Ind. Manag. Persp. 2024, 14(2), 85-112; doi: 10.48308/JIMP.14.2.85

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Analysis of Organizational Factors Affecting the Adoption of Industry 4.0 Technologies in Small and Medium-Sized Companies

Seyed Alireza Rokneddini*
Davood Andalib Ardakani**

Extended Abstract

Introduction and objectives: Industry 4.0 has brought significant changes to industries and businesses. This transformation, involving the interconnection of devices, processes, and systems through smart networks and the use of data-driven technologies and artificial intelligence, has created a comprehensive approach in businesses. This development is crucial and has substantial impacts on various areas, including production, services, supply chain, and marketing. Given the increasing stability and future competitiveness of the production sector, the new technologies of the fourth industrial revolution (Industry 4.0) have gained considerable attention from the academic and industrial communities in recent years. However, manufacturers face numerous factors in implementing Industry 4.0, which need to be identified and analyzed. The purpose of this research is to identify the organizational factors influencing the adoption of Industry 4.0 and to present a fuzzy cognitive model.

Methods: This research is considered applied-developmental in terms of its purpose and hybrid (exploratory mixed) in terms of the research type. The statistical population of this research comprised small and medium-sized manufacturing companies, with 12 experts from small and medium-sized manufacturing companies active in the industrial town of Yazd province selected purposefully. Initially, to identify the organizational determinants of Industry 4.0, the meta-combination method was used, and then the relationships of these factors were determined using the fuzzy cognitive mapping method and the Fcmappear and Mental Modeler software.

Received: Jun. 16, 2023; Revised: Aug. 23, 2023; Accepted: May. 29, 2024; Published Online: Jun. 02, 2024.

* Ph.D. student, Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.
** Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.
Corresponding Author: andalib@yazd.ac.ir

Ind. Manag. Persp. 2024, 14(2), 85-112; doi: 10.48308/JIMP.14.2.85

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Findings: The findings of the meta-combination method indicate 36 primary codes and 11 determining factors affecting the acceptance of Industry 4.0 technologies in small and medium-sized manufacturing companies operating in Yazd Industrial Town. These factors include absorption capacity, commercial assets, technical competence in digitization, digitalization knowledge and expertise, participation in the implementation process, strategic management competence for Industry 4.0, organizational culture, organizational structure, availability of resources, social capital, and top management characteristics. Among these factors, participation in the implementation process, absorption capacity, and social capital have the highest influencing capacity, while top management characteristics, digitalization knowledge and expertise, technical competence in digitization, and strategic management competence have the highest impact. Ultimately, the factors of technical competence in digitization, digitalization knowledge and expertise, top management characteristics, and participation in the implementation process obtained the most central indicators.

Conclusion: Industry 4.0 is a vital strategic option for small and medium-sized manufacturing companies, enabling them to keep pace with the digitization race. Small and medium-sized manufacturing companies are significantly behind large organizations in leveraging Industry 4.0 technologies. Additionally, these companies are still grappling with early adoption decisions regarding digital transformation under Industry 4.0, which is a concerning issue. The results identified various organizational determinants that may explain these conditions and provide efficient solutions for small and medium manufacturing companies. This study created an organizational digitalization roadmap that describes the necessary conditions to facilitate the digitalization of small and medium-sized manufacturing companies under Industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0; Organizational Factors; Small and Medium Manufacturing Companies; Meta-Combination; Fuzzy Cognitive Map.

How to Cite: Rokneddini, Seyed Alireza; Andalib Ardakani, Davood (2024). Analysis of organizational factors affecting the adoption of Industry 4.0 technologies in small and medium-sized companies. *Ind. Manag. Persp.*, 14(2), 85-112 *(In Persian)*.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۳، دوره ۱۴، شماره ۲، صص ۸۵ – ۱۱۲، doi: 10.48308/JIMP.14.2.85

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط

سید علیرضا رکن‌الدینی

داود عندلیب اردکانی

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: صنعت ۴.۰ تغییر و تحول عمده‌ای را در صنعت و کسب‌وکارها به همراه داشته است. در این تغییر، اتصال دستگاه‌ها، فرآیندها و سیستم‌ها به هم و به اینترنت از طریق شبکه‌های هوشمند و استفاده از فناوری‌های مبتنی بر داده و هوش مصنوعی توانسته است رویکردی گسترده در کسب‌وکارها به‌وجود آورد. این تحول از اهمیت زیادی برخوردار است و در حوزه‌های مختلفی از جمله تولید، خدمات، زنجیره تأمین و بازاریابی تأثیرات زیادی دارد. با توجه به افزایش پایداری و رقابت‌پذیری آینده بخش تولیدی، فناوری‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم (صنعت ۴.۰) در سال‌های اخیر موردتوجه جامعه دانشگاهی و صنعتی قرار گرفته است. بااین‌حال، تولیدکنندگان برای پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ با عوامل زیادی روبه‌رو هستند که شناسایی و تحلیل آن‌ها ضروری است. هدف پژوهش حاضر، شناسایی عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش صنعت ۴.۰ و ارائه یک مدل شناختی فازی است.

روش‌ها: این پژوهش از نظر هدف جزو پژوهش‌های کاربردی ـ توسعه‌ای و از نظر نوع پژوهش، ترکیبی (آمیخته اکتشافی) قلمداد می‌شود. تعداد نمونه آماری در بخش کمّی ۱۲ نفر بود و با روش هدفمند–قضاوتی خبرگانی که دارای حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی در بخش سازمانی (اداری) بودند، انتخاب شده و از آن‌ها نظرخواهی شد. در مرحله نخست، برای شناسایی عوامل تعیین‌کننده سازمانی بر صنعت ۴.۰ از روش فراترکیب استفاده شد و سپس با استفاده از روش نقشه شناختی فازی و به‌کارگیری نرم‌افزارهای Fcmappear و Mental Modeler روابط این عوامل تعیین شد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲.

* دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

** دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

نویسنده مسئول: andalib@yazd.ac.ir

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۳، دوره ۱۴، شماره ۲، صص ۸۵ – ۱۱۲، doi: 10.48308/JIMP.14.2.85

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از روش فراترکیب نشان‌دهنده ۳۶ کُد اولیه و ۱۱ عامل تعیین‌کننده بر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی فعال در شهرک صنعتی یزد است که شامل ظرفیت جذب، دارایی‌های تجاری، صلاحیت فنی دیجیتالی‌شدن، دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی، مشارکت در فرآیند اجرا، شایستگی مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰، فرهنگ سازمانی، ساختار سازمانی، دردسترس‌بودن منابع، سرمایه اجتماعی و ویژگی‌های مدیریت عالی است که از میان این عوامل، مشارکت در فرآیند اجرا، ظرفیت جذب و سرمایه اجتماعی بالاترین ظرفیت تأثیرپذیری، ویژگی‌های مدیریت عالی و دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی، صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی و شایستگی مدیریت استراتژیک بیشترین ظرفیت تأثیرگذاری را داشتند و درنهایت عوامل صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی، دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی، ویژگی‌های مدیریت عالی و مشارکت در فرایند اجرا بیشترین شاخص مرکزی را به‌دست آوردند.

نتیجه‌گیری: صنعت ۴.۰ یک گزینه استراتژیک حیاتی برای شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی است که آن‌ها را قادر می‌سازد تا با مسابقه دیجیتالی‌شدن همگام شوند. شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی به‌طور قابل‌توجهی از سازمان‌های بزرگ در بهره‌مندی از فناوری‌های صنعت ۴.۰ عقب هستند. این شرکت‌ها هنوز با تصمیمات اولیه پذیرش در مورد تحول دیجیتال تحت صنعت ۴.۰ درگیر هستند که موضوع نگران‌کننده‌ای برای این شرکت‌ها است. نتایج، عوامل مختلف تعیین‌کننده سازمانی را شناسایی کردند که ممکن است این شرایط را توضیح دهند و برای شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی بسیار کارآمد باشد. این مطالعه یک نقشه راه دیجیتالی‌سازی سازمانی ایجاد کرده است که شرایط لازم برای تسهیل دیجیتالی‌شدن شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی را تحت صنعت ۴.۰ توصیف می‌کند.

کلیدواژه‌ها: صنعت ۴.۰؛ عوامل سازمانی، شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی، فراترکیب، نقشه شناختی فازی.

استناددهی: رکن‌الدینی، سید علیرضا؛ عندلیب اردکانی، داود (۱۴۰۳). تحلیل عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۲)، ۸۵-۱۱۲.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱. مقدمه

صنعت ۴.۰، تغییر و تحول گسترده‌ای را در صنعت و کسب‌وکارها به همراه داشته است. در این تغییر، اتصال دستگاه‌ها، فرآیندها و سیستم‌ها به هم و به اینترنت از طریق شبکه‌های هوشمند و استفاده از فناوری‌های مبتنی بر داده و هوش مصنوعی توانسته است رویکردی گسترده در کسب‌وکارها به‌وجود آورد. این تحول از اهمیت زیادی برخوردار است و در حوزه‌های مختلفی از جمله تولید، خدمات، زنجیره تأمین و بازاریابی تأثیرات زیادی دارد. صنعت ۴.۰ با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، تحلیل داده‌ها، رباتیک، حسگرها و شبکه‌های هوشمند، بسیاری از امکانات جدیدی را برای کسب‌وکارها ایجاد کرده است که با استفاده از این فناوری‌ها، فرآیندهای تولید و عملیاتی را به‌صورت خودکار و بدون نیاز به دخالت انسان بهبود بخشند. این اتوماسیون صنعتی بر رمزگذاری سرتاسر، به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها، شفافیت داده‌ها و ادغام یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و مجازی در کل عملیات تولید تأکید می‌کند و درنتیجه باعث افزایش کارایی، کاهش خطاها و هزینه‌ها، افزایش سرعت تولید می‌شود و کیفیت را بهبود می‌بخشد [21]. چابکی، انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و سفارشی‌سازی انبوه فرآیندهای تولید را قادر می‌سازد که به افزایش توانایی پاسخگویی سریع به نیازهای مشتری کمک کند. این فناوری‌ها همچنین باعث کاهش ضایعات، کاهش هزینه، پشتیبانی از کیفیت بالاتر و افزایش سودآوری خدمات پس از فروش صنایع تولیدی مدرن می‌شوند [31،13]. صنعت ۴.۰ امکان اتصال و ارتباط بین اشیا و دستگاه‌ها را فراهم کرده است. اینترنت اشیا به شرکت‌های کوچک و متوسط این امکان را می‌دهد که داده‌های بسیار زیادی را از حسگرها و دستگاه‌های مختلف جمع‌آوری کرده و آن‌ها را تحلیل کنند. این اطلاعات به شرکت‌ها و صنایع کمک می‌کند تا فرآیندهای خود را بهبود بخشند، تصمیمات بهتری بگیرند و خدمات نوآورانه‌تری ارائه دهند [57،39].

در کنار فناوری‌های صنعت ۴.۰، استراتژی‌های سازمانی، سرمایه‌گذاری‌های مالی، محصولات و عملیات هوشمند، سهامداران به‌عنوان کارمندان و مشتریان و سیاست‌های دولت و استانداردهای صنعت ۴.۰ به‌عنوان عوامل مؤثر کلیدی پذیرش صنعت ۴.۰ در نظر گرفته می‌شوند [۹۲،80]. مبانی نظری اخیر نشان می‌دهد که استراتژی‌ها و فرهنگ رهبری، فناوری‌های صنعت ۴.۰، عوامل مؤثر ضروری برای پذیرش صنعت ۴.۰ هستند [۱۱۲]. از طرفی، صنعت ۴.۰ نشان داده است که می‌تواند به توسعه یا فرمول مجدد فرآیندهای سازمانی برای رقابتی‌تر و پایدارترکردن آن‌ها کمک کند. شرکت‌ها در حال بازنگری در مدل‌های کسب‌وکار خود بوده و به‌دنبال راه‌های جدیدی برای عملکرد پایدار هستند [26]. درحالی‌که بیشتر پژوهشگران توانمندسازهای فناوری صنعت ۴.۰ را بررسی کرده‌اند، در مطالعات کمی به توانمندسازی‌های سازمانی و مدیریتی صنعت ۴.۰ توجه شده است. با وجود اینکه فناوری مدرن یک عنصر اصلی در این پارادایم جدید است، اما صنعت ۴.۰ نمی‌تواند تنها به مجموع فناوری‌ها محدود شود. توانمندسازهای سازمانی و مدیریتی نیز عوامل مؤثر مهم در صنعت ۴.۰ هستند [۳۲].

