



Classification of Critical Success Factors in Smart Manufacturing Implementation from the Perspective of Stakeholders and Components of Technology: A Systematic Literature Review

Sahar Valipour Parkouhi

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. E-mail: s.valipour@stu.umz.ac.ir

Abdolhamid Safaei Ghadikolaei *

*Corresponding Author, Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. E-mail: ab.safaei@umz.ac.ir

Hamidreza Fallah Lajimi

Assistant Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. E-mail: h.fallah@umz.ac.ir

Abstract

Objective: In recent years, industries worldwide have been striving to adopt a groundbreaking accomplishment of the fourth industrial revolution known as smart manufacturing. This advanced manufacturing system is based on Industry 4.0 technologies to improve systems' reliability, efficiency, and productivity. To have the highest level of performance and success, organizations need to pay constant attention to some variables and conditions, which are called Critical Success Factors (CSFs). Critical Success Factors play a significant role in all projects. Implementing smart manufacturing requires the identification of Critical Success Factors to be implemented effectively. Managers need to know the relationship between components of technology and the critical success factors, as well as the stakeholders who are involved or exert influence over these components. Therefore, the purpose of this study is to collect the Critical Success Factors of smart manufacturing implementation and also to determine the Critical Success Factors' relationship with components of technology and stakeholders of organizations, based on the extant research.

Methods: Collecting all the Critical Success Factors will be possible through a comprehensive and systematic literature review. In a systematic literature review, in addition to answering research questions, gaps in a field can be identified and introduced to researchers. To conduct a systematic literature review in this study, keywords were first selected based on the research objectives and questions. Then, articles were collected by searching selected databases. After collecting the articles, relevant articles were

identified according to the selected criteria. Finally, the research questions were answered by using the selected related articles. In addition to answering the research questions, the citation analysis of the selected articles was also done.

Results: In this study, 62 relevant research studies were identified. Through the examination of the selected research, 22 critical success factors were recognized. These factors were further classified into the domains of Technology- Organization Environment (TOE Model). By conducting a thorough analysis of the content in the selected studies, the interconnections between the critical success factors, stakeholders, and components of technology were thoroughly investigated.

Conclusion: The findings of this study can provide valuable assistance to researchers in gaining insights into existing gaps and addressing them appropriately. Moreover, the research outcomes can prove beneficial to managers as they endeavor to implement intelligent production methods. By effectively harnessing the identified critical success factors, managers can ensure that their endeavors are impactful and successful. This study offers a comprehensive understanding of the crucial factors that contribute to success in the chosen domain. It serves as a guide for future research endeavors and provides actionable insights for practitioners aiming to optimize their strategies. The study underscores the importance of considering stakeholder engagement and technological aspects in conjunction with organizational structures.

Keywords: Components of technology, Critical success factors, Technology- organization-environment Framework, Stakeholders.

Citation: Valipour Parkouhi, Sahar; Safaei Ghadikolaei, Abdolhamid & Fallah Lajimi, Hamidreza (2023). Classification of Critical Success Factors in Smart Manufacturing Implementation from the Perspective of Stakeholders and Components of Technology: A Systematic Literature Review. *Industrial Management Journal*, 15(2), 180-222. (in Persian)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 2, pp. 180-222

Published by University of Tehran, Faculty of Management

<https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.338189.1007917>

Article Type: Research Paper

© Authors

Received: January 29, 2022

Received in revised form: April 30, 2022

Accepted: May 23, 2023

Published online: July 19, 2023



طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند از منظر ذی‌نفعان و اجزای تکنولوژی - مرور سیستماتیک ادبیات

سحر ولی‌پور پرکوهی

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: s.valipour@stu.umz.ac.ir

عبدالحمید صفایی قادیکلایی*

* نویسنده مسئول، استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: ab.safaei@umz.ac.ir

حمیدرضا فلاح لاجیمی

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: h.fallah@umz.ac.ir

چکیده

هدف: سازمان‌ها برای دستیابی به بهترین سطح عملکرد و کسب موفقیت، باید به متغیرها و شرایطی که به آن‌ها عوامل کلیدی موفقیت می‌گویند، توجه مستمری داشته باشند. عوامل کلیدی موفقیت در تمامی فرایندها و پروژه‌ها نقش دارند. استقرار تولید هوشمند نیز مانند تمامی پروژه‌ها، به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت نیاز دارد تا به صورت اثربخش اجرا شود. از سوی دیگر، بهتر است مدیران بدانند این عوامل با کدام جزء تکنولوژی ارتباط دارند و از کدام‌یک از ذی‌نفعان اثر می‌پذیرند یا بر آن اثر می‌گذارند. با توجه به آنچه بیان شد، هدف از اجرای پژوهش حاضر این است که عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند گردآوری شود و بر اساس پژوهش‌های موجود، ارتباط عوامل گردآوری شده با اجزای تکنولوژی و ذی‌نفعان سازمان بررسی شود.

روش: گردآوری تمامی عوامل کلیدی موفقیت، از طریق مروری جامع و سیستماتیک میسر خواهد بود. در مرور نظام‌مند ادبیات، علاوه بر پاسخ به سؤال‌های پژوهشی، می‌توان شکاف‌های موجود در یک حوزه را شناسایی و به محققان معرفی کرد. بنابراین برای انجام مرور سیستماتیک با انتخاب پایگاه‌ها، کلمات کلیدی و استراتژی‌های جست‌وجو، پژوهش‌های مرتبط با هدف پژوهش حاضر شناسایی شدند. پس از تحلیل و بررسی محتوای مطالعات منتخب، پاسخ سؤال‌های پژوهش استخراج شد.

یافته‌ها: طی مرور پژوهش‌ها، در نهایت ۶۲ پژوهش مرتبط انتخاب و بر اساس آن‌ها، ۲۲ عامل کلیدی موفقیت شناسایی شد. سپس این عوامل در طبقه‌بندی تکنولوژی - سازمان - محیط جای گرفتند. با تحلیل محتوای پژوهش‌های منتخب، ارتباط بین عوامل کلیدی موفقیت با ذی‌نفعان و اجزای تکنولوژی بررسی شد.

نتیجه‌گیری: انجام پژوهش حاضر به محققان کمک خواهد کرد که شکاف‌های موجود را شناخته و به آن‌ها بپردازند. از سوی دیگر، پاسخ پرسش‌های پژوهش، به مدیران کمک خواهد کرد تا در استقرار تولید هوشمند بتوانند به شکل اثربخشی، از عوامل کلیدی موفقیت استفاده کنند.

کلیدواژه‌ها: اجزای تکنولوژی، تولید هوشمند، چارچوب تکنولوژی - سازمان - محیط، ذی‌نفعان، عوامل کلیدی موفقیت.

استناد: ولی‌پور پرکوهی، سحر؛ صفایی قادیکلایی، عبدالحمید و فلاح لاجیمی، حمیدرضا (۱۴۰۲). طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند از منظر ذی‌نفعان و اجزای تکنولوژی - مرور سیستماتیک ادبیات. مدیریت صنعتی، ۱۵(۲)، ۱۸۰-۲۲۲.

مقدمه

وقوع انقلاب‌های صنعتی، تحولات بسیاری را در اقتصاد و فضای کسب‌وکار ایجاد کرده است (کریمی، آذر، محبان و قاسمی، ۱۴۰۱). پیش از فرایند صنعتی شدن، تولید به صورت دستی انجام می‌شد و پس از آن با معرفی تجهیزات مکانیکی تحولاتی در سیستم تولیدی ایجاد شد. پس از آن در ابتدای قرن بیست، انقلاب صنعتی دوم با ظهور تولید انبوه و خط مونتاژ شکل گرفت. با پیدایش تکنولوژی‌های دیجیتالی و اینترنت، نسل سوم انقلاب صنعتی به وقوع پیوست که نتیجه آن اتوماتیک شدن تولید بود. پس از ظهور سه انقلاب صنعتی پیشین، اکنون تمامی صنایع در جهان تحت تأثیر انقلاب صنعتی چهارم و تکنولوژی‌های آن قرار دارند (بهاگوان و ایوان^۱، ۲۰۲۳) که هدف آن کسب کارایی عملیاتی و بهره‌وری بالاتر و همچنین بالاتر بردن سطح اتوماسیون است (محمدی، سجادی، نجفی، و تقی‌زاده یزدی، ۱۴۰۱؛ لو^۲، ۲۰۱۷). انقلاب صنعتی چهارم، سیستم‌های عملیاتی تولید و تکنولوژی‌های ارتباطات و اطلاعات را به یکدیگر پیوند می‌دهد (دالنوگاره و همکاران^۳، ۲۰۱۸). از دیدگاه عملیاتی، تکنولوژی‌های دیجیتالی مانند سیستم‌های سایبری - فیزیکی که در صنعت ۴.۰ مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای کاهش زمان استقرار، هزینه مواد اولیه و نیروی کار و زمان پردازش پیشنهاد می‌شود (دالنوگاره و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین صنعت ۴.۰ می‌تواند تمامی فعالیت‌های کارخانه‌ها و زنجیره تأمین را متحول ساخته و بهبود بخشد و آن‌ها را هوشمند می‌سازد (فرانک، دالنوگاره و آیالا^۴، ۲۰۱۹). تولید هوشمند^۵ نسل جدید سیستم تولیدی است که پس از انقلاب صنعتی چهارم شکل گرفت.

تولید هوشمند یک پارادایم تولیدی پیشرفته است که تکنولوژی‌های جدیدی مانند اینترنت اشیا^۶، ارتباط ماشین با ماشین^۷، شبکه‌های حسگر بیسیم^۸، فناوری‌های اتوماسیون و همچنین کلان‌داده‌ها را با فرایندهای تولیدی ادغام می‌کند (لی و همکاران^۹، ۲۰۲۳). هدف از تولید هوشمند ارتقای بهره‌وری، کارایی، قابلیت اطمینان و کنترل بهتر محصولات نهایی است (کوئیزم، بوآبدالا و لاکلف^{۱۰}، ۲۰۱۸ الف). استقرار موفقیت‌آمیز این سیستم تولیدی جدید، نیازمند شناسایی عوامل کلیدی موفقیت است؛ زیرا این عوامل بر خروجی‌ها و عملکرد یک سیستم تولیدی اثرگذار خواهند بود (کومار^{۱۱}، ۲۰۱۸). عوامل کلیدی موفقیت شامل عناصری است که موفقیت یک مدیر یا سازمان را تضمین نموده و حوزه‌هایی را شامل می‌شود که یک سازمان جهت داشتن بالاترین عملکرد، باید به صورت مداوم به آن توجه کند (بوینتون و زموند^{۱۲}، ۱۹۸۶). شناسایی عوامل کلیدی موفقیت از طریق مرور سیستماتیک ادبیات^{۱۳} امکان‌پذیر است.

1. Bhagwan and Evans
2. Lu
3. Dalenogare et al.
4. Industry 4.0
5. Frank, Dalenogare & Ayala
6. Smart Manufacturing
7. Internet of Things (IoT)
8. Machine to Machine (M2M)
9. Wireless Sensor Network (WSN)
10. Li et al.
11. Kouicem, Bouabdallah & Lakhlef
12. Kumar
13. Boynton & Zmud.
14. Systematic Literature Review (SLR)

مرور سیستماتیک ادبیات به‌صورت جامع ادبیات موجود در یک حوزه خاص را بررسی می‌نماید و شکاف‌های تحقیقاتی آن حوزه را نیز شناسایی می‌کند. در حوزه تولید هوشمند نیز مرور سیستماتیک ادبیات متعددی انجام شده است که هر کدام از آن‌ها اهداف خاصی را دنبال کردند. برخی پژوهش‌ها مانند (ژنگ و همکاران^۱، ۲۰۲۱) به مرور سیستماتیک تکنولوژی‌های تولید هوشمند پرداخته‌اند. مرور سیستماتیک مدل‌های بلوغ و ارزیابی آمادگی نیز موضوع مورد بررسی برخی دیگر از مطالعات مانند (حزام حنفیه، سومرو و عبدالله^۲، ۲۰۲۰) بوده است. سونی و نایک^۳ (۲۰۲۰) به مرور سیستماتیک عوامل کلیدی موفقیت صنعت ۴.۰ پرداخته‌اند و تنها این عوامل را گردآوری کرده‌اند. در این پژوهش با مروری سیستماتیک در ادبیات موجود علاوه بر گردآوری عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند، آن‌ها در چارچوب جامع تکنولوژی - سازمان - محیط^۴ طبقه‌بندی می‌شوند. هدف دیگری که در این پژوهش دنبال خواهد شد این است که جز تکنولوژی (فن‌افزار، اطلاع‌افزار، انسان‌افزار و سازمان‌افزار) مرتبط با هر عامل بر اساس پژوهش‌های منتخب تعیین شود تا مدیران بدانند که در هنگام استقرار تولید هوشمند از هر عامل در چه زمانی استفاده نمایند. نکته دیگری که می‌تواند برای مدیران در هنگام استفاده از عوامل کلیدی موفقیت ضروری باشد، ذی‌نفعان (مدیریت، کارکنان، مشتریان، دولت، سهام‌داران و رقبا) مرتبط با این عوامل است. از آنجایی که ذی‌نفعان در دستیابی به اهداف سازمان نقش پررنگی ایفا می‌کنند، برای استقرار تولید هوشمند نیز اثرگذار خواهند بود. بنابراین می‌توان سؤال‌های پژوهش و انگیزه اصلی در پاسخ‌گویی به آن‌ها را به‌صورت جدول ۱ بیان کرد:

جدول ۱. سؤال‌های پژوهش و انگیزه اصلی از پاسخ‌گویی به آن‌ها

سؤال‌های پژوهش	انگیزه اصلی
سؤال یک: عوامل کلیدی که می‌توانند سازمان‌ها را در حرکت به سوی تولید هوشمند یاری نمایند، کدام‌اند؟	شناسایی عوامل مؤثر در استقرار موفقیت‌آمیز تولید هوشمند
سؤال دو: دسته‌بندی مناسب برای عوامل کلیدی موفقیت استقرار تولید هوشمند کدام‌اند؟ چگونه این عوامل در دسته‌بندی‌های شناسایی شده قرار خواهند گرفت؟	دسته‌بندی مناسب عوامل کلیدی موفقیت و شناسایی حوزه مربوط به هر یک از آن‌ها
سؤال سه: هر یک از عوامل کلیدی موفقیت شناسایی شده، مربوط به کدام دسته از اجزای تکنولوژی می‌باشند؟	شناسایی منشأ تکنولوژیکی هر عامل جهت انتخاب و اجرای اقدامات متناسب با آن‌ها.
سؤال چهار: هر یک از عوامل کلیدی موفقیت بر کدام یک از ذی‌نفعان اثر گذاشته و یا از آن‌ها اثر می‌پذیرد؟	شناسایی ذی‌نفعان تأثیرگذار و تأثیرپذیر از هر یک از عوامل در جهت بهینه‌سازی تصمیمات و اقدامات.

در ادامه، ابتدا مبانی نظری و کارهای مرتبط مرور خواهد شد. سپس روش‌شناسی پژوهش و سؤال‌های پژوهش به‌طور کامل شرح داده می‌شود. در بخش یافته‌ها نیز به تحلیل مقالات منتخب و تحلیل استنادی پرداخته می‌شود. علاوه بر آن به سؤال‌های پژوهش نیز در بخش یافته‌ها پاسخ داده خواهد شد. در پایان نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ارائه خواهد شد.

1. Zheng et al.
2. Hizam-Hanafiah, Soomro & Abdullah
3. Sony and Naik
4. Technology- Organization- Environment (TOE) Framework

پیشینه پژوهش

عوامل کلیدی موفقیت در تولید هوشمند

اصطلاح «عوامل کلیدی موفقیت» در سال ۱۹۷۹ توسط راکارت^۱ در دانشکده مدیریت دانشگاه ام. ای. تی معرفی شد. مطالعات مدیریت پروژه، نخستین حوزه‌ای بود که عوامل کلیدی موفقیت در آن بررسی شد و سپس در حوزه‌های دیگر نیز راه یافت. عوامل کلیدی موفقیت ویژگی‌ها، متغیرها و شرایطی هستند که تأثیر قابل توجهی بر موفقیت و رقابت سازمان‌ها می‌گذارند و سازمان‌هایی که از عوامل کلیدی موفقیت استفاده می‌نمایند، پایدار خواهند ماند و به‌طور شایسته‌ای مدیریت می‌شوند (بانیک و همکاران^۲، ۲۰۲۰). این عوامل حوزه‌های محدودی از یک سازمان را شامل می‌شوند که اگر به‌صورت رضایت‌بخشی اجرا شوند، یک سازمان عملکرد موفقیت‌آمیزی خواهد داشت (ترکمان^۳، ۲۰۱۰). یک مدیر یا یک سازمان جهت تضمین موفقیت خود نیازمند آن است که عوامل کلیدی موفقیت را شناسایی نموده و به‌صورت مداوم به آن‌ها توجه نماید (زاهدی، ۱۹۸۶). در استقرار سیستم‌های تولیدی نیز می‌توان از اثرات مثبت به‌کارگیری عوامل کلیدی موفقیت بهره برد و به این ترتیب خروجی‌ها و عملکرد آن‌ها را به‌طور موفقیت‌آمیزی مدیریت کرد (کومار، ۲۰۱۸).

