارج و دیگر متغیرها تأیید شد. متغیرهای حذف‌شده عبارت‌اند از:

- تعداد ذی‌نفعان دولتی در اکوسیستم؛
- تعداد نیروی کار تحقیق و توسعه در اکوسیستم؛
- تعداد پتنت‌های ثبت‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم؛
- سطح همکاری صنعت و دانشگاه در اکوسیستم.

همان‌طور که از مقادیر میانگین دلفی فازی ذکرشده در جدول ۳ نیز مشخص است، این چهار متغیر با توجه به نظرات خبرگان اکوسیستم، تأثیر کمتری در ارزیابی وضعیت اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه داشتند و اهمیت‌شان هم کمتر بود؛ بنابراین با توجه به مقدار آستانه در نظر گرفته شده (۰/۷) برای میانگین دلفی فازی، این متغیرها از فهرست استفاده‌شده در تهیه نمودارهای روابط علی کنار گذاشته شدند.

جدول ۳- متغیرهای انتخاب‌شده یا حذف‌شده در اجرای تکنیک دلفی فازی

Table 3- Variables selected or excluded in the implementation of the fuzzy Delphi technique

متغیرهای مؤثر و دسته‌بندی آنها	نشانه متغیر / شاخص	مقدار میانگین دلفی فازی	وضعیت متغیر در نتیجه اجرای دلفی فازی
دسته اول: متغیرهای بلوغ ارتباطات در اکوسیستم			
۱ تنوع عناصر و بازیگران در اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه	IE Component Diversity	۰/۸۳	تأیید
۲ تعداد دانشگاه‌های مرتبط با اکوسیستم	Number Of IE University and Science Centers	۰/۷۹	تأیید

ردیف	متغیرهای مؤثر و دسته‌بندی آنها	نشانه متغیر / شاخص	مقدار میانگین دلفی فازی	وضعیت متغیر در نتیجه اجرای دلفی فازی
۳	کیفیت ارتباط بین ذی‌نفعان خصوصی و دولتی	Government-Nongovernment Communication	۰/۷۹	تأیید
۴	بلوغ ارتباطات اعضای اکوسیستم	Maturity Of Relationship In IE	۰/۸۱	تأیید
۵	تعداد تأمین‌کنندگان محصولات نوآوری	Product Suppliers.Inno	۰/۸۱	تأیید
۶	تعداد ذی‌نفعان دولتی در اکوسیستم	Government Support	۰/۶۸	حذف
۷	جذابیت اکوسیستم برای مخاطبان داخل و خارج از آن	IE Attractiveness	۰/۸۱	تأیید
۸	اندازه بازار تکنولوژی در اکوسیستم	Tech Market Size	۰/۹۱	تأیید
۹	تعداد نوآوری مشترک بین بازیگران	Collaborative Innovation	۰/۷۱	تأیید
۱۰	بلوغ سازوکارهای راهبری نوآوری	IE Leadership Mechanism	۰/۸۱	تأیید
۱۱	میزان هزینه‌های مدیریتی در اکوسیستم	Management Expenses	۰/۷۱	تأیید
دسته دوم: متغیرهای توانمندی اکوسیستم				
۱۲	تعداد نیروی کار تحقیق و توسعه در اکوسیستم	R&D Personnel	۰/۶۹	حذف
۱۳	هزینه آموزش انجام‌شده از سوی بازیگران اکوسیستم	Education Expenses	۰/۷۸	تأیید
۱۴	سطح دانش داخلی در اکوسیستم نوآوری فولاد	Individual Knowledge	۰/۸۱	تأیید
۱۵	میزان توانمندی طراحی و توسعه در اکوسیستم نوآوری فولاد	Ability To Design and Development	۰/۸۱	تأیید
۱۶	میزان توانمندی بازطراحی و ارتقا در اکوسیستم نوآوری فولاد	Ability To Redesign and Improvement	۰/۸۳	تأیید
۱۷	تعداد پتنت‌های ^{۲۹} ثبت‌شده توسط بازیگران اکوسیستم	Number of Patents	۰/۶۱	حذف
۱۸	سطح همکاری صنعت و دانشگاه در اکوسیستم	Industry-University Communication	۰/۶۲	حذف
۱۹	میزان توانمندی نوآوری در اکوسیستم	Ability To Innovation	۰/۷۹	تأیید
دسته سوم: متغیرهای اقتصادی اکوسیستم				
۲۰	کل سرمایه موجود در بستر اکوسیستم	Total Investment	۰/۷۷	تأیید
۲۱	هزینه تحقیق و توسعه انجام‌شده توسط بازیگران اکوسیستم	R&D Expenditure	۰/۸۲	تأیید
۲۲	میزان سرمایه‌گذاری بر فناوری	Technology Development Funds	۰/۸۲	تأیید
۲۳	میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر محقق‌شده در اکوسیستم	Venture Capital Investment	۰/۷۲	تأیید
۲۴	میزان کل سود اقتصادی حاصل در اکوسیستم	Economic Benefit	۰/۷۳	تأیید
۲۵	درآمد حاصل از نوآوری در اکوسیستم	Innovation Revenue	۰/۷۳	تأیید
۲۶	میزان خلق ارزش مشترک در بستر اکوسیستم	Value Cocreation	۰/۸۰	تأیید
۲۷	میزان توزیع سود در اکوسیستم	Profit Distribution	۰/۷۸	تأیید
دسته چهارم: متغیرهای پایداری اکوسیستم				
۲۸	تغییرات شدت ریسک در اکوسیستم	Risk Change Rate	۰/۹۲	تأیید
۲۹	سطح حمایت دولت از اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه	Government Support	۰/۸۱	تأیید
۳۰	میزان پایداری اکوسیستم	IE Resilience Processes	۰/۸۲	تأیید
۳۱	سطح توسعه مشترک ^{۳۰} بازیگران در بستر اکوسیستم	Co-Development Works	۰/۷۷	تأیید