صنعت چهار در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی در ایران با چالش‌های متعددی روبه‌رو است. برای مثال، عدم‌تمرکز بر فناوری‌های پیشرفته و نوآوری باعث محدودیت در توسعه فرآیندها و محصولات در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی شده است. از طرفی، اجرای عوامل صنعت ۴.۰ نیازمند اتصال دستگاه‌ها و فرآیندها به یکدیگر و به سیستم‌های دیجیتالی است؛ اما عدم‌بهره‌وری کامل از این امکانات می‌تواند مانع بهره‌وری بیشتر در تولید و مدیریت شود؛ همچنین اجرای عوامل صنعت ۴.۰ ممکن است نیاز به سرمایه‌گذاری بزرگی داشته باشد و کمبود منابع مالی می‌تواند این فرآیند را مختل کند. در مورد کمبود تخصص‌های موردنیاز نیز کمبود نیروهای متخصص در زمینه‌های مرتبط با عوامل صنعت ۴.۰، مانع اجرای این فناوری‌ها و فرآیندها می‌شود. از طرفی ساختارهای سنتی و مدیریتی شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی در برخی از شرکت‌ها ممکن است اجرای تغییرات موردنیاز برای اجرای عوامل صنعت ۴.۰ را مشکل کنند؛ زیرا این ساختارها در فرهنگ شرکت نهادینه شده و تغییر برای شرکت‌ها بسیار مشکل است و ازآنجاکه تمرکز اصلی بر بقا در بازار و سودآوری در کوتاه‌مدت است، احتمال دارد اهمیت صنعت ۴.۰ در بلندمدت در زمینه‌های مختلف کمتر شود. همچنین توانایی جذب و حفظ نیروی انسانی متخصص برای توسعه فنی و نوآوری در این شرکت‌ها حائز اهمیت است. درنهایت ترکیب این عوامل تعیین‌کننده سازمانی می‌تواند مانع اجرای صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی در ایران شود؛ بنابراین پژوهش حاضر درصدد پاسخ به سؤال‌های زیر است:

ـ عوامل تعیین‌کننده سازمانی صنعت ۴.۰ کدام‌اند؟

ـ روابط عوامل تعیین‌کننده سازمانی صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی به چه صورت است؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

صنعت ۴.۰. انقلاب صنعتی چهارم که به‌عنوان صنعت ۴.۰ شناخته می‌شود، یک تحول دیجیتال است که به‌طور تصاعدی در حال تشدید است و پیامدهای مهمی برای شیوه‌های تجاری دارد [74]. فناوری‌ها و شیوه‌های صنعت ۴.۰، از جمله اینترنت اشیا، اتوماسیون فرآیند، هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و واقعیت مجازی و افزوده باعث تغییر استراتژی برای شرکت‌های تولید صنعتی می‌شوند. این فناوری‌ها می‌توانند به شرکت‌ها کمک کنند تا با محیط‌زیست نیز سازگارتر شوند [21]. پایداری در صنعت ۴.۰ بر تأثیرات مثبت شیوه‌های کسب‌وکار جدید و ظرفیت آن‌ها برای مقابله با چالش‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی تمرکز دارد. این بدان معنای است که مفهوم تولید دیجیتال باید از همان ابتدا تغییرات فناورانه را در نظر بگیرد [11]. صنعت ۴.۰ می‌تواند با به‌حداقل‌رساندن ضایعات، کاهش مصرف انرژی و ساده‌کردن فرآیندهای کاری به کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید کمک کند. شرکت‌هایی که با روش‌های سازگار با محیط‌زیست کار می‌کنند، موقعیت بهتری برای بهینه‌سازی شرایط کاری برای کارکنان خود، جذب بهترین استعدادها و درنهایت کسب سود بیشتر دارند [۶].

فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط. صنعت ۴.۰ مبتنی بر فناوری و نشان‌دهنده یک انقلاب دیجیتال است که توسط نوآوری‌های فناورانه، مانند اینترنت اشیا انجام شده است [65]. کلان داده، اینترنت اشیا، رایانش ابری، تولید افزودنی و سیستم فیزیکی سایبری شناخته‌شده‌ترین اجزای فناورانه صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط بوده‌اند [۷۷،۶۳]. در مبانی نظری، طبقه‌بندی‌های مختلفی از فناوری‌های صنعت ۴.۰ را در میان شرکت‌های کوچک و متوسط ارائه شده است. برای مثال، قباخلو و چینگ[1] (۲۰۱۹)، فناوری‌های صنعت ۴.۰ را به فناوری‌های سطح اول و دوم تقسیم کردند. فناوری‌های سطح اول، محصولات فناورانه‌ای هستند، مانند چاپگرهای سه‌بُعدی که شرکت‌های کوچک و متوسط می‌توانند آن‌ها را به‌صورت مستقل خریداری و اجرا کنند. اینترنت اشیای صنعتی و سیستم فیزیکی سایبری، به‌عنوان فناوری‌های سطح دوم صنعت ۴.۰، محصول جانبی اجرا و ادغام چندین فناوری سطح اول مانند سیستم‌های اکتساب داده یا یادگیری ماشین هستند. آگوستینی و نوسلا[2] (۲۰۲۰) فناوری‌های تولید پیشرفته را از فناوری‌های صنعت ۴.۰ متمایز کردند و توضیح دادند که فناوری‌های ساخت پیشرفته پیش‌نیاز پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ توسط شرکت‌های کوچک و متوسط هستند. بوسمان[3] و همکاران (۲۰۱۹)، چهار دسته از فناوری‌های صنعت ۴.۰ را برای شرکت‌های کوچک و متوسط پیشنهاد کردند که عبارت‌اند از: طراحی و مهندسی به کمک رایانه؛ کف کارخانه دیجیتال؛عملیات پشتیبانی شرکت و فناوری تبادل داده زنجیره تأمین. صرف‌نظر از طبقه‌بندی‌های فن‌وری پیشنهادشده توسط مطالعات موجود، مبانی نظری به‌طور گسترده اذعان می‌کند که نرخ پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط به طرز نگران‌کننده‌ای پایین بوده است. پچ و ورچوتا[4] (۲۰۲۰)، سطوح پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ شرکت‌های کوچک و متوسط چک را مطالعه کردند و نشان دادند که اگرچه بیشتر شرکت‌های کوچک و متوسط موردبررسی از اطلاعات عمومی و فناوری‌های دیجیتال سود می‌برند، نرخ اجرای فناوری‌های مدرن صنعت ۴.۰ در میان خوشه‌های مختلف شرکت‌های کوچک و متوسط بسیار پایین بوده است. برای مثال، پچ و ورچوتا (۲۰۲۰)، نرخ پیاده‌سازی کمتر از ۲۰ درصد را برای چاپگرهای سه‌بُعدی، واقعیت مجازی یا فناوری‌های خودروهای خودران در میان شرکت‌های کوچک و متوسط چک با فناوری پیشرفته گزارش کردند. مطالعات قبلی الگوی پیاده‌سازی فناوری صنعت ۴.۰ مشابهی را برای شرکت‌های کوچک و متوسط مالزی گزارش کرده بود که نشان می‌داد این کسب‌وکارها تمایل بیشتری به اتخاذ فناوری‌های دیجیتال و عملیاتی فعال مانند محرک‌های صنعتی و حسگرها دارند و درعین‌حال از فناوری‌های مخرب صنعت ۴.۰ مانند بلاک چین اجتناب می‌کنند [96].

به‌طور مشابه، در مبانی نظری، نرخ پذیرش پایین فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط اروپایی [2]، شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی کره جنوبی [۱۲۳] و شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی نروژی گزارش شده است [۳، ۱۲۳، 2222].

برای کسب‌وکارهای استرالیایی، هاپکینز[5] (۲۰۲۱)، نرخ پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ را برای شرکت‌های کوچک در مقایسه با کسب‌وکارهای بزرگ‌تر گزارش کرد. این مشاهدات تا حدودی قابل‌انتظار است، با توجه به اینکه پژوهشگران به‌طور گسترده بر این باور

1. Ghobakhloo and Ching
2. Agostini and Nosella
3. Bosman
4. Pech and Vrchota
5. Hopkins

هستند که بیشتر شرکت‌های کوچک و متوسط در وضعیت تصمیم‌گیری اولیه گیر افتاده‌اند و هنوز به اجرای فیزیکی فناوری‌های مدرن صنعت ۴.۰ ادامه نمی‌دهند [۲۳، ۷۰، ۷۵]. کارشناسان استدلال می‌کنند که عوامل زیادی در نرخ پایین پذیرش جهانی فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط نقش داشته‌اند که در این پژوهش به بررسی عوامل سازمانی پرداخته می‌شود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع روش پژووهش آمیخته (کیفی–کمّی) بوده و به‌دنبال ارائه نقشه شناختی فازی عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ است. بدین منظور ابتدا عوامل تعیین‌کننده سازمانی در پذیرش صنعت ۴.۰ از طریق تکنیک فراترکیب شناسایی شد؛ ازاین‌رو برای بهره‌گیری از روش فراترکیب، از روش هفت‌مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو (۲۰۰۷)، استفاده شد.

۱. تنظیم سؤال پژوهش؛ ۲. مرور مبانی نظری به شکل سیستماتیک؛ ۳. جست‌وجو و انتخاب متون مناسب؛ ۴. استخراج اطلاعات متون؛ ۵. تجزیه‌وتحلیل یافته‌های کیفی؛ ۶ . کنترل کیفیت؛ ۷ . ارائه یافته‌ها. پس از مرحله کیفی و شناسایی عوامل مؤثر، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل از نظر مدیران اجرایی و استادان دانشگاهی در حوزه صنایع کوچک و متوسط تولیدی در شهرک صنعتی استان یزد موردارزیابی قرار گرفت که تعداد نمونه آماری در بخش کمّی ۱۲ نفر بوده و با روش هدفمند–قضاوتی خبرگانی که حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی در بخش سازمانی (اداری) را داشتند، انتخاب شدند (جدول ۱). برای این منظور ابتدا از نقشه شناختی فازی برای مشخص‌شدن روابط بین مؤلفه‌ها استفاده شد. روش نقشه شناختی فازی، روشی است که با تحلیل شاخص‌های مرکزیت مهم‌ترین ابعاد تشکیل‌دهنده یک مفهوم را شناسایی و سپس از طریق روابط علّی مجموعه روابط متغیرها با یکدیگر را بررسی می‌کند. این روش بر اساس شش مرحله انجام می‌شود که در ادامه تشریح شده است:

مرحله اول: تدوین و توزیع پرسشنامه؛

مرحله دوم: تبدیل عبارات کلامی استخراج‌شده به اعداد فازی و تشکیل ماتریس تصمیم فازی؛

مرحله سوم: انجام فازی‌زدایی با استفاده از روش میانگین فازی و تشکیل ماتریس تصمیم دی‌فازی؛

مرحله چهارم: مشخص‌کردن توان تأثیرگذاری ظرفیت تأثیرپذیری و شاخص محوری هر کدام از مؤلفه‌ها؛

مرحله پنجم: تحلیل داده‌ها؛

مرحله ششم: درنهایت طراحی مدل روابط علّی.

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی خبرگان

	مدرک		سابقه		
	کارشناسی	کارشناسی ارشد	بین ۱۰–۱۵ سال	بین ۱۵–۲۰ سال	بیشتر از ۲۰ سال
تعداد	۵	۷	۷	۳	۲
درصد	۰/۴۱	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۲۵	۰/۱۶

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

شناسایی عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش صنعت ۴.۰. مرحله نخست فراترکیب مربوط به تنظیم سؤال‌های پژوهش است که باید علاوه بر علاقه‌مندی ادامه پژوهش‌های قبلی پژوهشگر باشد. سؤال‌های پژوهش باید دارای ویژگی‌هایی باشد که در جدول ۲، ارائه شده است.

جدول ۲. سؤال‌های پژوهش

مؤلفه‌ها	سؤال‌های پژوهش
چیستی کار (What)	عوامل مؤثر سازمانی بر اجرای صنعت ۴.۰ چیست؟
جامعه مورد مطالعه (Who)	مقالات منتشرشده در پایگاه داده‌های داخلی و خارجی
بازه زمانی مطالعه (When)	۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ برای مطالعات داخلیو ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۳ برای مطالعات خارجی
چگونگی یا روش مطالعه (How)	بررسی موضوعی آثار، شناسایی و یادداشت‌برداری نکات کلیدی، تحلیل مفاهیم مورد مطالعه، دسته‌بندی مفاهیم و مقوله‌ها

در شناسایی منابع، طرح جست‌وجوی فهرست‌شده در شکل ۱، در بخش جست‌وجوی پیشرفته در پایگاه داده داخلی بانک اطلاعات نشریات کشور[1] و پایگاه مجلات تخصصی نور[2] و در پایگاه داده خارجی اسکوپوس[3] انجام شد. این مرحله با تلاش برای جست‌وجوی پیشرفته در پایگاه داده Web of Science که از کلمات کلیدی مشابه استفاده می‌کرد، تکمیل شد. انتخاب منبع و تلاش‌های جست‌وجوی پیشرفته اساسی بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ شمسی و ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۳ میلادی صورت گرفت. طی جست‌وجو درمجموع ۲۳۸ سند منحصربه‌فرد شناسایی شد.

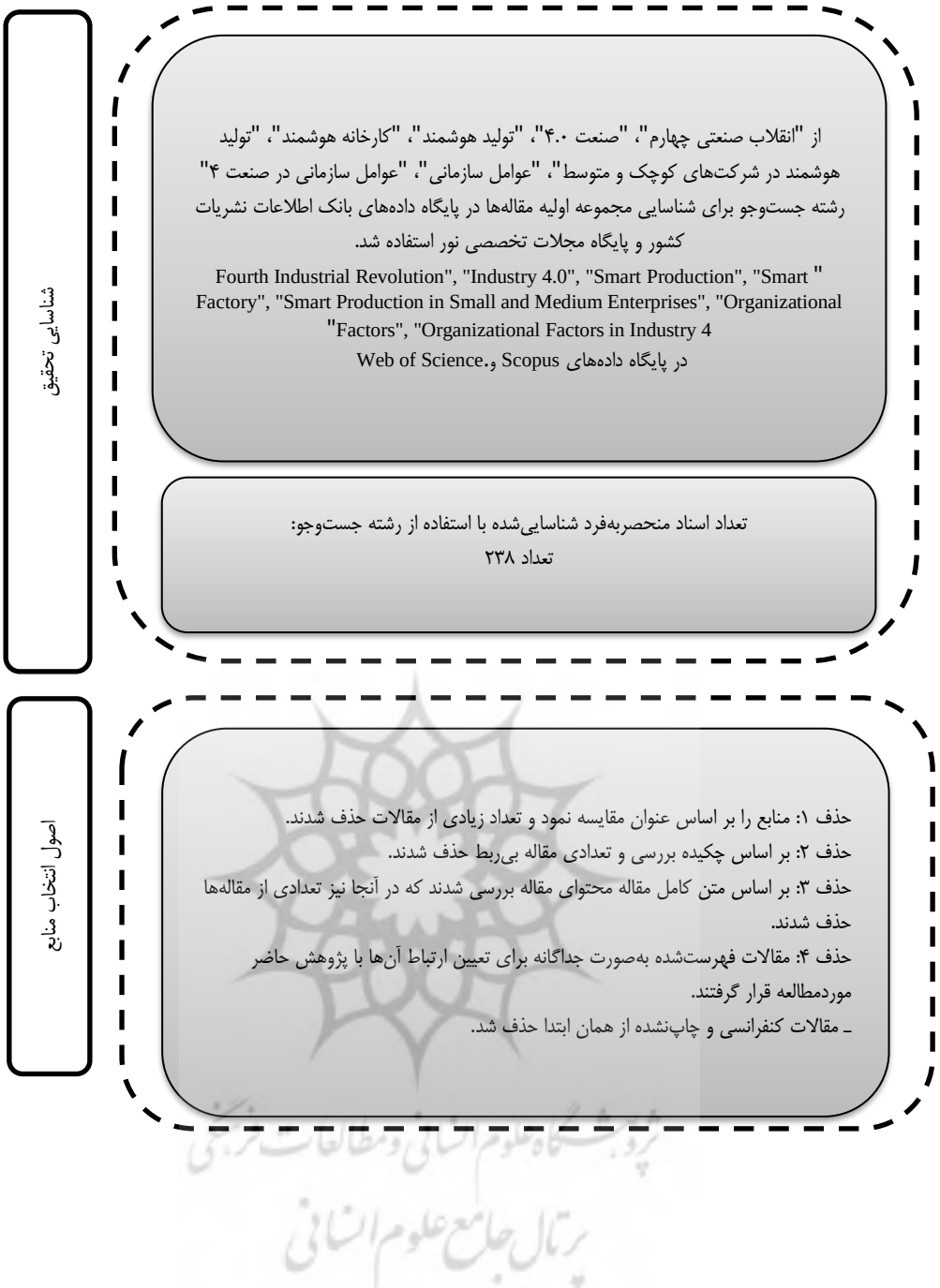
در اصول انتخاب منابع، شکل ۱، معیارهای خروج را توصیف می‌کند که بر اساس آن مجموعه نهایی اسناد واجد شرایط برای بررسی سیستماتیک در مطالعه شناسایی شده است. ازآنجاکه این مطالعه به شناسایی عوامل تعیین‌کننده پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در سناریوی دنیای واقعی می‌پردازد و هدف آن ایجاد نقشه راهی است که می‌تواند شرکت‌های کوچک و متوسط را برای شناسایی عوامل مؤثر سازمانی صنعت ۴.۰ خود راهنمایی کند، مقاله‌های واجد شرایط به پژوهش‌های تجربی محدود شدند که گزارش کاربردی را گزارش کردند. بینش مهم‌تر از همه، معیارهای خروج تضمین می‌کند که مقاله‌های فهرست‌کوتاه به‌طور خاص به پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ توسط شرکت‌های کوچک و متوسط می‌پردازند.