با ظهور انقلاب صنعتی چهارم و تکنولوژی‌های آن سیستم تولیدی جدیدی معرفی شد که تولید هوشمند نامیده شد. تولید هوشمند یک پارادایم جدید تولید است که در آن ماشین‌های تولیدی به‌طور کامل از طریق شبکه‌های وایرلس به یکدیگر متصل شده، با استفاده از سنسور نظارت شده و با هوش محاسباتی پیشرفته کنترل می‌شوند تا کیفیت تولید، بهره‌وری سیستم و پایداری را بهبود بخشد درحالی‌که هزینه‌ها را کاهش می‌دهد (وانگ و همکاران^۴، ۲۰۱۸). ارتقای بهره‌وری، کارایی، قابلیت اطمینان و کنترل بهتر محصولات نهایی را می‌توان به عنوان اهداف تولید هوشمند برشمرد (کوییزم، بوآبدالا و لاکلف^۵، ۲۰۱۸ الف). بنوتسمان، کواچ، و دوداس^۶ (۲۰۱۹) منافع اقتصادی و اجتماعی زیادی را برای استقرار تولید هوشمند بیان کردند که برخی از آن‌ها عبارت است از:

- کارخانه‌ها در تولید هوشمند دارای قابلیت‌های خودکنترلی، خودتنظیمی و خود انطباقی هستند و از این طریق می‌توانند بهینه باشند.
- تولید هوشمند بهره‌وری، انعطاف‌پذیری، پایداری و رقابت‌پذیری را افزایش می‌دهد.
- محصولات نهایی دوستدار محیط خواهند بود و در تولید آن‌ها منابع تجدیدپذیر استفاده خواهد شد. به‌علاوه باز یافت محصولات نهایی نیز امکان‌پذیری خواهد بود.
- کارخانه هوشمند محصولاتی پایدار در هر سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیطی فراهم خواهد کرد.
- تولید هوشمند افزایش مطلوبیت در کاربرد ماشین‌ها و منابع انسانی را در پی خواهد داشت.

1. Rockart

2. Banik et al.

3. Trkman

4. Wang et al.

5. Kouicem, Bouabdallah & Lakhlef

6. Benotsmane, Kovács & Dudás

به‌منظور بهره‌مندی از مزایای تولید هوشمند و استقرار موفقیت‌آمیز آن، شناسایی حوزه‌های کلیدی که در موفقیت آن اثرگذار خواهند بود، بسیار مهم است. شناسایی عوامل مدیریتی و سازمانی کلیدی می‌تواند موفقیت را در پروژه استقرار تولید هوشمند تضمین نماید.

کارهای مرتبط

به‌منظور تعیین شکاف‌های تحقیقات موجود در حوزه تولید هوشمند، پژوهش‌های مرور سیستماتیک ادبیات مرتبط، مورد بررسی قرار گرفتند. برخی از این مقالات در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. برخی پژوهش‌های مرور سیستماتیک ادبیات در حوزه تولید هوشمند و صنعت ۴.۰

نویسندگان	موضوع	پرسش‌های تحقیق
ژنگ و همکاران (۲۰۲۱)	مرور سیستماتیک کاربرد تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ در تولید	کاربرد تکنولوژی‌های توانمندساز صنعت ۴.۰ در فرایندهای تولید چیست؟
گیهارت و همکاران ^۱ (۲۰۲۱)	مرور سیستماتیک ادبیات تأثیر تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ در همکاری‌ها در زنجیره تأمین	چگونه تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰، مکانیسم‌های همکاری را توانمند می‌سازند؟
پاگلیوسا و تورتورلا ^۲ (۲۰۲۱)	مرور سیستماتیک ادبیات صنعت ۴.۰ و تولید ناب	تکنولوژی‌های اصلی صنعت ۴.۰ که در تولید استفاده می‌شوند کدام‌اند؟ کدام یک از روش‌های ناب در صنایع تولیدی کاربرد دارند؟
جموال، آگراوال و شارما ^۳ (۲۰۲۱)	مرور سیستماتیک ادبیات نقش تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ در پایداری تولید	نقش تکنولوژی‌های مختلف صنعت ۴.۰ در تولید و ایجاد پایداری تولید چیست؟ چگونه تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ بر پایدار شدن تولید اثرگذار خواهد بود. شکاف‌های تحقیقاتی در حوزه تکنولوژی‌های تولید هوشمند چیست؟
استریدر، بوده و فریدلی ^۴ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات در حوزه کارخانه هوشمند	تا چه اندازه در تحقیقات موجود به مفهوم کارخانه هوشمند پرداخته شده است؟ چگونه می‌توان دیدگاه‌های مختلف به مفهوم کارخانه هوشمند را طبقه‌بندی کرد.
شارما، جابور، و لوسا د سوسا جابور ^۵ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات تولید پایدار و صنعت ۴.۰	روند انتشار پژوهش‌ها در حوزه پایداری و صنعت ۴.۰ چگونه است؟ چه شکاف‌هایی در تحقیقات دیده می‌شود؟
کمبل و همکاران ^۶ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک سیستم‌های ارزیابی عملکرد برای صنعت ۴.۰	سیستم‌های ارزیابی عملکرد کسب‌وکارهای کوچک و متوسط هوشمند چیست؟

- Gebhardt et al.
- Pagliosa and Tortorella
- Jamwal, Agrawal & Sharma
- Osterrieder, Budde & Friedli
- Sharma, Jabbour & Lopes de Sousa Jabbour
- Kamble et al.

نویسندگان	موضوع	پرسش‌های تحقیق
کالابرسه، لویالدی گیرون و تیبورزی ^۱ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات سیر تکاملی اجرای صنعت ۴۰۰ در تولید	تکنولوژی‌های توانمندساز صنعت چهار کدام‌اند؟ نخستین قوت صنعت ۴۰۰ کدام است؟ نخستین ضعف صنعت ۴۰۰ کدام است؟ فرصت‌های کسب‌وکار جدید پس از اجرای صنعت ۴۰۰ کدام‌اند؟
حزام حنفیه، سومرو و عبدالله (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات مدل‌های ارزیابی آمادگی برای صنعت ۴۰۰	چه مدل‌هایی برای ارزیابی آمادگی صنعت ۴۰۰ موجود است؟
سونی و نایک (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات عوامل کلیدی موفقیت صنعت ۴۰۰	عوامل کلیدی موفقیت صنعت چهار کدام‌اند؟
الیبال و اوزسیلان ^۲ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک مدل‌های بلوغ صنعت ۴۰۰ و چالش‌های آینده آن	مدل‌های بلوغ صنعت ۴۰۰ در حال حاضر کدام‌اند؟ چه محدودیت‌ها و شکاف‌هایی در مدل‌های موجود وجود دارد؟
هویر، گونوان، و ریچه ^۳ (۲۰۲۰)	مرور سیستماتیک ادبیات اجرای صنعت ۴۰۰	چه بلاک‌هایی اجرای موفقیت‌آمیز صنعت ۴۰۰ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؟ چگونه تفکر سیستمی در اجرای صنعت ۴۰۰ مؤثر خواهد بود؟ بلوغ تکنولوژی اطلاعات در اجرای صنعت ۴۰۰ چه اهمیتی دارد؟
فردریکو و همکاران ^۴ (۲۰۱۹)	مرور سیستماتیک ادبیات بلوغ زنجیره تأمین ۴۰۰	روند تکاملی زنجیره تأمین ۴۰۰ چگونه است؟
میتال و همکاران ^۵ (۲۰۱۸)	مرور سیستماتیک ادبیات مدل‌های بلوغ تولید هوشمند و صنعت ۴۰۰	مدل‌های بلوغ تولید هوشمند کدام‌اند؟

بررسی پژوهش‌های مرور سیستماتیک ادبیات در حوزه تولید هوشمند و صنعت ۴۰۰ نشان می‌دهد که بیشتر آن‌ها در حوزه تکنولوژی تولید هوشمند انجام شده‌اند. این پژوهش‌ها از دیدگاه‌های مختلفی به تکنولوژی‌های صنعت ۴۰۰ پرداخته و نتایج متفاوتی را ارائه کردند. یکی از دستاوردها، گردآوری و تشریح تکنولوژی‌های مختلف بوده است (کالابرسه و همکاران، ۲۰۲۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۲۱). برخی دیگر روابط بین تکنولوژی‌های صنعت ۴۰۰ و پارادایم‌هایی از جمله پایداری را مورد بررسی قرار داده‌اند (جموال و همکاران، ۲۰۲۱). تحلیل تأثیرات تکنولوژی‌های صنعت ۴۰۰ بر مکانیسم‌های همکاری در زنجیره تأمین، موضوع دیگری است که به آن پرداخته شده است (گیپهارت و همکاران، ۲۰۲۱). به‌علاوه با مرور سیستماتیک در حوزه این تکنولوژی‌ها، شکاف‌های تحقیقاتی نیز نمایان شدند (جموال و همکاران، ۲۰۲۱).

1. Calabrese, Levialdi Ghiron & Tiburzi
2. Elibal and Özceylan
3. Hoyer, Gunawan & Reaiche
4. Frederico et al.
5. Mittal et al.
6. Gebhardt et al.

دسته دیگر پژوهش‌های مرور سیستماتیک انجام شده به چگونگی اجرای تولید هوشمند و موضوعات مرتبط با آن پرداخته‌اند. در پژوهش‌های انجام شده، کارخانه هوشمند از دیدگاه‌های مختلف بررسی شده است که استریدیدر، بوده و فریدلی (۲۰۲۰) در یک مرور جامع این دیدگاه‌ها را گردآوری نمودند. از سوی دیگر کالابرسه و همکاران (۲۰۲۰) سیر تکاملی اجرای صنعت ۴.۰ را بررسی کرده و قوت‌ها، ضعف‌ها و فرصت‌های اجرای آن را نیز بیان کردند. بلاک‌های اجرای موفقیت‌آمیز صنعت ۴.۰ موضوعی است که در پژوهش هویر، گوناوان، و ریچه (۲۰۲۰) بررسی شد. ایشان علاوه بر بلاک‌ها، تأثیر تفکر سیستمی و بلوغ تکنولوژی اطلاعات را نیز به عنوان هدف پژوهش خود دنبال کردند.

گروه دیگری از پژوهش‌ها نیز مدل‌های بلوغ صنعت ۴.۰ و ارزیابی آمادگی کسب‌وکارها برای اجرای صنعت ۴.۰ و تولید هوشمند را مدنظر قرار دادند. حزام حنفیه، سومرو و عبدالله (۲۰۲۰) به گردآوری مدل‌های بلوغ صنعت ۴.۰ و تولید هوشمند پرداخته‌اند. البیال و اوزسیلان (۲۰۲۰) نیز علاوه بر بررسی مدل‌های بلوغ موجود، به تعیین شکاف‌ها و کمبودهای این مدل‌ها نیز پرداختند. ارزیابی عملکرد صنعت ۴.۰ در کسب‌وکار کوچک و متوسط نیز در پژوهش کمبل و همکاران (۲۰۲۰) مورد بررسی قرار گرفت. سونی و نایک (۲۰۲۰) با استفاده از مرور سیستماتیک ادبیات، عوامل کلیدی موفقیت در اجرای صنعت ۴.۰ را گردآوری کردند.

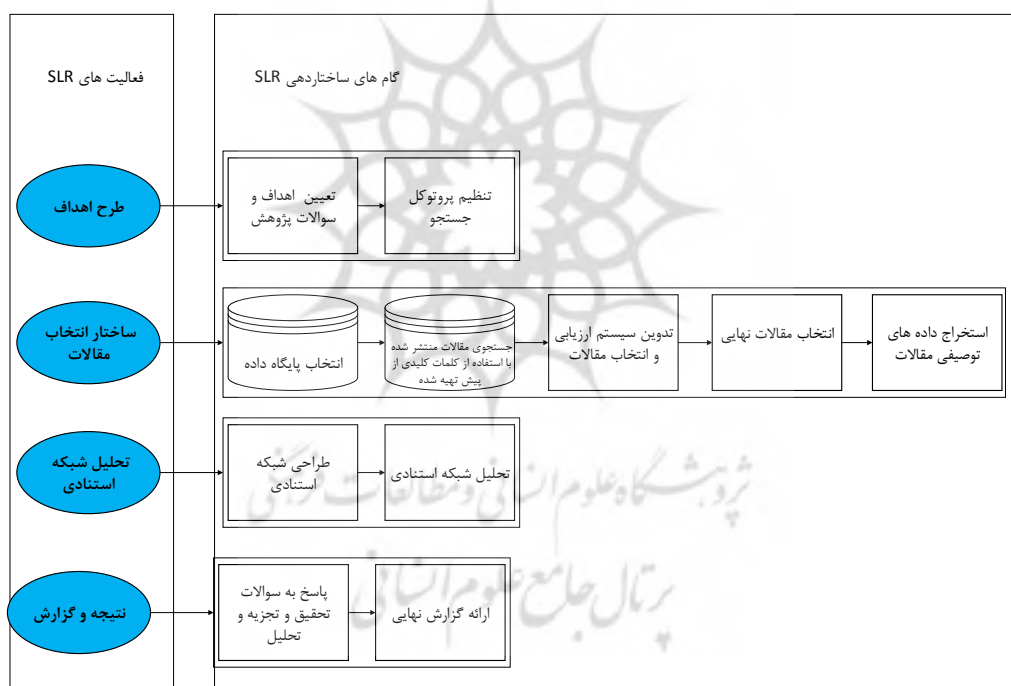
بر اساس آنچه که پیش‌تر بیان شد، تولید هوشمند می‌تواند اثرات مثبت بسیاری بر صنایع بر جای بگذارد. در استقرار موفقیت‌آمیز تولید هوشمند، شناسایی عوامل کلیدی موفقیت بسیار مؤثر خواهد بود زیرا این عوامل متغیرها و مشخصه‌هایی را شامل می‌شود که در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها و مدیریت فعالیت‌ها بسیار اثرگذار خواهند بود. گردآوری تمامی عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند از طریق مرور سیستماتیک ادبیات امکان‌پذیری خواهد بود. در پژوهش سونی و نایک (۲۰۲۰) تنها به این سؤال پاسخ داده شده است که این عوامل کلیدی موفقیت شامل چه مواردی می‌شود. در پژوهش حاضر علاوه بر گردآوری عوامل کلیدی موفقیت بررسی خواهد شد که هر کدام از این عوامل به کدام یک از ذی‌نفعان سازمان مرتبط خواهد بود. پرسش دیگری که بر اساس ادبیات موجود به آن پرداخته خواهد شد این است که هر کدام از عوامل کلیدی موفقیت به کدام یک از اجزای تکنولوژی مرتبط خواهد بود. بررسی این دو سؤال به مدیران کمک خواهد کرد که در هنگام اجرای تولید هوشمند و به‌کارگیری این عوامل کلیدی موفقیت، از این عوامل در جایگاه مناسب خود استفاده نمایند.

روش‌شناسی پژوهش

برای مرور ادبیات در یک موضوع خاص، روش‌های مختلفی وجود دارد. در روش‌های سنتی این احتمال وجود دارد که برخی پژوهش‌های انجام شده نادیده گرفته شوند و به این ترتیب در تحلیل نتایج احتمال بروز خطا وجود خواهد داشت، در حالی که روش مرور سیستماتیک ادبیات به شناسایی و ارزیابی تمامی مطالعاتی می‌پردازد که به سؤال‌های پژوهش و موضوع موردنظر مرتبط باشند (ون دینتر، تکینردوگان و کتال^۱، ۲۰۲۱). مرور سیستماتیک ادبیات روشی قابل اعتماد و منطقی است که در آن وضعیت موجود مطالعات انجام شده در یک حوزه خاص تحلیل و بررسی می‌شود (نجف‌آبادی و

ماهرین^۱، (۲۰۱۶). نتایج حاصل از یک مرور سیستماتیک ادبیات، شکاف‌های موجود در تحقیقات مرتبط با یک موضوع خاص را آشکار می‌سازد و به محققان این امکان را می‌دهد تا ایده مناسبی برای پژوهش‌های آتی خود تعریف نمایند (سیوفی و همکاران^۲، ۲۰۲۰).

محققان زیادی به مرور سیستماتیک ادبیات در حوزه‌های مختلف پرداخته‌اند. در این پژوهش از رویکرد مرور سیستماتیک ارائه شده توسط ترانفیلد، دنیر و اسمارت^۳ (۲۰۰۳) استفاده شده است. در گام نخست اهداف تحقیق تعیین شده و سپس متناسب با آن‌ها، سؤال‌های پژوهش تعریف خواهد شد. گام بعد انتخاب کلمات کلیدی و اصطلاحاتی است که بر اساس اهداف و سؤالات شناسایی می‌شوند. با استفاده از این اصطلاحات جست‌وجویی نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی منتخب انجام می‌شود. مقالات گردآوری شده از این جست‌وجو را طی چند مرحله بررسی کرده و بر اساس معیارهایی از پیش تعیین شده، مرتبط‌ترین و مناسب‌ترین مقالات انتخاب خواهند شد. در نهایت بر اساس مقالات منتخب به سؤال‌های پژوهش پاسخ داده خواهد شد.



شکل ۱. فرایند اجرای پژوهش

منبع: نجف‌آبادی و ماهرین (۲۰۱۶)

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد مرور سیستماتیک ادبیات سهم دانش‌افزایی و شکاف‌های تحقیقاتی در یک حوزه خاص را نمایان می‌سازد و این در حالی است که روشی به نام تحلیل شبکه استنادی^۴ توسط گارفیلد و همکاران در سال

1. Najafabadi and Mahrin
2. Cioffi et al.
3. Tranfield, Denyer & Smart,
4. Citation Network Analysis (CAN)

۱۹۹۶ توسعه داده شده است که ساختاری از تکامل آن حوزه را در طول زمان نشان می‌دهد (ویل‌دینگ و همکاران^۱، ۲۰۱۲). تحلیل شبکه استنادی، روشی جهت تحلیل تحقیقات است که تعامل بین تحقیقات یک رشته را با بررسی ارجاعات ارزیابی می‌کند. تحلیل شبکه استنادی مقالات و تئوری‌های شناخته شده یک حوزه را که در شکل‌گیری آن رشته مؤثر خواهند بود، شناسایی می‌کند (گوستافسون، هنکاک و ژان^۲، ۲۰۱۴). هدف اصلی تحلیل شبکه، شناسایی و تشریح الگوهای مختلف بین بازیگران مختلف است که البته این بازیگران برحسب نوع تحقیق متفاوت‌اند و در این تحقیق، بازیگران، مقالات حوزه موانع استقرار تولید هوشمندند. شکل ۱ گام‌های انجام مرور سیستماتیک را نشان می‌دهد.

سؤال‌های پژوهش

با مرور ادبیات و تعیین سهم دانش افزایی این پژوهش اهدافی تعیین شد که به‌منظور دستیابی به آن‌ها سؤالاتی به شرح زیر مطرح شدند.

