University of Qom

Sciences and Techniques of Information Management

Volume 9, Issue 2, 2023

Research Article

Scientometrics and Analysis of the Research Trends in the Fourth Industrial Revolution Field and Quality 0.4

Zahra Khoshsepehr
PhD. Student in Industrial Management, Department of Management, Faculty of Economic, Management and Social Science, Shiraz University, Shiraz, Iran. s.khoshsepehr@rose.shirazu.ac.ir

Moslem Alimohammadlou
Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Economic, Management and Social Science, Shiraz University, Shiraz, Iran **(Corresponding author).** mslmaml@shirazu.ac.ir

Ali Mohammadi
Professor, Department of Management, Faculty of Economic, Management and Social Science, Shiraz University, Shiraz, Iran. amohamadi@rose.shirazu.ac.ir

Habib-Allah Ranaei Kordshouli
Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Economic, Management and Social Science, Shiraz University, Shiraz, Iran. ranaei@shirazu.ac.ir

Abstract

Purpose: This research aims to investigate the changes that have taken place in the Fourth Industrial Revolution, particularly in the field of quality 4.0, at a global level and within organizations. The researchers seek to explore the impact of intelligent technologies on society and products, as well as how advanced and developing countries have moved towards digitalization. Various specific topics related to Industry 4.0 and Quality 4.0 have received special attention in this study. Additionally, the research aims to examine the collaboration between countries in different areas and how researchers and industry professionals in developed countries have utilized intelligent technologies to enhance their capabilities.

Method: Scientometrics and data analysis methods were employed in this research to achieve the research objectives and answer the research questions. Data, including articles, books, dissertations, conference papers, and more, were extracted from the Web of Science database, specifically focusing on the years 2012 to 2020, in the fields of industry 4.0, intelligent technologies, quality 4.0, and related concepts. A total of 4,926 studies were included. The Space software was used for data analysis, where nodes represent author names, journals, countries, keywords, etc., and the links indicate citations or correlations between nodes. The desired outputs were presented in the form of figures and tables.

Findings: Although countries like Germany and the United States were among the first to pursue digitalization and the use of intelligent technologies in their production systems and all

Cite this article: Khoshsepe, Z., Alimohammadlou, M., Mohammadi, A. & Ranaei Kordshouli, H. (2023). Scientometrics and Analysis of the Research Trends in the Fourth Industrial Revolution Field and Quality 0.4. *Sciences and Techniques of Information Management,* 9(2): 133-166. https://doi.org/10.22091/stim.2022.7738.1707

Received: 2022-01-01 ; **Revised:** 2022-02-03 ; **Accepted:** 2022-02-18 ; **Published online:** 2023-02-19

© The Author(s).

Published by: University of Qom.

This is an open access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

sectors of their countries, many developing countries, such as India, have increasingly embraced these technologies. It is expected that these countries will achieve significant technological advancements in the near future. Furthermore, recent studies have shown that researchers have focused more on the use of intelligent technologies to reduce environmental pollution by minimizing the use of natural resources. This demonstrates the global attention given to environmental issues. The findings also indicate a trend towards intelligent production and the necessity of automated quality control using robots. Such advancements should be widely implemented within organizations, leading to smart quality or quality 4.0.

Conclusion: Based on the results of this research, it is evident that the Fourth Industrial Revolution has brought significant changes to technologies in general, transforming production and service processes through technologies such as cyber-physical systems, 3D printing, blockchain, and big data. In recent years, many organizations in both developing and developed countries have sought to implement quality 4.0 concepts in various areas such as leadership, culture, and strategy development, utilizing intelligent technologies for smart quality control within their organizations. Therefore, future research in the fields of industry 4.0 and quality 4.0 may consider topics such as digital leadership, digital culture, digital organizational structure, and more.

Keywords: Industry 4.0, Quality 4.0, Co-cited analysis, Cooperative relationship, Burst detection.