در غربالگری منابع، همان‌طور که در شکل ۱، توضیح داده شد، ۵۸ سند به‌عنوان مقاله نامناسب شناسایی شدند؛ بنابراین با معیار حذف ۱، حذف شدند. از میان مقال‌های باقی‌مانده، ۶۳ مقاله حذف شدند؛ زیرا چکیده آن‌ها مرتبط با موضوع نبود. تحت معیار حذف ۳، ۴۸ مقاله از لحاظ محتوایی حذف شد. ۳۱ مقاله نیز از نظر محتوای ارتباطی حذف شدند؛ درنتیجه، ۳۸ مقاله پژوهشی برای تحلیل محتوای مبتنی بر تحلیل فراترکیب در فهرست نهایی قرار گرفتند.

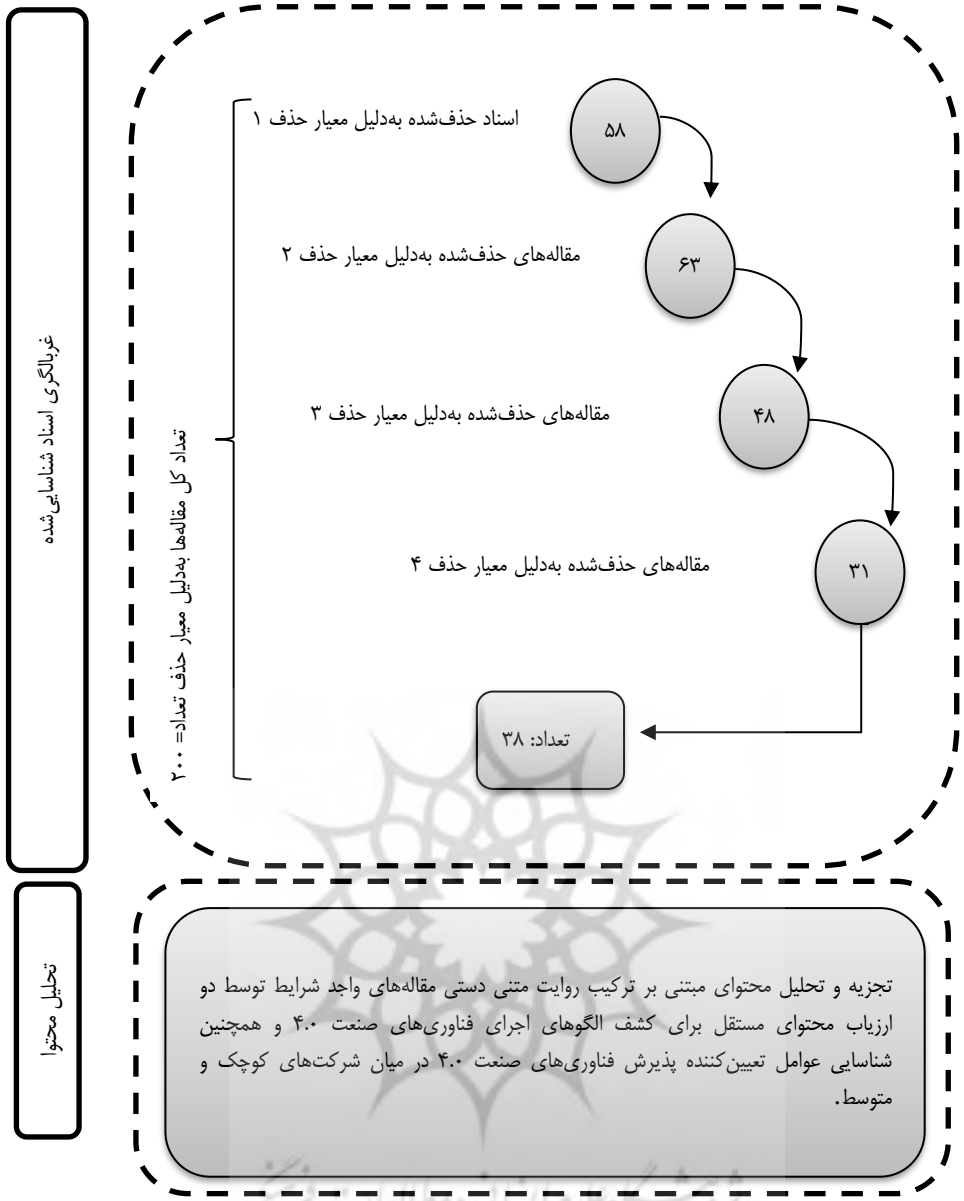
در تحلیل محتوا، کُدهایی که از متن منابع استخراج شده بودند (کُدهای اولیه) و با درنظرگرفتن مفهوم هر یک، با یکدیگر مقایسه و در یک مفهوم مشابه با درنظرگرفتن وجه اشتراکشان توسط پژوهشگر دسته‌بندی شده (مؤلفه‌ها) و درنهایت مفاهیم مشابه نیز به همین ترتیب تحت عنوان یک مقوله برچسب‌گذاری شدند (ابعاد). به این ترتیب، کُدها، مفاهیم و مقوله‌های پژوهش مشخص شدند. پس از ترکیب اولیه، ارزیابان به‌طور مشترک یافته‌ها را مجدداً بررسی کردند و در حین پاسخ به سؤال‌های پژوهشی مطالعه، به یک اجماع مشترک رسیدند. این مراحل با تجزیه‌وتحلیل رابطه‌ای تکمیل شد، جایی که گروه پژوهشی از تکنیک نقشه شناختی فازی برای توسعه نقشه راه استفاده کردند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Magiran
2. Noormags
3. Scopus



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱. خلاصه‌ای از نتایج جست‌وجو و انتخاب مقاله‌های مناسب

برای کنترل و سنجش پایایی مفاهیم به‌دست‌آمده نتایج در اختیار دو نفر از خبرگان حوزه مدیریت قرار گرفت تا دیدگاه‌ها مقایسه شوند؛ سپس نتایج توسط شاخص کاپا ارزیابی شد. ضریب کاپا کمتر از ۰/۲ نمایانگر توافق کم است، ضریب کاپا بین ۰/۲ و ۰/۴ متوسط و ۰/۴ تا ۰/۶ نمایانگر توافق زیاد و ۰/۶ تا ۰/۸ توافق خیلی زیاد را نشان می‌دهد. مقدار این شاخص برای پایایی ۰/۶۲۵ در نرم‌افزار SPSS با سطح معناداری ۰/۰۰۳ و انحراف معیار ۰/۱۶ محاسبه شد که چون مقدار آن بیشتر از ۰/۶ است، رقم قابل قبولی به‌شمار می‌رود.

جدول ۳. آزمون مقایسه کدگذاری‌های پژوهشگر

	مقدار	انحراف معیار	تخمین T	سطح معناداری
درجه توافق کاپا	۰/۶۲۵	۰/۱۶	۵/۱۷	۰/۰۰۳

عوامل تعیین‌کننده سازمانی. عوامل تعیین‌کننده سازمانی مختلف بر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط بررسی شد. شکل ۲، ۱۲ دسته اصلی از عوامل تعیین‌کننده سازمانی شناسایی‌شده در فراترکیب را نشان می‌دهد. جدول ۴، بیشتر توضیح

می‌دهد که چگونه مطالعات واجد شرایط این عوامل تعیین‌کننده سازمانی را به‌عنوان محرک‌ها یا موانع برای پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط مستند کرده‌اند.

نتایج نشان می‌دهد که دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی شناخته‌شده‌ترین عامل سازمانی در پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ است. تحول دیجیتال تحت صنعت ۴.۰ تقریباً برای همه سازمان‌ها یک کار چالش‌برانگیز است؛ زیرا نیازمند ارتقای مهارت و مهارت مجدد در مقیاس و دامنه بی‌سابقه‌ای است [۲].

ازآنجاکه فقدان منابع و شایستگی‌های دانش به‌طور گسترده‌ای مشخصه کسب‌وکارهای کوچک‌تر است، دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی نقش مهمی در انتقال شرکت‌های کوچک و متوسط به سمت صنعت ۴.۰ دارد [۲۹]. به‌طور مداوم، مقاله‌های بررسی‌شده نشان داده‌اند که فقدان دانش و تخصص دیجیتالی‌کردن مانع مهمی در برابر تصمیمات پذیرش صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط است [۵۶].

شکل ۲، توضیح می‌دهد که این عامل تعیین‌کننده بر تصمیمات پذیرش صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط از طریق بسیاری از مؤلفه‌های اساسی، مانند دردسترس‌بودن متخصصان یا کارمندان فناوری اطلاعات و فناوری دیجیتال و مدیریت شایستگی اطلاعات و فناوری دیجیتال تأثیر می‌گذارد. شایستگی مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰، به‌عنوان دومین عامل تعیین‌کننده، شامل استراتژی‌های سازمانی دیجیتالی مختلف مانند نقشه راه استراتژیک برای دیجیتالی‌شدن یا آگاهی استراتژیک از مزایای صنعت ۴.۰ است. تحت این عامل تعیین‌کننده، شرکت‌های کوچک و متوسط با شایستگی‌های توسعه‌یافته برای مدیریت تحول صنعت ۴.۰ نگرش مطلوبی نسبت به پذیرش فناوری‌های اساسی مانند رایانش ابری یا کلان‌داده ایجاد می‌کنند [۸۱، ۸۶]. از طرف دیگر، استراتژی‌های مدیریت تحول صنعت ۴.۰ محدود به تصمیم‌گیری‌های منفی در میان شرکت‌های کوچک و متوسط منجر می‌شود [۶۳، ۱۱۸]. قباخلو و فتحی[1] (۲۰۲۰)، نشان دادند که اگر شرکت‌های کوچک و متوسط فاقد قابلیت‌های لازم برای توسعه و اجرای نقشه راه استراتژیک مناسب و برنامه‌ریزی دیجیتالی باشند، تلاش‌های پذیرش فناوری صنعت ۴.۰، بیشتر با شکست مواجه می‌شوند.

جدول ۴. عوامل تعیین‌کننده سازمانی پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

پژوهشگر (سال)	ظرفیت جذب (A)	دارایی‌های تجاری (B)	صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی (C)	دانش و تخصص دیجیتال‌سازی (D)	مشارکت در فرآیند اجرا (E)	استراتژیک صنعت ۴ (F)	شایستگی مدیریت	فرهنگ سازمانی (G)	ساختار سازمانی (H)	دردسترس بودن منابع (I)	سرمایه اجتماعی (J)	ویژگی‌های مدیریت عالی (K)
آگوستینی و نوسلا، (۲۰۲۰)	*									*	*	*
ارکیدیاکونو و همکاران[2]، (۲۰۱۹)				*	*				*			
بنیتز و همکاران[3]، (۲۰۲۰)												*
بوسمن و همکاران، (۲۰۲۰)		*										
بوئر و همکاران[4]، (۲۰۲۱)												*
چاترجی و همکاران[5]، (۲۰۲۱)				*					*			
کیمینی و همکاران[6]، (۲۰۲۱)								*				
گارزونی و همکاران[7]، (۲۰۲۰)						*						
قباخلو و نگ[8]، (۲۰۱۹)		*		*		*						
قباخلو و فتحی، (۲۰۲۰)	*		*	*	*							*
قباخلو و ایرانمنش (۲۰۲۱)			*	*		*		*		*		*
هاپکینز، (۲۰۲۱)		*		*								
هوروات و سابو[1]، (۲۰۱۹)						*						

1. Ghobakhloo & Fathi
2. Arcidiacono, et al.
3. Benitez, et al.
4. Buer, et al.
5. Chatterjee, et al.
6. Cimini, et al.
7. Garzoni, et al.
8. Ghobakhloo & Ng