سؤال یک: عوامل کلیدی که می‌توانند سازمان‌ها را در حرکت به سوی تولید هوشمند یاری نمایند، کدام‌اند؟

همراه شدن با تغییراتی که در حال وقوع است برای حضور مستمر سازمان‌ها در بازارهای رقابتی ضروری است. بنابراین شناسایی حوزه‌های کلیدی تولید هوشمند می‌تواند هوشمندسازی و در نتیجه بقای سازمان‌ها را تضمین نماید. در استقرار تولید هوشمند علاوه بر درک مفاهیم و تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰، شناسایی عواملی که می‌توانند سازمان‌ها را تشویق نمایند تا به سوی این رویکرد حرکت کنند، از اهمیت بسزایی برخوردار است (هوروات و سابو^۳، ۲۰۱۹). در نتیجه به عنوان پرسش اول، در این پژوهش به گردآوری عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند پرداخته خواهد شد.

سؤال دو: دسته‌بندی مناسب برای عوامل کلیدی موفقیت استقرار تولید هوشمند کدام‌اند؟ چگونه این عوامل در دسته‌بندی‌های شناسایی شده قرار خواهند گرفت؟

برای پاسخ به این پرسش جست‌وجویی در ادبیات موجود صورت گرفت و چارچوب تکنولوژی - سازمان - محیط^۴ انتخاب شد. چارچوب تکنولوژی - سازمان - محیط در سال ۱۹۹۰ توسط تورناتسکی و فلیشا^۵ ارائه شده است. بر مبنای این مدل، فرایند تطبیق نوآوری تکنولوژی تحت تأثیر سه مفهوم سازمانی قرار دارد (نگاه، زینودین و سوراسمی^۶، ۲۰۱۵) و این سه مفهوم تکنولوژی، سازمان و محیط هستند. چارچوب TOE یک طبقه‌بندی جامعی ارائه می‌کند که به‌صورت گسترده‌ای عوامل مرتبط با تکنولوژی و عوامل غیر مرتبط با تکنولوژی را در خود جای می‌دهد (سنانپسری و بهاتیاوسی^۷، ۲۰۲۱). جامعیت مدل در فرایند تصمیم‌گیری مفید خواهد بود و علاوه بر آن این طبقه‌بندی می‌تواند راهنمای مناسبی برای طبقه‌بندی جامع عوامل کلیدی موفقیت باشد (سینگه و عبدالله^۸، ۲۰۲۱). چارچوب TOE یک تئوری ارزشمند، جامع و

1. Wilding et al.
- 2.2. Gustafsson, Hancock & Jean
3. Horváth and Szabó
4. Technology- Organization- Environment (TOE) Framework
5. Tornatzky and Fleischer
6. Ngah, Zainuddin & Thurasamy
7. Suwanposri and Bhatiasavi
8. Singeh and Abdullah

قابل اعتماد است که در حوزه اینترنت اشیا (سیرگار و آویال^۱، ۲۰۲۰)، تکنولوژی‌ها و پردازش ابری (لاکنان^۲، ۲۰۲۰؛ علی الهادور و همکاران^۳، ۲۰۲۱؛ متیاس و هرناندز^۴، ۲۰۲۱) و بلاکچین (گوکالپ، گوکالپ و سوبان^۵، ۲۰۲۰؛ مالیک و همکاران^۶، ۲۰۲۰؛ سووانپوری و بهاتیا^۷، ۲۰۲۱) استفاده شده و کاربردی بودن آن به اثبات رسیده است. سه جنبه تکنولوژی، سازمان و محیط می‌توانند موانع و فرصتهایی را در خود جای دهند که در اجرای یک فرایند نوآورانه مؤثر هستند (لاکمن^۸، ۲۰۲۰). علت انتخاب این چارچوب نیز انعطاف پذیری آن است که می‌تواند طیف گسترده و متنوعی از عوامل را که در انطباق با یک سیستم جدید مورد نیاز است را در خود جای می‌دهد. این سه جز به صورت جدول ۳ تعریف می‌شوند.

جدول ۳. تعریف اجزای چارچوب TOE

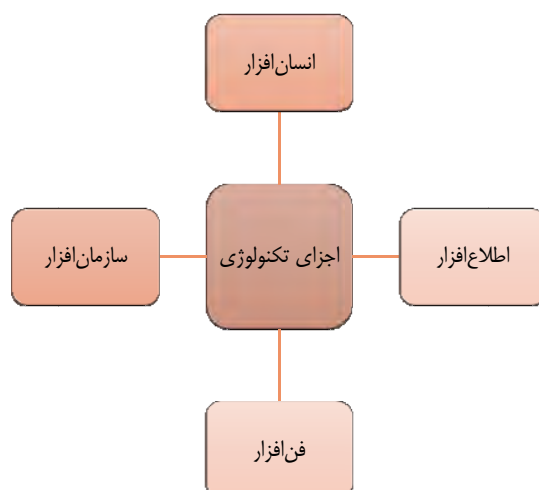
توضیح	اجزای چارچوب
این دسته عواملی را در خود جای می‌دهد که به تکنولوژی‌های داخلی و خارجی که در دسترس سازمان هستند، مرتبط هستند (لاکمن، ۲۰۲۰).	تکنولوژی
در این دسته عواملی قرار می‌گیرند که پذیرش و اجرای تکنولوژی را بررسی می‌کنند و علاوه بر آن، عوامل مربوط به ساختار سازمانی، اندازه و ارتباطات را ارزیابی می‌کنند (لاکمن، ۲۰۲۰).	سازمان
این دسته شامل عوامل خارجی است که بر سازمان اثرگذار هستند که می‌توان عوامل مرتبط با ساختار صنعت، دولت و رقبا را برای نمونه مثال زد (لاکمن، ۲۰۲۰).	محیط

بنابر آنچه گفته شد، چارچوب TOE جهت طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در این پژوهش استفاده خواهد شد و به این ترتیب یک دسته‌بندی جامعی جهت تصمیم‌گیری برای مدیران ایجاد خواهد کرد.

سؤال سه: هریک از عوامل کلیدی موفقیت شناسایی شده، مربوط به کدام دسته از اجزای تکنولوژی می‌باشند؟

تکنولوژی دانش، ابزار و سیستمی است که نیاز سازمان‌ها را به‌طور مطلوبی رفع می‌سازد و توانمندی‌های مورد نیاز آن‌ها را برای ارائه خدمت و تولید کالا مورد نظر مشتریان فراهم می‌سازد (راماناسان^۹، ۱۹۹۴). اجزای تکنولوژی توسط هاینس و شریف^{۱۰} (۲۰۰۶) به چهار دسته فن‌افزار، سازمان‌افزار، انسان‌افزار و اطلاع‌افزار تقسیم شده است (مرلیانا، تونتووی و یونیارتو^{۱۱}، ۲۰۱۸).

1. Siregar and Asvial
2. Lukman
3. Ali Al Hadwer et al.
4. Matias and Hernandez
5. Gökalp, Gökalp & Çoban
6. Malik et al.
7. Suwanposri and Bhatiazevi
8. Lukman
9. Ramanathan
10. Haines and Sharif
11. Marlyana, Tontowi & Yuniarto



شکل ۲. اجزای تکنولوژی

منبع: هاینس و شریف (۲۰۰۶)

فن افزار^۱ آن بخش از تکنولوژی است که در ابزار و ماشین آلات برای تولید کالا و ارائه خدمت تعبیه شده است. جز دیگر تکنولوژی تجربیات، مهارت‌ها، دانش، خلاقیت و نموده‌های ذهنی است که تحت عنوان انسان افزار^۲ شناخته می‌شود. رویه‌ها، نظریات، شرح فرایندها و مشاهدات و دستورالعمل‌ها و مجموعه نرم‌افزارها مرتبط با تولید کالا و خدمات جز دیگر تکنولوژی است که از آن با اصطلاح اطلاع افزار^۳ یاد می‌شود. سازمان افزار^۴، تکنولوژی تجسم یافته در نهادها (کارگاه‌ها، کارخانه‌ها و آزمایشگاه‌ها و...) که در تکوین و تکمیل و کاربرد و توسعه تکنولوژی به کار می‌رود. کلیه عملیات سازمان‌دهی و مدیریت برای اداره نهادهای درگیر در فعالیتهای تکنولوژیکی می‌تواند در این محدوده قرار گیرد (سولستیوواتی و جاکاریا^۵، ۲۰۱۸).

سؤال چهارم: هر یک از عوامل کلیدی موفقیت بر کدام یک از ذی‌نفعان اثر گذاشته یا از آن‌ها اثر می‌پذیرد؟ ذی‌نفع یک فرد یا گروهی است که در سازمان سهمی دارند و در فعالیتهای سازمان و دستیابی آن به اهدافش تأثیر خواهند گذاشت یا از این اهداف تأثیر خواهند پذیرفت (فریمن و مکوی^۶، ۲۰۰۱). درک اهمیت ذی‌نفعان توسط مدیران و مدیریت آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های سازمان و موفقیت یک کسب‌وکار اهمیت خواهد داشت. بنابراین مدیران باید تلاش کنند تا استراتژی‌هایی را تدوین و اقداماتی را برنامه‌ریزی کنند که انتظارات ذی‌نفعانشان را دربرداشته باشد (تقیان، دی‌سوزا و پولونسکی^۷، ۲۰۱۵). از سوی دیگر برای مدیریت بهتر عوامل کلیدی موفقیت می‌توان ذی‌نفع مرتبط با آن را مشخص نمود (ترهینی و همکاران^۸، ۲۰۱۵). بنابراین تعیین ذی‌نفع یا ذی‌نفعان مرتبط با هر عامل کلیدی موفقیت، کمک

1. Technoware
2. Humanware
3. Infoware
4. Orgaware
5. Sulistiyowati and Jakaria
6. Freeman and McVea
7. Taghian, D'Souza & Polonsky
8. Tarhini et al.

می‌کند تا اقدامات و استراتژی‌های مناسبی برای بهره‌مندی از این عوامل در استقرار تولید هوشمند تدوین و اجرا شود. در جدول ۴ ذی‌نفعان شناسایی شده آمده است.

جدول ۴. ذی‌نفعان کلیدی یک سازمان

ذی‌نفعان	منابع
کارکنان	سیرگی ^۱ (۲۰۰۲)؛ مارک هربرت و وون ^۲ (۲۰۰۷)؛ گورزاواسکا، مکینن و بری ^۳ (۲۰۱۷)؛ کارلوسی و همکاران ^۴ (۲۰۱۸).
مدیریت	مارک-هربرت و وون (۲۰۰۷)؛ کارلوسی و همکاران (۲۰۱۸).
مشتری	سیرگی (۲۰۰۲)؛ مارک-هربرت و وون (۲۰۰۷)؛ گورزاواسکا، مکینن و بری (۲۰۱۷).
دولت	سیرگی (۲۰۰۲)؛ مارک-هربرت و وون (۲۰۰۷)؛ گورزاواسکا، مکینن و بری (۲۰۱۷)؛ کارلوسی و همکاران (۲۰۱۸).
سهام‌داران	سیرگی (۲۰۰۲)؛ مارک-هربرت و وون (۲۰۰۷)؛ گورزاواسکا، مکینن و بری (۲۰۱۷)؛ کارلوسی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گمبل، کلینتون و دیاز-موریان ^۵ (۲۰۲۱).
رقبا	مارک-هربرت و وون (۲۰۰۷)؛ گورزاواسکا، مکینن و بری (۲۰۱۷)؛ کارلوسی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گمبل، کلینتون و دیاز-موریان (۲۰۲۱).

استراتژی‌های جست‌وجو

با مشخص شدن اهداف و تعریف سؤال‌های پژوهش، باید اصطلاحات و کلمات کلیدی مرتبط با آن‌ها معین گردد. با بررسی مقالات در حوزه تولید هوشمند و صنعت ۴۰ اصطلاحات آورده شده در شکل ۳ جمع‌آوری شده است.

“Fourth industrial revolution” OR “Fourth revolution” OR “I 4.0” OR “Industrial revolution 4.0” OR “Industr* 4.0” OR “Smart factory” OR “Smart supply chain” OR “Intelligent factory” OR “smart service” OR “Smart manufactur*”
 AND
 “Impact” OR “Adoption” OR “Opportunity” OR “Practice” OR “Solution” OR “Implement*” OR “Applicat*” OR “Readiness assessment” OR “Readiness” OR “Maturity model” OR “readiness model”
 AND
 “Critical success factor” OR “key success factor” OR “Driver” OR “Empirical evidence” OR “Failure factor” OR “Enabl*”

شکل ۳. اصطلاحات جست‌وجو

کتابخانه‌های دیجیتال زیادی در دسترس پژوهشگران قرار دارند که در این تحقیق از دو پایگاه داده وب آف ساینس^۶ و اسکوپوس^۷ استفاده شد. از دلایل انتخاب این دو پایگاه داده می‌توان به این نکته اشاره کرد که وب‌آف‌ساینس

1. Sirgy
2. Mark-Herbert and Von Schantz
3. Gurzawska, Mäkinen & Brey
4. Carlucci et al.
5. Gamble, Clinton & Díaz-Moriana
6. Web of Science (WoS)
7. Scopus

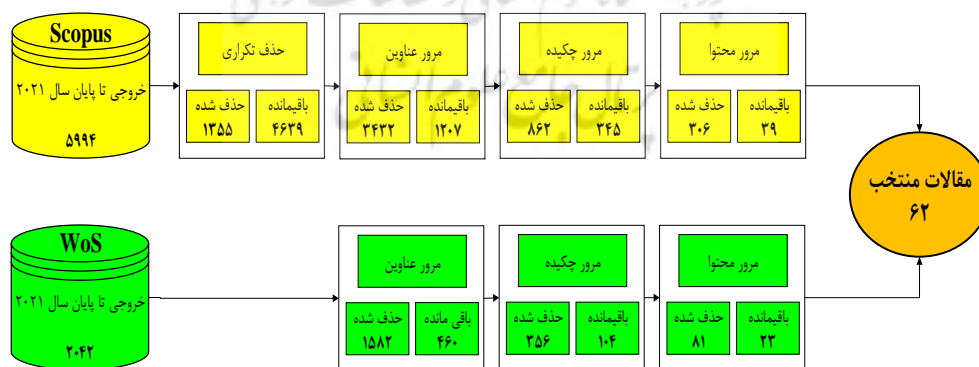
و اسکوپوس دو منبع بزرگ و مهم برای داده‌های علمی هستند و پوشش قوی در حوزه‌های مختلف ایجاد میکنند و مطالعه و مقایسه پژوهش‌ها در حوزه‌های مختلف را امکان‌پذیری می‌سازند (مونگئون و هیوس^۱، ۲۰۱۶). اسکوپوس یک پایگاه داده است که بیش از ۱۶۰۰۰ ژورنال و همچنین بیش از ۴۰۰۰ انتشارات را پوشش می‌دهد (گوز و راشچیتسکی^۲، ۲۰۰۹؛ موئد، آیساتی و پلامه^۳، ۲۰۱۳). از سوی دیگر اسکوپوس و وب آف ساینس به‌صورت مستمر به‌روزرسانی می‌شوند و این به‌روزرسانی هر دو نوع پژوهش‌های آنالاین و پرینت شده را شامل می‌شود (فالگاس و همکاران^۴، ۲۰۰۸). از هر دو پایگاه می‌توان خروجی بسیار کاملی دریافت کرد که شامل اطلاعاتی از قبیل نام نویسندگان، عنوان پژوهش، تعداد ارجاع، نام انتشارات یا ژورنال، سال انتشار، DOI و... است و این خروجی را می‌توان در فرمت‌های مختلفی دریافت کرد (فالگاس و همکاران^۵، ۲۰۰۸).

انتخاب مقاله‌ها

پس از انتخاب کلمات کلیدی و تعیین پایگاه‌های داده مورد نظر، جست‌وجوی گسترده‌ای انجام شد. به‌منظور تعیین مقالات مرتبط، علاوه بر در نظر داشتن سؤالات و اهداف پژوهش، معیارهای جدول ۵ نیز تعریف شدند.

جدول ۵. معیارهای پذیرش مقالات

معیارها	توضیح
معیار ۱	حذف گزارش‌های فنی
معیار ۲	حذف پژوهش‌های کمتر از ۴ صفحه
معیار ۳	حذف پژوهش‌های فاقد اصطلاحات Industry 4.0، تولید هوشمند و کارخانه هوشمند در عنوان، چکیده و واژگان کلیدی
معیار ۴	حذف پژوهش‌های فاقد موانع و عوامل کلیدی موفقیت در حوزه Industry 4.0 و تولید هوشمند



شکل ۴. فرایند جست و جو و انتخاب مقالات

1. Mongeon and Paul-Hus
2. Guz and Rushchitsky
3. Moed, Aisati & Plume
4. Falagas et al.
5. Falagas et al.

۸۰۳۶ مطالعه در جست‌وجوی اولیه از دو پایگاه اسکپوس و وب آف ساینس گردآوری شدند. در میان این پژوهش‌ها، ۱۳۵۵ پژوهش به صورت مشترک در هر دو پایگاه دیده می‌شد که این تعداد پژوهش از مطالعات استخراج شده از پایگاه اسکپوس حذف شد. پس از حذف تحقیقات تکراری، ۶۶۸۱ پژوهش برای بررسی عناوین به گام بعد منتقل شد. با بررسی عنوان‌ها ۵۰۱۴ پژوهش حذف شد و باقیمانده پژوهش‌ها به گام بعد منتقل شد. از میان ۱۶۶۷ پژوهشی که چکیده آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت، ۱۲۱۸ پژوهش مرتبط شناخته شدند. در نهایت با بررسی محتوای پژوهش‌های باقی مانده از گام قبل، ۶۲ مقاله برای بررسی و تحلیل در این تحقیق انتخاب شدند (جدول ۶).