/http://stim.qom.ac.ir

علوم و فنون مدیریت اطلاعات
دوره ۹، شماره ۲، ۱۴۰۲
مقاله پژوهشی

علم‌سنجی و تجزیه‌وتحلیل روند پژوهش‌ها در حوزه انقلاب صنعتی چهارم و کیفیت۴/۰

زهرا خوش‌سپهر
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
s.khoshsepehr@rose.shirazu.ac.ir

مسلم علی محمدلو
دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (**نویسنده مسئول**).
mslmaml@shirazu.ac.ir

علی محمدی
استاد، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
amohamadi@rose.shirazu.ac.ir

حبیب‌الله رعنایی کردشولی
دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. ranaei@shirazu.ac.ir

چکیده

هدف: پژوهش حاضر درصدد بررسی تغییرات صورت گرفته در انقلاب صنعتی چهارم، و در بخش تخصصی‌تر کیفیت ۴/۰، در سطح جهان و سازمان‌ها است. در واقع می‌توان گفت در این پژوهش، پژوهشگران به دنبال بررسی این موضوع هستند که فناوری‌های هوشمند چه تاثیری در سطح جامعه و محصولات داشته و کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت چگونه به سمت هوشمندسازی حرکت کرده‌اند. همچنین چه کشورهایی در چه زمینه‌هایی با یکدیگر همکاری داشته و پژوهشگران و صنعتگران در کشورهای توسعه‌یافته تا چه اندازه توانسته‌اند با کمک فناوری‌های هوشمند، سطح خود را ارتقاء دهند.

روش: در این پژوهش از روش علم‌سنجی برای دستیابی به اهداف و پاسخ به سوالات پژوهش استفاده شده است. در این راستا، ابتدا داده‌های مورد نیاز (مقالات، کتاب‌ها، دستنوشته‌ها، مقالات در حال چاپ، مقالات کنفرانسی و...) از پایگاه وب آو ساینس، بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰، در حوزه صنعت۴/۰، فناوری‌های هوشمند، کیفیت ۴/۰ و مفاهیم مرتبط استخراج شد. تعداد این پژوهش‌ها ۴۹۲۶ مورد بود. جهت تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار سایت اسپیس استفاده شد. در این نرم‌افزار گره‌ها

پژوهش حاضر برگرفته از: رساله دکتری زهرا خوش سپهر با عنوان **«طراحی مدل مدیریت کیفیت در انقلاب صنعتی چهارم»**، استاد راهنما: مسلم علی محمدلو، ارائه شده در دانشگاه شیراز است.

استناد به این مقاله: خوش‌سپهر، ز.، علی محمدلو، م.، محمدی، ع.، رعنایی کردشولی، ح. (۱۴۰۲). علم‌سنجی و تجزیه‌وتحلیل روند پژوهش‌ها در حوزه انقلاب صنعتی چهارم و کیفیت۴/۰. *علوم و فنون مدیریت اطلاعات*، ۹(۲): ۱۳۳-۱۶۶. https://doi.org/10.22091/stim.2022.7738.1707

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ ؛ **تاریخ اصلاح:** ۱۴۰۰/۱۱/۱۴ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۹ ؛ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱۴۰۰/۱۱/۳۰

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.

نشان‌دهنده نام نویسنده، مجله، کشور، کلمات کلیدی و... است و پیوندها استناد یا همبستگی بین گره‌ها را نشان می‌دهد. خروجی موردنظر از این نرم‌افزار، به‌صورت شکل‌ها و جدول‌ها ارائه گردید.

