

Providing a model for the foundation of Industry 4.0 with the emphasis on the role of open innovation

Davood Andalib Ardakani^{۱*}, Maryam Hosseini^۲

Received: 08/04/2024

PP: 37-78

Accepted: 15/05/2024

Abstract

One of the fundamental problems in the era of Industry 4.0 is the lack of attention to open innovation in organizations. One of the most important reasons is the lack of an efficient model in this field. This research has firstly identified the indicators and components affecting the foundation of Industry 4.0 along with open innovation with the help of meta-composite method, and then, with the system dynamics method, it designs a dynamic model for the foundation of Industry 4.0 along with open innovation in the organization. The research results demonstrate 38 indicators and 9 main components (input innovation, two-way innovation, organization's creativity and innovation, recognition and increasing the preparation of technologies, the technological structure of Industry 4.0 organization, organization's absorption capacity, organization's performance, resource mobilization, human resources in industry 4.0 along with open innovation). As well as, the findings obtained from the dynamic model of the system explain that with the implementation of the industry 4.0 process with the role of open innovation in organizations, the productivity and financial profit of the organization will increase but when the open innovation process in the organization's industry 4.0 is low, the productivity, financial profit and market share of the organization will be accompanied by difficulties in the future.

Keywords: Competitive Advantage, Industry 4.0, Open innovation, Meta synthesis, system dynamics.

Reference: Andalib Ardakani, D., & Hosseini M. (2024). Providing a model for the foundation of Industry 4.0 with the emphasis on the role of open innovation (A case study). *Innovation Management Journal*, 13(2), 37-78.

Doi: [10.22034/imj.2024.451586.2809](https://doi.org/10.22034/imj.2024.451586.2809)

^۱- Assistant Prof. Faculty of Industrial Management department, The School of Economy, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran. andalib@yazd.ac.ir

^۲- PhD student in Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran. maryamhosinie2222@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

ارائه الگویی برای بسترسازی صنعت ۴۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز^۱داود عندلیب اردکانی^{۲*}، مریم حسینی^۳

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

صص: ۳۷-۷۸

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

چکیده

یکی از مشکلات بنیادی در عصر صنعت ۴۰، عدم توجه به نوآوری باز در سازمان‌هاست. از مهمترین دلایل آن، نبود الگویی کارآمد در این حوزه می‌باشد. این پژوهش ابتدا شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر بر بسترسازی صنعت ۴۰ همراه با نوآوری باز را به کمک روش فراترکیب شناسایی کرده است و سپس با روش پویایی سیستم، الگویی پویا برای بسترسازی صنعت ۴۰ همراه با نوآوری باز در سازمان طراحی می‌کند. نتایج پژوهش، ۳۸ شاخص و ۹ مؤلفه اصلی را (نوآوری ورودی، نوآوری دوسویه، خلاقیت و نوآوری سازمان، تشخیص و افزایش آمادگی فناوری‌ها، ساختارمندی فناوری‌ها، ساختارمندی صنعت ۴۰ سازمان، ظرفیت جذب سازمان، عملکرد سازمان، بسیج منابع، منابع انسانی در صنعت ۴۰ همراه با نوآوری باز) نشان می‌دهد. همچنین یافته‌های روش پویایی سیستم حاکی از آن است که با اجرای فرایند بسترسازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز در سازمان‌ها، بهره‌وری و سود مالی سازمان، افزایش می‌یابند، اما هنگامی که فرایند نوآوری باز در صنعت ۴۰ سازمان، پایین باشد، بهره‌وری، سود مالی و سهم بازار سازمان در آینده همراه با مسائلی خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: صنعت ۴۰، مزیت رقابتی، نوآوری باز، فراترکیب، پویایی‌شناسی سیستم.

استناددهی (APA): عندلیب اردکانی، داود، و حسینی، مریم (۱۴۰۳). ارائه الگویی برای بسترسازی صنعت ۴۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز، نشریه علمی مدیریت نوآوری، ۱۳ (۲)، ۳۷-۷۸.
Doi: [10.22034/imj.2024.451586.2809](https://doi.org/10.22034/imj.2024.451586.2809)

۱ - مقاله کنونی برگرفته از رساله دکتری رشته مدیریت صنعتی دانشگاه یزد است.

۲ نویسنده مسئول: دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران،
andalib@yazd.ac.ir

۳ دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران .
maryamhosinie222@gmail.com

انقلاب صنعتی چهارم باعث تغییراتی در اجتماع، صنعت و فناوری می‌شود که معمولاً ناشی از تنوعات دیجیتالی صنعت می‌باشد و گاه به صورت صنعت ۴.۰ مطرح می‌شود. صنعت ۴.۰ ادغام سیستم‌های هوشمند سازمان‌ها و ارائه تغییرات انعطاف‌پذیر فرایندهای تولید در محدوده آنهاست (سانیک، گرابوفسکا^۱، ۲۰۲۲). فناوری‌های صنعت ۴.۰ به سازمان‌ها در جمع‌آوری، اشتراک‌گذاری، تحلیل و تفسیر داده‌ها از سیستم‌های سازنده و خودکار، کمک می‌کنند. در نتیجه، صنعت ۴.۰ تلاش می‌کند با ارائه محصولاتی با کیفیت بالا و هزینه کاهش‌یافته و کاربرد مناسب از منابع، در دستیابی شرکت‌ها به شایستگی‌ها و اهداف پایداری کمک کند (جایاشری و همکاران^۲، ۲۰۲۲). از طرفی دیگر برای حمایت از پیشرفت‌های فناوری و تکنیکی امروزی، سازمان‌ها در تلاش برای تغییر روندهای مدیریتی خود از طریق نوآوری‌ها هستند (رابرت، جولیان، دوبولوز^۳، ۲۰۲۲). امروزه بسیاری از سازمان‌ها به کمک ارتباطات قوی خود و با بهره‌مندی از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی توسعه‌یافته، با سازمان‌های دیگر، مؤسسه‌های تحقیقاتی و آموزشی و همچنین منابع معتبر دانشی خارج از سازمان، ارتباط و تعامل برقرار می‌کنند و بدین‌گونه نوآوری به شیوه «باز» را ارائه می‌کنند (نقشبندی، جاسم‌الدین^۴، ۲۰۲۲). به دلیل افزایش رشد فناوری‌ها و جهانی‌شدن متناوب آنها، نوآوری باز^۵ اهمیت بالایی یافته است. سازمان‌ها در محیط رقابتی امروزه، نیازمند برقراری ارتباطات با محیط بیرونی و بازارهای جهانی برای بقای خود هستند (منفرد، ۱۴۰۰). نوآوری باز، راهی برای رسیدن به نوآوری از طریق همکاری با منابع دانش و فناوری از بیرون سازمان می‌باشد که ترقی و بهبود مزیت رقابتی سازمان‌ها را به همراه دارد. پژوهشگران معتقدند: ضرورتی ندارد که همواره فقط از منابع درونی سازمان برای نوآوری بهره‌گرفت و این منابع و ایده‌ها می‌توانند از همکاری با

۱- Saniuk, Grabowska

۲- Jayashree, et al

۳- Robert, Giuliani, Dubouloz

۴- Naqshbandi, Jasimuddin

۵- Open innovation(OI)



دیگر سازمان‌های بیرونی به‌دست آیند. همچنین بهره‌گیری از منابع بیرونی برای دستیابی به ایده‌ها و انتقالات دانش و اطلاعات با دیگر سازمان‌ها، دانش فناوریانه، همکاری‌ها و سرمایه‌گذاری‌های متقابل را در سازمان‌ها افزایش می‌دهد (سیفاللهی و نیکخواه، ۱۴۰۲). در شرکت‌هایی که نوآوری باز انجام می‌شود، هزینه نوآوری‌ها کاهش می‌یابد و همچنین آنها زودتر وارد بازار می‌شوند. این سازمان‌ها به کمک نوآوری باز می‌توانند در خطرهای نوآوری، با دیگر شرکت‌ها همکاری و مشارکت کنند و همچنین این سازمان‌ها زودتر با تغییرات بازار هماهنگ می‌شوند و در بازار رقابتی و جهانی امروز، با داشتن ایده‌های جدید باقی می‌مانند (هاشمی دهقی، ۱۳۹۳).

برخلاف تغییرات صنعتی قبلی، صنعت ۴/۰ بر مطابقت و ادغام موضوعات و تخصص‌ها متکی است. ویژگی‌هایی مانند: تغییرات دیجیتالی و ارتباطات جهانی، ارزش بالایی در سرعت ایجاد نوآوری دارند (کاستا، ماتیاس^۱، ۲۰۲۰). صنعت ۴/۰ بر نوآوری باز و تغییرات چشمگیر دیجیتال بنا شده است. هنوز تحقیقات تجربی مناسبی به‌منظور شرح اینکه چگونه فناوری‌های این صنعت در نوآوری باز، اجرا و ارزیابی می‌شوند، حاصل نشده است، اما می‌توان گفت که ادبیات مورد توجه و روبه‌رشدی در مورد صنعت ۴/۰ و نوآوری باز یافت می‌شود. به این صورت که راه‌حل‌های خلاقانه از یکپارچگی نوآوری باز و صنعت ۴/۰ حاصل می‌شود (ناروئثارادول و همکاران^۲، ۲۰۲۲). شماری از این پژوهش‌ها در بخش مرور پیشینه به‌طور خلاصه مطرح شده‌اند که نشان‌دهنده ارتباط فناوری‌های صنعت ۴/۰ با نوآوری باز می‌باشند، اما همچنین این پژوهش‌ها بیانگر آن هستند که در آنها بیشترین توجه و نگاه به فناوری‌های صنعت ۴/۰ بوده و نوآوری باز کمتر مورد توجه پژوهشگران پیشین بوده است. بدین ترتیب در این راستا، پژوهش کنونی تلاش کرده است که این خلاء پژوهشی را رفع کند. در این پژوهش مسئله پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴/۰ همراه با نوآوری باز به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است و عوامل مؤثر برای اجرای

^۱ - Costa, Matias^۲ - Naruetharadhol, et al

صنعت ۴۰ با در نظر گرفتن نقش نوآوری باز، استخراج و تحلیل شده است. همچنین تلاش شده تا با تحلیل و پردازش این عوامل گردآوری شده در بخش فراترکیب، الگویی پویا برای شرکت فولاد یزد با کمک روش پویایی سیستم، ترسیم شود. هدف از پژوهش کنونی، شناسایی عوامل مؤثر برای پیاده سازی بستر سازی فناوری های صنعت ۴۰ با در نظر گرفتن نقش نوآوری باز در سازمان و ارائه الگویی پویا در این زمینه است. برای شرح بهتر ارتباط و نقش فناوری های صنعت ۴۰ در نوآوری باز، در بخش مرور پیشینه، چندین مقاله در زمینه فناوری های صنعت ۴۰ در نوآوری باز، به صورت خلاصه مرور می شود.

پیشینه پژوهش

پژوهشگران در مطالعه ای، تأثیر فناوری های صنعت ۴۰ را بر کارکرد نوآوری سبز به کمک نوآوری باز به عنوان میانجی میان آنها، بررسی کرده اند. آنها با بهره گیری از رویکرد قیاسی و به کمک استفاده از روش الگوسازی معادلات ساختاری با حداقل مربعات جزئی به تحلیل داده های جمع آوری شده پرداخته اند و دریافتند که فناوری های صنعت ۴۰، تأثیری بسزا در افزایش عملکرد نوآوری باز دارد که همین نیز به بهبود نوآوری سبز منجر شده و بهتر است صنایع کوچک و متوسط به علت سرمایه و منابع کم خود و تمایل به خطر کمتر، از رویکرد نوآوری باز برای توسعه و بهبود نوآوری سبز در سازمان ها کمک گیرند (مبارک و همکاران، ۲۰۲۱). در پژوهشی دیگر با هدف بررسی و ارزیابی فناوری های صنعت ۴۰ با نوآوری باز برای سازمان های کشاورزی- غذایی و پایداری آنها، نویسندگان به گردآوری داده های مربوط به اهمیت فناوری های صنعت ۴۰ از سازمان ها، پرداخته اند. جامعه آماری، مصاحبه های انجام شده در یک سازمان توزیع کننده در ایتالیا می باشد. یافته ها، چگونگی انتقال اطلاعات در فناوری های صنعت ۴۰ را شرح می دهند و بدین ترتیب مصرف کنندگان می توانند برای محصولات جدید تقاضا کنند و نوآوری باز و ارزش مشترک را ارائه دهند و این یافته ها به این نکته اشاره دارند که ظرفیت های جذب و



توانایی مدیریت دانش در مشاغل کشاورزی- غذایی و فناوری‌های صنعت ۴/۰، نقش بارزی در کارکرد نوآوری باز و پایداری راهبردهای زنجیره تأمین دارند (ریالتی، ماروچی، زولو، سیایی^۱، ۲۰۲۲).