جدول ۶. پژوهش‌های منتخب

عنوان	نویسندگان	کد
A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises	اسکوماکر و ارول ^۱ (۲۰۱۶)	S ₁
Design principles for industrie 4.0 scenarios	هرمن، پنتک و اوتو ^۲ (۲۰۱۶)	S ₂
A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies	دی کارولیس و همکاران ^۳ (۲۰۱۷)	S ₃
Analysis of the requirements for offering industrie 4.0 applications as a cloud service	خان و همکاران ^۴ (۲۰۱۷)	S ₄
Assessing the it and software landscapes of industry 4.0-enterprises: the maturity model simmi 4.0	لی و همکاران ^۵ (۲۰۱۷)	S ₅
Design of a business resilience model for industry 4.0 manufacturers	موریس پریگ ^۶ (۲۰۱۷)	S ₆
Critical success factors for digital manufacturing implementation in the context of industry 4.0	شینوهارا و همکاران ^۷ (۲۰۱۷)	S ₇
Towards industry 4.0: an overview of european strategic roadmaps	سنتوس ^۸ (۲۰۱۷)	S ₈
A critical review of smart manufacturing & industry 4.0 maturity models: implications for small and medium-sized enterprises (smes)	میتال و همکاران (۲۰۱۸)	S ₉
A perspective for the implementation of a path towards the factory of the future: the italian case	زنگیاکومی و همکاران ^۹ (۲۰۱۸)	S ₁₀
A survey of internet of things and big data integrated solutions for industrie 4.0	الگوامی و همکاران ^{۱۰} (۲۰۱۸)	S ₁₁
Awareness towards industry 4.0: key enablers and applications for internet of things and big data	فلورس و همکاران ^{۱۱} (۲۰۱۸)	S ₁₂

- Schumacher, Erol
- Hermann, Pentek & Otto
- De Carolis et al.
- Khan et al.
- Leyh et al.
- Morisse and Prigge
- Shinohara et al.
- Santos
- Zangiacomini et al.
- Al-Gumaei et al.
- Flores et al.

ادامه جدول ۶

عنوان	نویسندگان	کد
Adoption of factory of the future technologies	بیگلر و همکاران ^۱ (۲۰۱۸)	S ₁₃
Assessing industry 4.0 readiness of enterprises	راجمت و کوکسیس ^۲ (۲۰۱۸)	S ₁₄
Communication systems for industry 4.0 and the iiot	ززلکا و همکاران ^۳ (۲۰۱۸)	S ₁₅
Critical success factors for introducing smart services: a supplier's perspective	درایر و همکاران ^۴ (۲۰۱۸)	S ₁₆
Development of an industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains	آسدر و فدک ^۵ (۲۰۱۸)	S ₁₇
Implementing industry 4.0 - a technological readiness perspective	سامانارایاک، رماناسان و لاتوسیریسوگسون ^۶ (۲۰۱۸)	S ₁₈
Iot standardisation-challenges, perspectives and solution	سلیم و همکاران ^۷ (۲۰۱۸)	S ₁₉
Smart factory implementation and process innovation a preliminary maturity model for leveraging digitalization in manufacturing	سجودین و همکاران ^۸ (۲۰۱۸)	S ₂₀
A model for assessing maturity of industry 4.0 in the banking sector	باندارا، ویدانامچی و ویکراماچی ^۹ (۲۰۱۹)	S ₂₁
A trust and privacy framework for smart manufacturing environments	منهارد، پیترسن و اولیورا ^{۱۰} (۲۰۱۹)	S ₂₂
Current and future industry 4.0 capabilities for information and knowledge sharing case of two swedish smes	لی، فست-برگلوند و پائولین ^{۱۱} (۲۰۱۹)	S ₂₃
Augmented reality in support of industry 4.0-implementation challenges and success factors	مسعود و ایگر ^{۱۲} (۲۰۱۹)	S ₂₄
Identifying industry 4.0 iot enablers by integrated pca-ism-dematel approach	راجپوت و ساین ^{۱۳} (۲۰۱۹)	S ₂₅
Requirements and barriers for introducing smart manufacturing in small and medium-sized enterprises	رائوچ، دالاسگا و یونتراوهر ^{۱۴} (۲۰۱۹)	S ₂₆
In pursuit of digital manufacturing	سیلوا، انیس آنجلیس و لوما ^{۱۵} (۲۰۲۱)	S ₂₇

1. Biegler et al.
2. Rajnai and Kocsis
3. Zezulka et al.
4. Derayer et al.
5. Asdecker and Felch
6. Samaranayake, Ramanathan & Laosirihongthon
7. Saleem et al.
8. Sjödin et al.
9. Bandara, Vidanagamachchi & Wickramarachchi
10. Mannhardt, Petersen & Oliveira
11. Li, Fast-Berglund & Paulin
12. Masood and Egger
13. Rajput and Singh
14. Rauch, Dallasega & Unterhofer
15. Silva, AnnisAngelis & Lima

ادامه جدول ۶

عنوان	نویسندگان	کد
Industry 4.0 readiness assessment for south african industries	میسیری و وان دیک ^۱ (۲۰۱۹)	S ₂₈
Readiness of enterprises in czech republic to implement industry 4.0: index of industry 4.0	ورچوتا و پچ ^۲ (۲۰۱۹)	S ₂₉
Roadmapping towards industrial digitalization based on an industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises	اسکوماکر، نیمس و سین ^۳ (۲۰۱۹)	S ₃₀
Service management for iot: requirements, taxonomy, recent advances and open research challenges	احمد و همکاران ^۴ (۲۰۱۹)	S ₃₁
Industry 4.0 for smes: challenges, opportunities and requirements	مت، مودریک زیفکوویس ^۵ (۲۰۱۹)	S ₃₂
A maturity level-based assessment tool to enhance the implementation of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises	رائوچ و همران (۲۰۲۰)	S ₃₃
A model to evaluate the organizational readiness for big data adoption	نصراللهی و رمضانی ^۶ (۲۰۲۰)	S ₃₄
A survey on architecture, protocols and challenges in iot	سوبین ^۷ (۲۰۲۰)	S ₃₅
An industry 4.0 maturity model for machine tool companies	رافائل و همکاران ^۸ (۲۰۲۰)	S ₃₆
Identification of critical success factors, risks and opportunities of industry 4.0 in smes	موتوف و همکاران ^۹ (۲۰۲۰)	S ₃₇
Drivers and barriers of industry 4.0 adoption in indonesian manufacturing industry	رزکیانتا و آردی (۲۰۲۰)	S ₃₈
Maturity assessment in industry 4.0 – a comparative analysis of brazilian and german companies	موترا و کوهر ^{۱۰} (۲۰۲۰)	S ₃₉
Interpretive framework by analysing the enablers for implementation of industry 4.0: an ism approach	دیوی، پارانسران و اگنیوش ^{۱۱} (۲۰۲۰)	S ₄₀
How it governance can assist iot project implementation	هنریکیوس و همکاران ^{۱۲} (۲۰۲۰)	S ₄₁
Implementation of industry 4.0 and industrial robots in the manufacturing processes	کمبکوویک و همکاران ^{۱۳} (۲۰۲۰)	S ₄₂
An interpretive structural analysis for industry 4.0 adoption challenges	کارادایی - یوستا ^{۱۴} (۲۰۲۰)	S ₄₃

1. Maisiri and van Dyk
2. Vrchota and Pech
3. Vrchota and Pech
4. Ahmed et al.
5. Matt, Modrák & Zsifkovits
6. Nasrollahi and Ramezani
7. Sobin
8. Rafael et al.
9. Moeuf et al.
10. Moura and Kohl
11. Devi K, Paranitharan & Agniveesh
12. Henriques et al.
13. (Karabegović et al.
14. Karadayi-Usta

ادامهٔ جدول ۶

عنوان	نویسندگان	کد
Critical success factors of industry 4.0 in automotive manufacturing industry	باهاتیا و کومار ^۱ (۲۰۲۰)	S ₄₄
Knowledge-based virtual modeling and simulation of manufacturing processes for industry 4.0	شفیق و ززریکی ^۲ (۲۰۲۰)	S ₄₅
Critical success factors in implementing industry 4.0 from an organisational point of view: a literature analysis	بونگو و همکاران ^۳ (۲۰۲۰)	S ₄₆
Quantifying swot analysis for cloud adoption using fahp-dematel approach: evidence from the manufacturing sector	شارما و سهرارات (۲۰۲۰)	S ₄₇
Study of key enablers of industry 4.0 practices implementation using ism-fuzzy micmac approach	لوترا و همکاران ^۴ (۲۰۲۰)	S ₄₈
The impact of industry 4.0 implementation on supply chains	قادیج و همکاران ^۵ (۲۰۲۰)	S ₄₉
Background and research challenges for fc for healthcare 4.0	صورتی، پاتل و صورتی ^۶ (۲۰۲۰)	S ₅₀
Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: a study in a developing country	شایگان و همکاران ^۷ (۲۰۲۰)	S ₅₁
Key enablers of industry 4.0 development at firm level: findings from an emerging economy	آدبانجو و همکاران ^۸ (۲۰۲۱)	S ₅₂
Investigation of critical success factors for improving supply chain quality management in manufacturing	چائو و همکاران ^۹ (۲۰۲۱)	S ₅₃
Assessing the key enablers for industry 4.0 adoption using micmac analysis: a case study	کریشنان و همکاران ^{۱۰} (۲۰۲۱)	S ₅₄
Analysis of critical success factors for implementing industry 4.0 integrated circular supply chainâ€moving towards sustainable operations	کومار و همکاران (۲۰۲۱)	S ₅₅
The new concept of quality in the digital era: a human resource empowerment perspective	جامخانه و همکاران ^{۱۱} (۲۰۲۱)	S ₅₆
Impact of industry 4.0 technologies on lean manufacturing and organizational performance in an organization	پریرا و ساجیداناندا ^{۱۲} (۲۰۲۲)	S ₅₇
A bibliometric analysis of physics-based and data-driven hybrid modeling	کسیلینگاما، کیپرسا و ووئست ^{۱۳} (۲۰۲۱)	S ₅₈

1. Bhatia and Kumar
2. Shafiq, Sanin & Szczerbicki
3. Bongo et al.
4. Luthra et al.
5. Ghadge et al.
6. Surati, Patel & Surati
7. Shayganmehr et al.
8. Adebajo et al.
9. Chau et al.
10. Krishnan et al.
11. Jamkhaneh et al.
12. Pereira and Sachidananda
13. Kasilingama, Keepersa & Wuest

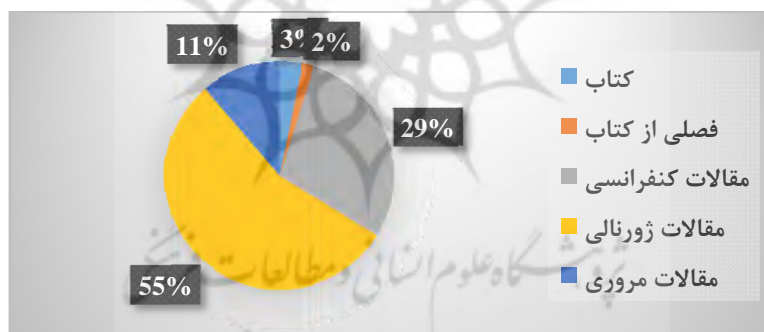
ادامه جدول ۶

عنوان	نویسندگان	کد
Modeling of critical success factors for adoption of smart manufacturing system in indian smes: an integrated approach	شوکر و شانکارا ^۱ (۲۰۲۱)	S ₅₉
Industry 4.0 and organisations: key organisational capabilities	سموتس، مروه و سموتس ^۲ (۲۰۲۱)	S ₆₀
Prioritizing enabling factors of iot adoption for sustainability in supply chain management	پیمسک و سامارانایاک ^۳ (۲۰۲۱)	S ₆₁
Prioritization of factors affecting the digitalization of quality management using interval-valued intuitionistic fuzzy best-worst method	آلکان و کهرمان ^۴ (۲۰۲۱)	S ₆₂

یافته‌های پژوهش

تحلیل پژوهش‌های انتخاب شده

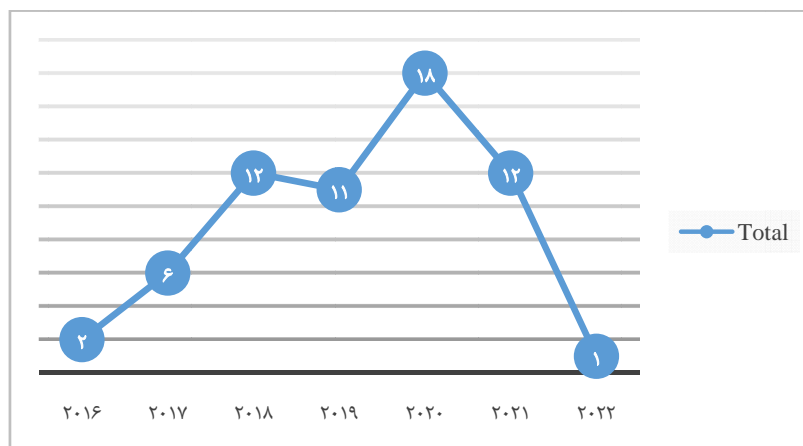
در بخش قبل بیان شد که ۶۲ پژوهش با مرور سیستماتیک ادبیات مرتبط با اهداف و پرسش‌های پژوهش شناسایی شدند. در میان این پژوهش‌ها، ۳۴ مقاله علمی - پژوهشی دیده می‌شود و این در حالی است که تنها ۲ کتاب به عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند و صنعت ۴.۰ پرداخته‌اند. شکل ۵ نشان می‌دهد که سهم هر نوع از پژوهش‌ها در میان این ۶۲ پژوهش، چند درصد است.



شکل ۵. تحلیل پژوهش‌ها بر اساس سال انتشار

در شکل ۶ مقالات منتخب بر اساس سال انتشار نشان داده شده است. از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ تعداد پژوهش‌های منتشر شده، سیری صعودی را طی نمودند، در حالی که در سال ۲۰۲۱ کاهشی به اندازه ۶ پژوهش مشاهده می‌شود. دلیل این کاهش را می‌توان اشباع بررسی این حوزه دانست، اما مرور ادبیات انجام شده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که هنوز هم شکاف‌هایی در حیطه عوامل کلیدی موفقیت به چشم می‌خورد که باید محققان از وجود آن‌ها آگاه گردند. در صورت ایجاد آگاهی بار دیگر افزایش در تعداد پژوهش‌ها مشاهده خواهد شد.

1. Shukla and Shankar
2. Smuts, Merwe & Smuts
3. Pimsakul and Samaranayake
4. Alkan and Kahraman



شکل ۶. تحلیل تعداد پژوهش‌های منتشر شده در هر سال

علاوه بر خروجی‌های فوق، با بررسی محتوای پژوهش‌های منتخب می‌توان میزان مطالعات انجام شده در صنایع مختلف و کشورها را تحلیل نمود. جدول زیر کشورهایی را نشان می‌دهد که پژوهش‌های منتخب در آن‌ها اجرا شده‌اند. در میان ۶۲ پژوهش منتخب، در ۳۶ مطالعه نام هیچ کشوری برده نشده است. در این میان هند و آلمان به ترتیب با ۶ و ۵ پژوهش بیشترین تعداد مطالعه در حوزه عوامل کلیدی موفقیت استقرار تولید هوشمند را به خود اختصاص داده‌اند (در جدول زیر منظور از «بررسی در چند کشور» مطالعاتی است که ۳ و بیشتر از ۳ کشور را مطالعه نمودند).

جدول ۷. تحلیل پژوهش‌ها بر اساس کشور مورد بررسی

کشور	تعداد پژوهش	کشور	تعداد پژوهش
بدون ذکر کشور	۳۶	برزیل و آلمان	۱
هند	۶	آفریقا جنوبی	۱
بررسی در چند کشور	۵	اتریش و آلمان	۱
آلمان	۲	ایتالیا	۱
تایلند	۲	سوئد	۱
اتریش	۲	جمهوری چک	۱
ایران	۲	چین	۱

بررسی محتوای پژوهش‌های منتخب نشان داد که ۸ پژوهش ۳ یا بیش از ۳ صنعت را مورد مطالعه قرار دادند و ۷ پژوهش نیز در صنعت خودرو انجام شده است. از ۶۲ پژوهش منتخب، ۴۰ تحقیق انجام شده صنعتی را نام نبرده‌اند. شایان ذکر است که برخی از ۴۰ پژوهش بیان کرده‌اند که مطالعه در سازمان یا سازمان‌های تولیدی انجام شده‌اند و به صنعت اشاره‌ای نشده است. علاوه بر آن در مطالعاتی دیده شده است که از خبرگان صنعتی و آکادمیک یاد کرده‌اند و نوع صنعت مشخص نشده است.

جدول ۸. تحلیل پژوهش‌ها بر اساس صنعت مورد بررسی

صنعت	تعداد پژوهش
بدون ذکر صنعت	۴۰
بررسی در چند صنعت	۸
صنعت خودرو	۷
صنعت فضانوردی	۱
صنعت بانکداری	۱
صنعت برق	۱
صنعت شیمی	۱
صنعت نساجی	۱
صنعت سلامت و درمان	۱
صنعت کسب‌وکارهای دانش بنیان	۱

تحلیل استنادی

در این گام تحلیل استنادی مقالات منتخب انجام شده است و برای این کار از نرم‌افزار VOSviewer استفاده شده است. شکل ۷ تحلیل استنادی کلمات کلیدی را نشان می‌دهد. در این شکل کلمات کلیدی که بیش از سه بار تکرار شده‌اند، نمایش داده شد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، اصطلاحات "Industry 4.0"، "Critical success Factor"، "Maturity Model" و "smart manufacturing" بیشترین تکرار را به خود اختصاص دادند و این امر نشان می‌دهد که جست‌وجو به درستی انجام داده شده است.



شکل ۷. تحلیل استنادی واژگان کلیدی

در تحلیل دیگر، میزان ارجاعات به منابع مقالات منتخب بررسی شده است. در جدول ۹ منابعی که در آن‌ها بیش از دو پژوهش منتخب به چاپ رسیده است، نشان داده شد. بیشترین تعداد ارجاع، متعلق به "Procedia Cirp" می‌باشد که با ۳ پژوهش ۶۱۰ ارجاع داشته است. این در حالی است که به دو پژوهش چاپ شده در "Sustainability" ارجاعی نشده است.