پژوهشگر (سال)	ظرفیت جذب (A)	دارایی‌های تجاری (B)	دیجیتال‌سازی (C)	صلاحیت فنی	دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی (D)	مشارکت در فرآیند اجرا (E)	استراتژیک صنعت ۴ (F)	شایستگی مدیریت	فرهنگ سازمانی (G)	ساختار سازمانی (H)	دردسترس‌بودن منابع (I)	سرمایه اجتماعی (J)	ویژگی‌های مدیریت عالی (K)
هوانگ و همکاران[۲]، (۲۰۱۹)			*		*						*		
اینگلدی و یولویسز[۳]، (۲۰۲۰)	*		*		*				*		*		
خانزوده و همکاران[۴]، (۲۰۲۱)					*				*		*		*
کنور و همکاران[۵]، (۲۰۲۱)				*									
کومار و همکاران[۶]، (۲۰۲۰)			*		*		*		*				
مایسیری و همکاران[۷]، (۲۰۲۱)			*						*				
مسعود و سونتگ[۸]، (۲۰۲۰)					*								
میچنا و کمیکیاک[۹]، (۲۰۲۰)									*		*	*	
میتال و همکاران[۱۰]، (۲۰۲۰)	*												*
مویوف و همکاران[۱۱]، (۲۰۲۰)			*		*		*						
مولر و همکاران[۱۲]، (۲۰۱۸)							*						
پچ و ورچوتا، (۲۰۲۰)		*			*		*						
پرایوسی[۱۳]، (۲۰۱۹)							*		*				
راتناسینگام و همکاران[۱۴]، (۲۰۲۰)			*		*		*		*				
راوخ و همکاران[۱۵]، (۲۰۱۹)			*		*		*		*				
سوموهانو رودریگز و همکاران[۱۶]، (۲۰۲۰)					*		*						
استنتافت و همکاران[۱۷]، (۲۰۲۱)					*		*		*				*
استنتافت و همکاران، (۲۰۲۰)					*				*				
ترکش و همکاران[۱۸]، (۲۰۱۹)			*		*		*				*		
ون لوپیک و همکاران[۱۹]، (۲۰۲۰)					*								
برنده و پارک[۲۰]، (۲۰۲۰)		*	*						*		*		
حسن و همکاران[۲۱]، (۱۹۹۹).				*					*				*
میتال و همکاران[۲۲]، (۲۰۱۸)				*					*				*
فریرا و همکاران[۲۳]، (۲۰۱۹)				*					*				*
کامبل و همکاران[۲۴]، (۲۰۱۸)،				*					*				*

1. Horváth & Szabó
2. Huang, et al.
3. Ingaldi & Ulewicz
4. Khanzode, et al.
5. Konur, et al.
6. Kumar, et al.
7. Maisiri, et al.
8. Masood & Sonntag
9. Michna & Kmieciak
10. Mittal, et al.
11. Moeuf, et al.
12. Müller, et al.
13. Prause
14. Ratnasingam, et al.
15. Rauch, et al.
16. Somohano-Rodríguez, et al.
17. Stentoft, et al.
18. Türkeş, et al.
19. van Lopik, et al.
20. Won & Park
21. Hassan, et al.
22. Mital, et al.
23. Ferreira, et al.
24. Kamble, et al.

نتایج همچنین نشان داد که فرهنگ سازمانی می‌تواند محرک یا مانعی در برابر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ باشد. برای مثال، اینگلدی و یولویسز (۲۰۲۰)، نشان دادند که مقاومت کارکنان در برابر دیجیتالی‌کردن بر تصمیمات شرکت‌های کوچک و متوسط در مورد تحول صنعت ۴.۰ تأثیر منفی می‌گذارد. در مقابل، میچنا و کمیکیاک (۲۰۲۰) و مویوف و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که فرهنگ کسب‌وکار حمایتی که با پذیرش نسبت به نوآوری و دیجیتالی‌شدن مشخص می‌شود، شرکت‌های کوچک و متوسط را به سمت ایجاد نگرش مثبت نسبت به پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ سوق می‌دهد. طبق شکل ۲، تعهد کلی به دیجیتالی‌شدن و نگرانی‌های امنیت اجتماعی کارکنان از جمله جنبه‌های اساسی فرهنگ سازمانی است [63].

ویژگی‌های مدیریت ارشد و صلاحیت فنی دیجیتالی‌شدن از دیگر عوامل مهم و شناخته‌شده سازمانی هستند. با توجه به شکل ۲، ویژگی‌های مدیریت ارشد شامل سه عامل فرعی است، از جمله تمایل مدیریت ارشد ۱.برای توسعه یک سیستم نظارت بر عملکرد در زمان واقعی، ۲. پذیرش فناوری و ۳. آگاهی و تعهد نسبت به صنعت ۴.۰ [۲۳،۷۰]. نتایج نشان داد که بسیاری از شرکت‌های کوچک و متوسط به‌دلیل عدم‌حمایت عمومی و شایستگی مدیریت نسبت به صنعت ۴.۰ تمایلی ندارند [۵۴]. از طرف دیگر، صلاحیت فنی دیجیتالی‌شدن و عوامل فرعی زیربنایی معمولاً مانع حرکت شرکت‌های کوچک و متوسط به سمت صنعت ۴.۰ می‌شوند. برای مثال، شرکت‌های کوچک و متوسط معمولاً فاقد آمادگی فناوری اطلاعات و فناوری عملیات هستند؛ به‌ویژه از نظر عدم‌استانداردسازی فناوری اطلاعات و فناوری عملیات موجود و فقدان سیستم‌های پشتیبان برای یکپارچه‌سازی [52،۵۲].

دردسترس‌بودن منابع به‌عنوان مانعی در برابر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ شناخته شد [۱۵،۱۳]. با توجه به اینکه انتقال صنعت ۴.۰ و اجرای اجزای فناوری آن به میزان زیادی نیازمند منابع است، این یافته تا حدودی قابل‌انتظار است [۵۳]؛ درحالی‌که شرکت‌های کوچک و متوسط به‌طورکلی در مقایسه با کسب‌وکارهای بزرگ‌تر از نظر منابع در مضیقه هستند [۱۱۹]. علاوه بر زمان و منابع انسانی، پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط به‌طور قابل‌توجهی بر سرمایه‌های موجود برای سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های تولید پیشرفته، پژوهش و توسعه دیجیتالی‌سازی و جذب و آموزش استعدادهای دیجیتال متکی است [۵۲، ۱۲۳].

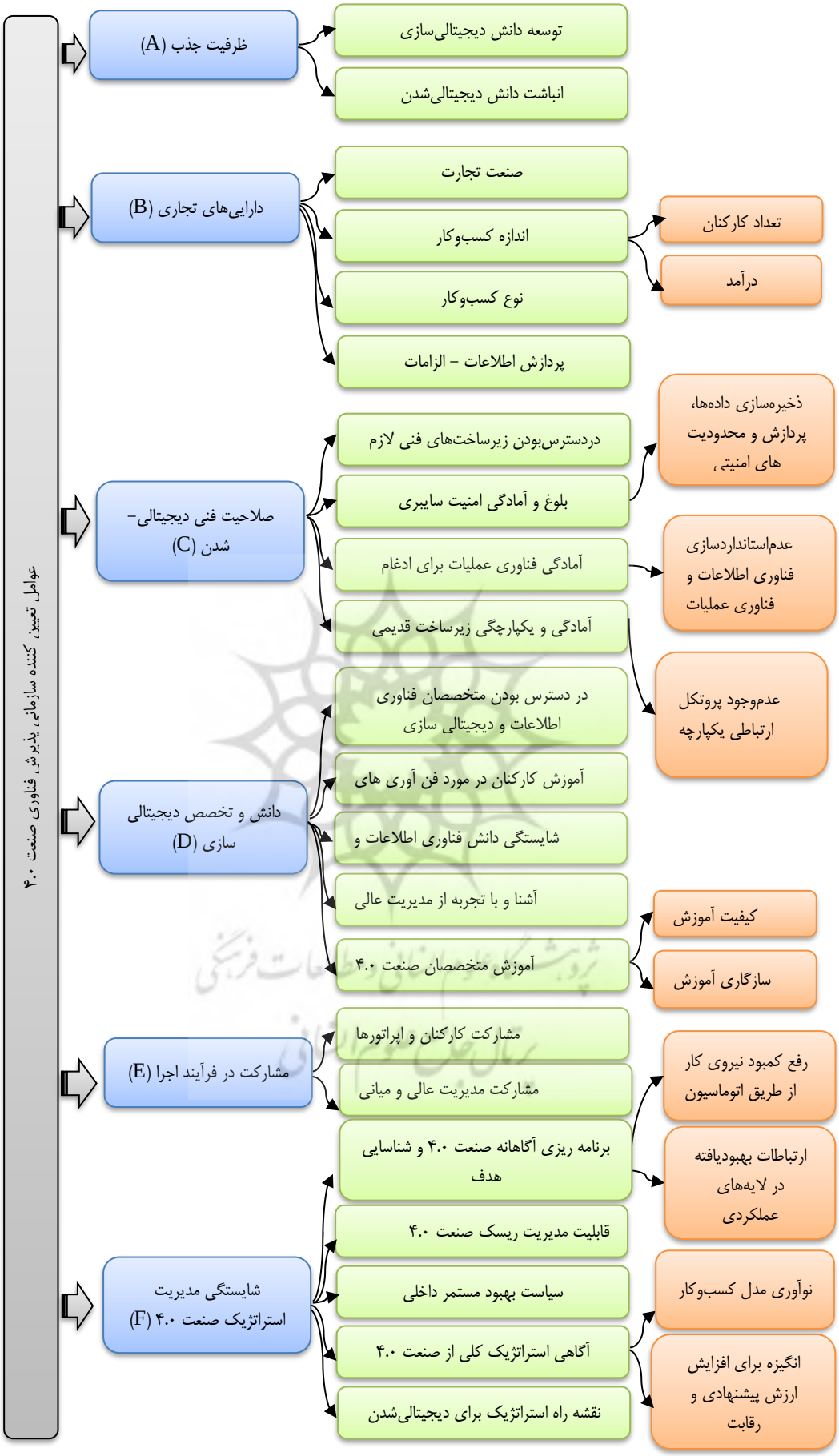
رفتار دیجیتالی‌شدن شرکت‌های کوچک و متوسط تحت دستور کار صنعت ۴.۰ ممکن است بر اساس ویژگی‌های تجاری، مانند الزامات پردازش اطلاعات، اندازه، نوع یا صنعت، به میزان زیادی متفاوت باشد [۵۱، ۶۸]. برای تولیدکنندگان ایتالیایی، بوچی و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که وسعت و عمق پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ با افزایش شدت نوآوری بخش صنعتی یا اندازه تجاری شرکت پذیرنده بهبود می‌یابد. با تأیید این مشاهدات، یک مطالعه در مقیاس جهانی توسط سزاسز[1] و همکاران (۲۰۲۱)، نشان داد که تولیدکنندگان بزرگ‌تر به‌طور قابل‌توجهی بیشتر در پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ سرمایه‌گذاری می‌کنند. باوجوداین و بر خلاف بوسمن و همکاران (۲۰۱۹)، مارکون[2] و همکاران (۲۰۲۱)، مشاهده کردند که اندازه کسب‌وکار در مقایسه تولیدکنندگان کوچک دانمارکی با همتایان متوسط، تفاوت معناداری در پذیرش صنعت ۴.۰ ایجاد نمی‌کند. مقاله‌های مرورشده همچنین پیشنهاد کرده‌اند که سه عامل تعیین‌کننده سازمانی ظرفیت جذب، ساختار سازمانی و سرمایه اجتماعی نیز ممکن است به میزان زیادی بر تصمیم و رفتار دیجیتالی‌شدن صنعت ۴.۰ شرکت‌های کوچک و متوسط تأثیر بگذارد. آگوستینی و نوسلا (۲۰۲۰) و میتال و همکاران (۲۰۲۰)، به‌طور تجربی نشان دادند که توانایی شرکت‌های کوچک و متوسط در جمع‌آوری و توسعه دانش دیجیتالی‌شدن آن‌ها را قادر می‌سازد تا صنعت پیشرفته ۴.۰ را اجرا کنند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیای صنعتی یا تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ و بهتر از آن‌ها سرمایه‌گذاری کنند. نتایج فراترکیب همچنین نشان داد که ساختار شرکت‌های کوچک و متوسط و سیستم‌های کنترل اساسی، فرآیندهای تصمیم‌گیری و گردش کار ممکن است نگرش شرکت‌های کوچک و متوسط را نسبت به صنعت ۴.۰ تعیین کند [۲۵]. بنیتز و همکاران (۲۰۲۰)، دریافتند که ساختار سازمانی سفت‌وسخت و بوروکراتیک مانع مهمی برای پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط برزیلی بوده است؛ درحالی‌که نقش سرمایه اجتماعی را نشان می‌دهد. محققانی مانند آگوستینی و نوسلا (۲۰۲۰) و موئوف و همکاران (۲۰۲۰) پیشنهاد کرده‌اند که توانایی شرکت‌های کوچک و متوسط برای ایجاد و بهبود ارتباطات در لایه‌های عملکردی سهامداران داخلی و خارجی، پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ را تسهیل می‌کند.