در ادامه این پژوهش، متغیرهای غربال‌شده فوق در بستر روابط علی تحلیل شدند. در نظر گرفتن روابط خطی بین متغیرها در فضای پویا و پیچیده اکوسیستم، صحیح به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین استفاده از مدل مبتنی بر حلقه‌های بازخورد و روابط علی در این موضوع، منطقی است. نمودارهای علی حلقوی، ابزارهای مفیدی برای ترسیم ساختار

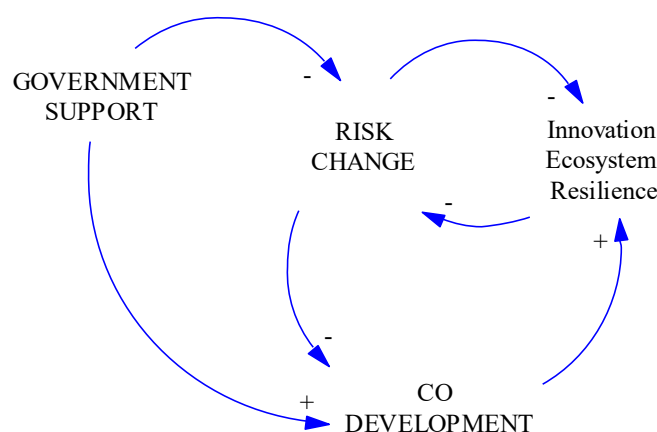
بازخوردی در روابط متغیرها هستند. این نمودارها ارتباط بین متغیرها را به خوبی نشان می‌دهند. هدف اصلی این نمودارها، نشان دادن فرضیه‌های علی در هنگام مدل‌سازی است تا از این طریق، ساختار به شکل کامل و به هم پیوسته، بیان شود. این نمودارها به مدل‌ساز کمک می‌کنند تا به سرعت با ساختار بازخوردی و پیش‌فرض‌های بنیادی، ارتباط برقرار کند (Abbasnejad et al., 2019; Fargh et al., 2022).

۵- بحث

مدل روابط علی (CLD) این پژوهش، شامل چندین حلقه است که روابط غیرخطی بین متغیرها را نشان می‌دهد. با الگوگیری روابط تعریف‌شده در پیشینه پژوهش و استفاده از نظرات خبرگان صنعت، روابط علی بین متغیرها در قالب چهار زیرسیستم شناسایی و به شرح زیر معرفی شد:

۱) زیرسیستم پایداری اکوسیستم

این زیرسیستم شامل متغیرهای مرتبط با مدیریت ریسک و حمایت دولت در راستای افزایش پایداری اکوسیستم نوآوری است. حمایت دولت در کاهش ریسک در بستر اکوسیستم و گام برداشتن همه بازیگران در مسیر توسعه مشترک^{۳۱} مؤثر است. پایداری اکوسیستم به این ترتیب که در شکل ۲ به نمایش گذاشته شده است، تحت تأثیر متغیرهای مذکور است.