در پژوهشی دیگر با هدف بررسی چگونگی حمایت نوآوری باز در سازمان‌های کوچک و متوسط در اجرای فناوری‌های صنعت ۴/۰، نویسندگان، منطقه-ای خاص در جنوب ایتالیا را برای نظارت محیطی و فرصت‌های نوآوری در نظر گرفته‌اند و داده‌ها را به کمک الگوهای رگرسیونی تحلیل کرده‌اند. بدین‌گونه، آنها شرح داده‌اند که هم‌وسعت و هم‌عمق نوآوری باز می‌تواند سازمان‌ها را در رؤیاری با چالش‌های ذاتی خود و توسعه بهتر تغییرات فناوری‌های دیجیتالی و عصر صنعت ۴/۰، یاری رسانند. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که مهارت افراد و کارکنان از بارزترین شاخص‌ها در پذیرش و اجرای فناوری‌های صنعت ۴/۰ در سازمان‌هاست و اثرات نوآوری باز در پذیرش صنعت ۴/۰ در سازمان‌ها، به نوع صنعتی که شرکت‌ها در آن عملیات را اجرا می‌کنند، وابسته می‌باشد (مسنی پتروزلی، مورگیا، پارمنتولا^۲، ۲۰۲۲). پژوهشگران، مطالعه‌ای را با هدف تحلیلی درباره کارکنان هوشمند تولید از دیدگاه نوآوری و ارائه ساختاری از مهارت‌های کارکنان، عرضه نموده‌اند که پروفایل‌های شغلی را نیز برای سازمان‌هایی که در راستای پیشرفت در صنعت ۴/۰ هستند، شرح می‌دهد. آنها بر تحلیل افراد از نظر نوآوری و خلاقیت در تولید هوشمند تأکید داشتند و دریافتند که خلاقیت و نوآوری، بخش مهمی از شایستگی‌های افراد در صنعت ۴/۰ در شرکت‌های حوزه متالورژی لهستان می‌باشد. به‌علاوه نتایج نشان داد که درخواست‌های استخدامی، به صورت مستقیم و غیرمستقیم با نوآوری و خلاقیت ارتباط دارند (گاجدزیک، ولنیاک^۳، ۲۰۲۲). پژوهشگران همچنین تحقیقی را با هدف تغییر ویژگی‌های روان‌سنجی، برای بهره‌مندی از نوآوری باز که با الگوی ۴ بُعدی (مدیریت دانش، تمرکز، بررسی و ارزیابی انتقال فناوری-های صنعت ۴/۰ و شبکه‌ها) ارتباط دارد، ارائه کرده‌اند. نمونه آماری، ۳۷۳

۱- Rialti, Marrucci, Zollo, Ciappei

۲- Messeni Petruzzelli, Murgia, Parmentola

۳- Gajdzik, Wolniak

شرکت کوچک و متوسط می‌باشد که از آنها برای تحلیل مرتبه دوم استفاده شده است. یافته‌های این پژوهش، رابطه معناداری بین ساختاردهی سازمان و بهره‌مندی از نوآوری باز را شرح می‌دهند که به همین علت، سازمان‌ها باید در پیاده‌سازی نوآوری باز، بخش‌های مدیریتی را انتخاب کنند. همچنین یافته‌ها شرح می‌دهند که سازمان‌های تولیدی به کمک مشارکت با سهامداران مرتبط، مانند دانشگاه‌ها، مشتریان، دولت، صنایع و انتقال فناوری‌های صنعت ۴/۰، فرصتی ارزشمند برای بهره‌گیری از نوآوری باز را به دست می‌آورند (ناروئثارادول و همکاران، ۲۰۲۲^۱). در پژوهشی دیگر، پژوهشگران در تلاش برای بررسی چگونگی ارتباطات بین سازمان‌ها در نوآوری باز همراه با پذیرش فناوری‌های صنعت ۴/۰ در سازمان‌های کوچک و متوسط می‌باشند. پژوهشگران با یکپارچگی نوآوری باز و توانایی‌های پویا، به ارزیابی چگونگی پذیرش ایده‌ها و فناوری‌های صنعت ۴/۰ پرداخته‌اند. با گردآوری داده‌ها در یک دوره ۲ ساله (۲۰۲۰-۲۰۱۸) از چند منبع، آنان دریافتند که سازمان‌های کوچک و متوسط با ایجاد ارتباطات با ذی‌نفعان و شرکا بیرونی، می‌توانند موانع خود را در به-کارگیری صنعت ۴/۰ حذف نمایند. همچنین اشتراک‌گذاری‌ها با منابع و شرکا بیرونی، سازمان‌ها را به اجرای زیرساخت‌های فناوری‌های صنعت ۴/۰ در خود تشویق می‌نماید و سازمان‌ها با ارتباط با منابع نوآوری بیرونی، توانایی‌های خود را برای ارزیابی فناوری‌های صنعت ۴/۰ و بهره‌گیری از دانش، افزایش داده-اند (لپور، وچیولینی، میکوزی، اسپیگاری، ۲۰۲۳^۲). با توجه به تحقیقات پیشین و همچنین تعداد زیاد پژوهش‌ها درباره صنعت ۴/۰ و نوآوری باز، می‌توان به اهمیت زیاد صنعت ۴/۰ همراه با نوآوری باز در سال‌های اخیر در سازمان‌ها به‌منظور رشد و ترقی آنها، پی برد، اما این پژوهش‌ها نشان‌دهنده آن است که در آنها بیشترین توجه به فناوری‌های صنعت ۴/۰ بوده و نوآوری باز، کمتر توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است. همچنین تعداد عوامل مورد بررسی در بیشتر پژوهش‌های پیشین، اندک بوده است و الگوی جامعی ارائه نشده است، بدین ترتیب در این راستا، این پژوهش تلاش کرده است که این

۱- Naruetharadhol, et al

۲- Lepore, Vecchiolini, Micozzi, Spigarelli



خلاء پژوهشی را رفع کند. همچنین این مفهوم در جهان و ایران جدید می‌باشد و دارای زوایای گوناگون و پیچیدگی‌های خاص خود می‌باشد. بنابراین در این پژوهش تلاش شده است تا عوامل تأثیرگذار در بستر سازی فناوری‌های صنعت ۴۰ همراه با نقش مؤثر نوآوری باز در سازمان‌ها، شناسایی و تعیین شود و به کمک آنها و تحلیل روابط میان آنها، الگویی پویا و جامع از این مفهوم ارائه شود.

مبانی نظری پژوهش

صنعت ۴۰

مفهوم صنعت ۴۰ در سال ۲۰۱۱ در آلمان مطرح شد و رابطه نزدیکی با تحولات دیجیتالی دارد. ایده صنعت ۴۰ تغییرات دیجیتالی بازارهای صنعتی، خدماتی و مصرفی، از ابتدای تولید هوشمند تا دیجیتالی کردن همه بخش‌های ضروری، تمام منابع و ارزش را دربردارد (توتاک، برودنی^۱، ۲۰۲۲). صنعت ۴۰ در سال‌های اخیر به‌عنوان یک تحول اتوماسیونی و دیجیتالی، چالش‌ها و محدودیت‌های بسیاری را برای سازمان‌های تولیدی ایجاد کرده است. این صنعت را درواقع یک توسعه افقی و عمودی در فناوری اطلاعات و ارتباطات، می‌توان نام برد. بستر سازی و پیاده‌سازی صنعت ۴۰، افزون‌بر افزایش بهبود و کیفیت کالاها و فرایندهای تولیدی، تحولی بارز در سیستم‌ها و فناوری‌های تولیدی و الگوهای کسب‌وکار ایجاد کرده است که همراه با چالش‌ها و مسائلی برای سازمان‌ها می‌باشد (روسینی، پاول، کندو^۲، ۲۰۲۳). تغییرات صورت گرفته توسط صنعت ۴۰ می‌تواند به بهبود عملکرد یک سازمان کمک کند. در ابتدا، اصل صنعت ۴۰، ارتباطات و پیوستگی فناوری‌ها، ماشین‌ها و فرایندهای دیجیتال می‌باشد که کارکرد الگوهای تولید مستقل را به همراه دارد. ایجاد تغییرات کاملاً دیجیتالی در سازمان، نیازمند تغییر راهبردهای سازمان است، این امر یک تصمیم لازم به‌منظور ایجاد موفقیت و پایداری مزیت رقابتی در

۱- Tutak, Brodny

۲- Rossini, Powell, Kundu

فرایند تحول دیجیتال در صنعت ۴.۰ سازمان می‌باشد (هیمانگ، اوکامپو، ابیسو، بونگو^۱، ۲۰۲۰). از طریق صنعت ۴.۰، تجهیزات فیزیکی هوشمند، زیرسیستم‌های غیرمتمرکز و حتی افراد، به شکلی پیوسته، در یک سیستم تولید غیرمتمرکز که می‌تواند انطباق جداگانه و مستقل با محرک‌های محیطی برقرار کند، یکپارچه می‌شوند. این دامنه دیجیتالی در صنعت ۴.۰ از مرز سازمان‌های مستقل نیز گسترش می‌یابد که یکپارچگی عمودی سیستم‌های تولید و یکپارچگی افقی زنجیره ارزش شریکان را به همراه دارند. به یاری به-کارگیری تجاری کارآمد از رسانه‌های اجتماعی، انقلاب صنعتی دیجیتال یا صنعت ۴.۰، ادغام مشتری را نیز در بردارد (قباخلو و همکاران^۲، ۲۰۲۱). در صنعت ۴.۰، مراحل ایجاد ارزش در تمام زنجیره تأمین انعطاف‌پذیرتر می‌شود و تصمیم‌گیری‌ها بهینه می‌شوند. همچنین، صنعت ۴.۰ بهبود و بازاریابی کالاها و خدمات نوآورانه را آسان می‌سازد و مدیریت نوآوری دارای تغییرات مهمی می‌شود، زیرا داده‌ها در صنعت ۴.۰ می‌توانند به شکلی مستقیم از به-کارگیری از محصول به توسعه و بهبود محصول برگردند، اما همچنین باید تأکید شود که تبادل داده‌ها در سراسر زنجیره تأمین با مشکلات فنی و محدودیت‌هایی در شفاف بودن داده‌ها برای افراد، همراه است (ویل، کیل، مولر، وویگت^۳، ۲۰۲۰). فناوری‌های صنعت ۴.۰ بر دریافت و ذخیره کردن و ایجاد تغییرات در قطعات و منابع و تحویل آنها به فرایند تولید، با توزیع کالاها یا خدمات، اثرات بسیاری دارد. سرتاسر زنجیره ارزش به کمک فناوری‌های صنعت ۴.۰ و دیجیتالی کردن آنها که جریان مواد و محصولات درون و بین‌سازمانی را بهبود می‌بخشد، همراه با سیستم‌های تولیدی که از منابع و دسته‌های فرعی که قبلاً موجود بوده است، به کار گرفته می‌شوند، می‌توانند مناسب‌تر به اجرا درآیند (گوتز، یانکوسکا^۴، ۲۰۲۰).

نوآوری باز

در رویکرد نوآوری بسته، سازمان‌ها غالباً فرایندهای تحقیق و توسعه^۱ را درون سازمان اجرا می‌کنند و سپس محصول یا خدمات جدید همراه با نوآوری، وارد بازار می‌شوند و این‌گونه مالکیت معنوی^۲ خود را در برابر دیگران نگهداری می‌کنند، اما امروزه در رویکرد نوآوری باز، ایده‌ها و فناوری‌ها به کمک اشتراک‌گذاری‌های درونی و بیرونی و از بین بردن مرزهای سازمانی، هم در حیطه‌های علمی- پژوهشی و هم در حیطه‌های تجاری، نظرات و توجهات زیادی را به- دست می‌آورند (لیو، شی، یانگ^۳، ۲۰۲۲). راهبردهایی مانند بهره‌برداری از فناوری‌های خارج و داخل سازمان، فعالیت‌های نوآوری سازمان‌ها را به صورت چشمگیری ارتقا می‌دهند. بدین ترتیب نوآوری باز را روشی پژوهشی با هدف یکپارچگی اطلاعات و ورودی‌های داخلی و خارجی برای گسترش محصولات، خدمات و فناوری‌های جدید یا استفاده از ایده‌های فکری برای تغییر ارزش‌ها و مفاهیم به ترکیبی مناسب از منابع خارجی و داخلی، می‌توان به‌شمار آورد (بیگلیاردی، فرارو، فیلیپلی، گالاتی^۴، ۲۰۲۰). یکی از مهمترین جنبه‌ها در نوآوری‌های سازمانی، فرایندهای نوآوری در سطح سازمان است. دو سطح بالقوه در این دسته‌بندی‌ها برای نوآوری‌ها در سازمان می‌باشد: فرایندهای نوآوری باز از بیرون سازمان و فرایندهای نوآوری باز به درون سازمان. در فرایندهای نوآوری باز از بیرون سازمان، دانش، منابع و ایده‌های شرکت‌ها از بیرون به درون مرزهای سازمان منتقل می‌شوند تا با منابع موجود در سازمان به صورت الگوهای کسب‌وکار سازمانی، ترکیب شوند و نوآوری‌های سازمانی را ایجاد کنند اما در فرایندهای نوآوری باز به درون سازمان، از الگوهای کسب‌وکار بیرون از سازمان برای تجاری کردن و بهره‌برداری از ایده‌ها، دانش‌ها و فناوری‌های درون سازمان که با الگوهای کسب‌وکار سازمان تطابق ندارند، استفاده می‌شود (مشایخ، سیدطباطبائیان، امیری و مهرداد شکریه، ۱۳۹۵). همراه با نوآوری باز، سازمان‌ها می‌توانند در یک محیط متغیر و پیچیده، رقابت خود را با دیگر سازمان‌ها حفظ کنند. درواقع، نوآوری باز، قابلیت انطباق را در سازمان‌ها

۱- Research and Development (R&D)

۲- Intellectual Property (IP)

۳- Liu, Shi, Yang

۴- Bigliardi, Ferraro, Filippelli, Galati

افزایش می‌دهد و مزایای فراوانی را برای سازمان‌ها و مشتریان ایجاد می‌کند. بدین صورت که کالاها و خدمات، به شکلی بهتر با بازار مطابقت یافته، هزینه‌ها انعطاف‌پذیرتر شده، بهره‌وری‌های سازمان افزایش می‌یابد و دستیابی به دانش برای سازمان آسان‌تر می‌شود. بدین ترتیب فرایندهای نوآوری سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر می‌شوند (رادسعید، ودادی و حقیقت‌منفرد، ۱۴۰۱). گردشگرآوری اطلاعات، ایده‌ها و دانش از متقاضیان، عرضه‌کنندگان و کارمندان سازمان به کمک تجهیزات خودکار و دیجیتالی، صورت می‌گیرد که به ارتباطات مستقیم دوسویه یاری می‌رساند. در نتیجه، نوآوری باز دوطرفه در رونق و تقویت کالاها یا خدمات، تأثیری بسزا دارد. سازمان‌های کوچک و متوسط که فناوری‌های دیجیتالی بیشتری دارند و از تجهیزاتی امروزی از جمله شبکه‌های اجتماعی (تلگرام، واتس‌آپ)، بازاریابی مجازی و برخط یا آنلاین (وب‌گاه و کسب‌وکار الکترونیکی) و هوش مصنوعی (چت‌ربات) بهره می‌گیرند، فرایندهای نوآوری مناسب‌تری را در بازارهایشان دارا می‌باشند و بنابراین افزایش رضایت مصرف‌کنندگان و بالاتر رفتن سهم بازار و کارکرد مالی را خواهند داشت (والدز-خوارز، کاستیلو-ورگارا، ۲۰۲۱).