جدول ۹. تحلیل استنادی منابع

منبع	تعداد پژوهش	تعداد ارجاع
Procedia Cirp	۳	۶۱۰
Procedia Manufacturing	۲	۱۱۵
IFIP Advances In Information And Communication Technology	۲	۱۰۹
IEEE Transactions On Engineering Management	۳	۱۳
Lecture Notes In Networks And Systems	۲	۱۲
2018 IEEE International Conference On Engineering, Technology And Innovation	۲	۱۰
Proceedings Of The International Conference On Industrial Engineering And Operations Management	۲	۶
Sustainability	۲	۰

پاسخ سؤال‌های پژوهش

سؤال ۱. عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند

عواملی وجود دارند که در استقرار یک سیستم تولیدی می‌توانند بسیار حائز اهمیت باشند. این عوامل حوزه‌هایی را شامل می‌شوند که بسیار حیاتی بوده و در دستیابی به اهداف نقش بسزایی دارند. با توجه به مقالات منتخب ۱۰۲ CSF برای استقرار تولید هوشمند شناسایی شدند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند

منبع	عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند
S21, S37, S44, S59	تعریف اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰
S7, S27, S31, S34, S51,	مدیریت کلان داده‌ها
S27, S32, S37, S48, S55	مدیریت تغییر
S1, S2, S4, S7, S9, S11, S12, S21, S25, S26, S27, S28, S29, S30, S32, S35, S36, S38, S39, S41, S44, S46, S47, S49, S58, S62	مدیریت داده‌ها
S1, S3, S7, S9, S10, S16, S21, S31, S33, S37, S41, S42, S49, S55	مدل‌های کسب‌وکار پویا
S1, S2, S4, S14, S16, S18, S19, S22, S25, S31, S32, S35, S41, S44, S55, S62, S50, S51	بهبود حریم خصوصی و امنیت
S1, S7, S9, S13, S21, S27, S28, S33, S37, S38, S43, S44, S51	فرهنگ نوآوری محور

منبع	عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند
S5, S7, S17, S27, S40, S53, S61	ادغام
S1, S9, S16, S19, S21, S32, S46	مسائل حقوقی
S1, S2, S3, S4, S7, S8, S9, S21, S23, S26, S27, S30, S31, S32, S33, S37, S40, S41, S43, S44, S47, S48, S50, S55, S59, S62	نیاز به همکاری و برقراری ارتباط
S7, S10, S24, S25, S27, S37, S38, S44, S46, S47, S49, S55, S62	نیاز به منابع مالی
S1, S9, S20, S21, S23, S26, S32, S33, S37, S41, S56, S61	فرهنگ سازمانی
S20, S21, S22, S23, S26, S32, S33, S37, S41, S46, S51, S52, S59	مدیریت ساختار سازمانی
S1, S2, S3, S4, S7, S9, S11, S16, S17, S21, S25, S26, S27, S28, S32, S35, S36, S39, S41, S42, S44, S46, S50	دیجیتالی سازی فرایندها
S1, S5, S7, S9, S11, S16, S23, S27, S28, S32, S36, S39	سفارشی سازی و دیجیتالی سازی محصولات
S11, S15, S25, S31, S47	مقیاس پذیری
S6, S7, S9, S10, S13, S14, S16, S18, S20, S21, S27, S28, S30, S32, S33, S40, S43, S44, S52, S55, S59, S60, S61, S62	کارکنان ماهر
S1, S7, S9, S21, S24, S27, S37M S53	کاربران ماهر
S2, S9, S16, S21, S32, S44, S52, S59	استاندارد سازی
S1, S7, S9, S10, , 16, S21, S24, S37, S38, S40, S44, S48, S51, S54, S55, S59	اقدامات حمایتی
S7, S9, S16, S27, S29, S37, S44, S56	کار تیمی
S1, S6, S7, S8, S9, S10, S13, S16, S20, S21, S28, S29, S30, S32, S33, S37, S40, S41, S42, S43, S44, S45, S46, S47, S51, S52, S55, S56, S57, S59, S61	زیر ساخت های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰

تنظیم اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰: داشتن اهداف روشن (مؤسوف و همکاران، ۲۰۲۰) و همراستا بودن اهداف سازمان در جهت استقرار تولید هوشمند (باندارا، ویداکامچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹) در اجرای موفقیت آمیز دستاوردهای صنعت ۴.۰ از اهمیت بسزایی برخوردار است. از سوی دیگر پذیرش تکنولوژی های صنعت ۴.۰ نیازمند انطباق اهداف سازمان با آنهاست (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰).

مدیریت کلان داده ها: تحلیل حجم بالایی از داده، در گرفتن یک تصمیم مفید و جامع، بسیار اثربخش خواهد بود. کلان داده ها با ایجاد درک مطلوبی از شرایط می توانند در شکل گیری یک کسب و کار پایدار کمک نمایند. بنابراین توانایی تبدیل کلان داده ها به دانش و تصمیم گیری بر اساس آنها (شینوها را و همکاران، ۲۰۱۷؛ سیلوا، آلیس آنجلیس و لیما، ۲۰۱۹؛ شایگانمهر و همکاران، ۲۰۲۱) و تحلیل ابر داده ها (احمد و همکاران، ۲۰۱۹) بسیار مؤثر خواهند بود.

مدیریت تغییر: محیط کسب و کار و نحوه تولید کالا و ارائه خدمت دائما در حال تغییر است و علاوه بر آن نیازها و خواسته های مشتریان نیز دچار تغییر و تحولات بسیاری می شود. بنابراین سازمان ها نیاز دارند که به صورت مستمر بهبود یافته و با تغییرات همگام شوند. این تغییرات باید هم در فرایندها و هم در تصمیمات سازمان رخ دهند (لوترا و همکاران،

۲۰۲۰؛ مت، مودریک زیفکوویس، ۲۰۲۰؛ موئوف و همکاران، ۲۰۲۰). از آنجایی که هوشمندسازی و دیجیتالی شدن از تحولات بزرگ در عصر حاضر است نیاز به توانایی مدیریت تغییر دارد.

مدیریت داده‌ها: طبق تعریف انجمن جهانی مدیریت داده، مدیریت داده شامل طراحی، توسعه، اجرا و نظارت بر برنامه‌ها، سیاست‌ها، پروژه‌ها و انواع عملیاتی است که ارزش داده‌ها و اطلاعات سازمان را حفاظت و کنترل می‌نمایند و آن‌ها را ارتقا می‌بخشند. بر اساس تعریف فوق و با توجه به ویژگی‌های تولید هوشمند در نظر داشتن عواملی از قبیل جمع آوری داده‌ها به صورت بلادرنگ (راجپوت و ساین، ۲۰۱۹؛ راتوچ، دالاسگا و یوتراووفر، ۲۰۱۹؛ مت، مودریک زیفکوویس، ۲۰۲۰)، استفاده قانون مند از داده‌های شرکت‌ها (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰) بهینه‌سازی داده‌های مشتریان (میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ باندارا، ویداکامچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹)، ایجاد شفافیت (قاج و همکاران، ۲۰۲۰؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰) و قابلیت اعتماد (خان و همکاران، ۲۰۱۷؛ الگومایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ شارما و سپراوات، ۲۰۲۰) در اجرای موفقیت آمیز تولید هوشمند با اهمیت خواهد بود.

مدل‌های کسب‌وکار پویا: در سازمان‌ها به منظور برآوردن نیازهای مختلف مشتریان سازمانی و مصرف کنندگان و مشخص کردن موفقیت خود در مقایسه با سایر شرکت‌ها در زنجیره ارزش، طراحی یک مدل کسب‌وکار ضروری است. بنابراین با فراگیر شدن هوشمندسازی، سازمان‌ها نیازمند تغییر در استراتژی‌ها و رویه‌های خود و به‌طور کلی نیازمند تغییر در مدل کسب‌وکار پویا خود هستند (دی کارولیس و همکاران، ۲۰۱۷؛ درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ راتوچ و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین در استقرار موفق تولید هوشمند توجه به عواملی از جمله جهت‌گیری استراتژی‌های کسب‌وکار (کارابکویک و همکاران، ۲۰۲۰؛ لوترا و همکاران، ۲۰۲۰)، طراحی پویای کسب‌وکار (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷)، اجرای نقشه راه صنعت ۴.۰ (اسکوماکر و ارول، ۲۰۱۶) و دانش فرایندهای کسب‌وکار (موری و پریگ، ۲۰۱۷) بسیار مؤثر خواهد بود.

بهبود حریم خصوصی و امنیت: در تولید هوشمند داده‌ها در سطح گسترده‌ای به اشتراک گذاشته شده و در اختیار کاربران زیادی قرار می‌گیرد. بنابراین باید سیاست‌هایی جهت حفاظت از حریم خصوصی و بهبود امنیت اتخاذ گردد تا اجرای تولید هوشمند با موفقیت انجام شود (الگومایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ احمد و همکاران، ۲۰۱۹).

فرهنگ نوآوری محور: سازمان‌ها برای بقا در محیط پویا نیازمند کشف ایده‌های جدید و نوآوری هستند و برای دستیابی به این هدف ایجاد فرهنگ مبتنی بر نوآوری (راتوچ و همکاران، ۲۰۲۰؛ یگلر و همکاران، ۲۰۲۱) حائز اهمیت خواهد بود. در استقرار تولید هوشمند نیز نوآوری نقش بسزایی خواهد داشت، بنابراین انجام اقداماتی از قبیل ایجاد شناخت درست در کارمندان نسبت به فناوری جدید (میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ باندارا، ویداکامچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹)، مدیریت بار کاری برای فعال کردن فعالیت‌های نوآوری (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ میسیری و ون‌دیک، ۲۰۱۹) و توانمندسازی کارمندان به‌طوری که این امکان به آن‌ها داده شود که خودمختاری و نوآوری داشته باشند (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶؛ میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰) می‌تواند گامی مؤثر برای حرکت به سوی هوشمندسازی تولید باشد.

ادغام: ادغام افقی و عمودی می‌تواند فرایند دیجیتالی شدن را در صنعت و در کل زنجیره ارزش تسریع نماید (لی و

همکاران، ۲۰۱۷؛ دیوی، پارانسران و آگنیوش، ۲۰۲۰). ادغام عمودی بر روی منابع انسانی، سطوح سلسله مراتبی و قدرت اختیار مؤثر می‌باشد. ادغام افقی نیز موجب بهبود جریان عملیات و افزایش ارزش سازمان‌ها می‌شود. ادغام با تامین کنندگان خارجی (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ زنگیاکومی و همکاران، ۲۰۱۸) و ادغام با شرکا (آسدر و فدک، ۲۰۱۸؛ سیلوا، آلیس آنجلیس و لیما، ۲۰۱۹) از طریق تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ موجب تسریع در فرایند تولید خواهد شد. بنابراین ادغام در سازمان و همچنین اتصال میان اجزای زنجیره تامین به عنوان عواملی مؤثر در استقرار تولید هوشمند خواهد بود.

مسائل حقوقی: اجرای تکنولوژی‌های تولید هوشمند و استقرار تولید هوشمند، تغییرات بسیاری را در نحوه انجام کار و روابط ایجاد خواهد کرد. برای کنترل شرایط جدید نیاز به توسعه قوانین جدید خواهد بود. به این ترتیب توجه به مسائل حقوقی (دراپر و همکاران، ۲۰۱۸؛ سلیم و همکاران، ۲۰۱۸؛ باندارا، ویداگاماچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹) نقش بسزایی در اجرای تولید هوشمند خواهد داشت. به عنوان مثال یکی از مسائل حقوقی که پیشروی صنایع خواهد بود، حقوق مالکیت معنوی (میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ بونگو و همکاران، ۲۰۲۰) می‌باشد.

نیاز به همکاری و برقراری ارتباط: تکنولوژی‌های تولید هوشمند، تحولات بسیاری در روابط و نحوه همکاری میان اجزای سازمان و زنجیره تامین ایجاد کرده‌اند. توانمندی سازمان‌ها در سازگاری با این شرایط در صورتی رخ خواهد داد که اقداماتی شامل توانایی همکاری و داشتن ابزارهای لازم (دیوی، پارانیساران و آگنیوش، ۲۰۲۰؛ شارما و سهرامات، ۲۰۲۰؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰)، برقراری ارتباط میان کارکنان بر اساس اصول صنعت ۴.۰ (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰)، برقراری شبکه هوشمند (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰)، برقراری ارتباط ماشین با ماشین (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶؛ میتال و همکاران، ۲۰۱۸)، هماهنگی مرکزی برای صنعت ۴.۰ (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶)، اجرا بر پایه اعتماد متقابل (هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰؛ لوترا و همکاران، ۲۰۲۰)، برقراری ارتباط میان واحدها (مؤوف و همکاران، ۲۰۲۰)، برقراری ارتباطات داخلی و خارجی (خان و همکاران، ۲۰۱۷؛ شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷)، ایجاد قابلیت همکاری (احمد و همکاران، ۲۰۱۹؛ صورتی، پاتل و صورتی، ۲۰۲۱)، ایجاد ارتباط در طول زنجیره تامین (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰؛ راتوچ و همکاران، ۲۰۲۰)، اشتراک گذاری اطلاعات بین اعضای زنجیره تامین (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰) و به اشتراک گذاری دانش (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶؛ دی کارولیس و همکاران، ۲۰۱۷) به درستی انجام شود.

نیاز به منابع مالی: استقرار تولید هوشمند نیازمند تغییر در تمامی ابعاد یک سیستم تولیدی قدیمی است و این تغییرات هزینه بالایی را در پی خواهد داشت. بنابراین یکی از مهمترین پیش نیازهای اجرای تولید هوشمند تامین منابع مالی و سرمایه اولیه بالا می‌باشد (میسیری و وان‌دیک، ۲۰۱۹؛ کریشنا و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از مهم ترین هزینه‌ها سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌ها و تجهیزات جدید (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰؛ شارما و سهرافات، ۲۰۲۰) می‌باشد. پیش شرط انجام این سرمایه‌گذاری عظیم تحلیل اقتصادی بودن اجرای تولید هوشمند (شینوهارا و همکاران، ۲۰۲۰) برای جلب توجه سرمایه‌گذاران و مدیران خواهد بود.

فرهنگ سازمانی: فرهنگ سازمانی مجموعه‌ای از مفروضات مشترک است که با تعریف رفتار مناسب برای موقعیت‌های مختلف، آنچه در سازمان‌ها اتفاق می‌افتد را هدایت می‌کند. فرهنگ سازمانی بر نحوه تعامل افراد و گروه‌ها با یکدیگر، با

مشتری و سهام‌داران تأثیر می‌گذارد. بنابراین در ایجاد تغییرات بزرگی همچون استقرار تولید هوشمند هم‌راستا بودن فرهنگ سازمانی در جلوگیری از مقاومت اعضا و همچنین اجرای موفقیت آمیز آن بسیار اثر گذار خواهد بود (میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ لی، فست-برگوند و پاتولین، ۲۰۱۹؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰).

مدیریت ساختار سازمانی: ساختار سازمانی سیستمی است که مشخص می‌کند چگونه فعالیت‌های خاصی به‌منظور رسیدن به اهداف یک سازمان، هدایت می‌شوند. این فعالیت‌ها می‌توانند شامل قواعد، نقش‌ها، و مسئولیت باشند. ساختار سازمانی همچنین مشخص می‌کند که چگونه اطلاعات بین سطوح شرکت جریان می‌یابد. بنابراین با استقرار تولید هوشمند به‌دلیل تغییراتی که در روش انجام فعالیت‌ها، ارتباطات، مسئولیت‌ها و نحوه اشتراک گذاری اطلاعات ایجاد می‌کند نیازمند مدیریت ساختار سازمانی (لی، فس-برگوند و پاتولین، ۲۰۱۹؛ موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) است

دیجیتالی‌سازی فرایندها: برای استقرار تولید هوشمند دیجیتالی شدن فعالیت‌ها بسیار حائز اهمیت است. باید اطمینان حاصل شود که سیستم تولیدی از انعطاف پذیری، مقیاس‌پذیری و سفارشی بودن برخوردار است (الگونامایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ راتوچ، دالاسگا و یوتراوفر، ۲۰۱۹). علاوه‌بر آن فرایند فروش و ارائه خدمات هم باید دیجیتالی و هوشمند باشد (میتال و همکاران، ۲۰۱۹) و لجستیک اتوماتیک نیز اجرا شود (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷). به عبارت دیگر تمامی فرایندها باید هوشمند شوند به‌طوری که توانایی خودساختاردهی (راچپوت و ساین، ۲۰۱۹)، توانایی خودسازمان‌دهی (سوبین، ۲۰۲۰)، توانایی انجام تعمیرات (خود تعمیری) (مت، مودریک و زیفکوویس، ۲۰۱۹) و غیر متمرکز ساختن فرایندها (آسدر و فلک، ۲۰۱۸) ایجاد شود.

سفارشی‌سازی و دیجیتالی‌سازی محصولات: محصولات تولیدی در سیستم هوشمند متناسب با نیاز مشتریان (درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ چائو و همکاران، ۲۰۲۱) و به‌صورت شخصی شده (میتال و همکاران، ۲۰۱۸) تولید خواهد شد. در تولید هوشمند محصولات نیز باید دیجیتالی و هوشمند باشند (لی، فست-برگوند و پاتولین، ۲۰۱۹) و علاوه‌بر آن باید بین محصولات و همه سیستم‌های مرتبط اتصال برقرار شود (الگونامایی و همکاران، ۲۰۱۸)، زیرا یک محصول هوشمند باید بتواند خودکنترلی داشته و در صورت بروز هرگونه مشکل با واحد مربوطه به‌صورت خودکار از تباطو برقرار کرده و با ایجاد هماهنگی‌های لازم مشکل را برطرف نماید.

مقیاس‌پذیری: در تولید هوشمند حجم بالایی از اطلاعات گردآوری خواهد شد، زیرا تمامی دستگاه‌ها و اجزا به یکدیگر متصل بوده و با هم در ارتباط هستند. در نتیجه ویژگی مقیاس‌پذیری عاملی مهم در استقرار موفقیت آمیز تولید هوشمند است (احمد و همکاران، ۲۰۱۸).