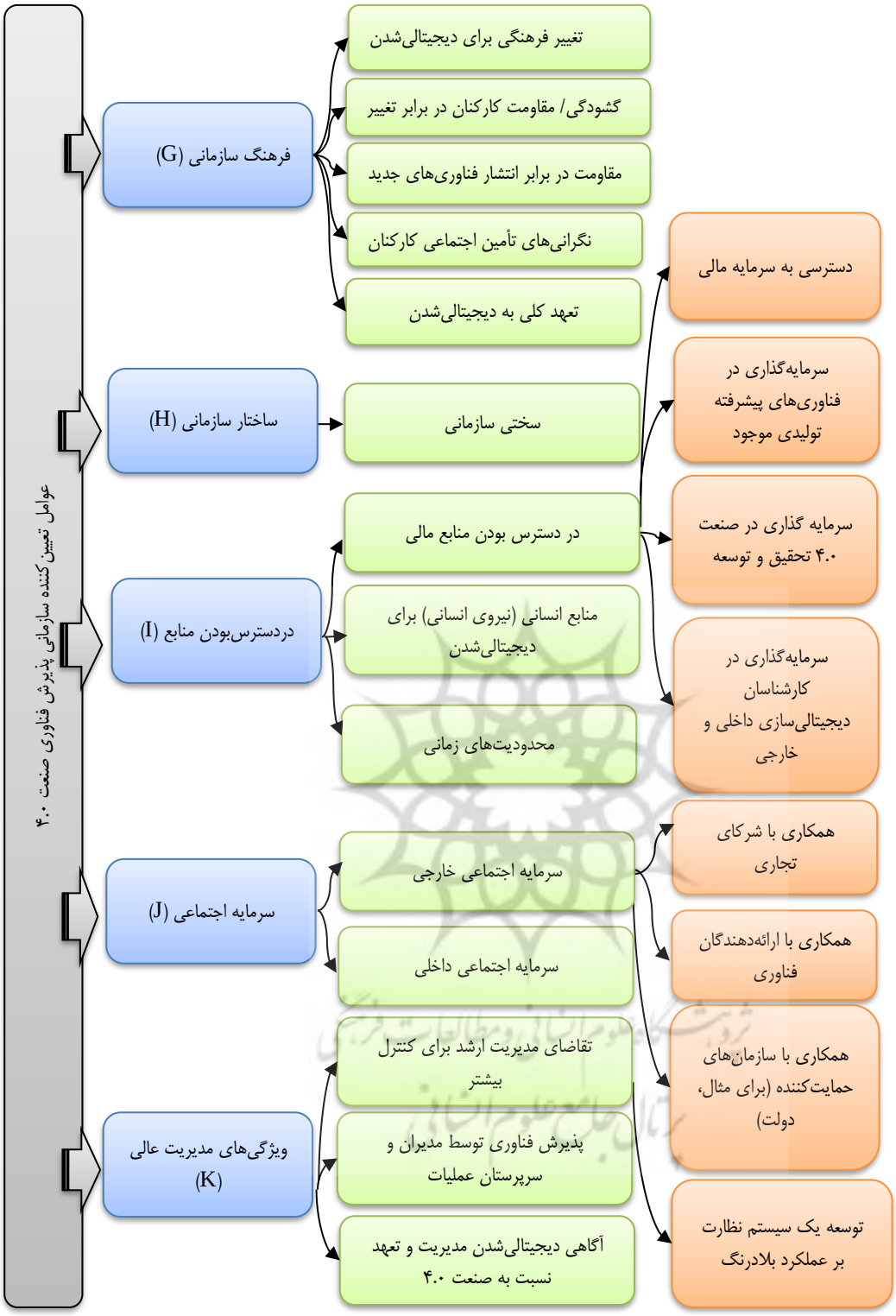
کومار و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که فقدان ظرفیت داخلی شرکت‌های کوچک و متوسط برای ایجاد روابط قوی با شرکای تجاری، مانع مهمی برای استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی هند بوده است. درنهایت

1. Szasz
2. Marcon

پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در میان شرکت‌های کوچک و متوسط نیز به مشارکت کاربران در فرآیند دیجیتالی‌سازی متکی است [۴۲]. در مورد عوامل انسانی، «ادراک اهمیت استفاده» به‌عنوان یک عامل بسیار مرتبط در پذیرش فناوری عمل می‌کند [100۱۰۰]؛ زیرا تصمیم‌گیرندگان به پذیرش نوآوری‌هایی تمایل دارند که مفید و سازگار با فرآیندهای پیکربندی سازمانی هستند [۱۰۱]. مدل پذیرش فناوری نشان می‌دهد که سودمندی درک شده افراد از فناوری و سهولت استفاده درک‌شده آن بر قصد رفتاری استفاده از فناوری تأثیر می‌گذارد [۲۷]. ثابت شده که سهولت استفاده درک‌شده حتی از سودمندی درک‌شده در فرآیند پذیرش فناوری تأثیرگذارتر است [۱۱۷]. در مطالعات با استفاده از نظریه مدل کنش مستدل و «مفهوم فیزیکی و رفتاری»، مشخص کردند که تشویق استفاده از فناوری توسط سایر کاربران که آن‌ها نیز همین تصور را دارند، بر پذیرش و استفاده موردنظر از فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد [۵، ۱۱۷]. سیستم‌های اینترنت اشیا برای توسعه و اجرای برنامه‌های کاربردی به متخصصان بسیار آموزش‌دیده نیاز دارند [۱۰۰]. کارکنان واجد شرایط در فرآیندهای نوآوری که مهارت‌های نوآوری پیشرفته‌ای دارند و استفاده از روش‌های ناب و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات را درک می‌کنند، راه را برای پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ هموار می‌سازند [۴]؛ همچنین آموزش و توسعه حرفه‌ای در مراحل اولیه گذار به دیجیتالی‌شدن ضروری است [۴]. به‌طورکلی دامنه دیجیتالی‌سازی تحت صنعت ۴.۰ نیاز به مشارکت گسترده و تعاملی اپراتورها، کارمندان اداری و مدیران میانی و عالی شرکت‌های کوچک و متوسط در سراسر فرآیندهای پذیرش و اجرای فناوری صنعت ۴.۰ دارد [۷، ۱۲۰].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی


عوامل تعیین کننده سازمانی پذیرش فناوری صنعت ۴.۰
ظرفیت جذب (A)
توسعه دانش دیجیتالی‌سازی
انباشت دانش دیجیتالی‌شدن
دارایی‌های تجاری (B)
صنعت تجارت
اندازه کسب‌وکار
تعداد کارکنان
درآمد
نوع کسب‌وکار
پردازش اطلاعات – الزامات
صلاحیت فنی دیجیتالی-شدن (C)
دردسترس‌بودن زیرساخت‌های فنی لازم
بلوغ و آمادگی امنیت سایبری
ذخیره‌سازی داده‌ها، پردازش و محدودیت های امنیتی
آمادگی فناوری عملیات برای ادغام
عدم‌استانداردسازی فناوری اطلاعات و فناوری عملیات
آمادگی و یکپارچگی زیرساخت قدیمی
عدم‌وجود پروتکل ارتباطی یکپارچه
دانش و تخصص دیجیتالی سازی (D)
در دسترس بودن متخصصان فناوری اطلاعات و دیجیتالی سازی
آموزش کارکنان در مورد فن آوری های
شایستگی دانش فناوری اطلاعات و
آشنا و با تجربه از مدیریت عالی
آموزش متخصصان صنعت ۴.۰
کیفیت آموزش
سازگاری آموزش
مشارکت در فرآیند اجرا (E)
مشارکت کارکنان و اپراتورها
مشارکت مدیریت عالی و میانی
شایستگی مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰ (F)
برنامه ریزی آگاهانه صنعت ۴.۰ و شناسایی هدف
رفع کمبود نیروی کار از طریق اتوماسیون
ارتباطات بهبودیافته در لایه‌های عملکردی
قابلیت مدیریت ریسک صنعت ۴.۰
سیاست بهبود مستمر داخلی
آگاهی استراتژیک کلی از صنعت ۴.۰
نوآوری مدل کسب‌وکار
انگیزه برای افزایش ارزش پیشنهادی و رقابت
نقشه راه استراتژیک برای دیجیتالی‌شدن



شکل ۲. ابعاد و عوامل سازمانی مؤثر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

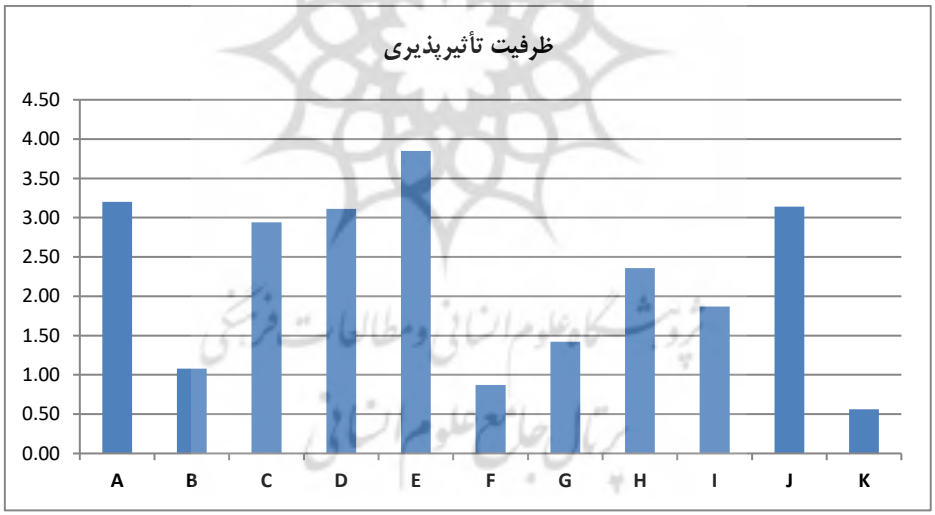
نقشه شناختی فازی عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش صنعت ۴.۰. به‌منظور شناسایی روابط میان ۱۱ مؤلفه شناسایی‌شده از نقشه شناختی فازی استفاده شده است. برای خالص‌سازی و ارائه نتایج، جدول ۵، ماتریس دستیابی نتایج عوامل تعیین‌کننده را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ماتریس نهایی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	۰	۰	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
B	۰	۰	۰/۶۴	۰	۰	۰	۰	۰/۴۵	۰	۰	۰
C	۰/۸۹	۰	۰	۰/۹۹	۰/۹۸	۰	۰	۰/۸۹	۰	۰	۰
D	۰/۹۸	۰/۳۴	۰/۶۹	۰	۰/۸۷	۰	۰	۰/۵۶	۰	۰/۶۷	۰
E	۰/۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۶	۰
F	۰	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۶۶	۰	۰	۰/۶۴	۰	۰/۷۶	۰/۵۹	۰
G	۰/۴۵	۰	۰	۰/۶۳	۰/۸۹	۰	۰	۰	۰	۰/۶۷	۰/۵۶
H	۰	۰/۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۵	۰	۰
I	۰	۰	۰/۴۹	۰/۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۶۵	۰
J	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
K	۰	۰	۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۷۸	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۴۶	۰/۷۶	۰	۰

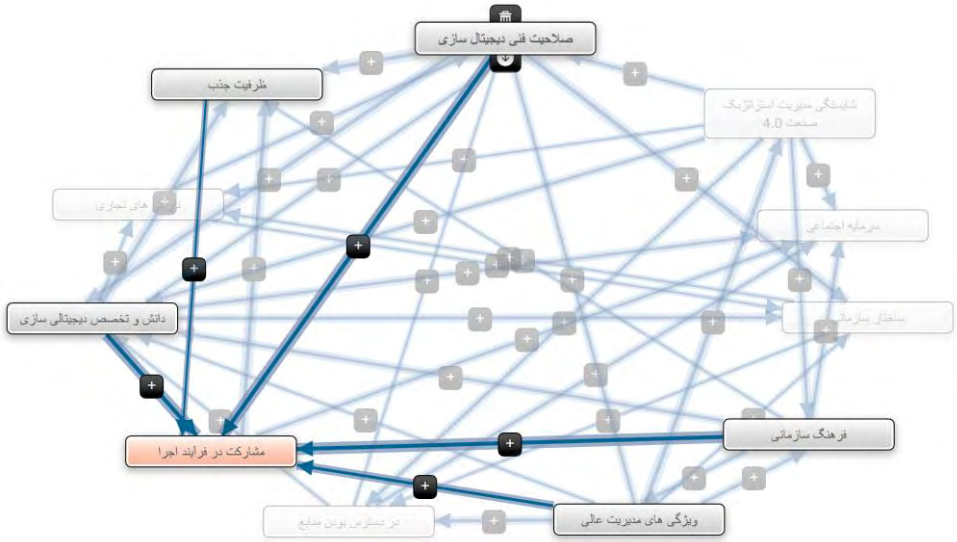
پس از اینکه ماتریس روابط ترسیم شد هر یک از شاخص‌های ظرفیت تأثیرپذیری، توان تأثیرگذاری و شاخص مرکزی، برای هر کدام از مؤلفه‌ها محاسبه شد.

ظرفیت تأثیرپذیری[1]. نمودار ۱ میزان ظرفیت تأثیرپذیری هر مؤلفه را نشان می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر نشان‌دهنده مجموع یال‌های ورودی به هر گره است. در اینجا مؤلفه مشارکت در فرآیند اجرا و ظرفیت جذب و سرمایه اجتماعی دارای بیشترین ظرفیت تأثیرپذیری است. شکل ۳، عوامل سازمانی که بیشترین ظرفیت تأثیرپذیری مؤثر بر پذیرش فناوری صنعت ۴،۰ را دارند، نشان می‌دهد.



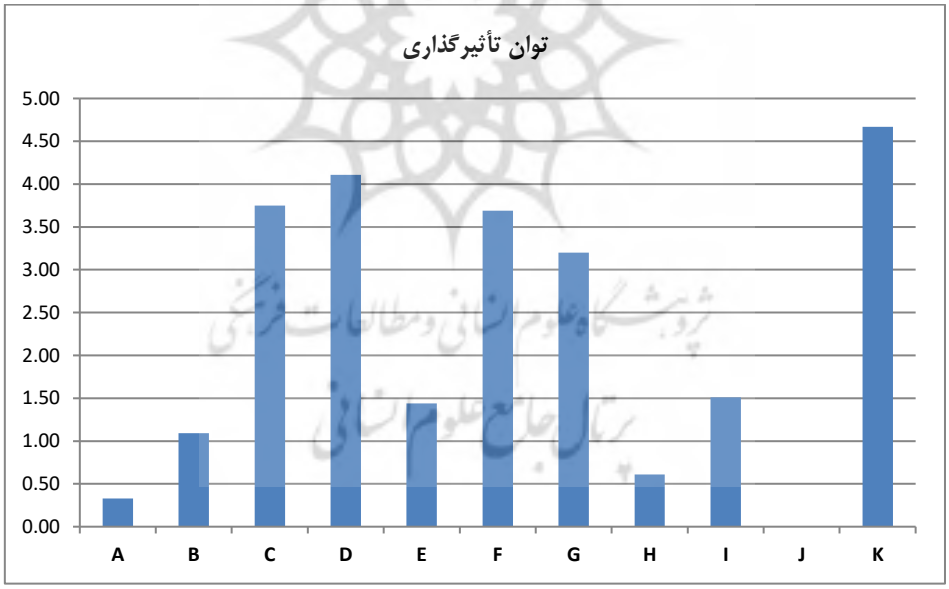
نمودار ۱. ظرفیت تأثیرپذیری عوامل تعیین‌کننده سازمانی در صنعت ۴.۰.