نوآوری باز و صنعت ۴.۰

در سال‌های اخیر، نیاز نوآوری باز در فرایندها و فناوری‌های دیجیتالی و اتوماسیونی، ضروری است، به این دلیل که رقابت را در سطح تقاضاهای درونی و بیرونی، بالا می‌برد. ربات‌های خودکار و مستقل، اثرات بارزی در کاهش هزینه‌ها و دسترسی به اهداف و راهبردها به کمک فناوری‌های دیجیتال و خودکار جدید، دارند. همچنین سیستم و فناوری‌های خودمختار از جمله اشتراکات و ارتباطات ماشین به ماشین و امنیت سایبری به منظور شناسایی و تعیین مؤثرتر و کارآمدتر فرایندهای معمول تولید یا خدمات، تعریف شده‌اند. بیشتر مدیران و شرکا به کمک فرایندهای نوآوری باز و با بهره‌گیری از فناوری‌های صنعت ۴.۰، منابع و فرصت‌های نوآوری را در تجارت و بازار



به اشتراک می‌گذارند (سیلوا، و همکاران^۱، ۲۰۲۳). امروزه فرایندهای نوآوری باز به طرز سریعی همراه با تغییرات دیجیتالی و خودکارسازی در حال ترقی و رشد می‌باشند و از نقطه عطف خود فراتر می‌روند. همچنین هزینه‌های این نوآوری‌ها را برای سازمان‌ها، مراکز و دیگر افراد در این محیط دیجیتالی و پویا، کاهش می‌دهد. برای نمونه، طرح‌های تغییرات دیجیتالی، رشد زیاد نوآوری را به صورت جهانی و فراگیر در پی داشته است و انعطاف‌پذیری جوامع را توسعه بخشیده است (کاستا، ماتياس^۲، ۲۰۲۰).

روش پژوهش

پژوهش کنونی از نظر هدف، از نوع تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای و از نظر روش اجرا جزو تحقیقات توصیفی از نوع الگوسازی به‌شمار می‌رود. در پژوهش کنونی، ابزار گردآوری داده‌ها، مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه است. جامعه آماری نیز دربرگیرنده استادان و مدیران حوزه صنعت ۴۰ و نوآوری باز می‌باشد که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، ۹ نفر انتخاب شدند (۲ نفر از استادان و ۷ نفر از مدیران و متخصصان سازمان فولاد یزد) و در مرحله مصاحبه برای جمع‌آوری داده‌های لازم به‌منظور شبیه‌سازی و تحلیل الگو همکاری کردند. در این تحقیق، عوامل مؤثر بر آمادگی سازمان برای اجرای صنعت ۴۰ و نوآوری باز با بررسی پژوهش‌های پیشین و تحلیل آن با استفاده از روش فراترکیب به‌دست آمد و به‌منظور تحلیل ارتباط بین عوامل از تکنیک پویایی‌شناسی سیستم‌ها و مصاحبه با خبرگان سازمان فولاد یزد استفاده شد. بدین صورت که به‌منظور درک ارتباط تقویت‌کننده یا متعادل‌ساز بین عوامل کلیدی، نمودار جریان-حالت مرتبط با آن ترسیم شده است و پس از شبیه‌سازی الگو، به تحلیل سناریو پرداخته شد. گفتنی است که برای ترسیم نمودار یادشده از نرم‌افزار ونسیم کمک گرفته شده است.

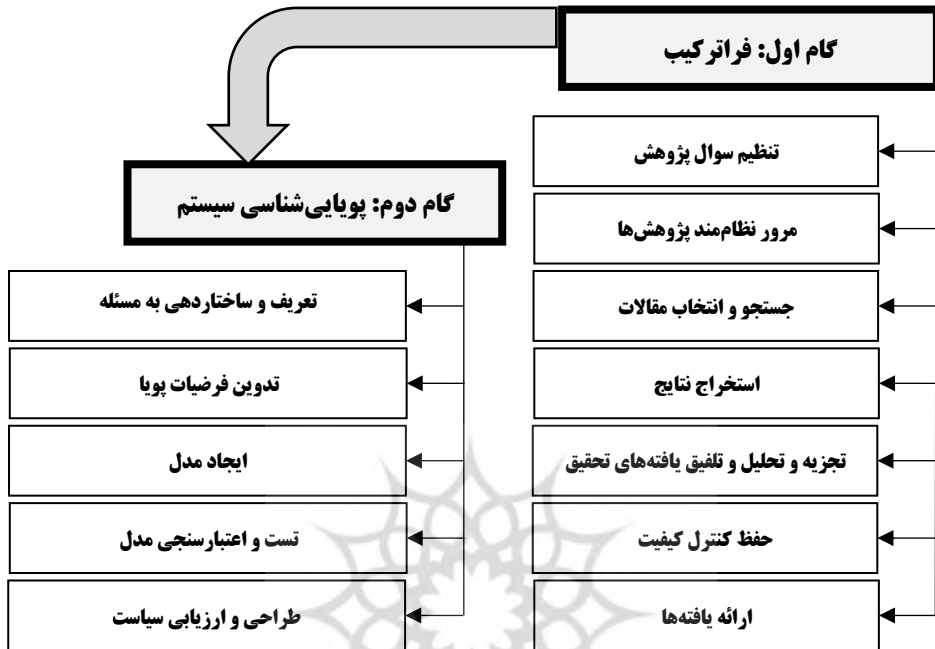
۱- Silva, et al
۲- Costa, Matias

سازمان فولاد یزد در ابتدا فعالیت‌های خود را در بخش خصوصی آغاز کرد و با احداث یک واحد اختصاصی به‌منظور تولید نورد میلگرد در نزدیکی شهر یزد، توانست به قطب بزرگ تولیدات در جمهوری اسلامی ایران تبدیل شود. از این‌رو پس از حدود ۱۵ سال از فعالیت، این کارخانه توانسته به رقم‌های سوددهی خوبی در بازار فولادهای صنعتی، اقتصادی و انواع ساختمانی برسد. ضمن این‌که کارخانه احرامیان فولاد یزد تلاش کرده در طول این سال‌ها و روی نمودار سوددهی، هم به صورت افقی و هم عمودی، ساختار کلی را حفظ کند.

در مرحله استخراج عوامل، آن دسته از عواملی انتخاب شدند که در فرایند پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴.۰ در سازمان، به کمک نوآوری باز در سازمان‌ها تأثیرگذارند یا نشان‌دهنده این مفهوم باشند که همراه با نوآوری باز در سازمان‌ها، پیاده‌سازی این صنعت در سازمان‌ها را تسهیل می‌کنند. بدین‌گونه که یا بر صنعت ۴.۰ سازمان یا بر ایجاد مؤثر نوآوری باز در آن یا بر هر دو اثرگذارند. از آنجایی که در روش فراترکیب با ایجاد نگرشی نظام‌مند به کمک مرور مطالعات گوناگون، موضوعات جدید و مهم کشف می‌شود و بدین‌گونه دانش و ایده‌های فعلی توسعه می‌یابند و نگرشی جامع درباره مسائل شکل می‌گیرد، در پژوهش کنونی از این روش استفاده شده است. سندلوسکی و باروسو، ۷ مرحله را برای روش فراترکیب توصیف کرده‌اند که در شکل ۱ مشاهده می‌شود. همچنین به‌دلیل اینکه اساس مفهوم پویایی سیستم، رسیدن به الگویی مناسب از طراحی می‌باشد که با کارکرد سیستم‌های مدیریتی و سازمانی، قابل‌مقایسه باشد و در الگوهای پویایی سیستم به تحلیل ارتباطات سیستم با محیط اطراف آن، پرداخته می‌شود، در این پژوهش، پس از بهره‌گیری از روش فراترکیب، بر ایجاد الگوی پویا با کمک روش پویایی سیستم تأکید شده است (فغانی، زرگر، شیردل و پیله‌وری، ۱۴۰۱). از روش پویایی سیستم به‌منظور شناخت و تحلیل عملکرد و اجزای سیستم و همچنین برای پیش‌بینی عملکردهای آینده آن، بهره گرفته می‌شود. به کمک بهره‌گیری از سیستم‌های پویا، ارتباطات و تعاملات متغیرها، شناسایی شده و رفتارهای سیستم نیز



تحلیل می‌شوند (کریمیان سیجانی، چراغعلی و دهقانی، ۱۴۰۱). به‌طور کلی مراحل انجام تحقیق را می‌توان به صورت شماتیک در شکل ۱ مشاهده کرد.



شکل ۱. مراحل انجام تحقیق

تحلیل یافته‌ها

شناسایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های مناسب برای بسترسازی صنعت ۴/۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز

مرحله ۱. تنظیم پرسش پژوهش: در این مرحله، ابتدا باید به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

- چه کسی^۱: جامعه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این پژوهش، مقالات مجلات معتبر جست‌وجو می‌شوند.

۱- Who

▪ چه وقت^۱: بیانگر چارچوب زمانی پژوهش می‌باشد. در این تحقیق، مقالات ۱۰ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفته است.

▪ چگونگی^۲: نشان‌دهنده روشی می‌باشد که برای بررسی پژوهش‌ها به کار گرفته می‌شود. در این مطالعه از روش کیفی «تحلیل اسنادی»، برای بررسی و ارزیابی داده‌های ثانویه، استفاده شده است.

با توجه به هدف ابتدایی پژوهش که شناسایی شاخص‌های مناسب برای طراحی الگویی پویا در پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ با نوآوری باز می‌باشد، در نتیجه پرسش پژوهش بدین شرح است: مؤلفه‌ها و متغیرهای مناسب برای بستر سازی صنعت ۴.۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز کدام‌اند؟

مرحله ۲. بررسی نظام‌مند مطالعات: برای جست‌وجو و بررسی نظام‌مند مطالعات، از کلمات کلیدی مطابق جدول ۱، جداگانه و به شکل ترکیبی، با زبان انگلیسی در پایگاه‌های اطلاعاتی وب‌آف‌ساینس^۳ و اسکوپوس بهره گرفته شده است.

جدول ۱. کلمات کلیدی به کار گرفته شده در بررسی نظام‌مند ادبیات پژوهش

معادل فارسی	معادل انگلیسی
صنعت ۴.۰	Industry 4.0
نوآوری باز	open innovation
نوآوری	Innovation
انقلاب صنعتی چهارم	The fourth industrial revolution

الگوی جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی وب‌آف‌ساینس و اسکوپوس به شرح زیر است.

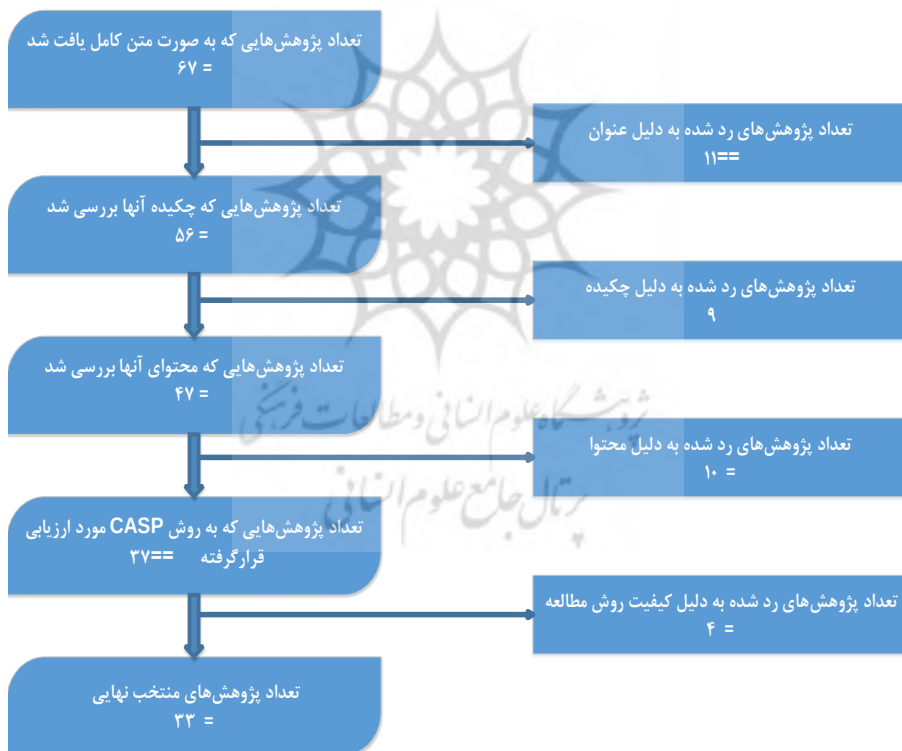
"The fourth industrial revolution" OR "industry 4.0" OR "I4.0"

AND

"open innovation"

همچنین پایگاه‌های فارسی مورد بررسی عبارت‌اند از: وب‌گاه‌های جهاد دانشگاهی^{۱۰}، مقالات علمی کنفرانس‌های کشور^{۱۱}، پایگاه نشریات کشور^{۱۲}، پایگاه مجلات تخصصی نور^{۱۳} و پرتال جامع علوم انسانی^{۱۴}.

مرحله ۳. جست‌وجو و انتخاب مطالعات کارآمد: پس از تنظیم پرسش تحقیق و جست‌وجوی نظام‌مند مطالعات، پژوهش‌هایی مرتبط با واژگان جدول ۱ و پرسش تحقیق گردآوری شده است. شکل ۲، نشان‌دهنده آن است که در دیدگاه اول تعداد کل مقالات شناسایی شده مرتبط با موضوع، ۶۷ مورد بوده که ۳۴ پژوهش به دلایل گوناگون (مناسب نبودن عنوان، چکیده، محتوا و روش پژوهش) حذف شده‌اند و در نهایت از داده‌های ۳۳ پژوهش بهره گرفته شده است.