یافته‌ها: اگرچه کشورهای آلمان و آمریکا، اولین کشورهایی بودند که درپی هوشمندسازی و استفاده از فناوری‌های هوشمند در سیستم‌های تولیدی و کلیه بخش‌های کشور خود هستند، اما هم‌اکنون بسیاری از کشورهای در حال توسعه مانند هند، این فناوری‌ها را بیشتر مورد استفاده قرار داده‌اند. انتظار می‌رود در آینده‌ای نزدیک این کشور بتواند خود را از نظر پیشرفت تکنولوژی در سطح بالایی قرار دهد. از سوی دیگر، با توجه به بررسی موضوعات داغ، در سال‌های اخیر توجه بیشتر پژوهشگران به سمت استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند در کاهش آلودگی محیطزیست از طریق کاهش استفاده از منابع طبیعی بوده است که این امر نشان‌دهنده توجه جهان به مسائل محیطزیستی است. همچنین یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد، که در سال‌های اخیر، تولید به سمت هوشمند شدن حرکت کرده است و کنترل کیفیت باید اتوماتیک و با کمک ربات‌ها انجام شود، این امر باید در سطحی گسترش یابد که بتوان تمامی بخش‌های سازمان را با کمک فناوری‌های هوشمند، بهبود بخشید، که دستیابی به این امر منجر به کیفیت هوشمند یا کیفیت ۴/۰ می‌شود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، درپی تحولات صورت گرفته در انقلاب صنعتی چهارم، فناوری‌ها به طور کلی دستخوش تغییر شدند و فناوری‌هایی مانند سیستم‌های سایبر- فیزیکال، چاپ سه بُعدی، بلاکچین، داده‌های بزرگ و... فرایندهای تولید و ارائه خدمات را متحول ساخته‌اند. همچنین در سال‌های اخیر بسیاری از سازمان‌ها در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته سعی کرده‌اند مفاهیم کیفیت۴/۰ را در بخش‌های مختلفی مانند رهبری، فرهنگ، تدوین استراتژی و... بکار گیرند و از فناوری‌های هوشمند، جهت کنترل کیفیت هوشمند سازمان استفاده نمایند. بنابراین، می‌توان افق دید پژوهش‌های آتی در حوزه صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ را ورود به مباحثی مانند رهبری دیجیتال، فرهنگ دیجیتال، ساختار سازمانی دیجیتال و... در نظر گرفت.

کلیدواژه‌ها: صنعت۴/۰، کیفیت۴/۰، تحلیل هم‌استنادی، علم‌سنجی، وب آو ساینس، مقالات، نشریات علمی.

http://stim.qom.ac.ir/

۱. مقدمه

رشد بهره‌وری صنعتی همیشه تحت تأثیر رشد روزافزون تکنولوژی بوده است. پیشرفت تکنولوژی در سال‌های اخیر در یک جایگاه ویژه قرار گرفته است. سرورهای پیشرفته[۱]، اینترنت، داده‌های بزرگ[۲]، هوش مصنوعی[۳] و ...، به‌صورت هوشمندانه پیشرفت نموده و مفهومی به نام صنعت۴/۰[۴] را ایجاد کرده‌اند (ژو[۵]، ۲۰۲۰؛ شی[۶] و همکاران، ۲۰۲۰). اولین انقلاب صنعتی بین سال‌های ۱۸۴۰-۱۷۶۰ رخ داد. عصری که صنعت در آن با استفاده از تولید مکانیکی، با کمک نیروهای آب و بخار قدرت گرفت و دوره‌ای همراه با مکانیزاسیون را ایجاد کرد (راجپوت و سینق[۷]، ۲۰۲۰؛ آردیتو[۸] و همکاران، ۲۰۱۹). ظهور نیروی برق در آغاز قرن نوزدهم، صنعت را برای بار دوم متحول ساخت. نیروی برق با استفاده از اتوماسیون صنعتی، صنعت را به سمتی حرکت داد که بتواند با استفاده از تولید انبوه، به رشد جمعیتی که پس از جنگ جهانی دوم اتفاق افتاده بود، پاسخ‌گو باشد (دالنوگاری[۹] و همکاران، ۲۰۱۸). سومین انقلاب صنعتی در سال ۱۹۶۰، با استفاده از رایانه‌ها و ربات‌هایی که جایگزین نیروی انسانی شدند، شکل گرفت. در انتها چهارمین انقلاب صنعتی در قرن ۲۱ با پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات اتفاق افتاد (ویدیا[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۸).