1. Indegree



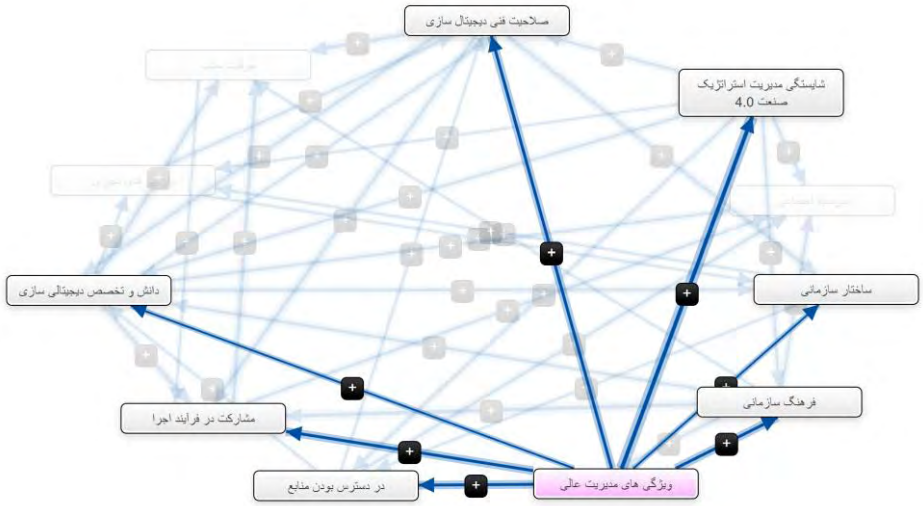
شکل ۳. مدل بیشترین ظرفیت تأثیرپذیری عوامل سازمانی مؤثر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

توان تأثیرگذاری[1]. نمودار ۲، میزان تأثیرگذاری توسط یک عامل را نشان می‌دهد؛ به‌عبارت‌دیگر نشان‌دهنده مجموع یال‌های خروجی از هر گره است. در اینجا مؤلفه ویژگی‌های مدیریت عالی و دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی، صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی و شایستگی مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰ دارای بیشترین توان تأثیرگذاری است. شکل ۴، عوامل سازمانی که بیشترین ظرفیت تأثیرگذاری مؤثر بر پذیرش فناوری صنعت ۴،۰ را دارند، نشان می‌دهد.



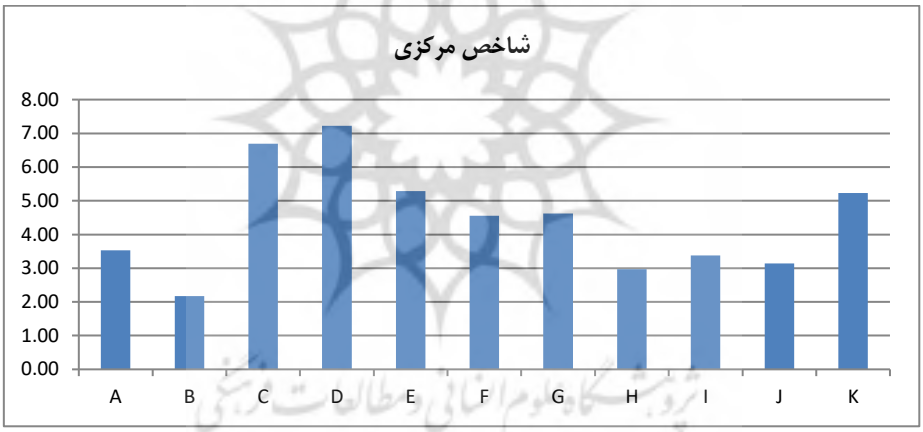
نمودار ۲. ظرفیت تأثیرگذاری عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰.

1. Outdegree



شکل ۴. مدل بیشترین ظرفیت تأثیرگذاری عوامل سازمانی مؤثر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

شاخص مرکزیت[1]. نمودار ۳، مجموع دو عامل قبلی (In و Out) است. هر عاملی که درجه مرکزیت بالاتری داشته باشد، درواقع یا In بالاتری و یا Out بالاتری دارد که عامل مهمی محسوب می‌شود و باید به آن به‌طور ویژه توجه کرد. در اینجا عامل دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی و صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی دارای بیشترین شاخص مرکزیت است. میزان درجه تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و مرکزیت عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰ در جدول ۶ آورده شده است.



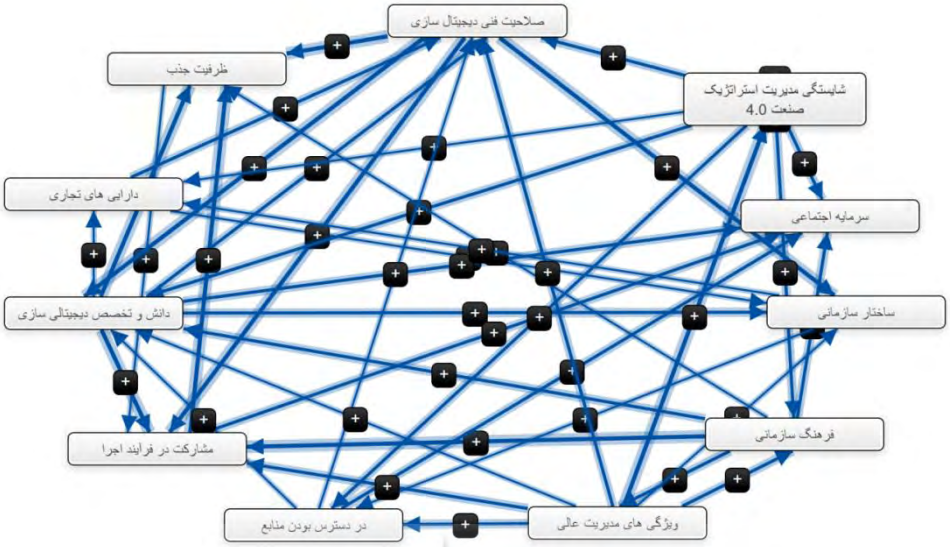
نمودار ۳. شاخص مرکزیت عوامل سازمانی مؤثر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

جدول ۶. درجه تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و مرکزیت عوامل سازمانی مؤثربر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

Component	Indegree	Outdegree	Centrality
ویژگی‌های مدیریت عالی	۰/۵۶	۴/۶۷	۵/۲۳
دانش و تخصص دیجیتال‌سازی	۳/۱۱	۴/۱۱	۷/۲۲
صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی	۲/۹۴	۳/۷۵	۶/۶۹
شایستگی مدیریت استراتژیک صنعت	۰/۸۷	۳/۶۹	۴/۵۶
فرهنگ سازمانی	۱/۴۲	۳/۲	۴/۶۲
دردسترس‌بودن منابع	۱/۸۷	۱/۵۱	۳/۳۸
مشارکت در فرآیند اجرا	۳/۸۵	۱/۴۴	۵/۲۹
دارایی‌های تجاری	۱/۸	۱/۹	۲/۱۷
ساختار سازمانی	۲/۳۶	۰/۶۱	۲/۹۷
ظرفیت جذب	۳/۲	۰/۳۳	۳/۵۳
سرمایه اجتماعی	۳/۱۴	۰	۳/۱۴

1. Centrality

با محاسبه شاخص‌های مرکزیت برای همه عوامل با استفاده از نرم‌افزارهای FCMAPPEAR و Mental Modeler نمودار کلی عوامل ترسیم شد که در شکل ۵، مشاهده می‌شود.



شکل ۵. مدل عوامل سازمانی مؤثر بر پذیرش فناوری صنعت ۴.۰

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف پژوهش حاضر، شناسایی و تحلیل عوامل سازمانی مؤثر در پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی استان یزد است. در این پژوهش عوامل سازمانی تعیین‌کننده از طریق مرور مبانی نظری به‌وسیله روش فراترکیب شناسایی شد که درنهایت ۱۱ عامل تعیین‌کننده به‌دست آمد؛ سپس ۱۱ عامل تعیین‌کننده به‌صورت پرسشنامه مقایسه زوجی که طیفی بین مثبت و منفی یک داشت در اختیار خبرگان حوزه صنایع کوچک و متوسط تولیدی در استان یزد قرار گرفت و اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسشنامه با استفاده از روش‌شناختی فازی، تحلیل و روابط این عوامل بررسی شد. نتایج نشان داد که مشارکت در فرآیند اجرا، ظرفیت جذب و سرمایه اجتماعی بالاترین ظرفیت تأثیرپذیری و ویژگی‌های مدیریت عالی و دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی بیشترین ظرفیت تأثیرگذاری را دارند. درنهایت صلاحیت فنی دیجیتال‌سازی و دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی بیشترین شاخص مرکزی را به‌دست آوردند.

چهار عاملی که بیشترین ظرفیت تأثیر بر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های تولیدی کوچک و متوسط را دارند، بر اساس مبانی نظری پژوهش، «ویژگی‌های مدیریت عالی»، «دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی»، «صلاحیت فنی دیجیتالی‌سازی» و «صلاحیت مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰» هستند. ویژگی‌های مدیریت عالی نقش مهمی در پذیرش موفقیت‌آمیز فناوری‌های صنعت ۴.۰ در شرکت‌های تولیدی کوچک و متوسط دارد. تأثیر ویژگی‌های مدیریت برتر را می‌توان در جنبه‌های مختلفی مانند همسویی استراتژیک، فرهنگ نوآوری و مدیریت تغییر مشاهده کرد. مدیریت عالی درواقع تضمین‌کننده آن است که پذیرش فناوری‌های سازمانی صنعت ۴.۰ با اهداف و اهداف استراتژیک کلی سازمان مطابقت دارد و فرآیند اجرای منسجم و هدفمند را تسهیل می‌کند. از طرفی مهارت‌های رهبری و مدیریت مؤثر برای هدایت تغییرات سازمانی مرتبط با پذیرش فناوری‌های جدید ضروری است. مدیریت عالی می‌تواند الهام‌بخش باشد و کارکنان را از طریق انتقال، تضمین یکپارچگی روان و موفق فناوری‌های صنعت ۴.۰ هدایت کند. درنهایت مدیریت عالی فرهنگ نوآوری‌محور را در سازمان پرورش می‌دهد و خلاقیت، آزمایش و بهبود مستمر را تشویق می‌کند. این فرهنگ برای استفاده از ظرفیت کامل فناوری‌های صنعت ۴.۰ و رقابتی‌ماندن در چشم‌انداز تولید به‌سرعت در حال تحول حیاتی است.

دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی برای پذیرش موفقیت‌آمیز فناوری‌های صنعت ۴.۰ حیاتی است؛ زیرا دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا مناسب‌ترین فناوری‌های صنعت ۴.۰ را انتخاب کنند که با اهداف استراتژیک و نیازهای

عملیاتی آن‌ها مطابقت داشته باشد و از نتایج بهینه از فرآیند پذیرش اطمینان حاصل کند. شرکت‌هایی که دانش و تخصص دیجیتالی‌سازی قوی دارند، می‌توانند به‌طور مؤثر فناوری‌های صنعت ۴.۰ را در سیستم‌های موجود خود اجرا و ادغام کنند و بهره‌وری را به حداکثر برسانند؛ همچنین دانش و تخصص دیجیتالی‌شدن، سازمان‌های کوچک و متوسط تولیدی را قادر می‌سازد تا با تغییرات و نوآوری‌های فناورانه سازگار شوند و آن‌ها را قادر می‌سازد در محیط پویا صنعت ۴.۰ چابک و پاسخگو بمانند.

صلاحیت فنی دیجیتالی‌شدن به توانایی سازمان برای استفاده مؤثر از فناوری‌های دیجیتال به‌منظور دستیابی به اهدافش اشاره دارد. این شایستگی شامل مهارت‌هایی مانند یکپارچه‌سازی فناوری‌های دیجیتال، مدیریت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و تضمین امنیت سایبری است. صلاحیت فنی دیجیتالی‌شدن، کارایی عملیاتی را با ساده‌کردن فرآیندها، کاهش هزینه‌ها و بهبود بهره‌وری از طریق اتوماسیون و مدیریت داده‌ها افزایش می‌دهد. سازمان‌هایی با صلاحیت فنی دیجیتالی‌سازی قوی می‌توانند داده‌ها را به‌طور مؤثر جمع‌آوری، تجزیه‌وتحلیل و تفسیر کنند و تصمیم‌گیری آگاهانه برای برنامه‌ریزی استراتژیک و نوآوری را ممکن سازند؛ همچنین فرهنگ نوآوری را با استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای توسعه محصولات، خدمات و مدل‌های تجاری جدید متناسب با نیازهای مشتری تقویت می‌کند.

صلاحیت مدیریت استراتژیک صنعت ۴.۰، سازمان‌های کوچک و متوسط تولیدی را قادر می‌سازد تا برنامه‌های جامعی را برای پذیرش و ادغام فناوری‌های صنعت ۴.۰ توسعه دهند و از همسویی با اهداف تجاری و پایداری بلندمدت اطمینان حاصل کنند و سبب تخصیص بهینه منابع برای پذیرش فناوری می‌شود، مزایا را به حداکثر می‌رساند و خطرهای مرتبط با اجرای صنعت ۴.۰ را به حداقل می‌رساند؛ همچنین به سازمان‌های کوچک و متوسط تولیدی کمک می‌کند تا ریسک‌های مرتبط با پذیرش فناوری را شناسایی کنند و کاهش دهند و از انتقال روان و موفقیت‌آمیز به صنعت ۴.۰ اطمینان حاصل کنند.

سه عاملی که بالاترین ظرفیت تأثیرپذیری را دارند «مشارکت در فرآیند اجرا»، «ظرفیت جذب» و «سرمایه اجتماعی» هستند. مشارکت فعال کارکنان و ذی‌نفعان در فرآیند اجرا برای پذیرش موفقیت‌آمیز فناوری‌های صنعت ۴.۰ بسیار مهم است. هنگامی که کارکنان در فرآیند مشارکت دارند، به احتمال زیاد مزایای فناوری‌های جدید را درک می‌کنند و به ادغام موفقیت‌آمیز آن‌ها متعهد می‌شوند. درجه بالای مشارکت در فرآیند اجرا نشان می‌دهد که تحت تأثیر سایر عوامل سیستم است و تأثیر زیادی بر آن‌ها دارند. درواقع مشارکت کارکنان حس مالکیت و تعهد نسبت به موفقیت پروژه را تقویت می‌کند و مقاومت در برابر تغییر را کاهش می‌دهد؛ همچنین مشارکت کارکنان در فرآیند، ارتباط بین مدیریت و نیروی کار را افزایش می‌دهد و اطمینان حاصل می‌کند که نگرانی‌ها و بازخوردها موردتوجه قرار می‌گیرد. کارکنانی که در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی به عملیات روزمره نزدیک هستند، می‌توانند بینش ارزشمندی ارائه دهند و به شناسایی و حل مسائل در حین اجرا کمک کنند.