شکل ۲. نحوه انتخاب تعداد پژوهش‌های شناسایی و تعیین شده

مرحله ۴. استخراج اطلاعات پژوهش: پس از دستیابی به مطالعات منتخب، اطلاعات هر یک از پژوهش‌ها در ارتباط با متغیرهای کلیدی به‌منظور ارائه الگویی برای پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ همراه با نقش نوآوری باز حاصل شد. در جدول ۲، متغیرهای کلیدی مناسب برای بسترسازی صنعت ۴/۰ با تأکید بر نوآوری باز که از پژوهش‌های منتخب استخراج شده است، در قالب شناسه به‌عنوان نتیجه فرایند شناسه‌گذاری مرتبه اول ارائه شده است.

جدول ۲. متغیرهای کلیدی مناسب برای بسترسازی صنعت ۴/۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز

ردیف	شناسه‌های اولیه	شناسه‌گذاری	منابع
۱	مشارکت با مشتریان و تأمین‌کنندگان در نوآوری برای کارکرد صنعت ۴/۰	A9	(نقشبندی، جاسم‌الدین ^۱ ، ۱۳۹۱) (حزام حنفیه، سومرو ^۲ ، ۲۰۲۱) (سانیوک، گرابوفسکا ^۳ ، ۲۰۲۲) (والدز خوارز، کاستیلو-ورگارا ^۴ ، ۲۰۲۱)
۲	همکاری با نهادهای تحقیقی مانند دانشگاه‌ها	A9	(والدز خوارز، کاستیلو-ورگارا ^۴ ، ۲۰۲۱) (لپور، وچیولینی، میکوزی، اسپیگارلی ^۵ ، ۲۰۲۳) (نقشبندی، جاسم‌الدین ^۶ ، ۲۰۲۲)
۳	توسعه پروژه‌های نوآوری صنعت ۴/۰	A5	(والدز خوارز، کاستیلو-ورگارا ^۴ ، ۲۰۲۱)
۴	شخصی‌سازی محصولات و خدمات برای نوآوری در صنعت ۴/۰	A3	(اسما، سالازار، گومز ^۷ ، ۲۰۲۰) (سانیوک، گرابوفسکا ^۸ ، ۲۰۲۲)
۵	سازماندهی و یکپارچگی زنجیره ارزش برای ایجاد نوآوری در صنعت ۴/۰	A7	(اسما، سالازار، گومز ^۷ ، ۲۰۲۰) (قباخلو و همکاران ^۹ ، ۲۰۲۱)
۶	بودجه‌بندی برای پروژه‌های نوآوری در صنعت ۴/۰	A6	(کاستا، ماتیاس ^{۱۰} ، ۲۰۲۰)

۱- Naqshbandi, Jasimuddin

۲- Hizam-Hanafiah, Soomro

۳- Saniuk, Grabowska

۴- Valdez-Juárez, Castillo-Vergara

۵- Lepore, Veccioli, Micozzi, Spigarelli

۶- Naqshbandi, Jasimuddin

۷- Osmá, Salazar, Gómez

۸- Saniuk, Grabowska

۹- Ghobakhloo, et al

۱۰- Costa, Matias

ردیف	شناسه های اولیه	شناسه گذاری	منابع
			(ترزیاک، کوپک، کویلینسکی، ^۱ ۲۰۲۲) (صادقی زاده، دوائ مرکزی، ^۲ ۲۰۲۲)
۷	مشارکت در مالکیت معنوی پروژه های نوآوری در صنعت ۴.۰	A1	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (حزام حنفیه، سومرو، ۲۰۲۱) (مک فیلیپس، ^۳ ۲۰۲۰) (سوتوپو، آستوتی، سوربانداری، ^۴ ۲۰۱۹)
۸	ایجاد ایده های جدید در صنعت ۴.۰	A5	(صادقی زاده، دوائ مرکزی، ۲۰۲۲) (نقشبندی، جاسم الدین، ^۵ ۱۳۹۱) (اکبری، ذره پرور شجاع، پاداش زیوه، علیزاده مقدم، ۱۳۹۷)
۹	میزان انتقال فناوری های صنعت ۴.۰ در سازمان	A2	(سوتوپو، آستوتی، سوربانداری، ۲۰۱۹) (اکبری، ذره پرور شجاع، پاداش زیوه و علیزاده مقدم، ۱۳۹۷)
۱۰	آموزش کارکنان در زمینه فناوری های صنعت ۴.۰	A4	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (والدز خوارز، کاستیلو-ورگارا، ۲۰۲۱)
۱۱	بهره گیری شبکه های فیزیکی- سایبری	A2	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (ارغنده، مایر، مهرمنش، میلی، ^۶ ۲۰۱۶)
۱۲	بهره گیری از فناوری های هوشمند برای نوآوری	A2	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (والیوا و همکاران، ^۷ ۲۰۲۲) (یون، لیو، ژائو، ^۸ ۲۰۲۱)
۱۳	میزان امنیت اطلاعات	A7	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (حزام حنفیه، سومرو، ۲۰۲۱)

۱- Trzeciak, Kopec, Kwilinski

۲- Sadeghizadeh, Dovai Markazi

۳- McPhillips

۴- Sutopo, Astuti, Suryandari

۵- Naqshbandi, Jasimuddin

۶ - Arghandeh, Meier, Mehrmanesh, Mili

۷- Valeeva, et.al

۸- Yun, Liu, Zhao

ردیف	شناسه های اولیه	شناسه گذاری	منابع
۱۴	میزان تحولات فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان	A2	(سانیک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (والدز خوارز، کاستیلو-ورگارا، ۲۰۲۱) (آکویلانی، پیکاروتزی، آبیت، کدینی، ^۱ ۲۰۲۰) (سانیک، کائانووا، سانیک، ۲۰۲۳)
۱۵	بهره گیری از سکوهاى برخط و مجازی	A2	(آکویلانی، پیکاروتزی، آبیت، کدینی، ^۲ ۲۰۲۰) (ترویز، ماتریکانو، سورنتینو، ^۳ ۲۰۲۱)
۱۶	میزان دیجیتالی و خودکارسازی کردن فرایندها برای نوآوری	A2	(سانیک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (بروزی، دامیکو، پاستی مونیتزا، ^۴ ۲۰۱۸)
۱۷	یکپارچه سازی افقی و عمودی فناوری های صنعت ۴.۰	A7	(قباخلو و همکاران، ۲۰۲۱) (سانیک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (تراواگلیونی و همکاران، ^۵ ۲۰۲۰) (حزام حنفیه، سومرو، ۲۰۲۱)
۱۸	تعداد پروژه های نوآوری باز در صنعت ۴.۰	A5	(لپور، وچپولینی، میکوزی، اسپیگاری، ۲۰۲۳) (هیمانگ، اوکامپو، اوبیسو، بونگو، ^۶ ۲۰۲۰) (والدز-خوارز، کاستیلو-ورگارا، ۲۰۲۱)
۱۹	سرمایه گذاری مشترک سازمان در پروژه های نوآوری صنعت ۴.۰ با دیگر سازمان ها	A1	(تراواگلیونی و همکاران، ۲۰۲۰) (یون، لیو، ژائو، ۲۰۲۱) (اکبری، ذره پرور شجاع، پاداش زبوه و علیزاده مقدم، ۱۳۹۷)

- ۱- Aquilani, Piccarozzi, Abbate, Codini
۲- Aquilani, Piccarozzi, Abbate, Codini
۳- Troise, Matricano, Sorrentino
۴- Brozzi, D'amico, Pasetti Monizza
۵- Travaglioni, et al
۶- Himang, Ocampo, Obiso, Bongo

ردیف	شناسه‌های اولیه	شناسه‌گذاری	منابع
۲۰	توسعه دانش نوآوری صنعت ۴۰۰ از همکاری سازمان با دیگر سازمان‌ها	A1	(تراواگلیونی و همکاران، ۲۰۲۰) (ویل، کیل، مولر، وویگت، ^۱ ۲۰۲۰)
۲۱	تبادل ایده و دانش صنعت ۴۰۰ با شریکان بیرونی	A1	(نقشبندی، جاسم‌الدین، ۲۰۲۲) (یون، لیو، ژائو، ۲۰۲۱)
۲۲	میزان مشارکت سطوح مختلف شرکت در اجرای نوآوری صنعت ۴۰۰	A4	(لپور، وچپولینی، میکوزی، اسپیگاری، ۲۰۲۳) (حزام حنفیه، سومرو، ^۲ ۲۰۲۱)
۲۳	میزان بهره‌گیری از نرم‌افزار باز	A1	(یون، لیو، ژائو، ۲۰۲۱) (فورتول دیاز و همکاران، ^۳ ۲۰۲۳)
۲۴	مشارکت کارکنان در نوآوری باز صنعت ۴۰۰	A4	(آمونسن، آسن، گرسگارد، هانسن، ^۴ ۲۰۱۴) (لپور، وچپولینی، میکوزی، اسپیگاری، ۲۰۲۳) (اکبری، ذره‌پرور شجاع، پاداش زیوه و علیزاده‌مقدم، ۱۳۹۷)
۲۵	میزان همکاری با سازمان‌های دیگر در پروژه‌های صنعت ۴۰۰	A8	(ترزیاک، کوپک، کوبلینسکی، ^۵ ۲۰۲۲) (بروزی، دامیکو، پاستی مونیتزا، ^۶ ۲۰۱۸) (مک فیلیپس، ۲۰۲۰) (لپور، وچپولینی، میکوزی، اسپیگاری، ۲۰۲۳) (اسپیگاری، ^۷ ۲۰۲۳)
۲۶	میزان رقابت در دیجیتالی‌شدن برای نوآوری	A8	(والیوا و همکاران، ۲۰۲۲) (لی، روه، ^۸ ۲۰۲۳) (اکبری، ذره‌پرور شجاع، پاداش زیوه و علیزاده‌مقدم، ۱۳۹۷)

۱- Veile, Kiel, Müller, Voigt

۲- Hizam-Hanafiah, Soomro

۳- Fortoul-Diaz, et al

۴- Amundsen, Aasen, Gressgård, Hansen

۵- Trzeciak, Kopec, Kwilinski

۶- Brozzi, D'amico, Pasetti Monizza

۷- Spigarelli

۸- Lee, Roh



ردیف	شناسه‌های اولیه	شناسه‌گذاری	منابع
۲۷	طرح‌های تجاری و الگوهای کسب‌وکار جدید که دنیای فیزیکی و دیجیتال را به هم متصل می‌کند	i 3	(پریرا، رومرو، ^۱ ۲۰۱۷) (سوتوپو، آستوتی، سوریاننداری، ۲۰۱۹)
۲۸	بهره‌گیری از اینترنت اشیا در سازمان	A2	(حزام حنفیه، سومرو، ^۲ ۲۰۲۱) (صادقی‌زاده، دوی مرکزی، ۱۳۹۱) (سانیک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲)
۲۹	سود (سود مالی) ناشی از بهره‌گیری از نوآوری باز صنعت ۴۰	A3	(والدز - خوارز، کاستیو-ورگارا، ۲۰۲۱) (هامر، سامرز، کاره، رامساور، ۲۰۲۱)
۳۰	میزان بهره‌وری عملکرد سازمان ناشی از بهره‌گیری از نوآوری باز صنعت ۴۰	A3	(یو، خان، عمر، ^۳ ۲۰۲۲) (والدز - خوارز، کاستیو-ورگارا، ۲۰۲۱) (جیانو و همکاران، ^۴ ۲۰۲۱)
۳۱	تداوم تأمین مالی مطالعات مربوط به نوآوری صنعت ۴۰	A6	(ویل، کیل، مولر، وویگت، ۲۰۲۰) (صادقی‌زاده، دوی مرکزی، ۲۰۲۲) (ترزایک، کوپک، کویلینسکی، ۲۰۲۲)
۳۲	سهم بازار در صنعت ۴۰	A3	(والدز - خوارز، کاستیو-ورگارا، ۲۰۲۱) (بروزی، دامیکو، پاستی مونیتزا، ۲۰۱۸)
۳۳	فرهنگ سازمانی نوآوری در صنعت ۴۰	A4	(ترزایک، کوپک، کویلینسکی، ۲۰۲۲) (ضیایی نافچی، موهلسکا، ^۵ ۲۰۲۰)
۳۴	میزان کیفیت محصولات سازمانی در صنعت ۴۰	A3	(سانیک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (جیانو و همکاران، ۲۰۲۱)
۳۵	حمایت دولت برای نوآوری در صنعت ۴۰	A6	(والدز - خوارز، کاستیو-ورگارا، ۲۰۲۱)

۱- Pereira, Romero

۲- Hizam-Hanafiah, Soomro

۳- Yu, Khan, Umar

۴- Jiao, et al

۵- Ziaei Nafchi, Mohelská



ردیف	شناسه‌های اولیه	شناسه‌گذاری	منابع
			(سوتوپو، آستوتی، سوربانداری، ۲۰۱۹) (نقشبندی، جاسم‌الدین ^۱ ، ۱۳۹۱) (لی و همکاران، ۲۰۲۳)
۳۶	مهارت کارکنان و افراد سازمان در نوآوری صنعت ۴۰۰ سازمان	A4	(سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲) (ترزیاک، کوپک، کویلینسکی، ۲۰۲۲) (سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۳)
۳۷	میزان تفویض اختیارات و مسئولیت‌ها	A4	(ترزیاک، کوپک، کویلینسکی، ۲۰۲۳) (سانیوک، گرابوفسکا، ۲۰۲۲)
۳۸	هزینه‌های نوآوری باز با دیگر سازمان‌ها	A1	(مک فیلیس، ۲۰۲۰) (والدز - خوآرز، کاستیو-ورگارا، ۲۰۲۱) (صادقی‌زاده، دواي مرکزی، ۲۰۲۲)

مرحله ۵. تحلیل و ترکیب یافته‌ها: برای تحلیل یافته‌ها، متغیرهای شناسایی‌شده از پژوهش‌ها در مرحله پیش که هر یک به صورت یک شناسه در نظر گرفته شده است، بر اساس شباهت موضوعی در یک مفهوم جدید طبقه‌بندی می‌شود و در نتیجه مفاهیم به شکل شناسه‌های مرتبه دوم شکل گرفته‌اند. در جدول ۳، نتیجه فرایند شناسه‌گذاری مرتبه دوم مشاهده می‌شود.