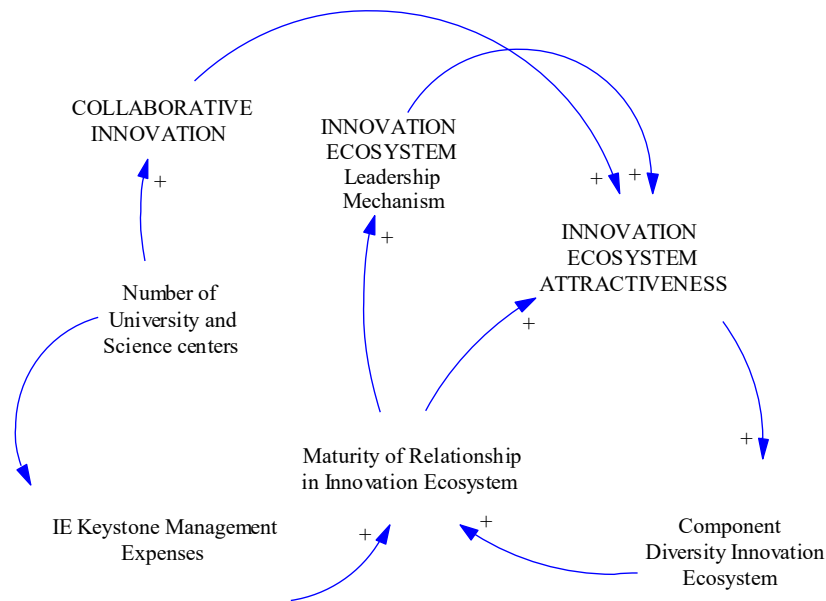


شکل ۲- مدل روابط علی در زیرسیستم پایداری اکوسیستم

Fig. 2- Model of causal relationships in ecosystem sustainability subsystem

۲) زیرسیستم ارتباطات در بستر اکوسیستم

این زیرسیستم، دسته متغیرهای مرتبط با کیفیت ارتباطات و بلوغ روابط را در بستر اکوسیستم به نمایش می‌گذارد. بلوغ ارتباطات متأثر از نحوه تعامل بازیگر محوری با دیگر اعضای اکوسیستم است که در شکل ۳ به دسته‌های این مخاطبان و تأثیر تعاملات و روابط آنها در این زیرسیستم اشاره دارد.

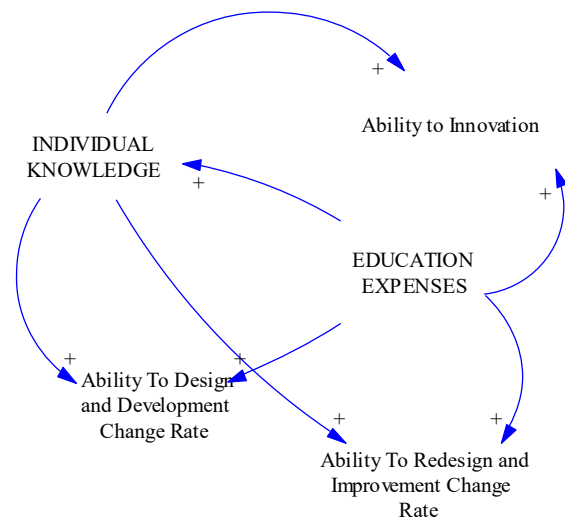


شکل ۳- مدل روابط علی در زیرسیستم ارتباطات در بستر اکوسیستم

Fig. 3- Model of causal relationships in the communication subsystem in the ecosystem

۳) زیرسیستم توانمندی‌های اکوسیستم

این زیرسیستم شامل متغیرهای اثرگذار بر توانمندی‌های اکوسیستم است که در شکل ۴ روابط بین آنها مشاهده می‌شود:

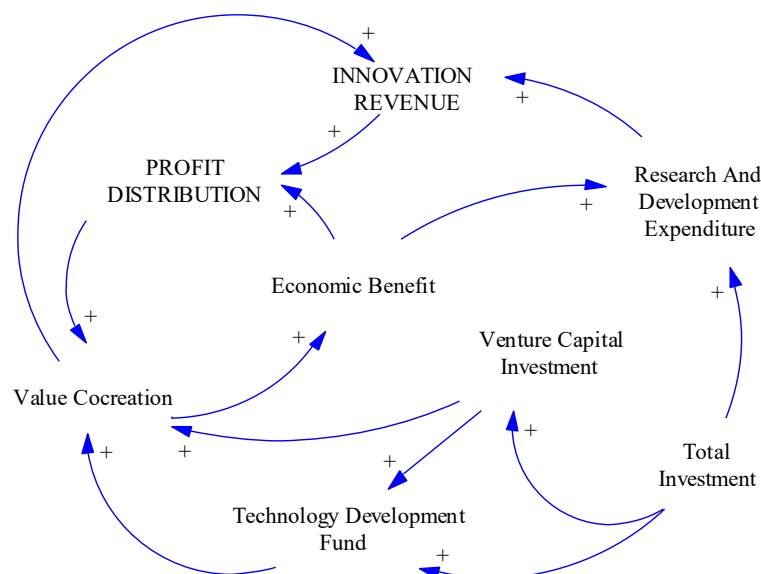


شکل ۴- مدل روابط علی در زیرسیستم توانمندی‌های اکوسیستم

Fig. 4- Model of causal relationships in ecosystem capabilities subsystem

۴) زیرسیستم متغیرهای اقتصادی اکوسیستم

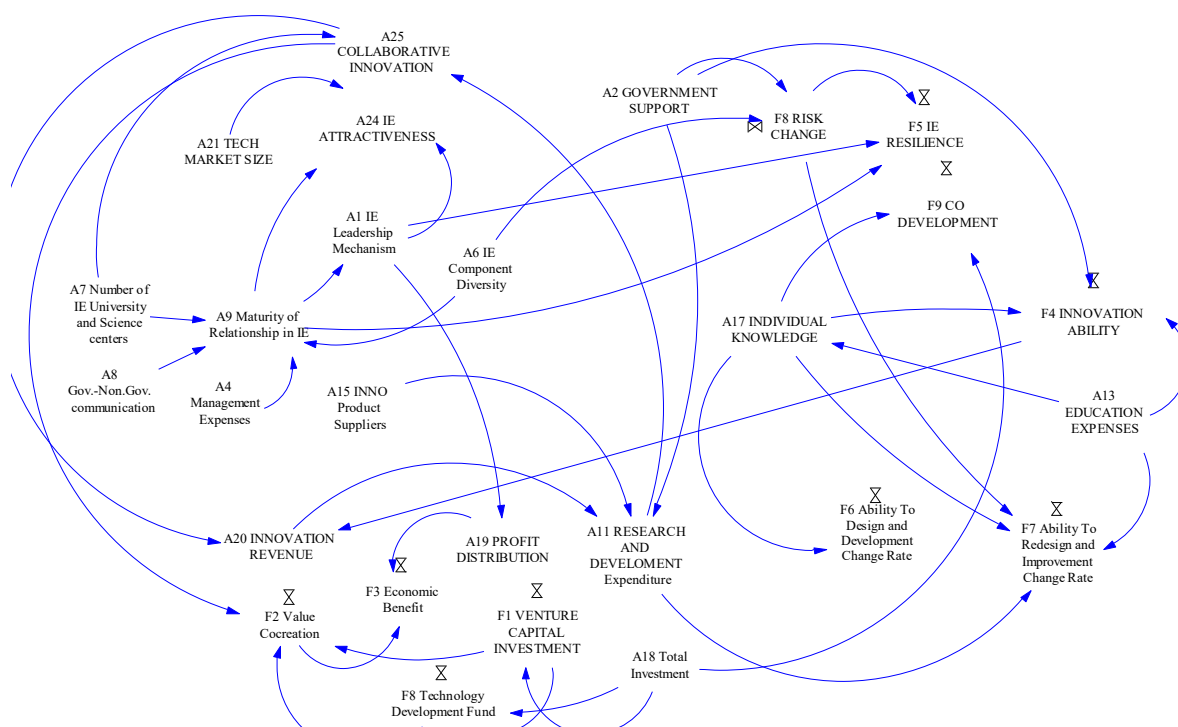
این زیرسیستم متغیرها و شاخص‌های اقتصادی اکوسیستم نوآوری را پوشش می‌دهد. در شکل ۵، روابط حاکم در این زیرسیستم مشاهده می‌شود:



شکل ۵- مدل روابط علی در زیرسیستم متغیرهای اقتصادی اکوسیستم

Fig. 5- Model of causal relationships in the economic variables' subsystem of the ecosystem

پس از شناسایی زیرسیستم‌های فوق و دسته‌بندی متغیرها، روابط بین متغیرهای مختلف، زیرسیستم‌های مذکور نیز بررسی و درنهایت نمودار کلی روابط علی متغیرهای این پژوهش، به شکل ۶ با استفاده از نرم‌افزار ونسیم^{۳۲} آماده‌سازی و ارائه شد:



شکل ۶- نمودار کلی روابط علی متغیرهای شناسایی شده (با الگوگیری از مرور پیشینه و نظرات خبرگان)

Fig. 6- The general diagram of the causal relationship between the identified variables

مطابق مدل فوق، متغیرهای مؤثر در بستر اکوسیستم نوآوری، با روش پیشنهاد شده دسته‌بندی می‌شود. به‌طور کلی تاکنون تحقیقات محدودی دربارهٔ دسته‌بندی و مدل‌سازی عوامل و متغیرهای حاکم بر اکوسیستم نوآوری انجام شده است. آنچه مشخص است، تمرکز این تحقیقات بر تعداد انگشت‌شمار از متغیرهاست که شناخت جامعی از اکوسیستم مطالعه‌شده را در اختیار قرار نمی‌دهد. البته لازم به توجه است که اکوسیستم‌های نوآوری شرکتی برای بنگاه‌های مختلف، ویژگی‌ها و ابعاد خاصی نیز دارد که این موضوع سبب ایجاد تفاوت‌هایی می‌شود و این الزام را ایجاد می‌کند که هر اکوسیستم به‌صورت ویژه، مطالعه و تحلیل شود.