در مورد ظرفیت جذب می‌توان بیان کرد که درجه بالای آن نشان می‌دهد که تحت تأثیر سایر عوامل در سیستم قرار داشته و تأثیر زیادی بر آن دارد. سازمان‌های کوچک و متوسط تولیدی که ظرفیت جذب قوی دارند، می‌توانند به‌سرعت فناوری‌های جدیدی را شناسایی و اتخاذ کنند که با اهداف استراتژیک آن‌ها همسو باشد. ظرفیت جذب سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا در لبه پیشرفت‌های فناوری باقی بمانند و به آن‌ها امکان می‌دهد نوآور باشند و در بازار رقابتی باقی بمانند. سازمان‌هایی که ظرفیت جذب بالایی دارند، بهتر می‌توانند از تجربیات خود بیاموزند و به‌طور مستمر فرآیندهای خود را بهبود بخشند و از موفقیت بلندمدت طرح‌های صنعت ۴.۰ اطمینان حاصل کنند.

در مورد سرمایه اجتماعی، درجه بالای آن نشان می‌دهد که این سرمایه تحت تأثیر سایر عوامل سیستم است و تأثیر زیادی بر آن دارد. مشارکت‌ها و همکاری‌های مبتنی بر اعتماد می‌تواند به کاهش خطرهای مرتبط با پذیرش فناوری‌های جدید کمک کند؛ زیرا سازمان‌های کوچک و متوسط می‌توانند به پشتیبانی و تخصص یکدیگر تکیه کنند؛ همچنین سرمایه اجتماعی به‌اشتراک‌گذاری دانش و بهترین شیوه‌ها را در بین سازمان‌ها تسهیل می‌کند و آن‌ها را قادر می‌سازد از تجربیات یکدیگر بیاموزند و از دام‌های رایج در فرآیند پذیرش اجتناب کنند.

درنهایت بیشتر عوامل تعیین‌شده به یکدیگر وابسته هستند و ممکن است در محیط کسب‌وکار طبیعی به شیوه‌های مختلف با یکدیگر تعامل داشته باشند. به‌طور مداوم، نحوه تعامل و برخورد کسب‌وکارها با این عوامل تعیین‌کننده، تأثیر زیادی بر نحوه پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ توسط شرکت‌های کوچک و متوسط دارد. برای مثال، درک مدیریت ارشد از مزایای صنعت ۴.۰ ممکن است بر نحوه تأمین مالی یا مدیریت استراتژیک شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی بر فرآیند پذیرش فناوری تأثیر بگذارد. متأسفانه، مبانی نظری و پژوهش‌های پیشین، بینش محدودی در مورد رابطه تقدم بین عوامل تعیین‌شده ارائه می‌دهند. به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود تا تعاملات و روابط متقابل بین این عوامل تعیین‌کننده را شناسایی کنند و بهتر توضیح دهند که چگونه شرکت‌های کوچک و متوسط

تولیدی باید در تلاش برای تحول دیجیتالی صنعت ۴.۰ رسیدگی به آن‌ها را در اولویت قرار دهند؛ بنابراین پژوهش‌های آتی می‌تواند تلاش‌های دیجیتالی‌سازی شرکت‌های کوچک و متوسط را با توضیح روشمندی که چگونه شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی می‌توانند توسعه دهند و از قابلیت‌های دیجیتالی‌سازی لازم منحصربه‌فرد در صنعت ۴.۰ استفاده کنند را تقویت کند. دیجیتالی‌شدن صنعت ۴.۰ در مناطق و بخش‌های مختلف به‌طور متفاوتی انجام می‌شود. عوامل تعیین‌شده، مانند عوامل خارجی فشار ذی‌نفعان یا خطرهای امنیت سایبری، تأثیرات متنوعی بر شرکت‌های کوچک و متوسط فعال در زنجیره‌های ارزش، صنایع یا مناطق خاص خواهند داشت؛ به این معنا که سیاست‌های حمایتی باید بر اساس نیازهای خاص گروه‌های کوچک و متوسط قومی شناسایی و ابداع شوند؛ بنابراین به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود عوامل خارجی مؤثر بر اجرای صنعت ۴.۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی و خدماتی در مناطق و شهرهای مختلف را بررسی کنند.

در ادامه با توجه به یافته‌های پژوهش و میزان اهمیت عوامل شناسایی‌شده، پیشنهادهای کاربردی برای شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی ارائه شده است که عبارت‌اند از:

ـ ارائه آموزش و کارگاه‌های آموزشی برای آموزش کارکنان در مورد مزایا و فرآیندهای پذیرش فناوری؛

ـ ایجاد کانال‌های ارتباطی شفاف برای رسیدگی به نگرانی‌ها و بازخوردها در مرحله اجرا؛

ـ سرمایه‌گذاری در برنامه‌های یادگیری و توسعه مستمر برای افزایش توانایی سازمان در شناخت و جذب اطلاعات جدید؛

ـ پرورش فرهنگ نوآوری و گشودگی به منابع دانش خارجی؛

ـ همکاری با مؤسسه‌های آموزشی یا متخصصان صنعت برای اطلاع از پیشرفت‌های فناوری؛

ـ شرکت در رویدادهای صنعتی، کنفرانس‌ها و فرصت‌های شبکه‌ای برای گسترش سرمایه اجتماعی؛

ـ همکاری با شرکای خارجی برای پروژه‌های مشترک یا ابتکارات به‌اشتراک‌گذاری دانش برای افزایش نوآوری و پذیرش فناوری؛

ـ سرمایه‌گذاری در برنامه‌های آموزشی رهبری برای افزایش مهارت‌های مدیریت و سازگاری با تغییرات فناورانه؛

ـ ارائه آموزش به کارکنان در زمینه فناوری‌های دیجیتال، هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها؛

ـ ایجاد یک گروه یا بخش اختصاصی با تمرکز بر دیجیتالی‌سازی تا پذیرش و پیاده‌سازی فناوری را هدایت کند؛

ـ استخدام یا آموزش متخصصان فناوری اطلاعات با تخصص در رایانش ابری، اینترنت اشیا و امنیت سایبری؛

ـ هماهنگ کردن استراتژی‌های پذیرش فناوری با اهداف بلندمدت تجاری و روندهای بازار؛

ـ انجام بررسی‌های استراتژیک منظم برای ارزیابی تأثیر فناوری‌های صنعت ۴.۰ بر رقابت‌پذیری سازمان.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به‌عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

1. Abdullah, F. M., Al-Ahmari, A. M., & Anwar, S. (2022). Exploring key decisive factors in manufacturing strategies in the adoption of Industry 4.0 by using the fuzzy DEMATEL method. *Processes, 10(5)*, 987, 1-16
2. Agarwal, V., Mathiyazhagan, K., Malhotra, S., & Saikouk, T. (2021). Analysis of challenges in sustainable human resource management due to disruptions by Industry 4.0: an emerging economy perspective. International Journal of Manpower, 43(2), 513-541.
3. Agostini, L., & Nosella, A. (2020). The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: results of an international study. *Management Decision, 58(4)*, 625-643.
4. Agostini, L., & Filippini, R. (2019). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. European Journal of Innovation Management, 22(3), 406-421.
5. Ajzen, I., & Fishbein, M. (1973). Attitudinal and normative variables as predictors of specific behavior. *J. Pers. Soc. Psychol. 27 (1)*, 41.
6. Aranda-Usón, A., Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., & Llena-Macarulla, F. (2020). The progressive adoption of a circular economy by businesses for cleaner production: An approach from a regional study in Spain. *Journal of Cleaner Production, 247,* 119648.

7. Arcidiacono, F., Ancarani, A., Di Mauro, C. & Schupp, F. (2019). Where the rubber meets the road. Industry 4.0 among SMEs in the automotive sector. *IEEE Engineering Management Review, 47(4),* 86-93.
8. Aref, M. R., Jafaranjad, A., & Kayani Bakhtiari, A. (2018). Providing the appropriate framework (composite indicators) to evaluate the readiness of companies and industrial towns to implement the fundamental components of the fourth industrial revolution and investment development. *Investment Knowledge, 8(31),* 23-48. (In Persian).
9. Aslani, L., Wali, E., Abedi, S., Irajpour, A.R., & Ehtsham Rathi, R. (1400). Presenting a model for evaluating the multiple capabilities of a sustainable supply chain based on artificial intelligence. *The Journal of Industrial Management Perspectives, 11(3),* 107-129. doi: 10.52547/jimp.11.3.107 (in persian).
10. Bansal, P., & DesJardine, M. R. (2014). Business sustainability: It is about time. *Strategic organization, 12(1),* 70-78.
11. Beier, G., Niehoff, S., & Hoffmann, M. (2021). Industry 4.0: a step towards achieving the SDGs? A critical literature review. *Discover sustainability, 2(1),* 22.
12. Beltrami, M., Orzes, G., Sarkis, J., & Sartor, M. (2021). Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory. *Journal of Cleaner Production, 312,* 127733.
13. Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research, 57(15-16),* 4719-4742.
14. Bendul, J. C., & Blunck, H. (2019). The design space of production planning and control for Industry 4.0. *Computers in Industry, 105,* 260-272.
15. Benitez, G.B., Ayala, N.F., & Frank, A.G. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: an evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics, 228,* 107735.
16. Berg, H., Bendix, P., Jansen, M., Le Blévennec, K., Bottermann, P., Magnus-Melgar, M., ... & Wahlström, M. (2021). Unlocking the potential of Industry 4.0 to reduce the environmental impact of production. European Environment Agency, European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy: Mol, Belgium.
17. Blinova, E., Ponomarenko, T., & Knysh, V. (2022). Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Context of Sustainable Business Development in the Mining Sector with Elements of Circular Economy. *Sustainability, 14(13),* 8163.
18. Bocken, N. M., & Geradts, T. H. (2020). Barriers and drivers to sustainable business model innovation: Organization design and dynamic capabilities. *Long range planning, 53(4),* 101950.
19. Bosman, L., Hartman, N., & Sutherland, J. (2019). How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in Industry 4.0 technologies. *Journal of Manufacturing Technology Management, 31(5),* 1117-1141.
20. Braccini, A. M., & Margherita, E. G. (2018). Exploring organizational sustainability of Industry 4.0 under the triple bottom line: The case of a manufacturing company. *Sustainability, 11(1),* 36, 1-17.
21. Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change, 150,* 119790.
22. Buer, S.V., Strandhagen, J.W., Semini, M., & Strandhagen, J.O. (2021). The digitalization of manufacturing: investigating the impact of production environment and company size. *Journal of Manufacturing Technology Management, 32(3),* 621-645.
23. Chatterjee, S., Rana, N.P., Dwivedi, Y.K. & Baabdullah, A.M. (2021). Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model. *Technological Forecasting and Social Change, 170,* 120880. doi: 10.1016/j.techfore.2021.120880.
24. Chauhan, S., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Twala, B., & Priyadarshi, N. (2022). Digitalization of Supply Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective. *Processes, 11(1),* 96.
25. Cimini, C., Boffelli, A., Lagorio, A., Kalchschmidt, M. & Pinto, R. (2021). How do Industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management, 32(3),* 695-721.
26. da Rocha, A. B. T., de Oliveira, K. B., Espuny, M., da Motta Reis, J. S., & Oliveira, O. J. (2022). Business transformation through sustainability based on Industry 4.0. *Heliyon,* e10015.
27. Davis, FD (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13(3),* 319. DOI: 10.2307/249008.
28. de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Godinho Filho, M. (2018). When titans meet–Can Industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change, 132,* 18-25.
29. Denicolai, S., Zucchella, A., & Magnani, G. (2021). Internationalization, digitalization, and sustainability: are SMEs ready? A survey on synergies and substituting effects among growth paths. *Technological Forecasting and Social Change, 166,* 120650.

30. Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2017). An investigation of lean and green supply chain in the Industry 4.0. In Proceedings of the 2017 International Symposium on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM) (pp. 24-25).
31. Dutta, S., Gupta, B., Srivastava, S. K., & Gupta, A. K. (2021). Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: A critical review. *Materials Advances, 2(14),* 4497-4531.
32. Anbalagan, S. N., Schwarz, M., Bemthuis, R., & Havinga, P. (2024). Assessing Factory's Industry 4.0 Readiness: A Practical Method for IIoT Sensor and Network Analysis. Procedia computer science, 232, 2730-2739.
33. Ferreira, J. J., Fernandes, C. I., & Ferreira, F. A. (2019). To be or not to be digital, that is the question: Firm innovation and performance. *Journal of Business Research, 101,* 583-590.
34. ForouzeshNejad, A. A. (2023). Leagile and sustainable supplier selection problem in the Industry 4.0 era: a case study of the medical devices using hybrid multi-criteria decision making tool. *Environmental Science and Pollution Research, 30(5),* 13418-13437. (In Persian)
35. Franceli, J. C., & Turri, S. N. Z. (2021). Adoption factors of enabling I4. 0 technologies and benefits in the supply chain. arXiv preprint arXiv:2108.01207.
36. Gadekar, R., Sarkar, B., & Gadekar, A. (2022). Investigating the relationship among Industry 4.0 drivers, adoption, risks reduction, and sustainable organizational performance in manufacturing industries: An empirical study. *Sustainable Production and Consumption, 31,* 670-692.
37. Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Del Vecchio, P. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach. *Management Decision, 58(8),* 1543-1562
38. Gbededo, M. A., Liyanage, K., & Garza-Reyes, J. A. (2018). Towards a Life Cycle Sustainability Analysis: A systematic review of approaches to sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production, 184,* 1002-1015.
39. Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of manufacturing technology management, 29(6),* 910-936.
40. Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production, 252,* 119869.
41. Ghobakhloo, M., & Ching, N.T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration, 16,* 100107.
42. Ghobakhloo, M., & Fathi, M. (2020). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of leandigitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management, 31(1),* 1-30.
43. Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management, 32(8),* 1533-1556.
44. 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.
45. Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Vilkas, M., Grybauskas, A., & Amran, A. (2022). Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a systematic review and transformation roadmap. *Journal of Manufacturing Technology Management, 33(6),* 1029-1058.
46. Gomes, S., Ferreira, J., Lopes, J. M., & Farinha, L. (2022). The impacts of the entrepreneurial conditions on economic growth: Evidence from OECD countries. *Economies, 10(7),* 163.
47. Haibat Elahpour, Z., Mehralizadeh, Y., Barkat, Gh., & Nasiri, M. (2019). Education and learning strategies and entrepreneurial innovation in the era of the fourth industrial revolution in the food industry companies of the industrial towns of Ahvaz city. *Management of Organizations Training, 9(1),* 221-257.
48. Hansson, A. M., Pedersen, E., Karlsson, N. P., & Weisner, S. E. (2023). Barriers and drivers for sustainable business model innovation based on a radical farmland change scenario. Environment, Development and Sustainability, 25(8), 8083-8106.
49. Hassas Yeganeh, Y., Babajani, J., Tagvi Fard, M. T., & Arinpour, A. (2017). Sustainable business performance model in Iran. *Knowledge of Accounting and Management Audit, 7(27),* 181-204.
50. Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia Cirp, 54,* 1-6.
51. Hopkins, J.L. (2021). An investigation into emerging Industry 4.0 technologies as drivers of supply chain innovation in Australia. *Computers in Industry, 125,* 103323, doi: 10.1016/j. compind.2020.103323.
52. Horvath, D. & Szabo, R.Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change, 146,* 119-132
53. Hoyer, C., Gunawan, I., & Reaiche, C.H. (2020). The implementation of Industry 4.0 - a systematic literature review of the key factors. *Systems Research and Behavioral Science, 37(4),* 557-578.
54. Huang, C.J., Chicoma, E.D.T., & Huang, Y.H. (2019). Evaluating the factors that are affecting the implementation of Industry 4.0 technologies in manufacturing MSMEs, the case of Peru. *Processes, 7(3),* doi: 10.3390/PR7030161.