جدول ۳. نتیجه فرایند شناسه‌گذاری مرتبه دوم

ردیف	بعد	شناسه‌گذاری	شاخص
۱	نوآوری باز ورودی	A9	مشارکت با مشتریان و تأمین‌کنندگان در نوآوری برای کارکرد صنعت ۴۰۰
			همکاری با نهادهای تحقیقی و علمی مانند دانشگاه‌ها
۲	خلاقیت و نوآوری سازمان	A5	توسعه پروژه‌های نوآوری صنعت ۴۰۰ با دانش داخلی
			تعداد پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴۰۰
			ایجاد ایده‌های جدید در صنعت ۴۰۰
۳	نوآوری باز دوسویه	A1	مشارکت در مالکیت معنوی پروژه‌های نوآوری در صنعت ۴۰۰



ردیف	بعد	شناسه گذاری	شاخص
			سرمایه گذاری مشترک سازمان در پروژه های نوآوری صنعت ۴.۰ با دیگر سازمان ها
			تبادل ایده و دانش صنعت ۴.۰ با شریکان بیرونی
			توسعه دانش نوآوری صنعت ۴.۰ از همکاری سازمان با دیگر سازمان ها
			میزان بهره گیری از نرم افزار باز
			هزینه های نوآوری باز با دیگر سازمان ها
			میزان انتقال فناوری های صنعت ۴.۰ در سازمان
۴	تشخیص و افزایش آمادگی فناوری ها	A2	بهره گیری از اینترنت اشیا سازمان
			بهره گیری شبکه های فیزیکی- سایبری
			میزان تحولات فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان
			بهره گیری از سکوی های برخط (آنلاین) و مجازی
			بهره گیری از فناوری های هوشمند برای نوآوری
			میزان دیجیتالی و خودکارسازی کردن فرایندها برای نوآوری
۵	ساختارمندی فناوریانه صنعت ۴.۰ سازمان	A7	یکپارچه سازی افقی و عمودی فناوری های صنعت ۴.۰
			میزان امنیت اطلاعات
			سازماندهی و یکپارچگی زنجیره ارزش برای ایجاد نوآوری در صنعت ۴.۰
۶	ظرفیت جذب سازمان	A8	میزان همکاری با سازمان های دیگر در پروژه های صنعت ۴.۰
			میزان رقابت در دیجیتالی شدن برای نوآوری
۷	عملکرد سازمان	A3	سود (سود مالی) ناشی از بهره گیری از نوآوری باز صنعت ۴.۰
			میزان بهره وری عملکرد سازمان ناشی از بهره گیری از نوآوری باز صنعت ۴.۰
			سهم بازار در صنعت ۴.۰
			میزان کیفیت محصولات سازمانی در صنعت ۴.۰
			شخصی سازی محصولات و خدمات برای ایجاد نوآوری در صنعت ۴.۰
			تهیه طرح های تجاری و الگوهای کسب و کار جدید که دنیای فیزیکی و دیجیتال را به هم متصل می کند
۸	بسیج منابع	A6	تداوم تأمین مالی مطالعات مربوط به نوآوری صنعت ۴.۰
			حمایت دولت برای نوآوری در صنعت ۴.۰
			بودجه بندی برای پروژه های نوآوری در صنعت ۴.۰
۹		A4	آموزش کارکنان در زمینه فناوری های صنعت ۴.۰
			مشارکت کارکنان در نوآوری باز صنعت ۴.۰

ردیف	بعد	شناسه گذاری	شاخص
	منابع انسانی در صنعت ۴۰۰ همراه با نوآوری باز		مهارت افراد و کارکنان سازمان در نوآوری صنعت ۴۰۰ سازمان
			میزان تفویض اختیارات و مسئولیت‌ها
			فرهنگ سازمانی نوآوری در صنعت ۴۰۰
			میزان مشارکت سطوح مختلف شرکت در اجرای نوآوری صنعت ۴۰۰

مرحله ۶. کنترل کیفیت: به منظور بررسی پایایی عوامل، از شاخص کاپا بهره گرفته شده است. بدین شکل که متخصص دیگری بدون اطلاع از نحوه یکپارچگی شناسه‌ها و مفاهیم شکل گرفته توسط پژوهشگر، اقدام به دسته‌بندی مفاهیم می‌کند. سپس دسته‌های ایجاد شده توسط پژوهشگر با دسته‌های ارائه شده توسط متخصص، مقایسه می‌شود. همان گونه که در جدول ۴، مشاهده می‌شود، پژوهشگر ۹ دسته و خبره دیگر ۱۲ دسته ارائه کرده‌اند که از این تعداد، ۸ گروه مشترک هستند. براساس محاسبات انجام شده، مقدار شاخص کاپا برابر است با ۰.۶۰۹۵ که با توجه به جدول ۵، در سطح توافق مناسب قرار گرفته است.

جدول ۴. نحوه محاسبه وضعیت تبدیل شناسه‌ها به مفاهیم توسط پژوهشگر و فرد متخصص

نظر پژوهشگر			
مجموع شناسه گذار اول		خیر	بلی
9	B=1	A=8	بلی
4	D=0	C=4	خیر
N=13	1	12	مجموع کدگذار دوم

$$\text{توافقات مشاهده شده} = \frac{A + D}{N} = \frac{8}{13} = 0.6154$$

$$\text{توافقات شانسی} = \frac{A + B}{N} * \frac{A + C}{N} * \frac{C + D}{N} * \frac{B + D}{N} = \frac{9}{12} * \frac{12}{13} * \frac{4}{13} * \frac{1}{13} = 0.01512$$

$$K = \frac{\text{توافقات شانسی} - \text{توافقات مشاهده شده}}{1 - \text{توافقات شانسی}} = \frac{0.6154 - 0.01512}{1 - 0.01512} = 0.6095$$

جدول ۵. وضعیت شاخص کاپا

مقدار عددی شاخص کاپا	وضعیت توافق
کمتر از ۰	ضعیف
۰ - ۰.۲	بی اهمیت

متوسط	۰.۴ - ۰.۲۱
مناسب	۰.۶ - ۰.۴۱
معتبر	۰.۸ - ۰.۶۱
عالی	۱ - ۰.۸۱

(عرب، ابراهیم زاده پزشکی و مروتی شریف آبادی، ۱۳۹۳)

مرحله ۷. ارائه یافته‌ها: شاخص‌های کلیدی کارآمد در بسترسازی صنعت ۴.۰ با نقش نوآوری باز، مطابق جدول ۲ ارائه شده است و سپس این شاخص‌ها بر اساس شباهت موضوعی در یک مفهوم جدید طبقه‌بندی شده‌اند و بدین- ترتیب در جدول ۳، مؤلفه‌ها به شکل شناسه‌های مرتبه دوم ارائه شده‌اند و در انتها برای بررسی کنترل کیفیت و پایایی الگو، از شاخص کاپا بهره گرفته شد. بدین شکل که خبره دیگری بدون اطلاع از نحوه یکپارچگی شناسه‌ها و مفاهیم شکل گرفته توسط پژوهشگر، اقدام به دسته‌بندی مفاهیم می‌نماید، سپس دسته‌های ایجادشده توسط پژوهشگر با دسته‌های ارائه‌شده توسط متخصص، مقایسه می‌شود. شاخص کاپا حاصل شده در این مرحله برابر با ۰/۶۰۹۵ است که معتبر بودن وضعیت توافق میان پژوهشگر و متخصص را نشان می‌دهد.

شاخص روایی محتوایی (CVR)

شاخص روایی محتوایی این پژوهش به کمک رابطه زیر تعیین شده است.

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

با نظرخواهی ۸ نفر خبره، که پرسش‌ها را مورد ارزیابی قرار داده‌اند، حداقل مقدار CVR قابل قبول بر اساس جدول ۶ تعیین شد. پرسش‌هایی که مقدار CVR محاسبه شده برای آنها کمتر از میزان متناظر در جدول ۶، با توجه به تعداد خبرگان ارزیابی کننده پرسش می‌باشد، به علت این که روایی قابل قبولی ندارند، باید از آزمون کنار گذاشته شوند. مقدار CVR شاخص‌های منتخب در جدول ۷، مشاهده می‌شود.

جدول ۶. حداقل مقدار CVR قابل قبول بر اساس تعداد خبرگان

تعداد خبرگان	مقدار CVR	تعداد خبرگان	مقدار CVR	تعداد خبرگان	مقدار CVR
--------------	-----------	--------------	-----------	--------------	-----------

۰.۳۷	۲۵	۰.۵۹	۱۱	۰.۹۹	۵
۰.۳۳	۳۰	۰.۵۶	۱۲	۰.۹۹	۶
۰.۳۱	۳۵	۰.۵۴	۱۳	۰.۹۹	۷
۰.۲۹	۴۰	۰.۵۱	۱۴	۰.۷۵	۸
		۰.۴۹	۱۵	۰.۷۸	۹
		۰.۴۲	۲۰	۰.۶۲	۱۱

(فال سلیمان، خسروی، شاطری و حجتی‌پور، ۱۴۰۱)





جدول ۷. مقدار CVR شاخص‌های موثر بستر سازی صنعت ۴.۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز

ردیف	شاخص‌ها	CVR
۱	مشارکت با مشتریان و تأمین‌کنندگان در نوآوری برای کارکرد صنعت ۴.۰	۱
۲	همکاری با نهادهای تحقیقی و علمی مانند دانشگاه‌ها	۱
۳	توسعه دانش نوآوری صنعت ۴.۰ از همکاری سازمان با دیگر سازمان‌ها	۱
۴	توسعه پروژه‌های نوآوری صنعت ۴.۰ با دانش داخلی	۱
۵	شخصی‌سازی محصولات و خدمات برای ایجاد نوآوری در صنعت ۴.۰	۰.۷۴
۶	بودجه‌بندی برای پروژه‌های نوآوری در صنعت ۴.۰	۱
۷	ایجاد ایده‌های جدید در صنعت ۴.۰	۱
۸	مشارکت در مالکیت معنوی پروژه‌های نوآوری در صنعت ۴.۰	۱
۹	سرمایه‌گذاری مشترک سازمان در پروژه‌های نوآوری صنعت ۴.۰ با دیگر سازمان‌ها	۱
۱۰	تبادل ایده و دانش صنعت ۴.۰ با شریکان بیرونی	۱
۱۱	میزان مشارکت سطوح مختلف شرکت در اجرای نوآوری صنعت ۴.۰	۱
۱۲	میزان بهره‌گیری از نرم‌افزار باز	۰.۷۵
۱۳	میزان انتقال فناوری‌های صنعت ۴.۰ در سازمان	۰.۷۵
۱۴	بهره‌گیری از اینترنت اشیا سازمان	۱
۱۵	بهره‌گیری شبکه‌های فیزیکی- سایبری	۰.۷۵
۱۶	میزان تحولات فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان	۱
۱۷	بهره‌گیری از سکوهاى برخط و مجازی	۰.۷۵
۱۸	بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند برای نوآوری	۱
۱۹	میزان دیجیتال و خودکارسازی کردن فرایندها برای نوآوری	۱
۲۰	یکپارچه‌سازی افقی و عمودی فناوری‌های صنعت ۴.۰	۱
۲۱	تعداد پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴.۰	۰.۷۵
۲۲	میزان امنیت اطلاعات	۱
۲۳	سازماندهی و یکپارچگی زنجیره ارزش برای ایجاد نوآوری در صنعت ۴.۰	۱
۲۴	میزان همکاری با سازمان‌های دیگر در پروژه‌های صنعت ۴.۰	۱
۲۵	میزان رقابت در دیجیتالی‌شدن برای نوآوری	۰.۷۵
۲۶	تهیه طرح‌های تجاری و الگوهای کسب‌وکار جدید که دنیای فیزیکی و دیجیتال را به هم متصل می‌کند	۱
۲۷	سود (سود مالی) ناشی از بهره‌گیری از نوآوری باز صنعت ۴.۰	۰.۷۵
۲۸	میزان بهره‌وری عملکرد سازمان ناشی از بهره‌گیری از نوآوری باز صنعت ۴.۰	۱
۲۹	سهم بازار در صنعت ۴.۰	۰.۷۵
۳۰	میزان کیفیت محصولات سازمانی در صنعت ۴.۰	۰.۷۵
۳۱	تداوم تأمین مالی مطالعات مربوط به نوآوری صنعت ۴.۰	۱
۳۲	فرهنگ سازمانی نوآوری در صنعت ۴.۰	۱

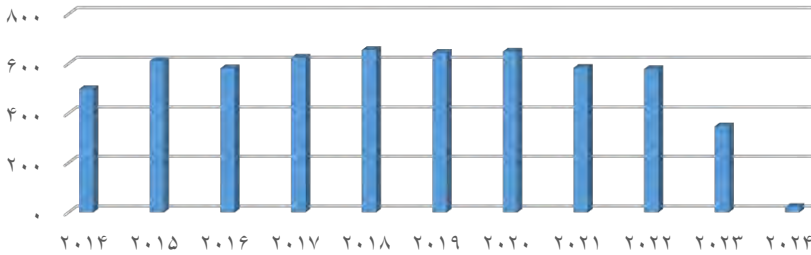
ردیف	شاخص‌ها	CVR
۳۳	حمایت دولت برای نوآوری در صنعت ۴/۰	۱
۳۴	آموزش کارکنان در زمینه فناوری‌های صنعت ۴/۰	۱
۳۵	مشارکت کارکنان در نوآوری باز صنعت ۴/۰	۱
۳۶	مهارت افراد و کارکنان سازمان در نوآوری صنعت ۴/۰ سازمان	۱
۳۷	میزان تفویض اختیارات و مسئولیت‌ها	۰/۷۵
۳۸	هزینه‌های نوآوری باز با دیگر سازمان‌ها	۱

ارائه الگویی پویا برای بسترسازی صنعت ۴/۰ با نقش نوآوری باز

در این قسمت، الگویی پویا برای پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ با نقش نوآوری باز در سازمان، مطابق با گام‌های فرایند الگوسازی استرمن در روش پویایی سیستم ارائه می‌شود.