این پژوهش در بستر اکوسیستمی انجام شده و سرمایه‌گذاری خطرپذیر یک عنصر حیاتی در زمینه‌سازی برای شکل‌گیری و پایداری آن ایفای نقش داشته است. دیگر پژوهش‌های مرتبط نیز این موضوع را تأیید می‌کند که ساختارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر، فقط یک منبع سرمایه محلی نیستند، بلکه تخصص و حضور آنها در جامعه نیز راه قدرتمندی برای بازکردن درهای لازم برای اصلاح و بازسازی ایده‌های نوآورانه است. البته ذکر این نکته ضروری است که بدون چشم‌انداز فراگیر و بلندمدت از شکل‌گیری یک زیست‌بوم نوآوری، حرکت در این مسیر، برای سرمایه‌گذاران خطرپذیر بسیار دشوار است؛ زیرا در این شرایط، آنها به کسب‌وکارها کمک می‌کنند تا به‌خوبی گام‌های اولیه را بردارند؛ اما در صورت شکل‌نگرفتن یک بستر مناسب و یک زیست‌بوم نوآوری استوار، دسترسی و ارتباط بین سرمایه‌گذاران خطرپذیر باتجربه و استارت‌آپ‌ها برای پشتیبانی از مراحل بعدی و تداوم سرمایه‌گذاری‌ها، مشکل می‌شود. این رخداد، ضمن افزایش خطر سرمایه‌گذاری، احتمال موفقیت استارت‌آپ‌ها را نیز کم می‌کند.

با توجه به اینکه اکوسیستم نوآوری، یکی از مهم‌ترین ساز و کار پیشران برای توسعه نوآوری مطرح شده است، پیشنهاد می‌شود به ایجاد زیرساخت مناسب برای تشکیل اکوسیستم نوآوری در دیگر بنگاه‌های اقتصادی و به‌خصوص بنگاه‌های صنعتی بزرگ توجه شود. همچنین با توجه به گستردگی و پیچیدگی روابط در بستر اکوسیستم نوآوری، پیشنهاد می‌شود بنگاه‌های بزرگ و بازیگران کلیدی، با شناسایی ابعاد مختلف بستر اکوسیستم‌های نوآوری، تلاش خود را در بهبود این بستر به یک یا چند شاخص متمرکز نکنند و با نگرش جامع به تمامی ابعاد اکوسیستم، نسبت به بهبود آن در جوانب مختلف همت کنند.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

اکوسیستم‌ها ساختارهایی با درجهٔ پویایی بالا هستند که برای تحلیل آنها لازم است متغیرهای مؤثر بر ابعاد مختلف، در کنار شاخص‌های عملیاتی مربوطه شناسایی و پس از دسته‌بندی و غربالگری مناسب، با استفاده از تکنیک‌های مؤثر تحلیل شوند. مدل‌سازی این ساختارهای به‌شدت پویا، به روش‌های مبتنی بر تغییرات در طول زمان نیاز دارد. این مدل‌سازی با شناسایی متغیرهای مؤثر بر جوانب اکوسیستم آغاز می‌شود و با ارائهٔ مدلی انجام می‌پذیرد که رفتارها و تغییرات اکوسیستم را در طول زمان توجیه کند و شرایط پیش رو را تخمین بزند. این پژوهش موضوع فوق را برای یک اکوسیستم نوآوری شرکتی در پیش می‌گیرد و با کمک خبرگان صنعت در قالب مصاحبه و پرسش‌نامه، ابتدا متغیرهای تأثیرگذار از مرور پیشینه شناسایی و با نظرات خبرگان و پیشینه پژوهش، مجموعهٔ متغیرهای مهم در قالب تکنیک دلفی فازی غربال شدند. پس از نهایی‌سازی متغیرها و دسته‌بندی آنها با کمک خبرگان، نمودار روابط علی حاکم در بین متغیرها شناسایی و ترسیم شد.

در نتیجه فرآیند انجام شده در این پژوهش، مجموع ۲۷ متغیر تأثیرگذار بر شرایط اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه در قالب چهار زیرسیستم ارتباطات، توانمندی‌ها، اقتصاد و پایداری اکوسیستم دسته‌بندی و در قالب زیرسیستم‌های مذکور مشخص شد. در نهایت با الگوگیری از پیشینه پژوهش و تحقیقات مشابه، در کنار همفکری خبرگان صنعت، روابط علی این متغیرها شناسایی و ترسیم شد.

۱-۶- دستاوردهای پژوهش

در این پژوهش، در ابتدا پس از انجام مرور پیشینه و مصاحبه، روش دلفی فازی برای اطمینان از غربالگری و انتخاب مناسب متغیرهای مدل به کار گرفته شد تا اطمینان از انتخاب متغیرهای مناسب به پشته‌ای یک روش کمی افزایش یابد. در گام دوم در کنار ترسیم نمودار روابط علی، دسته‌بندی متغیرها با کمک خبرگان در کنار مشاهده روابط بین متغیرها انجام شد که به این موضوع در مطالعات قبلی نیز توجه نشده بود. مزیت اجرای این دسته‌بندی، امکان ساده‌سازی مدل و گام برداشتن به‌سوی طراحی یک مدل مدولار است که استفاده از مدل را تا حدود زیادی ساده‌تر می‌کند.