ویژگی‌های فناورانه، صنعت۴/۰ را مجبور به ارائه راه‌حل‌هایی در زمینه‌های مختلف صنعتی کرده که این امر سبب چندجهته شدن الگوی تولید، از متمرکز به سمت غیرمتمرکز شد (ماچادو[۱۱] و همکاران، ۲۰۲۰). پیوستگی و غیرمتمرکز شدن بازارهای جهانی، سبب گسترش مدل‌های تجارت جهانی شده است (گاتولو[۱۲] و همکاران، ۲۰۱۹). در این بازارها، مشتریان به محصولات نوآورانه با

1. Advanced Servers
2. Big Data
3. Artifical Inteligent
4. Industry 4.0
5. Xu
6. Shi
7. Rajput & Singh
8. Ardito
9. Dalenogare
10. Vaidya
11. Machado
12. Gattullo

http://stim.qom.ac.ir/

مشخصات شخصی‌تری گرایش دارند (سادر[1] و همکاران، ۲۰۱۹). برای پاسخ به این سطح از نیازهای مشتریان، صنعت۴/۰ راه‌حل‌های نوآورانه‌ای با کمک فناوری‌های هوشمند در تولید ارائه می‌دهد تا تولیدکنندگان ارزش بیشتری برای مشتریان ایجاد کرده و محصولاتی پیشرفته‌تر و با کیفیت بهتر به مشتریان ارائه دهند (رادزویل[2]، ۲۰۱۸)؛ بنابراین، بسیاری از شرکت‌ها روند تولید خود را به گونه‌ای تنظیم کرده‌اند تا در یک زمان مناسب روی محصولات سفارشی‌سازی انبوه[3] متمرکز شوند (زوننشاین و کتل[4]، ۲۰۲۰). این امر سبب شده است، صنعت۴/۰ شامل معیارهایی گردد که کیفیت محصولات تولیدی نسل بعد را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این مفهوم به کیفیت۴/۰[5] شناخته شده است. کیفیت۴/۰ مفهومی مرتبط با صنعت۴/۰ است و از همکاری نزدیک مدیریت کیفیت با صنعت۴/۰، به‌منظور ایجاد کارایی، عملکرد، نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار ایجاد شده است. این امر به دیجیتالی شدن کیفیت و چگونگی تأثیرگذاری ابزارهای دیجیتال در فن‌آوری، فرآیندها و افراد اشاره دارد (گوناسکاران[6] و همکاران، ۲۰۱۹).

صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ دارای اهداف یکسانی برای بهبود کیفیت، بهره‌وری و انعطاف‌پذیری هستند، اما عملکرد آن‌ها کاملاً با یکدیگر متفاوت است. مدل‌های مدیریت کیفیت از طریق اجرای بهترین روش‌ها با هدف ساده‌سازی فرایندها، و رویه‌های مشتری‌مدار، درپی بهبود محصولات هستند، در حالی‌که صنعت۴/۰ از طریق استفاده یکپارچه از جدیدترین فناوری‌ها، عملکرد و فرایند را بهبود می‌بخشد (اسیف[7]، ۲۰۲۰). تغییراتی که در کیفیت۴/۰ با دیجیتالی شدن همراه است، باید به‌عنوان موضوعات سازمانی در نظر گرفته شود که با کیفیت محصولات و خدمات در ارتباط باشند و سبب ارائه بهتر بینش به افراد، تأمین‌کنندگان و مشتریان، همچنین انجام بهتر کارها شوند (بوچی[8] و همکاران، ۲۰۲۰). از آنجاکه در کیفیت۴/۰، مفهوم فرهنگ، رهبری، همکاری و ... با مفاهیمی مانند اتصال[9] و

http://stim.qom.ac.ir/

1. Sader
2. Radziwill
3. Mass customization products
4. Zonnenshain & Kenett
5. Quality 4.0
6. Gunasekaran
7. Asif
8. Büchi
9. Connectivity

نوآوری ادغام شده‌اند، این امر سبب به‌هم‌پیوسته‌تر شدن تأمین‌کنندگان، مشتریان و جامعه شده است (جاواید و همکاران، ۲۰۲۱). کیفیت۴/۰ به این نکته می‌پردازد که چگونه ابزارهای دیجیتالی، چشم‌اندازی جدید و به‌موقع ارائه می‌دهند. بنابراین، ظهور این تفاوت‌ها در صنعت۴/۰ با دیگر انقلاب‌های صنعتی سبب شده است تا سازمان‌های مختلف نتوانند از مدل‌های کیفیت موجود استفاده کنند و باید آن را به نحوی تغییر دهند که محصولات و خدماتی ارزش‌آفرین برای مشتریان ارائه دهند (سزمانسکا[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