مرحله ۱. شناسایی و تعریف دقیق مسئله: در این مرحله به کمک الگوسازی اسنادی و همراه با تحلیل داده‌های تجربی از سکوه‌ای ارائه‌دهنده صنعت ۴/۰ همراه با نوآوری باز، به تعریف مسئله پرداخته شده است. در یزد، صنعت ۴/۰ به صورت امروزی تجربه‌ای جدید می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۳، مشاهده می‌شود، تعداد حق ثبت اختراع که می‌توان آن را به‌عنوان یکی از شاخص‌های نوآوری در صنعت ۴/۰ در نظر گرفت و از پایگاه کنوانسیون تأسیس سازمان جهانی مالکیت معنوی^{۱۵} استخراج شده است، در حال افزایش هستند. در نتیجه با توجه به این‌که این مفهوم در جهان و ایران جدید می‌باشد و دارای زوایای گوناگون و پیچیدگی‌های خاص خود است، برای پیاده‌سازی این مفهوم در سازمان‌ها، به تدوین الگویی پویا برای عوامل بسترساز این فرایند در سازمان‌ها، نیاز می‌باشد. بدین منظور با شناسایی و تحلیل متغیرهای این مفهوم، به کمک روش پویایی سیستم، به شبیه‌سازی و سناریونویسی الگویی جامع و پویا از بسترسازی صنعت ۴/۰ همراه با نوآوری باز، پرداخته می‌شود که افق زمانی برای این الگو، از سال ۱۳۹۸ تا سال ۱۴۰۳ می‌باشد.

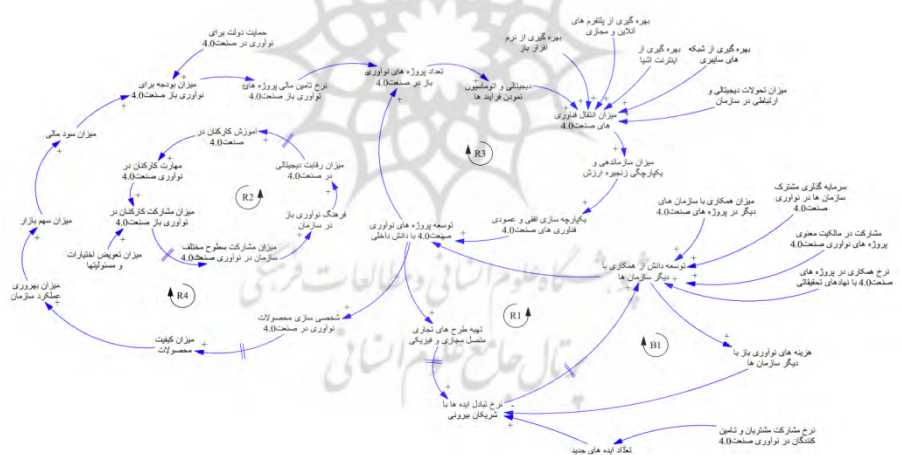
تعداد پتنت های صنعت ۴۰ در سال های اخیر



شکل ۳. تعداد حق ثبت اختراعات در سال های اخیر

مرحله ۲. فرضیه های پویا، روابط و حلقه های علی- معلولی: متغیرهای تأثیرگذار بر بسترسازی صنعت ۴۰ با کمک نوآوری باز سازمان، از طریق روش فراترکیب در مرحله پیش، به دست آمده است. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، عوامل و حلقه های تأثیرگذار شامل ۴ حلقه تقویت کننده و یک حلقه متعادل کننده می باشند که از این طریق سازمان را در وضعیت مناسبی قرار دهند تا موجبات رشد و توسعه سازمان فراهم شود. در حلقه افزایشی R1، با افزایش توسعه دانش از همکاری با دیگر سازمان ها، پروژه های نوآوری صنعت ۴۰ با کمک دانش داخلی توسعه می یابند، سپس طرح های تجاری نوآوری متصل دنیای مجازی و فیزیکی نیز افزایش می یابند، در نهایت توسعه دانش از همکاری با دیگر سازمان ها، نسب به قبل، افزایش می شود. در حلقه افزایشی R2 با تقویت آموزش کارکنان در صنعت ۴۰ و افزایش مهارت آنها، میزان مشارکت کارکنان و در نهایت میزان مشارکت سطوح مختلف سازمان در نوآوری باز صنعت ۴۰، افزایش می یابند. همین امر موجب تقویت فرهنگ نوآوری در سازمان و افزایش رقابت های دیجیتالی بین سازمان ها می شود و خود این امر بر آموزش کارکنان در صنعت ۴۰، اثر مثبتی دارد. در حلقه افزایشی R3 با افزایش تعداد پروژه های نوآوری باز در صنعت ۴۰، دیجیتالی و خودکارسازی کردن فرایندها و میزان انتقال فناوری ها نیز افزایش می یابند، در نتیجه سازماندهی و یکپارچه کردن زنجیره ارزش و در پی آن یکپارچه سازی

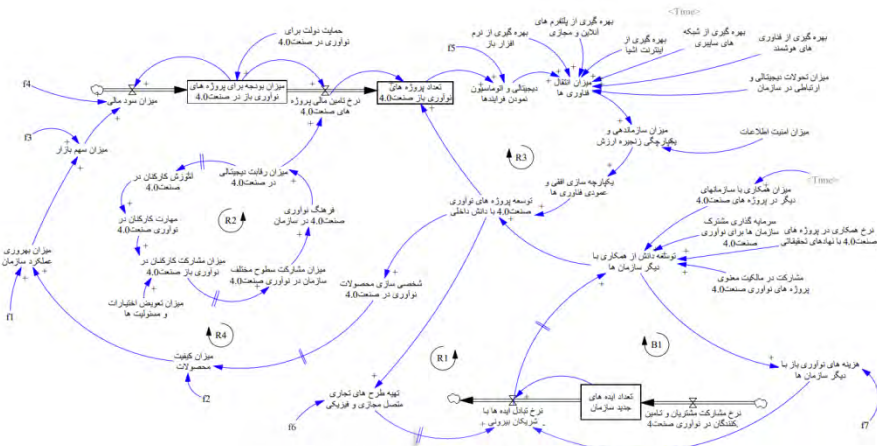
افقی و عمودی فناوری‌ها، توسعه می‌یابند و پروژه‌های نوآوری در صنعت ۴/۰ با دانش داخلی و پروژه‌های نوآوری باز صنعت ۴/۰ نیز افزایش می‌یابند. در حلقه افزایشی R4، تقریباً همه عوامل در سازمان دخیل می‌باشند، که نشان‌دهنده آن است که با افزایش تأمین مالی پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴/۰، تعداد پروژه‌ها برای این مسائل و همچنین انتقال و دیجیتالی کردن فرایندها در پی آن افزایش می‌یابند. همین امر، افزایش پروژه‌های نوآوری صنعت ۴/۰ با کمک دانش داخلی سازمان، بهبود عملکرد آن، افزایش سود مالی و متعاقباً افزایش بودجه‌بندی و تداوم تأمین مالی برای پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴/۰، را به دنبال دارد. در حلقه متعادل‌کننده B1، با افزایش توسعه دانش سازمان از همکاری آن با دیگر سازمان‌ها، هزینه‌های نوآوری باز با دیگر سازمان‌ها نیز افزایش می‌یابند که این امر به کاهش تبادل ایده‌ها با شرکای بیرونی منجر می‌شود که توسعه دانش سازمان از همکاری آن با دیگر سازمان‌ها را نیز کاهش می‌دهند.



شکل ۴. نمودار علت و معلولی عوامل مؤثر بر بسترسازی صنعت ۴/۰ با نقش نوآوری باز

مرحله ۳. ساختن یک الگوی شبیه‌سازی برای تست فرضیه یادشده و نمودار حالت و جریان: در این مرحله به ساخت الگو و فرموله کردن آن، به‌منظور افزایش بهره‌گیری از نوآوری باز به‌منظور بسترسازی صنعت ۴/۰، پرداخته می‌شود که این مرحله بر اساس شکل ۵ تبیین می‌شود. برای تعریف و ربط دادن

متغیرها در نرم افزار ونسیم، از انواع توابع از جمله Look Up، RAMP و STEP استفاده شده است.



شکل ۵. نمودار حالت و جریان عوامل مؤثر بر بسترسازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز

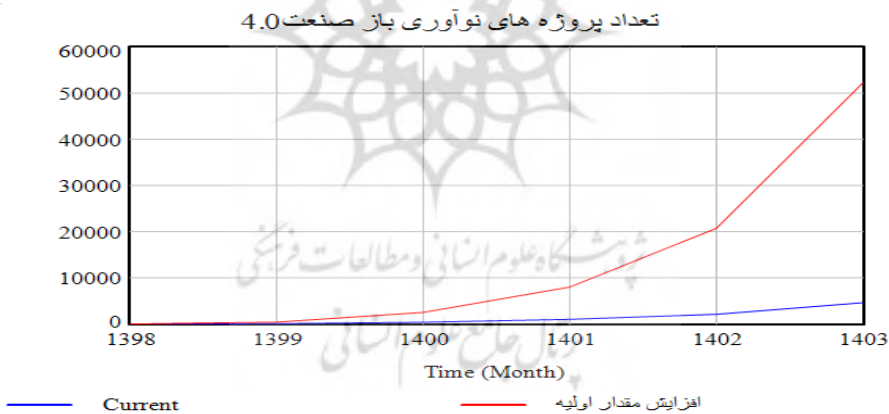
مرحله ۴. تست الگو برای اطمینان از صحت عملکرد آن: یکی از قسمت‌های مهم در پویایی سیستم، اعتبارسنجی الگو می‌باشد. در این پژوهش برای آزمون اعتبار و کارایی الگو، از آزمون‌های گوناگونی همانند: آزمون سازگاری واحدها، ارزیابی ساختار و شرایط حدی استفاده شده است که در ادامه برای هر یک توضیح مختصری نیز ارائه می‌شود:

آزمون سازگاری واحدها: این تست شامل تحلیل ابعاد معادلات نرخ می-باشد. در این آزمون یکای متغیرها و هماهنگی میان آنها با واقعیت، تحلیل و بررسی می‌شود. درواقع این آزمون در مورد متغیرهای تحقیق صورت می‌پذیرد و مطابقت تمامی شاخص‌ها توسط گزینه تست واحدها در نرم‌افزار ونسیم تأیید شده است.

آزمون ارزیابی ساختار: این آزمون، سازگاری رفتار الگو با ساختار آن را بررسی می‌نماید و هدف آن پاسخگویی به پرسش «آیا ساختار الگو در تضاد با دانش حاضر در مورد سیستم واقعی است؟ می‌باشد. پاسخ مثبت و مناسب به این پرسش‌ها، برازندگی و اعتبار الگو را افزایش می‌بخشد. در این آزمون تطابق

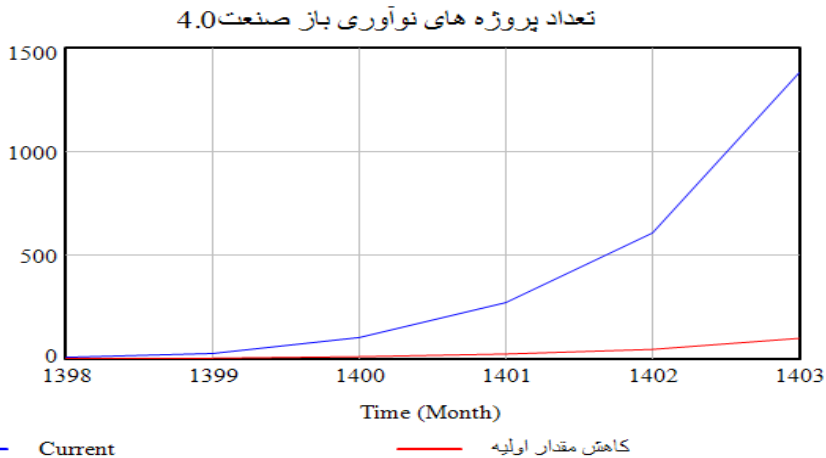
الگو با سیستم واقعی در مراحل مدیریت تصمیم‌گیری و قوانین فیزیکی بررسی و تحلیل شده است. متغیرها توصیف شده و اثر آن بر عملکرد الگو در موقعیت-های گوناگون با واقعیت مطابق بوده است، این موضع با بررسی و تحلیل رفتار الگو در این موقعیت‌ها و همچنین با نظرسنجی از خبرگان، به تأیید رسیده است.

آزمون حالت حدی: مقاوم‌بودن الگو در شرایط حدی را بررسی می‌نماید؛ بدین صورت که در هر حالتی با تغییر در سیاست‌ها یا مقادیر ورودی‌ها، الگو باید رفتار مورد انتظار را از خود ارائه دهد. برای نمونه، وقتی که مقادیر اولیه متغیر میزان بودجه برای پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴۰ را به میزان زیاد افزایش یا کاهش دهیم، باز هم مقادیر تمامی متغیرها در همان مقدار (رنج) واقعی خود تغییر می‌نماید. با توجه به شکل ۶، برای آزمون حدی در متغیر تعداد پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴۰ در بخش افزایش مقدار اولیه، مقدار اولیه آن ۵۵ و در Current مقدار اولیه برابر ۱۱ در نظر گرفته شده است.



شکل ۶. مقدار حدی بالا برای متغیر تعداد پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴۰

با توجه به شکل ۷، برای آزمون حدی در متغیر تعداد پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴۰ در بخش کاهش مقدار اولیه، مقدار اولیه آن ۱ و در Current مقدار اولیه برابر ۱۱، در نظر گرفته شده است.



شکل ۷. مقدار حدی پایین برای متغیر تعداد پروژه های نوآوری باز در صنعت ۴۰

مرحله ۵. طراحی سیاست های مختلف و ارزیابی آنها به وسیله الگو: بر اساس نظر خبرگان این صنعت، طی دو سناریو رفتار الگو بررسی شده است.