کارکنان ماهر: تغییرات محیطی و افزایش رقابت جهانی، موضوع توانمندسازی کارکنان را در کانون توجه مدیران قرار داده است. چرا که سازمان‌ها با داشتن کارکنان توانمند، متعهد، ماهر و با انگیزه، بهتر خواهند توانست خود را با تغییرات وفق داده و رقابت کنند. بنابراین استقرار تولید هوشمند به عنوان یک تحول عظم در سیستم‌های تولیدی نیازمند تفویض اختیار و چابکی در تصمیم‌گیری (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷)، تبعیت، تعهد و مشارکت کارکنان (خان و همکاران، ۲۰۲۰)

و مهم‌تر از آن به آموزش مهارت‌های لازم به کارکنان (موریس و پریگ، ۲۰۱۷؛ میسیری و وان‌دیک، ۲۰۱۹) نیاز دارد.

کاربران ماهر: تمامی فرایندها در یک سیستم تولید هوشمند نسبت به سیستم‌های سنتی تولید دچار تحولات زیادی می‌شوند و ابزارهای جدیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجایی که هدف اصلی هر سازمان رفع نیاز مشتریانش است، بنابراین توانایی و شایستگی مشتریان در استفاده از ابزارهای هوشمند (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶؛ میتال و همکاران، ۲۰۱۸) از عوامل مهم در استقرار موفقیت آمیز تولید هوشمند خواهد بود. بدین ترتیب آموزش کاربران/ مشتریان (مسعود و ایگر، ۲۰۱۹؛ موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) و افزایش دانش کاربران/ مشتریان در حوزه هوشمندسازی (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷) می‌تواند بسیار مفید باشد، زیرا از سویی افزایش دانش باعث درک بهتر مشتریان نسبت به تولید هوشمند می‌شود و در نتیجه از مقاومت مشتریان می‌کاهد و از سوی دیگر دانش و کسب مهارت استفاده از محصولات و خدمات را برای مشتریان امکان‌پذیری می‌سازد.

استاندارد سازی: اتصال و ارتباط دستگاه‌های مختلف در درون سازمان و همچنین اتصالات میان سازمانی نیازمند استانداردسازی خواهد بود. بدون استانداردسازی نمی‌توان ارتباطی بین دستگاه‌های نامتجانس برقرار کرد (هرمن، پنتک و اوتو، ۲۰۱۶؛ بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰؛ آدبانجو و همکاران، ۲۰۲۱).

اقدامات حمایتی: برای ایجاد هر تغییری در سازمان‌ها حمایت ذی‌نفعان از جمله دولت (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰)، مدیران ارشد (درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ لوترا و همکاران، ۲۰۲۰؛ کریشنا و همکاران، ۲۰۲۱) ضرورت دارد. دلیل اهمیت این حمایت‌ها نیز در جلوگیری از هر گونه مقاومت در استقرار تولید هوشمند است. از سوی دیگر حمایت محققان (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷) و استفاده از مشاوران (موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) در اجرای تولید هوشمند نیز بسیار اهمیت دارد، زیرا استقرار این سیستم تولیدی نوظهور نیازمند مطالعه گسترده و کسب شناخت در همه ابعاد آن است تا به‌صورت موفقیت‌آمیز استقرار یابد.

کار تیمی: یکی دیگر از عوامل کلیدی موفقیت تشکیل تیم برای رسیدن به اهداف مشترک می‌باشد (ورچوتا و و پچ، ۲۰۱۹). برای استقرار تولید هوشمند تشکیل تیم‌های میان رشته‌ای (درایر و همکاران، ۲۰۱۸) لازم است که شایسته و با کفایت بودن تیم‌ها (موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) برای همکاری در یک کارخانه هوشمند ثابت شود.

زیر ساخت‌های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰: انقلاب صنعتی چهارم، سیستم‌های عملیاتی تولید و تکنولوژی‌های ارتباطات و اطلاعات را به یکدیگر پیوند می‌دهد. از دیدگاه عملیاتی، تکنولوژی‌های دیجیتالی مانند سیستم‌های سایبری فیزیکی که در صنعت ۴.۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای کاهش زمان استقرار (set up) هزینه مواد اولیه و نیروی کار و زمان پردازش پیشنهاد می‌شود. بنابراین استقرار تکنولوژی‌هایی مانند محاسبات ابری، سیستم‌های سایبری- فیزیکی و ... (کارابگوویک و همکاران، ۲۰۲۰؛ راثوچ و همکاران، ۲۰۲۰) از اهمیت بسزایی برخوردار است. اجرای تکنولوژی‌های تولید هوشمند و برقرار ارتباطات گسترده در کل سیستم نیازمند بستر اینترنتی بسیار قوی است (آدبانجو و همکاران، ۲۰۲۱). زیرساخت‌های تکنولوژی اطلاعات (چائو و همکاران، ۲۰۲۱) عامل دیگری است که در اجرای تکنولوژی‌های تولید

هوشمند باید فراهم شود. تمامی این عوامل در صورتی اجرا خواهند شد که درک درست از تکنولوژی‌های جدید در میان اعضای سازمان و کلیه ذی‌نفعان فراهم شود (بونگو و همکاران، ۲۰۲۰).

سؤال ۲. دسته‌بندی عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند

همان طور که پیشتر بیان شد، با مرور ادبیات چارچوب TOE که شامل سه بعد تکنولوژی، سازمان و محیط می‌باشد، انتخاب شده است. جهت طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت شناسایی شده در سه بعد مذکور، عواملی که به تکنولوژی‌های در دسترس سازمان در دسته تکنولوژی قرار گرفتند. عوامل مربوط به اجرا و ساختار سازمانی در دسته سازمان جای گرفتند و عوامل مرتبط با خارج از سازمان و محیط آن در دسته بعد محیط قرار داده شدند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند در چارچوب TOE

ابعاد	عوامل کلیدی موفقیت
تکنولوژی	مدیریت کلان داده‌ها
	مدیریت داده‌ها
	بهبود حریم خصوصی و امنیت
	دیجیتالی‌سازی فرایندها
	سفارشی‌سازی و دیجیتالی‌سازی محصولات
	مقیاس پذیری
	استاندارد سازی
	زیر ساخت‌های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰
سازمان	تعریف اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰
	مدیریت تغییر
	مدل‌های کسب‌وکار پویا
	فرهنگ نوآوری محور
	ادغام
	نیاز به همکاری و برقراری ارتباط
	نیاز به منابع مالی
	فرهنگ سازمانی
	مدیریت ساختار سازمانی
	کارکنان ماهر
کار تیمی	
محیط	مسائل حقوقی
	کاربران ماهر
	اقدامات حمایتی

سؤال ۳. تعیین جز تکنولوژی مرتبط با هر یک از عوامل کلیدی موفقیت

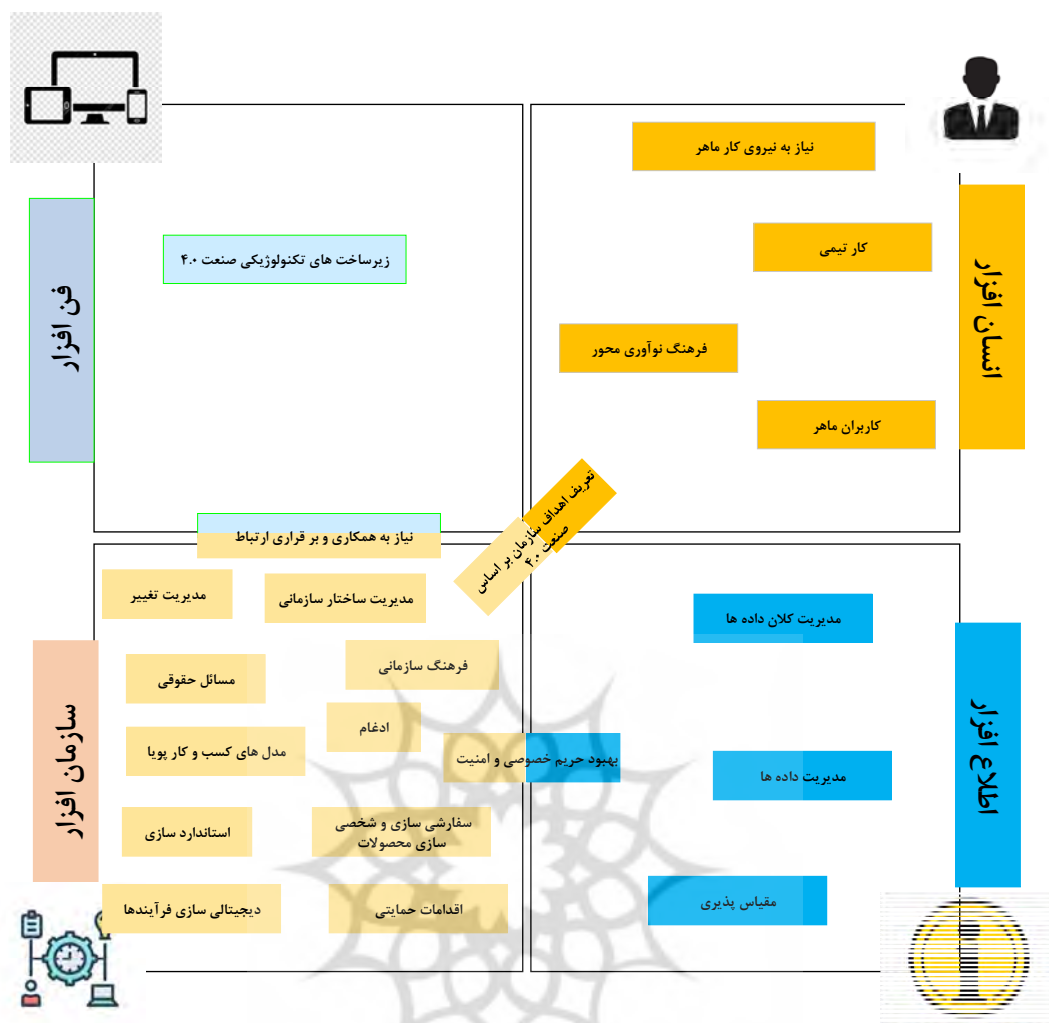
با بررسی ادبیات موجود در حوزه عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند مشخص شد که به صورت مستقیم در پژوهش‌های پیشین بیان نشده است که هر یک از این عوامل شناسایی شده به کدام یک از اجزای تکنولوژی (فن‌افزار، انسان‌افزار، سازمان‌افزار و اطلاع‌افزار) مرتبط است. بنابراین برای پاسخ به این سؤال سعی شده است که از تعاریف و توضیحات ارائه شده در پژوهش‌های منتخب استفاده شود و استنباط شود که هر عامل شناسایی شده با کدام جز تکنولوژی ارتباط دارد.

بر اساس تعاریف و توضیحات ارائه شده برای هر عامل، دسته‌ای از آن‌ها را می‌توان با انسان‌افزار مرتبط دانست. از آنجایی که پس از استقرار تولید هوشمند و بروز تغییرات اساسی، سازمان‌ها نیازمند نیروی کار متخصص خواهند بود و باید مهارت‌های لازم را به آن‌ها بیاموزند (موریس و پریگ، ۲۰۱۷؛ میسیری و وان‌دیک، ۲۰۱۹)، عامل «نیاز به کارکنان ماهر» به انسان‌افزار مرتبط خواهد بود. علاوه بر مهارت، داشتن نوآوری نیز اهمیت بسیاری دارد و در سازمان‌ها باید محیطی فراهم شود که کارمندان توانمند شده و نوآور و خودمختار باشند (میتال و همکاران، ۲۰۱۸) و به این ترتیب «فرهنگ نوآوری محور» به انسان‌افزار مرتبط خواهد بود. عامل «کارتیمی» نیز به جز انسان‌افزار مرتبط است، زیرا در پژوهش‌های منتخب از شایستگی اعضای تیم و تشکیل تیم‌های میان‌رشته‌ای (درایر و همکاران، ۲۰۱۸) یاد شده است. از آنجایی که تمامی فرایندها با استقرار تولید هوشمند دیجیتال و هوشمند می‌شوند و علاوه بر آن محصولات نیز دیجیتال می‌شوند، کاربران نیز به آموزش احتیاج خواهند داشت (شایگانمهر و همکاران، ۲۰۲۱) و بر این اساس عامل «کاربران ماهر» هم در دسته عوامل مرتبط با انسان‌افزار قرار می‌گیرد. در تعاریف عامل «تعریف اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰» آمده است که این عامل در پذیرش تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ بسیار مؤثر است (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰)، بنابراین شاید بتوان این طور بیان کرد که این پذیرش باید از سوی مدیران و نیروی انسانی صورت گیرد و در نتیجه به انسان‌افزار مرتبط می‌باشد. از سوی دیگر ایجاد این هم‌راستایی را می‌توان به سازمان‌افزار مرتبط دانست. «مدیریت تغییر» نیز به سازمان‌افزار مرتبط است، زیرا در برخی مقالات منتخب بیان شده است که سازمان‌ها نیازمند هوشمندسازی هستند تا بتوانند که به نیازهای پویای مشتریان پاسخ دهند (لوترا و همکاران، ۲۰۲۰).

عامل دیگر مرتبط با جزء سازمان‌افزار «مسائل حقوقی» است؛ زیرا در مقالات منتخب آمده است که برای کنترل شرایط جدیدی که پس از استقرار تولید هوشمند ایجاد می‌شود، می‌بایست قوانین متناسب با آن تدوین شود (مت، مودریک و زیفکوویس، ۲۰۲۰). همان طور که در تعاریف بیان شده است، سازمان‌ها به منظور حرکت در جهت تولید هوشمند نیازمند تغییر در استراتژی‌ها و رویه‌های خود می‌باشد و علاوه بر آن باید از مدل‌های کسب‌وکار پویا استفاده کنند و بر اساس تعریف سازمان‌افزار، عامل «نیاز به مدل‌های کسب‌وکار پویا» در این دسته قرار دارد. استقرار تولید هوشمند نیازمند تامین سرمایه اولیه بالایی است که مرتبط با سازمان‌افزار می‌باشد. «استانداردسازی» نیز عامل دیگری است که در دسته عوامل سازمان‌افزار قرار می‌گیرد، زیرا استانداردسازی به منظور ایجاد ارتباط و هماهنگی بین دستگاه‌های نامتجانس صورت می‌گیرد (درایر و همکاران، ۲۰۱۸، بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰؛ آدهانجو و همکاران، ۲۰۲۱).

برای استقرار تولید هوشمند، دیجیتالی شدن فعالیت‌ها بسیار حائز اهمیت است. باید اطمینان حاصل شود که سیستم تولیدی از انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و سفارشی بودن برخوردار است (الگومایی و همکاران، ۲۰۱۸)، بنابراین عامل «دیجیتالی‌سازی فرایندها» به سازمان‌افزار مرتبط است. عامل «سفارشی‌سازی و دیجیتالی‌سازی محصولات» به سازمان‌افزار مرتبط است زیرا در تعاریف بیان شده است که محصولات تولیدی در سیستم هوشمند متناسب با نیاز مشتریان (چائو و همکاران، ۲۰۲۱) و به صورت شخصی شده (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶) تولید خواهد شد. بر اساس این تعریف عامل «سفارشی‌سازی و دیجیتالی‌سازی محصولات» به سازمان‌افزار مرتبط خواهد بود. در شرح عامل «اقدامات حمایتی» از حمایت‌های دولت (بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰)، مدیران ارشد (درایر و همکاران، ۲۰۱۸) و مشاوران (موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) و محققان (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷) یاد شده است که به این ترتیب می‌توان آن را در دسته سازمان‌افزار قرار داد.

در مقالات منتخب به این نکته اشاره شده است که هم‌راستایی «فرهنگ سازمانی» با تولید هوشمند می‌تواند مانع از مقاومت کارکنان و مدیران شود (هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰) بنابراین به سازمان‌افزار مرتبط است. با استقرار تولید هوشمند تغییراتی در ابعاد مختلف ساختار سازمان از جمله ارتباطات، مسئولیت‌ها و نحوه اشتراک گذاری اطلاعات ایجاد خواهد شد (برگوند و پائولین، ۲۰۱۸؛ لی، فست برگلوند و پائولین، ۲۰۱۹) و «مدیریت ساختار سازمانی» با توجه به این تغییرات در دسته عوامل سازمان‌افزار قرار می‌گیرد. عامل دیگر در این دسته، «ادغام» است. با توجه به تأثیری که ادغام افقی بر منابع انسانی، سطوح سلسله‌مراتبی و قدرت اختیار می‌گذارد (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ زنگیاکومی و همکاران، ۲۰۱۸) می‌توان بیان کرد که عامل «ادغام» به سازمان‌افزار مرتبط خواهد بود. عامل «بهبود حریم خصوصی و امنیت» را می‌توان به دو جز اطلاع‌افزار و سازمان‌افزار مرتبط دانست. زیرا از یک سو در ادبیات موجود به اشتراک گذاری حجم بالا داده‌ها و از سوی دیگر، به تدوین سیاست‌هایی جهت حفظ امنیت و حریم خصوصی اشاره شده است (الگومایی و همکاران، ۲۰۱۸). برخی دیگر از عوامل کلیدی موفقیت نیز به جز اطلاع‌افزار مرتبط هستند. یکی از آن‌ها «مدیریت کلان داده‌ها» است؛ زیرا در تعاریف آن به تحلیل داده‌ها و تبدیل آن‌ها به دانشی برای تصمیم‌گیری اشاره شده است (شایگانمهر و همکاران، ۲۰۲۱). مدیریت داده‌ها نیز به همین علت در این دسته قرار می‌گیرند. گردآوری و ذخیره‌سازی این داده‌ها نیز به «مقیاس‌پذیری» نیازمند است (راجپوت و ساین، ۲۰۱۹؛ سومرو و همکاران، ۲۰۲۱) و به این ترتیب «مقیاس‌پذیری» عامل دیگر مرتبط با اطلاع‌افزار است. در میان تمامی عوامل کلیدی موفقیت، عامل «زیرساخت‌های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰» (میسیری و وان‌دیک، ۲۰۱۹؛ کارابکویوک و همکاران، ۲۰۲۰) به فن‌افزار تعلق دارد، زیرا به استفاده از تکنولوژی‌های جدید در فرایندها اشاره دارد. عامل «نیاز به همکاری و برقراری ارتباط» نیز به فن‌افزار مرتبط است زیرا در پژوهش‌های منتخب از ایجاد ارتباط و هماهنگی بین دستگاه‌ها با یکدیگر و با انسان یاد شده است. از سوی دیگر ایجاد هماهنگی به سازمان‌افزار مرتبط است. شکل ۸ طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند را بر اساس اجزای تکنولوژی نشان می‌دهد.