از سوی دیگر، در اکوسیستم نوآوری شرکتی، نگاه تحلیلی به اکوسیستم مطالعه شده مبتنی بر شناسایی بازیگران کلیدی و ایفای نقش آنها و با توجه به متغیرهای اصلی شکل می‌گیرد. اجرای این فرآیند برای تحلیل اکوسیستم نوآوری در صنعت فولاد، برای اولین بار در این پروژه به اجرا درآمد. همچنین حضور مؤثر یک ساختار سرمایه‌گذاری جسورانه شرکتی به‌عنوان بازیگر مؤثر و کلیدی در این عرصه، تاکنون در بستر یک اکوسیستم نوآوری تحلیل نشده بود؛ بنابراین تحلیل اثرگذاری سرمایه‌گذاری جسورانه بر ابعاد اکوسیستم نوآوری، به‌عنوان یک عامل کلیدی، فعالیت جدیدی در عرصه مطالعات اکوسیستم نوآوری است.

بنابراین به‌طور کلی، نگرش جامع به ابعاد مختلف عوامل بقا و توسعه اکوسیستم و ارائه پیشنهاد برای مسیر توسعه آن، مبتنی بر این نگاه جامع، شرایط ویژه‌ای را در مقایسه با دیگر پژوهش‌های مشابه به وجود آورد و اجرای روش عملیاتی مبتنی بر ترکیب روش دلفی فازی با روش پویاشناسی، همچنین توجه به تأثیرات متغیرهای جدید از دستاوردهای ویژه این پژوهش است.

از دیدگاه مدیریتی نیز، اتخاذ سیاست مناسب در مسیر توسعه، دغدغه مهم مدیران و سیاست‌گذاران بنگاه‌های اقتصادی است. تحلیل محیط حاکم بر بنگاه در کنار ارائه برآورد آثار اتخاذ هر سیاست، ابزار ارزشمندی برای این مدیران خواهد بود. اکوسیستم نوآوری فولاد مبارکه نیز، از این قاعده مستثنا نبوده است، به سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی صحیح برای توسعه اکوسیستم نوآوری و پایش آن در این مجموعه نیاز شده و اقدامات لازم را برای افزایش اطلاعات خود در این راستا انجام داده است.

افزایش پیچیدگی فضای حاکم، اتخاذ سیاست و تخمین آثار آن را دشوار می‌کند؛ بنابراین در فضای بسیار پویا و پیچیده اکوسیستم نوآوری، وجود ابزاری که دیدگاه جامع و دسته‌بندی مناسب از عوامل تأثیرگذار را ارائه دهد، برای همه بازیگران اکوسیستم، به‌خصوص راهبران بسیار ارزشمند است. در این پژوهش تلاش شد تا این ابزار با دقت مناسبی تدوین شود و در دسترس استفاده‌کنندگان قرار گیرد.

۶-۲- محدودیت‌های پژوهش

با توجه به ابعاد گسترده اکوسیستم نوآوری، یکی از محدودیت‌های انجام پژوهش‌هایی از این دست، دسترسی به افراد کلیدی و بازیگران متعدد از همه ابعاد اکوسیستم است که با توجه به محدودیت زمانی، امکان جمع‌آوری نظرات همه این افراد ممکن نبود و در این تحقیق به افراد کلیدی هدف‌گذاری شده بسنده شد. پیشنهاد می‌شود در گام‌های تکمیلی این پژوهش، نسبت به تعیین روابط کمی متغیرهای شناسایی شده و مدل‌سازی اکوسیستم با روابط کمی، برای محاسبه شاخص‌های ارزیابی اکوسیستم نوآوری اقدام شود. همچنین با توجه به نتایج پژوهش، به نظر می‌رسد بررسی نقش بازیگران مختلف در جایگاه‌های گوناگون اکوسیستم نوآوری و تأثیرات عملکرد آنها بر شاخص‌های اکوسیستم، نتایج عملی درخور توجهی را برای راهبران و بازیگران اکوسیستم در پی دارد. همچنین توسعه روش‌هایی برای شناسایی متغیرهای فوق در هر اکوسیستم و سفارشی‌سازی این مدل ارزیابی برای آنها، راهکار مناسبی برای ارزیابی و ارتقای اکوسیستم‌های نوآوری شرکتی است.

۷- تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت شرکت فولاد مبارکه و همکاری و پشتیبانی شرکت پشتیبانی و توسعه فناوری و نوآوری فولاد مبارکه (MSTID) انجام شد. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر خود را از تلاش‌ها و همکاری مدیران و کارشناسان شرکت توسعه و پشتیبانی فناوری و نوآوری فولاد مبارکه، به‌خصوص جناب مهندس حسن‌زاده به‌سبب همکاری صمیمانه ایشان در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش اعلام کنند.