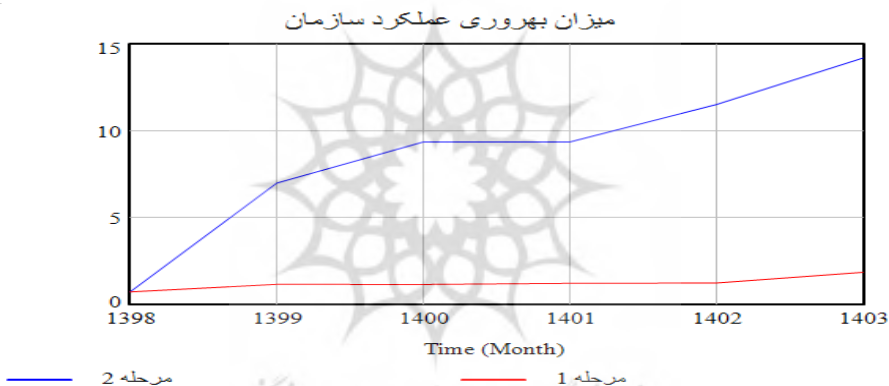
سناریوی اول: وضعیت سیستم را در حالتی نشان می دهد که فرایند بستر سازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز در سازمان ایجاد شده است، ولی مدیریت به اندازه کافی به آن توجه نشان نمی دهد و بهبودی در فرایند یافت نمی شود (مرحله ۱) و سناریوی دوم: وضعیت فرایند را در شکلی توصیف می کند که فرایند بستر سازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز در سازمان به وجود آمده است و مدیریت بهبود مستمر را در این زمینه در سیستم، به کار گرفته است (مرحله ۲).

سناریو اول: هنگامی که فرایند نوآوری باز در صنعت ۴۰ سازمان پایین باشد و مدیر تمام تلاش خود را برای توسعه و بهبود موقعیت سازمان انجام نمی دهد. در شرایط عدم بستر سازی این فرایند، مقادیر برای متغیرهایی مانند سود مالی، میزان بهره وری سازمان و همچنین میزان تعداد پروژه های نوآوری باز صنعت ۴۰، بسیار اندک و کاهش یافته می باشد.

سناریو دوم: اکنون به بررسی وضعیت سازمان با اعمال سیاست های اصلاح و بهبود پرداخته می شود. در این شرایط مدیریت نسبت به بستر سازی صنعت

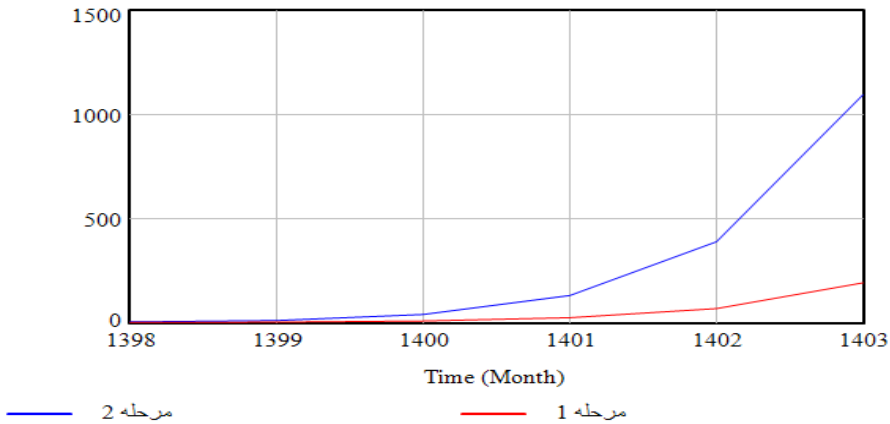
۴.۰ با نقش نوآوری باز و افزایش میزان تعداد پروژه‌های نوآوری باز صنعت ۴.۰ سازمان، متعهد است و در صورت لزوم اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی ارائه می‌شود.

در شرایط عدم بهبود بستر سازی صنعت ۴.۰ با نقش نوآوری باز، از آنجاکه سازمان وضعیت مالی خوبی ندارد، امکان بودجه‌بندی برای پروژه‌های نوآوری باز در صنعت ۴.۰ به اندازه کافی نمی‌باشد، ولی در شرایط اصلاح بستر سازی صنعت ۴.۰ با نقش نوآوری باز، از آنجاکه سازمان در وضعیت مالی مناسبی به سر می‌برد، سازمان در تلاش است میزان بهره‌وری و سود مالی خود را بهبود بخشد (شکل ۸، ۹ و ۱۰) تا بودجه مناسب برای پروژه‌های صنعت ۴.۰ همراه با نقش نوآوری باز را فراهم کند.



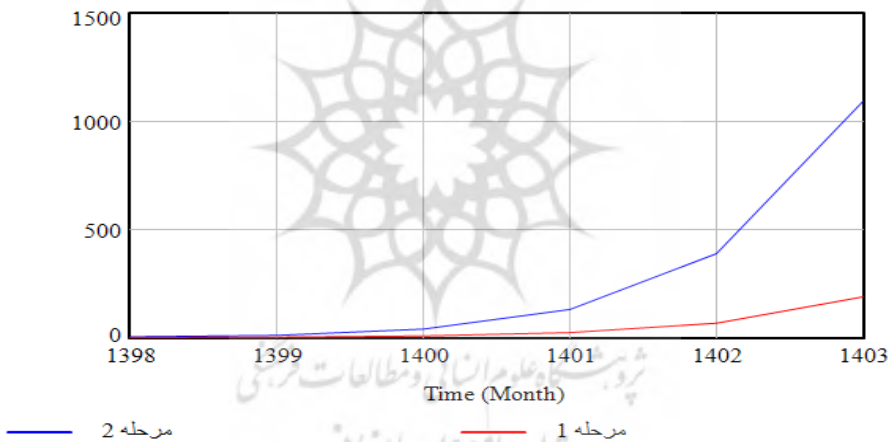
شکل ۸. میزان بهره‌وری عملکرد سازمان ناشی از نوآوری باز صنعت ۴.۰

میزان سود مالی



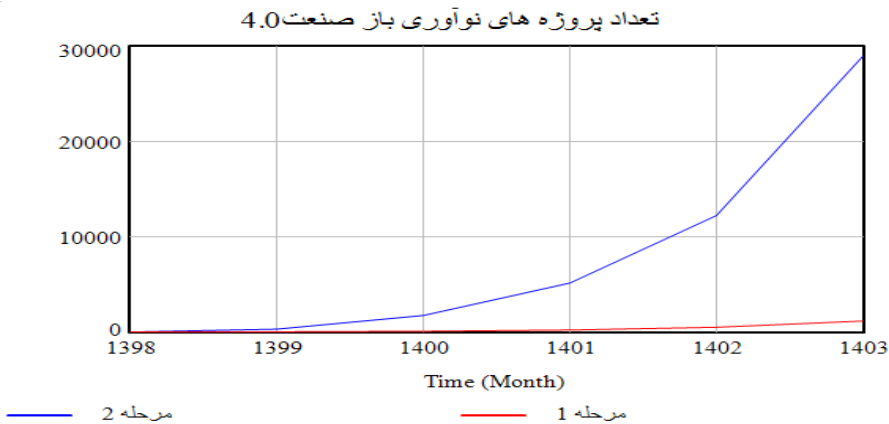
شکل ۹. میزان سود مالی سازمان ناشی از نوآوری باز صنعت ۴۰

میزان بودجه برای پروژه های نوآوری باز در صنعت 4.0



شکل ۱۰. میزان بودجه برای پروژه های نوآوری باز در صنعت ۴۰

مطابق شکل ۱۱، با اعمال سیاست و سناریوهای بهبود اقدامات نوآوری باز در صنعت ۴۰، سازمان، این فرایند به روند روبه رشد خود ادامه می دهد، ولی در شرایط عدم بهبود این رویکرد، بسترسازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز سازمان با شیب ملایمی سال به سال کمتر می شود.



شکل ۱۱. تعداد پروژه های نوآوری باز در صنعت ۴۰

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله به شناسایی و ارزیابی شاخص های بسترسازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز و سپس ارائه یک الگو کارا برای این فرایند، پرداخته شده است. برای این منظور، شاخص ها و مؤلفه های مناسب آنها از ادبیات تحقیق، به کمک روش فراترکیب شناسایی و استخراج شده است و سپس با بررسی این عوامل در سازمان فولاد یزد، الگویی با کمک روش پویایی سیستم برای بسترسازی صنعت ۴۰ با تأکید بر نوآوری باز برای سازمان فولاد یزد ارائه شده است و برای تعمیم یا ترسیم الگو در سایر سازمان ها، نیاز به پژوهش های بعدی است.

نتایج پژوهش، ۳۸ متغیر و ۹ مؤلفه اصلی را (نوآوری ورودی، نوآوری دوسویه، خلاقیت و نوآوری سازمان، تشخیص و افزایش آمادگی فناوری ها، ساختارمندی فناورانه صنعت ۴۰ سازمان، ظرفیت جذب سازمان، عملکرد سازمان، بسیج منابع و منابع انسانی در صنعت ۴۰ همراه با نوآوری باز) برای پیاده سازی صنعت ۴۰ و نوآوری باز در سازمان ها، نشان می دهد. به علاوه با انجام سیاست ها و سناریوهای گوناگون بر روی این الگو در سازمان فولاد یزد، مشخص شده است که تفاوت در بهبود بسترسازی صنعت ۴۰ در سازمان همراه با نقش نوآوری باز، تنها در نوع مدیریت، بودجه بندی این فرایند و تجربه کاری آن نسبت به شرایط موجود و اتخاذ نوع تصمیم و راهبرد می باشد که

توسط مدیریت اعمال می‌شوند. در زمان اجرا و پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ در سازمان با نقش نوآوری باز، مدیریت باید در گروه‌های بهبود و توسعه بسترسازی صنعت ۴.۰، حضور مستمر داشته باشد و این گروه‌ها را هدایت و رهبری نماید. همچنین مدیریت با افزایش ساعات آموزشی کارکنان و افزایش سطح مهارت آنها در صنعت ۴.۰، توانایی بهبود و توسعه فرهنگ فرایند بسترسازی صنعت ۴.۰ را با نقش نوآوری باز در سازمان دارد و این‌گونه با ارتقا وضعیت سازمان، مدیریت بر فرایندهای تولیدی و مشتری‌مداری، تمرکز بیشتری می‌نماید. در نتیجه، نرخ مشارکت مشتریان و تأمین‌کنندگان در نوآوری صنعت ۴.۰ و نرخ همکاری در پروژه‌های صنعت ۴.۰ با مراکز تحقیقی و دانشگاه‌ها، افزایش می‌یابند و همراه با افزایش و توسعه در بهره‌گیری از اینترنت اشیا و میزان امنیت اطلاعات در سازمان، تعداد پروژه‌های نوآوری باز صنعت ۴.۰ در سازمان، نیز بهبود می‌یابند. همچنین با تغییر و بهبود در سرمایه‌گذاری مشترک سازمان‌ها برای نوآوری صنعت ۴.۰ و میزان همکاری با سازمان‌های دیگر در پروژه‌های صنعت ۴.۰، متغیر توسعه دانش از همکاری با دیگر سازمان‌ها، نیز ارتقا می‌یابد. به‌علاوه میزان بودجه برای پروژه‌های نوآوری باز صنعت ۴.۰ در سازمان با تغییر و بهبود حمایت دولت از نوآوری صنعت ۴.۰، افزایش می‌یابد.

همچنین یافته‌های برگرفته از الگوی پویای سیستم در پژوهش و سازمان فولاد یزد، نشان‌دهنده آن است که با اجرای فرایند بسترسازی صنعت ۴.۰ همراه با نوآوری باز در سازمان و هنگامی که مدیریت بهبود مستمر را در این زمینه به‌کار گرفته باشد، میزان بهره‌وری عملکرد، سهم بازار و سود مالی ناشی از این فرایند برای سازمان، افزایش می‌یابد، اما هنگامی که فرایند نوآوری باز در صنعت ۴.۰ سازمان پایین باشد یا به‌طور مناسب اجرا نشود و مدیریت تمام تلاش خود را برای توسعه و بهبود موقعیت سازمان انجام ندهد، بهره‌وری، سود مالی و سهم بازار سازمان در آینده همراه با مسائلی خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت که هنگامی که مدیریت به شکلی مناسب، تمامی فرایندهای نوآوری باز در صنعت ۴.۰ سازمان را پایش کند و بر اساس وضعیت فناوری‌های صنعت



۴۰ در سازمان و وضعیت‌های سیاسی و رقابتی محیطی در صنعت ۴۰، بهترین راهبرد را برای سازمان انتخاب نماید، سازمان روندی رو به رشد دارد و به خوبی می‌تواند در آینده همراه با تغییرات پویای آن، ادامه حیات دهد. نتایج این پژوهش، یافته‌های دیگر پژوهش‌ها را در تأثیرگذاری فناوری‌های صنعت ۴۰ بر نوآوری باز سازمان‌ها یا اثرگذاری نوآوری باز با دیگر سازمان‌ها، در پیاده‌سازی صنعت ۴۰ در سازمان را تأیید می‌نماید. همچنین در مقایسه با دیگر پژوهش‌ها، نشان‌دهنده این است که ارائه این فرایند، نیازمند شاخص‌های متعدد در بخش‌های گوناگون سازمان است. همچنین اگرچه این فرایند، نیازمند هزینه‌ها و زمان طولانی برای اثرگذاری می‌باشد، اما نتایج آن بر رشد و ترقی سازمان در محیط متغیر امروزی، بارز و چشمگیر است.