55. Huang, J. J., Tzeng, G. H., & Ong, C. S. (2005). Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. *Pattern Recognition Letters, 26(6),* 755-767.
56. Ingaldi, M., & Ulewicz, R. (2019). Problems with the Implementation of Industry 4.0 in Enterprises from the SME Sector. Sustainability, 12(1), 217, 1-18.
57. Kamali Saraji, M., Streimikiene, D., & Kyriakopoulos, G. L. (2021). Fermatean fuzzy CRITIC-COPRAS method for evaluating the challenges to industry 4.0 adoption for a sustainable digital transformation. Sustainability, 13(17), 9577, 1-20.
58. Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process safety and environmental protection, 117,* 408-425.
59. Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., & Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. *Journal of Retailing and Consumer Services, 48,* 154-168.
60. Kashanipour, M., Farkhi, M., Gholami Jamkarani, R., Mehrabanpour, M., & Maithami, H. (2018). Islamic model of sustainable business. *Iranian Islamic Development Model, 7(14),* 196-224. (In Persian)
61. Kays, H. M., & Sadri, A. M. (2022). Towards Unifying Resilience and Sustainability for Transportation Infrastructure Systems: Conceptual Framework, Critical Indicators, and Research Needs. arXiv preprint arXiv:2208.10039.
62. Khan, I. S., Ahmad, M. O., & Majava, J. (2021). Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. *Journal of Cleaner Production, 297,* 126655.
63. Khanzode, A.G., Sarma, P.R.S., Mangla, S.K., & Yuan, H. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in micro, small and medium enterprises. *Journal of Cleaner Production, 279,* doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123489.
64. Kim, S. S. (2021). Sustainable growth variables by industry sectors and their influence on changes in business models of SMEs in the era of digital transformation. *Sustainability, 13(13),* 7114.
65. Kipper, L.M., Furstenau, L.B., Hoppe, D., Frozza, R., & Iepsen, S. (2020). Scopus scientific mapping production in Industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis. *International Journal of Production Research, 58(6),* 1605-1627.
66. Konur, S., Lan, Y., Thakker, D., Morkyani, G., Polovina, N., & Sharp, J. (2021). Towards design and implementation of Industry 4.0 for food manufacturing. Neural Computing and Applications, 1-13.
67. Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. Journal of cleaner production, 275, 124063, 1-14.
68. Kunkel, S., Matthess, M., Xue, B., & Beier, G. (2022). Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry. *Resources, conservation and recycling, 182,* 106274.
69. La Rosa, G., Iaconelli, M., Mancini, P., Ferraro, G. B., Veneri, C., Bonadonna, L., ... & Suffredini, E. (2020). First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Science of the total environment, 736,* 139652.
70. Maisiri, W., van Dyk, L., & Coeztee, R. (2021). Factors that inhibit sustainable adoption of Industry 4.0 in the South African manufacturing industry. *Sustainability, 13(3),* 1-21, doi: 10. 3390/su13031013.
71. Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for Industry 4.0 requirements. *Computers & industrial engineering, 127,* 925-953.
72. Marcon, É., Soliman, M., Gerstlberger, W., & Frank, A. G. (2022). Sociotechnical factors and Industry 4.0: an integrative perspective for the adoption of smart manufacturing technologies. Journal of Manufacturing Technology Management, 33(2), 259-286.
73. Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry, 121,* doi: 10.1016/j.compind.2020.103261.
74. Mayer, C. H., & Oosthuizen, R. M. (2022). Sustainability in Industry 4.0 Business Practice: Insights From a Multinational Technology Company.
75. Michna, A., & Kmieciak, R. (2020). Open-mindedness culture, knowledge-sharing, financial performance, and Industry 4.0 in smes. *Sustainability (Switzerland), 12(21),* 1-17. doi: 10.3390/su12219041.
76. Mital, M., Chang, V., Choudhary, P., Papa, A., & Pani, A. K. (2018). Adoption of Internet of Things in India: A test of competing models using a structured equation modeling approach. *Technological Forecasting and Social Change, 136,* 339-346.
77. Mittal, S., Khan, M.A., Purohit, J.K., Menon, K., Romero, D. & Wuest, T. (2020), "A smart manufacturing adoption framework for SMEs. *International Journal of Production Research, 58(5),* 1555-1573.
78. Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020), "Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research, 58(5),* 1384-1400.
79. Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology innovation management review, 7(11),* 12-20.

80. Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability, 10(1), 247*.
81. Muller, J.M., Buliga, O. and Voigt, K.I. (2018). Fortune favors the prepared: how SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change, 132,* 2-17.
82. Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—the case of Hungary. *Sustainability, 10(10),* 3491.
83. Namjoo, F., & Jafari, M. B. (2021). Examining the relationship between effective organizational factors and organizational agility. *International Journal of Innovation Management and Organizational Behavior (IJIMOB), 1(1),* 45-57.
84. Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of intelligent manufacturing, 31,* 127-182.
85. Patanjali, S., & Bhatta, N. M. K. (2022). Work from home during the pandemic: The impact of organizational factors on the productivity of employees in the IT industry. *Vision,* 09722629221074137.
86. Pech, M., & Vrchota, J. (2020). Classification of small-and medium-sized enterprises based on the level of industry 4.0 implementation. Applied Sciences, 10(15), 5150, 1-22.
87. Philbin, S., Viswanathan, R., & Telukdarie, A. (2022). Understanding how digital transformation can enable SMEs to achieve sustainable development: A systematic literature review.
88. Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K. and Duffy, S. (2006), "Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews. *A Product from the ESRC Methods Programme Version, 1,* b92.
89. Prause, G. (2015). Sustainable business models and structures for Industry 4.0. Journal of Security & Sustainability Issues, 5(2), 1-11.
90. Prause, M. (2019). Challenges of industry 4.0 technology adoption for SMEs: the case of Japan. Sustainability, 11(20), 5807, 1-13.
91. Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp, 52,* 173-178.
92. Rachinger, M., Korajman, I., & Müller, C. (2019). Systematic literature review of business model innovation in business ecosystems. In ISPIM Conference Proceedings (pp. 1-22). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
93. Ramesh, A., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2008). Modelling the enablers of supply chain collaboration. *International Journal of Logistics Systems and Management, 4(6),* 617-633.
94. Ramesh, A., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2010) Modeling the barriers of supply chain collaboration. *Journal of Modelling in Management, 5(2),* 176–193.
95. Rao, P., Verma, S., Rao, A. A., & Joshi, R. (2023). A conceptual framework for identifying sustainable business practices of small and medium enterprises. *Benchmarking: An International Journal, 30(6),* 1806-1831.
96. Ratnasingam, J., Yi, L.Y., Abdul Azim, A., Halis, R., Choon Liat, L., Khoo, A., Mat Daud, M., Senin, A.L., Ab Latib, H., Bueno, M.V., Zbiec, M., Garrido, J., Ortega, J., Gomez, M.V., Hashim, R., Zakaria, S., Zainal Abidin, S. & Mat Amin, M.N.Z. (2020). Assessing the awareness and readiness of the Malaysian furniture industry for Industry 4.0. *BioResources, 15(3),* 4866-4885.
97. Rauch, E., Dallasega, P., & Unterhofer, M. (2019). Requirements and barriers for introducing smart manufacturing in small and medium-sized enterprises. *IEEE Engineering Management Review, 47(3),* 87-94.
98. Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. *Sage open, 6(2),* 2158244016653987.
99. Rokn al-Dini, S. A., Andalib Ardakani, D., Zare Ahmadabadi, H., & Hosseini Bamkan, S. M.. (1402). Modeling the enablers of Industry 4.0 in the implementation of a sustainable supply chain with Dimtel's approach - fuzzy network analysis process. *The Journal of Industrial Management Perspective, 13(1),* 141-172. doi: 10.52547/jimp.13.1.141 (In Persian).
100. Ryan, P.J., & Watson, R.B. (2017). Research challenges for the Internet of Things: what role can OR play? *Systems, 5(1),* 1-32.
101. Hassan, S. S., Reuter, C., & Bzhalava, L. (2021). Perception or capabilities? An empirical investigation of the factors influencing the adoption of social media and public cloud in German SMEs. International Journal of Innovation Management, 25(01), 2150002, 1-26.
102. Samanta, M., Virmani, N., Singh, R. K., Haque, S. N., & Jamshed, M. (2023). Analysis of critical success factors for successful integration of lean six sigma and Industry 4.0 for organizational excellence. *The TQM Journal, 36(1),* 208-243.
103. Sampene, A. K., Agyeman, F. O., & Aziz, F. (2023). Barriers and Drivers of Sustainable Business Model Innovation: Present and Future Research Perspectives. *Macro Management & Public Policies, 5(1),* 1-25.
104. Sanders, N. R., & Wood, J. D. (2019). Foundations of sustainable business: Theory, function, and strategy. John Wiley & Sons.

105. Shahabi, V., Azar, A., Faizi Razi, F., & Fallah Shams, M. (1400). Modeling the impact of the fourth industrial revolution on the supply chain of banking services using the system dynamics approach and the fuzzy DMAT technique. *International Business Management, 4(1),* 67-89. (In Persian)
106. Shahriarynia, A., Elfat, L., Amiri, M., & Kazzazi, A. (2019). A hybrid approach to develop a structural model of factors affecting cooperation in the supply chain of home appliance industries. *The Journal of Industrial Management Perspectives, 10(1),* 119-89. doi: 10.52547/jimp.10.1.89 (In Persian)
107. Sharma, H., Garg, R., Sewani, H., & Kashef, R. (2023). Towards A Sustainable and Ethical Supply Chain Management: The Potential of IoT Solutions. arXiv preprint arXiv:2303.18135.1-9.
108. Sharma, V. P., Prakash, S., & Singh, R. (2022). What Prevents Sustainable Last-Mile Delivery in Industry 4.0? An Analysis and Decision Framework. *Sustainability, 14(24),* 16423.
109. Shayganmehr, M., Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., & Moktadir, M. A. (2021). Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: A study in a developing country. *Journal of Cleaner Production, 281,* 125280.
110. Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014, December). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *In 2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management* (pp. 697-701). IEEE.
111. Somohano-Rodrıguez, F.M., Madrid-Guijarro, A. and Lopez-Fernandez, J.M. (2020), "Does Industry 4.0 really matter for SME innovation? *Journal of Small Business Management.* doi: 10.1080/ 00472778.2020.1780728
112. Stentoft, J., & Rajkumar, C. (2020). The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home. *International Journal of Production Research, 58(10),* 2953-2973.
113. Stentoft, J., Adsbøll Wickstrøm, K., Philipsen, K. & Haug, A. (2021). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning & Control, 32(10),* 811-828
114. Stentoft, J., Philipsen, K., Haug, A. & Wickstrøm, K.A. (2020). Motivations and challenges with the diffusion of additive manufacturing through a non-profit association. *Journal of Manufacturing Technology Management, 32(4),* 841-861
115. Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing, 5,* 359-369.
116. Szasz, L., Demeter, K., Racz, B.-G. & Losonci, D. (2021). Industry 4.0: a review and analysis of contingency and performance effects. *Journal of Manufacturing Technology Management, 32(3),* 667-694.
117. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management, 14(3),* 207-222.
118. Türkeş, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and barriers in using industry 4.0: a perspective of SMEs in Romania. Processes, 7(3), 153, 1-20.
119. Van Burg, E., Podoynitsyna, K., Beck, L. & Lommelen, T. (2012), "Directive deficiencies: how resource constraints direct opportunity identification in SMEs. *Journal of Product Innovation Management, 29(6),* 1000-1011.
120. van Lopik, K., Sinclair, M., Sharpe, R., Conway, P., & West, A. (2020). Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study. Computers in Industry, 117, 103208, 1-9.
121. Voinea, C. L., Logger, M., Rauf, F., & Roijakkers, N. (2019). Drivers for sustainable business models in start-ups: Multiple case studies. *Sustainability, 11(24),* 6884.
122. Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, Industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering, 182,* 763-769.
123. Won, J. Y., & Park, M. J. (2020). Smart factory adoption in small and medium-sized enterprises: Empirical evidence of manufacturing industry in Korea. Technological Forecasting and Social Change, 157, 120117, 1-13.
124. Yazdanpanah, Maryam, Hosni, Mohammad, and Qalavandi, Hassan. (1401). Examining the status and prioritization of non-technical skills of engineering graduates in the fourth industrial revolution from the point of view of employers and graduates. *Iran Engineering Education, 24(93),* 26-3(In Persian).
125. Zahorian, Maitham, and Rahim Nia, Fariborz. (2014). Presenting a model of sustainable development of business clusters in Iran. *Entrepreneurship Development, 8(1),* 41-59 (In Persian).
126. Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015, August). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *In 2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery* (FSKD) (pp. 2147-2152). IEEE.
127. Zhu, X., Xiao, Y., Xiao, G., & Deng, X. (2022). Research on driving factors of collaborative integration implementation of lean-green manufacturing system with industry 4.0 based on fuzzy AHP-DEMATEL-ISM: From the perspective of enterprise stakeholders. *Processes, 10(12),* 2714.