ظهور صنعت۴/۰ و گسترش مفاهیم آن در کلیه بخش‌های سازمان سبب ایجاد پژوهش‌های پراکنده شده است که پژوهشگران را دچار این ابهام می‌کند که هوشمندسازی صنعت۴/۰ به ویژه کیفیت۴/۰ چه تغییراتی در علم و تکنولوژی سازمانی ایجاد کرده است. جهت دستیابی به دیدی جامع در این امر، نیاز به یک علم‌سنجی دقیق است. استفاده از روش علم‌سنجی در بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در صنعت۴/۰ دیدی جامع، کامل و هدفمند ارائه می‌دهد که می‌توان از طریق آن، کلیه جنبه‌های اثرگذار در صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ را مورد بررسی قرار داد.

بنابراین، پژوهش حاضر درصدد بررسی این نکته است که صنعت۴/۰، و در بخش تخصصی‌تر کیفیت۴/۰، چه تغییراتی در روند جهانی ایجاد کرده است، چگونه می‌توان سهم آن‌ها را در مطالعات مشخص کرد؟ روند آتی پژوهش‌های صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ چگونه است؟ جهت دستیابی به این امر در ابتدا مقالات انتشاریافته در پایگاه اطلاعاتی وب آو ساینس با استفاده از واژگان کلیدی شناسایی شدند. سپس از نرم‌افزار سایت اسپیس[2] جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد.

۲. پیشینه پژوهش

با وجود جدید بودن مباحث بیان شده در صنعت۴/۰، پژوهشگران زیادی سعی در جمع‌آوری پژوهش‌ها و نوشتن مقالات مروری در این حوزه داشته‌اند. روزا و همکاران (۲۰۲۰) مروری بر رابطه اقتصاد چرخه‌ای[3] و صنعت۴/۰ انجام دادند.

بوئنو[4] و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در پژوهشی به مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در رابطه با

1. Szymańska
2. Citespaice
3. Circular Economy
4. Bueno

http://stim.qom.ac.ir/

برنامه‌ریزی و کنترل تولید هوشمند پرداختند. در این تحقیق ۱۰۲ پژوهش انتخاب شد و این پژوهش‌ها از نظر توزیع مقالات در سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۱، مجلات مختلف، نویسندگان و محدوده زمانی فعالیت‌های مرتبط با صنعت۴/۰ مورد بررسی قرار گرفتند. اوستریدر[1] و همکاران (۲۰۲۰)، مروری بر کارخانه هوشمند داشتند. این پژوهشگران پژوهش‌ها را از نظر موضوع، دامنه و جهت‌گیری آینده مورد بررسی قرار دادند.

بیر[2] و همکاران (۲۰۲۰)، مروری بر چگونگی تأثیر فنی صنعت۴/۰ بر میزان توسعه پایدار انجام دادند. این پژوهشگران با بررسی ۴۸۰ مقاله در سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۳، پژوهش‌ها را از نظر موضوع و واژگان کلیدی موجود در صنعت۴/۰ مورد بررسی قرار دادند.

پیسکیتلی[3] و همکاران (۲۰۲۰)، مروری بر رابطه بین اقتصاد چرخه‌ای و صنعت۴/۰ انجام دادند. این پژوهشگران با بررسی پایگاه‌های مختلف، به ۱۶۰ پژوهش دست یافتند و این پژوهش‌ها را از نظر موضوع، سال، کشور و حوزه تحقیق مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند.

ژنگ[4] و همکاران (۲۰۲۰)، مروری بر کاربردهای فناوری صنعت۴/۰ انجام دادند. این پژوهشگران مقالات موجود در کلیه نشریات را مورد بررسی قرار دادند و از بین آن‌ها ۱۸۶ مقاله را از نظر سال انتشار، مجلات، واژگان و... بررسی کردند.