References

- Abbasnejad, T., Shafizadeh, R., & Ghafournia, M. (2019). Identifying and analyzing factors affecting the success of new product development using the system dynamics approach. *Industrial Management Studies*, 17(52), 39–57. <https://doi.org/10.22054/jims.2017.19985.1698>
- Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98.
- Dabbagh Afrooz, R., Zinda, B., & Pasbani, M. (2019). Creating an innovation ecosystem in the health sector with a system dynamics approach. *Future Research of Management*, 31(2)
- Cuhls, K. (2023). The Delphi method: An introduction. In *Delphi methods in the social and health sciences: Concepts, applications and case studies* (pp. 3–27). Springer.
- Den Hartigh, E., Tol, M., & Visscher, W. (2006). The health measurement of a business ecosystem. *Proceedings of the European Network on Chaos and Complexity Research and Management Practice Meeting*.
- Fargh, F., Zare-Mehrjerdi, Y., & Oliya, M. S. (2022). Investigating factors affecting customer satisfaction using fuzzy Delphi and system dynamics approaches. *Research in Production and Operations Management*, 13(4), 1–38. <https://doi.org/10.22108/POM.2022.133407.1440>
- Feng, L., Lu, J., & Wang, J. (2021). A systematic review of enterprise innovation ecosystems. *Sustainability*, 13(10), Article 5742. <https://doi.org/10.3390/su13105742>
- Ghazinoory, S., Sarkissian, A., Farhanchi, M., & Saghafi, F. (2020). Renewing a dysfunctional innovation ecosystem: The case of the Lalejin ceramics and pottery. *Technovation*, 96–97, Article 102122. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102122>

- Graça, P., & Camarinha-Matos, L. M. (2017). Performance indicators for collaborative business ecosystems—Literature review and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 237–255. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.11.023>
- Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, Article 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
- Grobman, G. M. (2005). Complexity theory: A new way to look at organizational change. *Public Administration Quarterly*, 29(4), 350–382.
- Habibi, A., Jahantigh, F. F., & Sarafrazi, A. (2015). Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 5(2), 130–143.
- Halachenko, O., Niziaieva, V., Goncharenko, M., Nazarenko, O., & Ivaniuk, U. (2020). Modeling of relationships with stakeholders on the basis of dynamic business ecosystem approach. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(6), 877–893.
- Hasan, A. E., & Jaber, F. K. (2024). Providing a framework for the screening and prioritisation of decision making criteria using fuzzy Delphi and fuzzy best-worst techniques. *AIP Conference Proceedings*. (Vol. 3091, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0204598>
- Hashemi Petrudi, S. H., Ghomi, H., & Mazaheriasad, M. (2022). An integrated fuzzy Delphi and Best–Worst Method (BWM) for performance measurement in higher education. *Decision Analytics Journal*, 4, Article 100121. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100121>
- Iansiti, M., & Levien, R. (2004). The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability. Boston: *Harvard Business School Press*. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=16920>
- Iansiti, M., & Levien, R. (2004). Keystones and dominators: Framing operating and technology strategy in a business ecosystem. *Harvard Business School Working Paper No. 3*, 1–82. <https://doi.org/10.26311/WP-14466>
- Iansiti, M., & Richards, G. L. (2006). The information technology ecosystem: Structure, health, and performance. *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 77–110. <https://doi.org/10.1177/0003603X0605100104>
- Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max–min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55(3), 241–253. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(93\)90116-D](https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90116-D)
- Javanmardi, S. (2022). Identifying factors influencing Iranian innovation ecosystem and determining their links. *Sustainable Futures*, 4, Article 100081. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100081>
- Tomoaia-Cotisel, A., Hyunjung, K., Allen, S., & Blanchet, K. (2017). Causal loop diagrams: a tool for visualizing emergent system behaviour. *Applied Systems Thinking for Health Systems Research*. London: McGraw Hill, 97–114.
- Kuczmarski, T. D. (2000). Measuring your return on innovation. *Marketing Management*, 9(1), 24–32. <https://www.proquest.com/openview/ba4e11a8ceeb3e56a78f220a1384c94f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=30990>
- Lianto, B. (2023). Identifying key assessment factors for a company's innovation capability based on intellectual capital: An application of the fuzzy Delphi method. *Sustainability*, 15(7), Article 6001. <https://doi.org/10.3390/su15076001>
- Mercan, B., & Goktaş, D. (2011). Components of innovation ecosystems: A cross-country study. *International Research Journal of Finance and Economics*, 76(16), 102–112.
- Meng, Y & Ma, Y (2018). Innovation Ecosystem Analysis 1986-2017: A Citation-Based Literature Survey and Y. Ma, *American Journal of Industrial and Business Management*, 8 (11), 2231-2255. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2018.811149>