شکل ۸. طبقه‌بندی عوامل کلیدی موفقیت بر اساس اجزای تکنولوژی

سؤال ۴. تعیین ذی‌نفعان اثرگذار یا اثر پذیر از هر یک از عوامل کلیدی موفقیت

ذی‌نفعان در دستیابی به اهداف سازمان بسیار اثر گذار خواهند بود. در استقرار تولید هوشمند نیز هر یک از ذی‌نفعان (کارکنان، دولت، مدیریت، مشتری، رقبا و سهام‌داران) نقش پررنگی ایفا خواهند کرد. با توجه به اهمیت عوامل کلیدی موفقیت در استقرار سیستم تولیدی هوشمند، تعیین رابطه بین ذی‌نفعان و این عوامل می‌تواند مفید باشد، زیرا می‌توان به جایگاه کاربرد هر یک از عوامل کلیدی موفقیت پی برد. با مرور سیستماتیک ادبیات و بررسی مقالات منتخب، مشخص شد که در ادبیات موجود به این رابطه پرداخته نشده است. در این بخش تنها با توجه به متن مقالات و تعاریفی که از هر یک از عوامل کلیدی موفقیت ارائه شده است به سؤال چهار پژوهش پاسخ داده شده است.

تعریف اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰: بهاتیا و کومار، (۲۰۲۰) بیان کردند که هم‌راستایی اهداف سازمان با اهداف صنعت ۴.۰ در پذیرش اعضای سازمان مؤثر خواهد بود. بر این اساس می‌توان اینطور برداشت کرد که این عامل بر مدیریت و کارکنان مؤثر خواهد بود.

مدیریت داده‌ها و کلان داده‌ها: بر طبق برخی از پژوهش‌های منتخب، با تحلیل و مدیریت کلان داده‌ها، دانشی جهت تصمیم‌گیری مدیران ایجاد خواهد شد (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ شایگانمهر و همکاران، ۲۰۲۱) که به مدیریت مرتبط است.

مدیریت تغییر: مدیریت تغییر در استقرار تولید هوشمند به منظور همگام‌سازی محصولات و خدمات با خواسته‌های مشتریان انجام می‌شود (لوترا و همکاران، ۲۰۲۰؛ موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) و به این ترتیب به مشتریان مرتبط است.

مدل‌های کسب‌وکار پویا: در ادبیات موجود آمده است که با فراگیر شدن هوشمندسازی، سازمان‌ها به منظور حفظ موقعیت خود در مقایسه با سایر سازمان‌ها، نیازمند تغییر در مدل کسب‌وکار خود می‌باشد (دی‌کارولیس و همکاران، ۲۰۱۷؛ درایر و همکاران، ۲۰۱۸) و از این تعریف نقش رقبا آشکار می‌شود.

بهبود حریم خصوصی و امنیت: در تعاریف این عامل از اشتراک گذاری اطلاعات در میان کاربران و اتخاذ سیاست‌هایی جهت حفظ حریم خصوصی یاد شده است (الگوامی و همکاران، ۲۰۲۰؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰) و کاربران می‌توانند کارکنان و مشتریان باشند و تدوین سیاست‌ها نیز بر عهده مدیریت است.

فرهنگ نوآوری محور: بر طبق ادبیات، باید در سازمان‌ها محیطی فراهم شود که کارکنان نوآور و خودمختار شوند (اسکوماکر، ارول و سین، ۲۰۱۶؛ میتال و همکاران، ۲۰۱۸) و در آن به طور شفاف از کارکنان سخن گفته شده است.

ادغام: در ادبیات موجود اشاره شده است که ادغام بر منابع انسانی، سطوح سلسله مراتبی و قدرت اختیار اثر گذار است (لی و همکاران، ۲۰۲۰) و این عبارت اثر عامل ادغام را بر کارکنان نشان می‌دهد.

مسائل حقوقی: نیاز به تصویب قوانین برای کنترل شرایط جدیدی که از استقرار تولید هوشمند حاصل شده است احساس خواهد شد (درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ سلیم و همکاران، ۲۰۱۸) که تنظیم این قوانین در سازمان‌ها بر عهده مدیران و در جامعه به عهده دولت می‌باشد.

نیاز به همکاری و برقراری ارتباط: در ادبیات بیان شده است که با استقرار تولید هوشمند، همکاری و ارتباط بین اجزای سازمان از ماشین‌آلات و نیروی انسانی تا روابط با سایر اجزای زنجیره تأمین تغییر خواهد کرد (هرمن، پنتک و اوتو، ۲۰۱۶؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰). بر این اساس این عامل با کارکنان، سهام داران و رقبا در ارتباط است.

نیاز به منابع مالی: برای استفاده از تکنولوژی‌های صنعت ۴.۰ و استقرار تولید هوشمند سرمایه‌گذاری هنگفتی لازم است (میسیری و وان‌دیک، ۲۰۱۹؛ کریشان و همکاران، ۲۰۲۱) که سهام‌داران و مدیریت تأثیر بسزایی بر آن خواهند داشت.

فرهنگ سازمانی: در ادبیات بر نقش فرهنگ سازمانی در جلوگیری از مقاومت اعضای سازمان و تأثیر فرهنگ سازمانی بر تعامل سهام‌داران و مشتریان تأکید شده است (رائوچ و همکاران، ۲۰۲۰؛ هنریکیوس و همکاران، ۲۰۲۰) و به این ترتیب ذی‌نفعان مرتبط با این عامل کارکنان، سهام‌داران و مشتریان خواهند بود.

مدیریت ساختار سازمانی: با استقرار تولید هوشمند به دلیل تغییراتی که در روش انجام فعالیت‌ها، ارتباطات، مسئولیت‌ها و نحوه اشتراک گذاری اطلاعات ایجاد می‌کند نیازمند، مدیریت ساختار سازمانی (لی، فست-برگوند و پائولین، ۲۰۱۹؛ موئوف و همکاران، ۲۰۲۰) است و بر این اساس از مدیریت اثر می‌پذیرد.

دیجیتالی سازی فرایندها: برای استقرار تولید هوشمند باید اطمینان حاصل شود که سیستم تولیدی از انعطاف پذیری، مقیاس پذیری و سفارشی بودن برخوردار است (الگوامی و همکاران، ۲۰۱۸؛ راتوچ، دالاسگا و یونترهوفر، ۲۰۱۹) و بر این اساس می‌توان آن را در حوزه مدیریت قرار داد.

سفرارشی سازی و دیجیتالی سازی محصولات: محصولات تولیدی در سیستم هوشمند متناسب با نیاز مشتریان (چائو و همکاران، ۲۰۲۱) و به صورت شخصی شده (میتال و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین این عامل از مشتری تأثیر می‌پذیرد و ایجاد این هماهنگی بین محصول و نیاز مشتری نیز به مدیریت مرتبط است.

مقیاس پذیری: در تولید هوشمند حجم بالایی از اطلاعات گردآوری خواهد شد، زیرا تمامی دستگاه‌ها و اجزا به یکدیگر متصل بوده و با هم در ارتباط هستند. در نتیجه ویژگی مقیاس پذیری جهت مدیریت این داده‌ها مهم است (احمد و همکاران، ۲۰۱۹؛ راپوت و ساین، ۲۰۱۹). بنابراین عامل مقیاس پذیری به مدیریت ارتباط دارد.

کارکنان ماهر: تولید هوشمند به کارکنانی متخصص، متعهد و چابک در تصمیم‌گیری نیاز دارند (شینوهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ خان و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین این عامل به کارکنان مرتبط است.

کاربران ماهر: تمامی فرایندها در یک سیستم تولیدی هوشمند دیجیتالی و هوشمند می‌باشند و به این ترتیب مشتریان آموزش دیده مورد نیاز است (میتال و همکاران، ۲۰۱۸؛ باندارا، ویدگاماچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹).

استاندارد سازی: اتصال و ارتباط دستگاه‌های مختلف در درون سازمان و همچنین اتصالات میان سازمانی نیازمند استانداردسازی خواهد بود. بدون استانداردسازی نمی‌توان ارتباطی بین دستگاه‌های نامتجانس برقرار کرد (هرمن، پاتک و اوتو، ۲۰۱۶؛ باندارا، ویدگاماچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹؛ آدبانجو و همکاران، ۲۰۲۱) و هماهنگی این ارتباطات بر عهده مدیریت است.

اقدامات حمایتی: در ادبیات آمده است که استقرار تولید هوشمند نیازمند حمایت‌هایی از سوی دولت (باندارا، ویدگاماچی و ویکراماچی، ۲۰۱۹؛ شایگانمهر و همکاران، ۲۰۲۱) و مدیران ارشد (درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ بهاتیا و کومار، ۲۰۲۰) است. در نتیجه این عامل از مدیریت و دولت اثر می‌پذیرد.

کار تیمی: در تعریف این عامل بر تشکیل تیم‌های میان رشته‌ای و شایسته تأکید شده است (درایر و همکاران، ۲۰۱۸؛ میتال و همکاران، ۲۰۱۸) و بر این اساس می‌توان آن را به کارکنان مرتبط دانست.

زیرساخت‌های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰: اجرای تولید هوشمند نیازمند بستر اینترنتی بسیار قوی (بهاتیا و کومار،

۲۰۲۰؛ آدبانجو و همکاران، ۲۰۲۱). و زیرساخت‌های تکنولوژی اطلاعات (درایر و همکاران، ۲۰۱۸ غ چائو و همکاران، ۲۰۲۱) است که فراهم کردن آن بر عهده مدیریت می‌باشد. در جدول ۱۲، عوامل کلیدی موفقیت و ذی‌نفعان آن‌ها آورده شده است.

جدول ۱۲. ذی‌نفعان مرتبط با هر یک از عوامل کلیدی موفقیت

رقبا	سهام‌داران	دولت	مشتری	مدیریت	کارکنان	عوامل کلیدی موفقیت تولید هوشمند
				✓	✓	تعریف اهداف سازمان بر اساس صنعت ۴.۰
				✓		مدیریت کلان داده‌ها
			✓			مدیریت تغییر
						مدیریت داده‌ها
✓						مدل‌های کسب‌وکار پویا
			✓	✓	✓	بهبود حریم خصوصی و امنیت
					✓	فرهنگ نوآوری محور
					✓	ادغام
		✓		✓		مسائل حقوقی
✓	✓				✓	نیاز به همکاری و برقراری ارتباط
	✓			✓		نیاز به منابع مالی
	✓		✓		✓	فرهنگ سازمانی
				✓		مدیریت ساختار سازمانی
						دیجیتالی‌سازی فرایندها
						سفارشی‌سازی و دیجیتالی‌سازی محصولات
				✓		مقیاس پذیری
					✓	کارکنان ماهر
			✓			کاربران ماهر
				✓		استاندارد سازی
		✓		✓		اقدامات حمایتی
					✓	کار تیمی
				✓		زیر ساخت‌های تکنولوژیکی صنعت ۴.۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با ظهور صنعت ۴.۰، تمامی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در پی بهره‌مندی از دستاوردهای آن هستند. تولید هوشمند نیز که یکی از دستاوردهای این انقلاب صنعتی است، توجه محققان و صنعتگران را به خود جلب کرده است. استقرار این سیستم تولیدی نوظهور مستلزم شناسایی عواملی است که در استقرار موفقیت آمیز آن بسیار مؤثر خواهند بود. بنابراین پژوهش حاضر با هدف مرور سیستماتیک ادبیات موجود و شناسایی این عوامل انجام شده است. با مرور انجام شده، نهایتاً ۶۲ پژوهش با هدف و پرسش‌ها مرتبط شناخته شدند. بازه زمانی این مطالعه از سال ۱۹۹۳ تا پایان سال

۲۰۲۱ است. ۲۲ عامل کلیدی موفقیت از مطالعات منتخب استخراج شد که در چارچوب TOE طبقه‌بندی شدند. چارچوب TOE با در نظر داشتن سه بعد سازمانی مهم (تکنولوژی - سازمان - محیط) بسیار جامع بوده و تمامی عوامل و ابعاد یک سازمان را در خود جای می‌دهد. از میان پرسش‌های پژوهش، پاسخ سوالات سه و چهار به صورت مستقیم در این ۶۲ تحقیق یافت نشد و با بررسی محتوا و تعاریف سعی شد تا جز تکنولوژی (انسان‌افزار، سازمان‌افزار، اطلاع‌افزار و فن‌افزار) و ذینفان (کارکنان، مدیران، مشتریان، سهام‌داران و رقبا) مرتبط با هر عامل کلیدی موفقیت شناسایی شوند. تعیین جز تکنولوژی و ذی‌نفعان به مدیران کمک می‌کنند تا دریابند از هر عامل در چه زمانی و برای چه تصمیمی استفاده کنند. بررسی اجزای تکنولوژی نشان داد که بیشتر عوامل کلیدی موفقیت به سازمان‌افزار مرتبط هستند و این امر نشان می‌دهد به مدیران باید بیشتر از هر جز دیگری، در هنگام استقرار تولید هوشمند به جز سازمان‌افزار توجه کنند. در میان ذینفان نیز مدیریت و کارکنان بیشترین اثرگذاری و اثرپذیری را نشان می‌دهند، بر این اساس می‌توان گفت این دو ذی‌نفع در استقرار تولید هوشمند نیازمند توجه ویژه‌ای هستند.

همان طور که در بخش کارهای مرتبط بیان شد، در میان تمامی مطالعات مرور سیستماتیک ادبیات که تا کنون انجام شده است، فقط در تحقیق انجام شده توسط سونی و همکاران (۲۰۲۱) به عوامل کلیدی موفقیت صنعت ۴۰ پرداخته شد که ایشان تنها این عوامل را گردآوری نمودند. با مقایسه پژوهش حاضر با تحقیق این پژوهشگران مشاهده می‌شود که عوامل جامع‌تر و کامل‌تر شناسایی شدند و علاوه بر آن در مطالعه حاضر به بررسی ذی‌نفعان و اجزای تکنولوژی مرتبط با هر عامل پرداخته شد که در کار سونی و همکاران به آن‌ها اشاره‌ای نشده است.

مرور سیستماتیک ادبیات، شکاف‌های تحقیقاتی مورد بررسی را آشکار می‌سازد. در این تحقیق نیز، بررسی‌ها نشان می‌دهد که موضوعات زیر می‌تواند برای تحقیقات آینده مفید باشد.

- عوامل کلیدی موفقیت شناسایی شده می‌تواند به عنوان استراتژی‌هایی جهت رفع موانع استقرار تولید هوشمند در نظر گرفته شود. بنابراین شناسایی موانع استقرار تولید هوشمند و استفاده از این عوامل (استراتژی‌ها)، جهت رفع موانع می‌تواند برای تحقیقات آینده مناسب باشد.
- یکی از شکاف‌های تحقیقاتی، عدم بررسی تکنولوژی‌های مرتبط با هر عامل کلیدی موفقیت است. دانستن این ارتباط از این جهت اهمیت دارد که مدیران بدانند که در کجا از هر عامل استفاده نمایند. بع عنوان مثال اگر مدیران بدانند که یک عامل با اطلاع‌افزار مرتبط است، در می‌یابند که باید از این عامل در ارتباط با داده‌ها و اطلاعات استفاده نمایند.
- موضوع دیگری که به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود، بررسی ارتباط این عوامل با ذی‌نفعان است. از آنجایی که ذی‌نفعان در دستیابی به اهداف سازمان بسیار اثرگذار هستند، دانستن ارتباط ذی‌نفعان و عوامل کلیدی موفقیت در استقرار تولید هوشمند می‌تواند مدیران را در رسیدن به یک سیستم تولیدی هوشمند کمک کند.

منابع

- کریمی، تورج؛ آذر، عادل؛ محبان، بهاره و قاسمی، روح‌اله (۱۴۰۱). تدوین نقشه راه فناوری حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در صنایع غذایی دارای زنجیره تأمین سرد. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۲)، ۱۹۵-۲۱۹.
- محمدی، طاهره؛ سجادی، سیدمجتبی، نجفی، سیداسماعیل و تقی‌زاده یزدی، محمدرضا (۱۴۰۱). بهینه‌سازی زنجیره تأمین هوشمند تحت سیاست مدیریت موجودی توسط فروشنده با رویکرد انتخاب فناوری مرتبط با اینترنت اشیا. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۳)، ۴۵۸-۴۸۳.