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود با وجود افزایش هزینه‌ها، سازمان‌های امروزی باید در ایده‌هایی مربوط به صنعت ۴۰ و فناوری‌های نوین و خلاقانه مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، شبکه‌های سایبری و ... سرمایه‌گذاری کنند. همچنین در اجرای این فرایند، سازمان‌ها نباید نگران از دست دادن سرمایه فکری و اطلاعات ارزشمند خود باشند، نمی‌توان به دلیل وجود این نگرانی‌ها، شرکت را از فرصت نوآوری باز محروم کرد و شرکت‌ها و کسب-وکارهای هوشمند باید با بهره‌گیری از اصول اعتمادسازی، بر حوزه‌های راهبردی سازمان برای مشارکت، تمرکز کنند. به‌علاوه سازمان‌ها باید در نوآوری باز، انگیزش دوطرفه را به حداکثر برسانند و پذیرای شرکای جدید در نوآوری فناوری‌های صنعت ۴۰ خود، باشند. همچنین سازمان‌ها باید از روش‌های نوآوری برای انطباق با محیط‌های پویا و تغییرات آینده بهره ببرند و در این زمینه برنامه‌ریزی‌های بلندمدتی باید انجام شود. به‌اضافه سازمان‌ها باید با توجه به بزرگی و حجم بسیار گردش مالی، نسبت به تنوع‌دار کردن منابع نوآوری خود اقدام کنند و تکنیک‌های کارآمد دیجیتال و جدیدی را به‌کار برند. افزون‌بر این، برای افزایش قابلیت اتکای الگو، به پژوهشگران آینده پیشنهاد می‌شود دامنه بیشتری برای بسترسازی صنعت ۴۰ با نقش نوآوری باز در سازمان (در سطح کل کشور، نه فقط یک استان) در نظر گرفته شود. توصیه

می‌شود در پژوهش‌های دیگر، صنایع متفاوت دیگر نیز از نظر عملکرد بسترسازی صنعت ۴۰ با نوآوری باز، ارزیابی و الگوسازی شوند؛ به‌علاوه با اجرای آزمون‌هایی دقیق‌تر و کامل‌تر برای افزایش کارایی الگو در پژوهش‌های آتی، می‌توان اعتبار الگو را افزایش داد، همچنین بحث نوآوری باز یک پدیده چندوجهی است و نقش دانشگاه‌ها و مراکز تحقیق و توسعه و بنگاه‌های فناوری‌محور و ... بسیار مهم هستند، از آنجاکه در این پژوهش برخی از ابعاد بیرونی سازمانی نوآوری باز، نادیده گرفته شده است و بیشتر به فناوری‌های صنعت ۴۰ و نوآوری‌های سازمانی توجه شده است، به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود که متغیرهای برون‌سازمانی بیشتری را به صورت جداگانه برای نوآوری باز در تحقیقات خود لحاظ کنند.



منابع

- منفرد، مهنراز (۱۴۰۰). اهمیت نوآوری باز بر توسعه ایده در فرایند نوآوری اسباب‌بازی ایرانی. کنفرانس ملی اسباب بازی و سرگرمی ایرانی، دوره اول.
- هاشمی دهقی، زهرا (۱۳۹۳). نوآوری باز و ضرورت پیاده‌سازی آن در سازمانها. نشریه صنعت و دانشگاه، ۷(۲۵)، ۳۱-۲۵.
- سلسبیل، مهسا، رفیعی آتانی، عطاله و بنیادی نائینی، علی (۱۴۰۱). تبیین الگوی تصمیم‌گیری مصرف‌کننده مبتنی بر علوم شناختی و رفتاری با بهره‌گیری از روش فراترکیب. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۷(۲)، ۸۸-۱۰۹.
- زیلایی، راضیه، بابایی زکلیکی، محمدعلی و عبداللّهی، عباس (۱۴۰۱). عوامل اثرگذار در رابطه الگوی ذهنی مصرف‌کننده با آمیختگی با برند: رهیافت فراترکیب. پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۲۶(۳)، پیاپی ۱۱۷.
- فغانی، جواد، زرگر، سیدمحمد، شیردل، غلامحسن و پیله‌وری، نازنین (۱۴۰۱). ارائه مدلی برای شبیه‌سازی عوامل موثر بر نرخ جذب مشتری با رویکرد پویایی سیستم در سازمان مورد مطالعه: بانک سپه. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۷(۲)، ۱۶۹-۱۹۲.
- کریمیان سیچانی، زهرا، چراغعلی، محمدحسن و دهقانی، علی (۱۴۰۱). تحلیل مقایسه‌ای پایداری مالی طرح‌های DB-PAYG و NDC در بازنشستگی‌های تعیین تکلیف سازمان تأمین اجتماعی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمها. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۷(۳)، ۱۶۹-۱۴۰.
- صادقی زاده، حمزه و دوایی مرکزی، امیرحسین (۱۳۹۱). تبیین نقش حکمرانی در توسعه نظام نوآوری فناوری اینترنت اشیا در ایران، مدیریت توسعه فناوری. پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۸(۱)، ۱۶۸-۱۳۹.
- عرب، سیدمحمد، ابراهیم زاده پزشکی، رضا و مروتی شریف آبادی، علی (۱۳۹۳). طراحی مدل فرا ترکیب عوامل مؤثر بر طلاق با مرور نظام‌مند مطالعه‌های پیشین. مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران، ۱۰(۴)، ۲۲-۱۰.
- فال سلیمان، محمود، خسروی، نرگس، شاطری، مفید و حجتی‌پور، محمد (۱۴۰۱). روایی محتوایی مفهوم مشارکت در مدیریت روستایی. مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۶(۱)، ۸۵-۹۵.
- اکبری، مرتضی، ذره پرورش‌جاع، الهام، پاداش زیوه، حمید و السادات علی‌زاده مقدم، شکوه السادات (۱۳۹۷). تأثیر نوآوری باز واردشونده و خارج شونده بر عملکرد نوآوری در شرکت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات. مدیریت توسعه فناوری، ۶(۲)، ۱۴۸-۱۵۷.
- سیف‌اللّهی، ناصر و نیکخواه، یونس (۱۴۰۲). تبیین رقابت‌پذیری پایدار از طریق موفقیت بین‌المللی و نوآوری باز در شرکت‌های خلاق کوچک و متوسط: نقش تعدیلگر قابلیت اتحاد دیجیتال. مدیریت نوآوری، ۱۲(۲)، ۶۹-۱۰۸.



رادسعید، جواد، و دادی، احمد و حقیقت منفرد، جلال (۱۴۰۱). پیشران‌ها و پسران‌های نوآوری دیجیتالی باز در صنعت بانکی کشور. مدیریت نوآوری، ۱۱(۳)، ۶۲-۳۱.

مشایخ، جواد، سید طباطبائی، حبیب، امیری، مقصود و مهرداد شکریه، محمود (۱۳۹۵). تأثیر عوامل زمینه‌ای بیرونی بر اتخاذ نوآوری باز با تأکید بر ویژگی‌های بخش: شواهدی از شرکت‌های بخش مواد پیشرفته در ایران. مدیریت نوآوری، ۵(۲)، ۳۱-۱.

Grabowska, S., & Saniuk, S. (2022). Business Models in the Industry 4.0 Environment—Results of Web of Science Bibliometric Analysis. *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, 8(1), 19.

Jayashree, S., Reza, M. N. H., Malarvizhi, C. A. N., Gunasekaran, A., & Rauf, M. A. (2022). Testing an adoption model for Industry 4.0 and sustainability: A Malaysian scenario. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 313-330.

Robert, M., Giuliani, P., & Dubouloz, S. (2022). Obstacles affecting the management innovation process through different actors during the covid-19 crisis: a longitudinal study of Industry 4.0. *Annals of Operations Research*, 1-26.

Naqshbandi, M.M., Jasimuddin, S.M. (2022). The linkage between open innovation, absorptive capacity and managerial ties: A cross-country perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(2), 100167

Costa, J., & Matias, J.C.O. (2020). Open innovation 4.0 as an enhancer of sustainable innovation ecosystems. *Sustainability*, 12(19), 8112.

Naruetharadhol, P., Srisathan, W.A., Gebombut, N., Wongthahan, P., & Ketkaew, C. (2022). Industry 4.0 for Thai SMEs: Implementing Open Innovation as Innovation Capability Management. *International Journal of Technology*, 13(1), 48-57

Tutak, M., & Brodny, J. (2022). Business digital maturity in Europe and its implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 27.

Rossini, M., Powell, D.J., & Kundu, K. (2023). Lean supply chain management and Industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(2), 253-276.

Himang, C., Ocampo, L., Obiso, J.J., & Bongo, M. (2020). Defining stages of the Industry 4.0 adoption via indicator sets. *Engineering Management in Production and Services*, 12(2), 32-55

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Grybauskas, A., Vilkas, M., & Petraitė, M. (2021). Industry 4.0, innovation, and sustainable development: A systematic review and a roadmap to sustainable innovation. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 4237-4257.

Veile, J.M., Kiel, D., Müller, J.M., & Voigt, K.I. (2020). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 977-997.

Götz, M., & Jankowska, B. (2020). Adoption of Industry 4.0 technologies and company competitiveness: case studies from a post-transition economy. *Форсайт* 14(4 (eng)), 61-78

Liu, Z., Shi, Y., & Yang, B. (2022). Open innovation in times of crisis: An overview of the healthcare sector in response to the COVID-19 Pandemic. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 21.



- Bigliardi, B., Ferraro, G., Filippelli, S., Galati, F. (2020). The influence of open innovation on firm performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 12, 1847979020969545.
- Valdez-Juárez, L.E., & Castillo-Vergara, M. (2021). Technological capabilities ,open innovation, and eco-innovation: Dynamic capabilities to increase corporate performance of SMEs. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 8.
- Mubarak, M.F., Tiwari, S., Petraite, M., Mubarik, M., & Raja Mohd Rasi, R.Z. (2021). How Industry 4.0 technologies and open innovation can improve green innovation performance?.
- Rialti, R., Marrucci, A., Zollo, L., & Ciappei, C. (2022). Digital technologies, sustainable open innovation and shared value creation: evidence from an Italian agritech business. *British Food Journal*, 124(6): 1838-1856
- Messeni Petruzzelli, A., Murgia, G., & Parmentola, A. (2022). How can open innovation support SMEs in the adoption of I4. 0 technologies? An empirical analysis. *R&D Management*, 52(4), 615-632.
- Gajdzik, B., & Wolniak, R. (2022). Smart production workers in terms of creativity and innovation: The implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 68.
- Lepore, D., Vecchiolini, C., Micozzi, A., & Spigarelli, F. (2023). Developing technological capabilities for Industry 4.0 adoption: An analysis of the role of inbound open innovation in small and medium sized enterprises. *Creativity and Innovation Management*, 32(2), 249-265
- Hizam-Hanafiah, M., & Soomro, M.A. (2021). The situation of technology companies in industry 4.0 and the open innovation. *Journal of open innovation: technology, market, and complexity*, 7(1), 34.
- Osma, J.I.P., Salazar, F.L.M., & Gómez, K.N.M. (2020). Knowledge management and industry 4.0 and open innovation. *Ingeniería Solidaria*, 16(2), 1-23.
- Trzeciak, M., Kopec, T.P., & Kwilinski, A. (2022). Constructs of project programme management supporting open innovation at the strategic level of the organization. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 58.
- McPhillips, M. (2020). Trouble in paradise? Barriers to open innovation in regional clusters in the era of the 4th industrial revolution. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(3), 84.
- Sutopo, W., Astuti, R.W., & Suryandari, R.T. (2019). Accelerating a technology commercialization; with a discussion on the relation between technology transfer efficiency and open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5(4), 95
- Arghandeh, R., Von Meier, A., Mehrmanesh, L., & Mili, L. (2016). On the definition of cyber-physical resilience in power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1060-1069.
- Valeeva, Y., Kalinina, M., Sargu, L., Kulachinskaya, A., & Ilyashenko, S. (2022). Energy sector enterprises in digitalization program: its implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 81.
- Yun, J.J., Liu, Z., & Zhao, X. (2021). Introduction: Ambidextrous open innovation in the 4th Industrial Revolution. *Science, Technology and Society*, 26(2), 183-200.

- Aquilani, B., Piccarozzi, M., Abbate, T., & Codini, A. (2020). The role of open innovation and value co-creation in the challenging transition from industry 4.0 to society 5.0: Toward a theoretical framework. *Sustainability*, 12(21), 8943.
- Saniuk, S., Caganova, D., & Saniuk, A. (2023). Knowledge and skills of industrial employees and managerial staff for the industry 4.0 implementation. *Mobile Networks and Applications*, 28(1), 220-230.
- Troise, C., Matricano, D., & Sorrentino, M. (2021). Open innovation platforms: Exploring the importance of knowledge in supporting online initiatives. *Knowledge Management Research & Practice*, 19(2), 208-216.
- Brozzi, R., D'amico, R.D., & Pasetti Monizza, G. (2018). Design of Self-assessment Tools to measure industry 4.0 readiness. A methodological approach for craftsmanship SMEs. *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0: 15th IFIP WG 5.1 International Conference, Proceedings 15*, Springer, 566-578
- Travaglioni, M., Ferazzoli, A., Petrillo, A., Cioffi, R., De Felice, F., & Piscitelli, G. (2020). Digital manufacturing challenges through open innovation perspective. *Procedia Manufacturing*, 42, 165-172.
- Fortoul-Diaz, J.A., Carrillo-Martinez, L.A., Centeno-Tellez, A., Cortes-Santacruz, F., OlmosPineda, I., & Flores-Quintero, R.R. (2023). A Smart Factory Architecture Based on Industry 4.0 Technologies: Open-Source Software Implementation. *IEEE Access*.
- Amundsen, O., Aasen, T.M.B., Gressgård, L.J., & Hansen, K. (2014). Preparing organisations for employee-driven open innovation. *International Journal of Business Science & Applied Management (IJBSAM)*, 9(1), 24-35.
- Lee, M.J., & Roh, T. (2023). Unpacking the sustainable performance in the business ecosystem: Coopetition strategy, open innovation, and digitalization capability. *Journal of cleaner production* 412, 137433.
- Pereira, A.C., & Romero, F., (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Hammer, M., Somers, K., Karre, H., & Ramsauer, C. (2017). Profit per hour as a target process control parameter for manufacturing systems enabled by Big Data analytics and Industry 4.0 infrastructure. *Procedia CIRP*, 63, 715-720.
- Yu, Z., Khan, S.A.R., & Umar, M. (2022). Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 796-809.
- Jiao, R., Commuri, S., Panchal, J., Milisavljevic-Syed, J., Allen, J.K., Mistree, F., & Schaefer, D. (2021). Design engineering in the age of industry 4.0. *Journal of Mechanical Design*, 143(7), 070801.
- Ziaei Nafchi, M., & Mohelská, H. (2020). Organizational culture as an indication of readiness to implement industry 4.0. *Information*, 11(3), 174.
- Li, M., Cao, G., Li, H., Hao, Z., & Zhang, L. (2023). How government subsidies affect technology innovation in the context of Industry 4.0: evidence from Chinese new-energy enterprises. *Kybernetes*.
- Silva, F.T., Baierle, I.C., Correa, R.G.D.F., Sellitto, M.A., Peres, F.A.P., & Kipper, L.M (2023). Open Innovation in Agribusiness: Barriers and Challenges in the Transition to Agriculture 4.0. *Sustainability*, 15(11), 8562.