- OECD & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018* (4th ed.). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Oh, D.-S., Phillips, F., Park, S., & Lee, E. (2016). Innovation ecosystems: A critical examination. *Technovation*, 54, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2016.02.004>
- Paasi, J., Wiman, H., Apilo, T., & Valkokari, K. (2022). Modeling the dynamics of innovation ecosystems. *International Journal of Innovation Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.12.002>
- Paasi, J., Wiman, H., Apilo, T., & Valkokari, K. (2023). Modeling the dynamics of innovation ecosystems. *International Journal of Innovation Studies*, 7(2), 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.12.002>
- Popov, E., Dolghenko, R., Simonova, V., & Chelak, I. (2021). Analytical model of innovation ecosystem development. *E3S Web of Conferences*, 250, Article 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125001004>
- Rabelo Neto, J., Figueiredo, C., Gabriel, B. C., & Valente, R. (2024). Factors for innovation ecosystem frameworks: Comprehensive organizational aspects for evolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 203, Article 123383. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123383>
- Ritala, P., Armila, L., & Blomqvist, K. (2009). Innovation orchestration capability — Defining the organizational and individual level determinants. *International Journal of Innovation Management*, 13(4), 569–591. <https://doi.org/10.1142/S136391960900242X>
- Ritala, P., & Almpantopoulou, A. (2017). In defense of “eco” in innovation ecosystem. *Technovation*, 60, 39–42. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.01.004>
- Saunders, M. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Prentice Hall.
- Shaker, F., Shahin, A., & Jahanyan, S. (2022). Investigating the causal relationships among failure modes, effects and causes: A system dynamics approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(8), 1977–1995. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2021-0307>
- Shalender, K., & Sharma, N. (2024). Building culture of creativity and innovation in organisations: A VUCA world perspective. In *VUCA and other analytics in business resilience, Part B* (pp. 95–102). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-198-120241006>
- Shi, X., Liang, X., & Luo, Y. (2023). Unpacking the intellectual structure of ecosystem research in innovation studies. *Research Policy*, 52(6), Article 104783. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104783>
- Silva, J. P. M., Guimarães, L. d. O., Inácio Júnior, E., & Castro, J. M. d. (2021). Entrepreneurial ecosystem: Analysis of the contribution of universities in the creation of technology-based firms. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 19, 160–175. <https://doi.org/10.19094/contextus.2021.68011>
- Sterman, J. D. (2001). System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world. *California Management Review*, 43(4), 8–25. <https://doi.org/10.2307/41166098>
- Valkokari, K. (2015). Business, innovation, and knowledge ecosystems: How they differ and how to survive and thrive within them. *Technology innovation management review*, 5(8), 17-24 https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/Valkokari_TIMReview_August2015.pdf
- Williamson, P. J., Meyer, A. D. (2020). Ecosystem Edge: Sustaining competitiveness in the face of disruption. In *Ecosystem Edge: Stanford University Press*.
- Yan, R., Lv, J., & Meng, Q. (2021a). Sustainable development of the innovation ecosystem from the perspective of T–O–V. *Complexity*, 2021, Article 3419175. <https://doi.org/10.1155/2021/3419175>
- Yao, J., Li, H., Shang, D., & Ding, L. (2021). Evolution of the industrial innovation ecosystem of resource-based cities (RBCs): A case study of Shanxi Province, China. *Sustainability*, 13(20), Article 11350. <https://doi.org/10.3390/su132011350>

- Yung, K. L., Jiang, Z.-Z., He, N., Ip, W. H., & Huang, M. (2020). System dynamics modeling of innovation ecosystem with two cases of space instruments. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3018782>
- Zhang, P., Zhou, E., Lei, Y., & Bian, J. (2021). Technological innovation and value creation of enterprise innovation ecosystem based on system dynamics modeling. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, Article 5510346. <https://doi.org/10.1155/2021/5510346>
- Zhang, W. (2007). A study on evaluation method of business ecosystem health. In *Modernization of Management* (Vol. 5, p. 40-42). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4600-1_87
- Zhang, X., Hu, H., & Zhou, C. (2023). Spatiotemporal evolution and cause analysis of innovation ecosystem niche fitness: A case study of the Yellow River Basin. *Sustainability*, 15(12), Article 9454. <https://doi.org/10.3390/su15129454>
- Zimmerman, B., Lindberg, C., & Plsek, P. (1998). *A complexity science primer: What is complexity science and why should I learn about it* (adapted from *Edgeware: Lessons From Complexity Science for Health Care Leaders*). Waterloo Institute for Social Innovation and Resilience, University of Waterloo. <https://napcrg.org/media/1278/beginner-complexity-science-module.pdf#page=1.00&gstr=0>

¹ Adner

² Complementary Asset

³ Ritala & Almpantopoulou

⁴ Iansiti & Richards

⁵ RITALA et al.

⁶ Merkan & Goktas

⁷ Ecosystem health

⁸ Innovation Revenue

⁹ Iansiti & Levien

¹⁰ Den Hartigh

¹¹ Mercan & Goktas

¹² Paasi et al.

¹³ Zhang et al.

¹⁴ Yung et al.

¹⁵ Dabbagh Afrooz et al.

¹⁶ Rabelo Neto et al.

¹⁷ Javanmardi

¹⁸ Popov et al.

¹⁹ Zhang et al.

²⁰ Co-development

²¹ Research Onion

²² Saunders

²³ Fuzzy Delphi

²⁴ Ishikawa

²⁵ Complexity Approach

²⁶ GT

²⁷ ABM

²⁸ SDM

²⁹ Patent

³⁰ Co-development

³¹ Co-development

³² VENSIM

This page intentionally left blank.