چیارینی[5] (۲۰۲۰)، مروری بر مدیریت کیفیت و صنعت۴/۰ انجام داد. این پژوهشگر، پژوهش‌های موجود را از سال ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار داده و کلیه پژوهش‌های موجود در گوگل اسکولار، اسکوپوس و وب آو ساینس را بررسی و تحلیل کرد.

کورنر[6] و همکاران (۲۰۲۰) مروری بر ادغام تولید افزوده[7] با صنعت۴/۰ ارائه داده‌اند. این پژوهشگران ۵۲۲ پژوهش از پایگاه وب آو ساینس را بین سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۳ مورد ارزیابی قرار دادند و آن‌ها را از نظر هم‌واژگانی، نویسندگان و موضوعات تجزیه‌وتحلیل کردند.

http://stim.qom.ac.ir/

1. Osterrieder
2. Beier
3. Piscitelli
4. Zheng
5. Chiarini
6. Korner
7. Additive Manufacturing

سادر و همکاران (۲۰۲۱) در مروری بر تعاریف، ویژگی‌ها، فناوری‌ها، برنامه‌ها و چالش‌های کیفیت ۴/۰ نشان دادند که مفهوم کیفیت۴/۰، شیوه جدیدی از مدیریت کیفیت است که با توسعه صنعت۴/۰ شکل گرفته و دارای سه ویژگی اتوماسیون، بازرسی هوشمند محصولات[1] و تجزیه‌وتحلیل پیشرفته داده‌ها است که با استفاده از سیستم‌های هوشمند می‌توان به آن‌ها پاسخ داد.

یافته‌های پژوهش سونی[2] و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان می‌دهد، عناصری که می‌توانند به سازمان‌ها در دستیابی به اهداف کیفیت۴/۰ کمک کنند، عبارتند از: مدیریت داده‌های بزرگ، یکپارچگی، استراتژی کیفیت۴/۰، رهبری کیفیت ۴/۰، آموزش کیفیت۴/۰ و پشتیبانی مدیریت عالی. از نظر این پژوهشگران، بررسی و گسترش این مفاهیم، می‌تواند زمینه شکل‌گیری پژوهش‌های آتی جهت دستیابی به مفهوم کیفیت۴/۰ در سازمان‌ها باشد.

چیارینی (۲۰۲۰) با مرور ادبیات کیفیت۴/۰ نشان داد که، صنعت۴/۰ از طریق تغییر در فناوری‌ها و توسعه فناوری‌های هوشمند توانسته است، مدیریت کیفیت را تحت تأثیر قرار دهد.

همان‌گونه که ملاحظه شد، علی‌رغم جدید بودن حوزه صنعت ۴/۰ و کیفیت ۴/۰، تحقیقات زیادی برای مرور تحقیقات صورت گرفته در این حوزه انجام شده است، ولی عمده این تحقیقات در یک حوزه خاص متمرکز بوده و نتوانسته است دید جامعی در این خصوص ارائه دهد. بنابراین، می‌توان نوآوری پژوهش حاضر را نسبت به سایر پژوهش‌ها به شکل زیر بیان کرد:

ـ در این پژوهش از نرم‌افزار سایت اسپیس[3] جهت تحلیل هم‌استنادی پژوهش‌ها، رابطه همکاری و... استفاده شده است.

ـ از تحلیل هم‌رخدادی برای بررسی موضوعات مهم در زمینه صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ استفاده شده است که از طریق آن می‌توان ارتباط بین موضوعات موردنظر را بررسی نمود و روند تحقیقات آتی را پیش‌بینی کرد.

ـ مشخص شده است چه موضوعاتی در چه سال‌هایی بیشتر موردتوجه قرار گرفته و اکنون چه موضوعاتی ارزش خود را از دست داده‌اند.

ـ در این پژوهش بررسی شد که چه کشورهایی بیشترین همکاری را با دیگر کشورها، در

http://stim.qom.ac.ir/

1. Smart inspection of products
2. Sony
3. CiteSpace

حوزه‌های موردنظر داشته‌اند.