References

- Adebanjo, D., Laosirihongthong, T., Samaranayake, P. & Teh, P.L. (2023). Key Enablers of Industry 4.0 Development at Firm Level: Findings from an Emerging Economy. *In IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(2), 400-416. doi: 10.1109/TEM.2020.3046764.
- Ibrahim Abdalla Ahmed, Gani, A., Ab Hamid, S.H. & Abdelmaboud, A. (2019). Service Management for Iot: Requirements, Taxonomy, Recent Advances and Open Research Challenges." *IEEE Access* 7: 155472-88. DOI:10.1109/ACCESS.2019.2948027
- Al-Gumaei, Kh., Schuba, K., Friesen, F., Heymann, S., Pieper, C., Pethigk, F. & Schriegel, S. (2018, September). A survey of internet of things and big data integrated solutions for industrie 4.0. In *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (Vol. 1, pp. 1417-1424). IEEE.
- Al Hadwer, A., Tavana, M., Gillis, D. & Rezania, D. (2021). A systematic review of organizational factors impacting cloud-based technology adoption using Technology-organization-environment framework. *Internet of Things*, 15, 100407.
- Alkan, N. & Kahraman, C. (2022). Prioritization of factors affecting the digitalization of quality management using interval-valued intuitionistic fuzzy Best-Worst method. In *Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation: Proceedings of the INFUS 2021 Conference, held August 24-26, 2021. Volume 2* (pp. 28-39). Springer International Publishing.
- Asdecker, B. & Felch, V. (2018). Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains. *Journal of Modelling in Management*, 13(4), 840-883.
- Balouei Jamkhaneh, H., Shahin, A., Parkouhi, S. V. & Shahin, R. (2022). The new concept of quality in the digital era: a human resource empowerment perspective. *The TQM Journal*, 34(1), 125-144.
- Bandara, O., Vidanagamachchi, K. & Wickramarachchi, R. (2019, March). A model for assessing maturity of industry 4.0 in the banking sector. In *Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management* (Vol. 2019).
- Banik, A., Taqi, H. M. M., Ali, S. M., Ahmed, S., Garshasbi, M. & Kabir, G. (2022). Critical success factors for implementing green supply chain management in the electronics

- industry: an emerging economy case. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25(4-5), 493-520.
- Benotmane, R., Kovács, G. & Dudás, L. (2019). Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. *Social Sciences*, 8(5), 143.
- Bhagwan, N. & Evans, M. (2023). A review of industry 4.0 technologies used in the production of energy in China, Germany, and South Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113075.
- Bhatia, M. S. & Kumar, S. (2020). Critical success factors of industry 4.0 in automotive manufacturing industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(5), 2439-2453.
- Biegler, C., Steinwender, A., Sala, A., Sihm, W. & Rocchi, V. (2018, June). Adoption of factory of the future technologies. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-8). IEEE.
- Bongo, M., Abellana, D. P., Caballes, S. A., Jr, R. A., Himang, C., Obiso, J. J., ... & Deocarís, C. (2020). Critical success factors in implementing Industry 4.0 from an organisational point of view: a literature analysis. *International Journal of Advanced Operations Management*, 12(3), 273-301.
- Boynton, A. C. & Zmud, R. W. (1984). An assessment of critical success factors. *Sloan management review*, 25(4), 17-27.
- Calabrese, A., Levialedi Ghiron, N. & Tiburzi, L. (2021). 'Evolutions' and 'revolutions' in manufacturers' implementation of industry 4.0: a literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. *Production Planning & Control*, 32(3), 213-227.
- Carlucci, D., Ferreira, F. A., Schiuma, G., Jalali, M. S. & António, N. J. (2018). A holistic conception of sustainable banking: Adding value with fuzzy cognitive mapping. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(4), 1303-1322.
- Cioffi, R., Travaglioni, M., Piscitelli, G., Petrillo, A. & Parmentola, A. (2020). Smart manufacturing systems and applied industrial technologies for a sustainable industry: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 10(8), 2897.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F. & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of production economics*, 204, 383-394.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E. & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. In *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017, Hamburg, Germany, September 3-7, 2017, Proceedings, Part I* (pp. 13-20). Springer International Publishing.
- Devi K, S., Paraniathan, K. P. & Agniveesh A, I. (2021). Interpretive framework by analysing the enablers for implementation of Industry 4.0: an ISM approach. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(13-14), 1494-1514.

- Elibal, K. & Özceylan, E. (2021). A systematic literature review for industry 4.0 maturity modeling: state-of-the-art and future challenges. *Kybernetes*, 50(11), 2957-2994.
- Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A. & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB journal*, 22(2), 338-342
- Flores, M., Maklin, D., Golob, M., Al-Ashaab, A. & Tucci, C. (2018). Awareness towards industry 4.0: key enablers and applications for internet of things and big data. In *Collaborative Networks of Cognitive Systems: 19th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2018, Cardiff, UK, September 17-19, 2018, Proceedings 19* (pp. 377-386). Springer International Publishing.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S. & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International journal of production economics*, 210, 15-26.
- Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A. & Kumar, V. (2020). Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 262-282.
- Freeman, R.E. & McVea, J. (2001). *A Stakeholder Approach to Strategic Management*. Available at SSRN 263511.
- Gamble, J. R., Clinton, E. & Díaz-Moriana, V. (2021). Broadening the business model construct: Exploring how family-owned SMEs co-create value with external stakeholders. *Journal of Business Research*, 130, 646-657.
- Gebhardt, M., Kopyto, M., Birkel, H. & Hartmann, E. (2022). Industry 4.0 technologies as enablers of collaboration in circular supply chains: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 60(23), 6967-6995.
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H. & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 669-686.
- Gökalp, E., Gökalp, M. O. & Çoban, S. (2022). Blockchain-based supply chain management: understanding the determinants of adoption in the context of organizations. *Information systems management*, 39(2), 100-121.
- Guz, A. N. & Rushchitsky, J. J. (2009). Scopus: A system for the evaluation of scientific journals. *International Applied Mechanics*, 45, 351-362
- Haines, J. D. & Sharif, N. M. (2006). A framework for managing the sophistication of the components of technology for global competition. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 16(2), 106-121.
- Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A. & Abdullah, N. L. (2020). Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions. *Information*, 11(7), 364.
- Horváth, D. & Szabó, 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.
- 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.
- Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M. & Giallanza, A. (2021). Industry 4.0 technologies for manufacturing sustainability: a systematic review and future research directions. *Applied Sciences*, 11(12), 5725.
- 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.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A. & Raut, R. (2020). A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs—A review and empirical investigation. *International journal of production economics*, 229, 107853.
- Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M. & Husak, E. (2020). Implementation of industry 4.0 and industrial robots in the manufacturing processes. In *New Technologies, Development and Application II 5* (pp. 3-14). Springer International Publishing.
- Karadayi-Usta, S. (2019). An interpretive structural analysis for industry 4.0 adoption challenges. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 973-978.
- Karimi, T., Azar, A., Mohebban, B. & Ghasemi, R. (2022). Developing an Internet of Things-based Intelligent Transportation Technology Roadmap in the Food Cold Supply Chain. *Industrial Management Journal*, 14(2), 195-219.
- Kasilingam, S., Keepers, M. & Wuest, T. (2021). A Bibliometric Analysis of Physics-Based and Data-Driven Hybrid Modeling. *Procedia CIRP*, 103, 49-54.
- Khan, W. Z., Rehman, M. H., Zangoti, H. M., Afzal, M. K., Armi, N. & Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers & electrical engineering*, 81, 106522.
- Khan, W. A., Wisniewski, L., Lang, D. & Jasperneite, J. (2017, June). Analysis of the requirements for offering industrie 4.0 applications as a cloud service. In *2017 IEEE 26th international symposium on industrial electronics (ISIE)* (pp. 1181-1188). IEEE.
- Kouicem, D. E., Bouabdallah, A. & Lakhlef, H. (2018). Internet of things security: A top-down survey. *Computer Networks*, 141, 199-221.
- Krishnan, S., Gupta, S., Kaliyan, M., Kumar, V. & Garza-Reyes, J. A. (2021). Assessing the key enablers for Industry 4.0 adoption using MICMAC analysis: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(5), 1049-1071.
- Kumar, A., Choudhary, S., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Rehman Khan, S. A. & Mishra, N. (2023). Analysis of critical success factors for implementing industry 4.0 integrated circular supply chain—Moving towards sustainable operations. *Production planning & control*, 34(10), 984-998.

- Kumar, R. & Singh, H. (2018). Exploring the success factors for examining the potential of manufacturing system output. *Benchmarking: An International Journal*, 25(4), 1171-1193.
- Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K. & Forstehäusler, S. (2017). Assessing the IT and software landscapes of Industry 4.0-Enterprises: the maturity model SIMMI 4.0. In *Information Technology for Management: New Ideas and Real Solutions: 14th Conference, AITM 2016, and 11th Conference, ISM 2016, held as Part of FedCSIS, Gdansk, Poland, September 11-14, 2016, Revised Selected Papers 14* (pp. 103-119). Springer International Publishing.
- Li, C., Zheng, P., Yin, Y., Wang, B. & Wang, L. (2023). Deep reinforcement learning in smart manufacturing: A review and prospects. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 40, 75-101.
- Li, D., Fast-Berglund, Å. & Paulin, D. (2019). Current and future Industry 4.0 capabilities for information and knowledge sharing: Case of two Swedish SMEs. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105, 3951-3963.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of industrial information integration*, 6, 1-10.
- Lukman, H. (2020, December). Conceptual framework of cloud computing implementation on start-up companies with approach. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1007, No. 1, p. 012176). IOP Publishing.
- Luthra, S., Yadav, G., Kumar, A., Anosike, T., Mangla, S. & Garg, D. (2020, March). Study of key enablers of industry 4.0 practices implementation using ISM-fuzzy MICMAC approach. In *Conference: 10th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 10-12).
- Maisiri, W. & Van Dyk, L. (2019). Industry 4.0 readiness assessment for South African industries. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 134-148.
- Malik, S., Chadhar, M., Vatanasakdakul, S. & Chetty, M. (2021). Factors affecting the organizational adoption of blockchain technology: Extending the technology–organization–environment (TOE) framework in the Australian context. *Sustainability*, 13(16), 9404.
- Mannhardt, F., Petersen, S. A. & Oliveira, M. F. (2019). A trust and privacy framework for smart manufacturing environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 11(3), 201-219.
- Marlyana, N., Tontowi, A. E. & Yuniarto, H. A. (2018, March). From THIO to THIOCMP: The development of technology assessment concept using technometrics. In *2018 12th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC)* (Vol. 1, pp. 1-5). IEEE.
- Masood, T. & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 181-195.
- Matias, J. B. & Hernandez, A. A. (2021). Cloud computing adoption intention by MSMEs in the Philippines. *Global Business Review*, 22(3), 612-633.

- Matt, D. T., Modrák, V. & Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for SMEs: Challenges, opportunities and requirements.
- Mian, S. H., Salah, B., Ameen, W., Moiduddin, K. & Alkhalefah, H. (2020). Adapting universities for sustainability education in industry 4.0: Channel of challenges and opportunities. *Sustainability*, 12(15), 6100.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D. & Wuest, T. (2019). Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1342-1361.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D. & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of manufacturing systems*, 49, 194-214.
- Moed, H. F., Aisati, M. H. & Plume, A. (2013). Studying scientific migration in Scopus. *Scientometrics*, 94, 929-942
- 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
- Mohammadi, T., Sajadi, S. M., Najafi, S. E. & Taghizadeh Yazdi, M. (2022). Optimizing Smart Supply Chain with Vendor Managed Inventory through the Internet of Things. *Industrial Management Journal*, 14(3), 458-483. doi: 10.22059/imj.2022.343552.1007948 (in Persian)
- Mongeon, P. & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106, 213-228.
- Morisse, M. & Prigge, C. (2017). Design of a business resilience model for Industry 4.0 manufacturers.
- Najafabadi, M. K. & Mahrin, M. N. R. (2016). A systematic literature review on the state of research and practice of collaborative filtering technique and implicit feedback. *Artificial intelligence review*, 45(2), 167-201.
- Nasrollahi, M. & Ramezani, J. (2020). A model to evaluate the organizational readiness for big data adoption. *International Journal of Computers, Communications and Control*, 15(3).
- Ngah, A. H., & Thurasamy, R. (2015). Barriers and enablers in adopting of Halal warehousing Zainuddin. *Journal of Islamic Marketing*, 6(3), 354-376.
- Osterrieder, P., Budde, L. & Friedli, T. (2020). The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 221, 107476.
- Pagliosa, M., Tortorella, G. & Ferreira, J. C. E. (2021). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(3), 543-569.
- Pimsakul, S., Samaranayake, P. & Laosirihongthong, T. (2021). Prioritizing enabling factors of IoT adoption for sustainability in supply chain management. *Sustainability*, 13(22), 12890.

- Qarabsh, N. A., Sabry, S. S. & Qarabash, H. A. (2020). Smart grid in the context of industry 4.0: an overview of communications technologies and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 18(2), 656-665.
- Rafael, L. D., Jaione, G. E., Cristina, L. & Ibon, S. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. *Technological forecasting and social change*, 159, 120203.
- Rajnai, Z. & Kocsis, I. (2018, February). Assessing the Industry 4.0 Readiness of A Certain Industry. In *Proceedings of the 2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Košice, Slovakia* (pp. 7-10).
- Rajput, S. & Singh, S. P. (2018). Identifying Industry 4.0 IoT enablers by integrated PCA-ISM-DEMATEL approach. *Management Decision*, 57(8), 1784-1817.
- Ramanathan, K. (1994). The polytrophic components of manufacturing technology. *Technological forecasting and social change*, 46(3), 221-258.
- Rauch, E., Unterhofer, M., Rojas, R. A., Gualtieri, L., Woschank, M. & Matt, D. T. (2020). A maturity level-based assessment tool to enhance the implementation of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises. *Sustainability*, 12(9), 3559.
- 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.
- Rezqianita, B. L. & Ardi, R. (2020, June). Drivers and barriers of industry 4.0 adoption in Indonesian manufacturing industry. In *Proceedings of the 3rd Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering* (pp. 123-130).
- Pereira, C. & Sachidananda, H. K. (2022). Impact of industry 4.0 technologies on lean manufacturing and organizational performance in an organization. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 16(1), 25-36.
- Saleem, J., Hammoudeh, M., Raza, U., Adebisi, B. & Ande, R. (2018, June). IoT standardisation: Challenges, perspectives and solution. In *Proceedings of the 2nd international conference on future networks and distributed systems* (pp. 1-9).
- Samaranayake, P., Ramanathan, K. & Laosirihongthong, T. (2017, December). Implementing industry 4.0—A technological readiness perspective. In *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 529-533). IEEE.
- Santos, C., Mehrsai, A., Barros, A. C., Araújo, M. & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia manufacturing*, 13, 972-979.
- Mark-Herbert, C. & Von Schantz, C. (2007). Communicating corporate social responsibility—brand management. *EJBO-Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*.
- Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Schumacher, A., Nemeth, T. & Sihn, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 79, 409-414.

- Shafiq, S. I., Sanin, C. & Szczerbicki, E. (2020). Knowledge-Based Virtual Modeling and Simulation of Manufacturing Processes for Industry 4.0. *Cybernetics and Systems*, 51(2), 84-102.
- Sharma, A. K., Bhandari, R., Pinca-Bretotean, C., Sharma, C., Dhakad, S. K. & Mathur, A. (2021). A study of trends and industrial prospects of Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2364-2369.
- Sharma, M. & Sehrawat, R. (2020). Quantifying SWOT analysis for cloud adoption using FAHP-DEMATEL approach: Evidence from the manufacturing sector. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(5), 1111-1152.
- Sharma, R., Jabbour, C. J. C. & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2021). Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1), 230-266
- 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.
- Shinohara, A. C., da Silva, E. H. D. R., de Lima, E. P., Deschamps, F. & da Costa, S. E. G. (2017). Critical success factors for digital manufacturing implementation in the context of industry 4.0. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (pp. 199-204). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Shukla, M. & Shankar, R. (2022). Modeling of critical success factors for adoption of smart manufacturing system in Indian SMEs: an integrated approach. *OPSEARCH*, 59(4), 1271-1303
- da Silva, E. H. D. R., Angelis, J. & de Lima, E. P. (2019). In pursuit of digital manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 28, 63-69.
- Singeh, F. W., Abdullah, A. & Kaur, K. (2021). Critical success factors for digital library implementation in Africa: Solution focused rather than problem focused. *Information Development*, 37(4), 544-557.
- Siregar, K. L. & Asvial, M. (2020, June). Analysis of IoT implementation using the dematel method and TOES framework. In *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)* (pp. 19-23). IEEE.
- Sirgy, M. J. (2002). Measuring corporate performance by building on the stakeholders model of business ethics. *Journal of business ethics*, 35, 143-162.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M. & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies. *Research-technology management*, 61(5), 22-31.
- Smuts, S., van Der Merwe, A. & Smuts, H. (2021, August). Industry 4.0 and Organisations: Key Organisational Capabilities. In *Conference on e-Business, e-Services and e-Society* (pp. 423-438). Cham: Springer International Publishing.
- Sobin, C. C. (2020). A survey on architecture, protocols and challenges in IoT. *Wireless Personal Communications*, 112(3), 1383-1429.

- Sony, M. & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799-815.
- Soomro, M. A., Hizam-Hanafiah, M., Abdullah, N. L., Ali, M. H., & Jusoh, M. S. (2021). Industry 4.0 Readiness of Technology Companies: A Pilot Study from Malaysia. *Administrative Sciences* 11(2).
- Sulistiyowati, W. & Jakaria, R. B. (2018, November). Assessment of technology content level with integrated technometrics and Analytical Hierarchy Process (AHP) methods in small and medium enterprises. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 434, No. 1, p. 012246). IOP Publishing.
- Surati, S., Patel, S. & Surati, K. (2021). Background and research challenges for FC for healthcare 4.0. *Fog Computing for Healthcare 4.0 Environments: Technical, Societal, and Future Implications*, 37-53.
- Suwanposri, C., Bhatiasevi, V. & Thanakijombat, T. (2021). Drivers of blockchain adoption in financial and supply chain enterprises. *Global Business Review*, 09721509211046170.
- Taghian, M., D'Souza, C. & Polonsky, M. (2015). A stakeholder approach to corporate social responsibility, reputation and business performance. *Social Responsibility Journal*, 11(2), 340-363.
- 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.
- Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. *International journal of information management*, 30(2), 125-134.
- van Dinter, R., Tekinerdogan, B. & Catal, C. (2021). Automation of systematic literature reviews: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 136, 106589.
- Vrchota, J. & Pech, M. (2019). Readiness of enterprises in Czech Republic to implement industry 4.0: Index of industry 4.0. *Applied Sciences*, 9(24), 5405.
- Vrchota, J., Řehoř, P., Maříková, M. & Pech, M. (2020). Critical success factors of the project management in relation to industry 4.0 for sustainability of projects. *Sustainability*, 13(1), 281.
- Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X. & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. *Journal of manufacturing systems*, 48, 144-156.
- Zangiacomi, A., Sacco, M., Pessot, E., De Zan, A. & Bertetti, M. (2018, June). A perspective for the implementation of a path towards the factory of the future: the Italian case. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-9). IEEE.
- Zezulka, F., Marcon, P., Bradac, Z., Arm, J., Benesl, T. & Vesely, I. (2018). Communication systems for industry 4.0 and the IIoT. *IFAC-PapersOnLine*, 51(6), 150-155.