ـ علاوه‌بر این، خوشه‌های بین موضوعات، کشورها و... نیز تحلیل شده است.

۳. روش‌شناسی

در این پژوهش جهت تجزیه‌وتحلیل هم‌استنادی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه صنعت ۴/۰ و کیفیت ۴/۰ از نرم‌افزار سایت اسپیس استفاده شد. در این نرم‌افزار گره‌ها نشان‌دهنده نام نویسنده، مجله، کشور، کلمات کلیدی و... است و پیوندها استناد یا همبستگی بین گره‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- واژگان مورد جستجو

شماره	موضوعات	کلید واژه	تعداد مقالات
۱	صنعت ۴/۰	TOPIC: (industry 4.0 OR "industry 4.0" OR I4.0 OR "I 4.0" OR "fourth industr* revolution" OR "industr* revolution 4.0" OR "Industr*4.0 Revolution")	۴۳۱۶
۲	کیفیت و صنعت ۴/۰	TOPIC: (industry 4.0 OR "industry 4.0" OR I4.0 OR "I 4.0" OR "fourth industr* revolution" OR "industr* revolution 4.0" OR "Industr*4.0 Revolution") AND (Quality OR TQM EFQM TQC)	۶۱۰

مراحل اصلی جمع‌آوری و تحلیل اسناد صنعت ۴/۰ و کیفیت ۴/۰ را می‌توان به‌صورت زیر تشریح کرد: در گام نخست داده‌های موجود در پایگاه وب آو ساینس با کمک واژگان مندرج در جدول (۱)، جستجو و با فرمت «متن ساده»[1] ذخیره شدند تا برای نرم‌افزار سایت اسپیس، قابل تشخیص باشند. در گام بعد، مترادف‌ها و کلمات بی‌معنی، حذف گردیدند. سپس نتایج جستجو وارد نرم‌افزار سایت اسپیس شد و با دریافت خروجی موردنظر، نتایج موجود به‌صورت شکل‌ها و جداول ارائه گردید و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در این پژوهش پارامتر مرکزیت[2] با استفاده از رابطه (۱) مورد ارزیابی قرار گرفت (فریمن[3]، ۱۹۷۷).

$$BC_i = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{n^i{}_{st}}{g_{st}} \qquad (۱)$$

در این رابطه، g_{st}، بیان‌کننده تعداد کوتاه‌ترین بخش بین گره s و t است. و $n^i{}_{st}$ تعداد مسیرهایی

1. Plain text
2. Betweenness Centrality (BC)
3. Freeman

http://stim.qom.ac.ir/

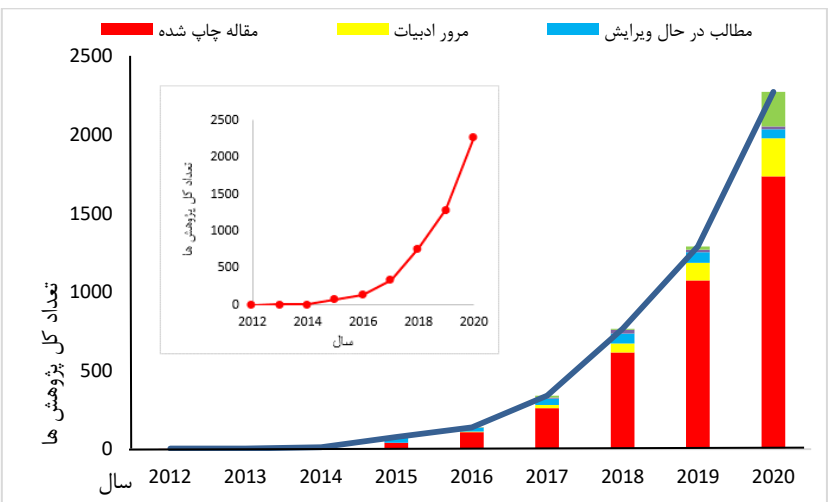
که از گره i عبور می‌کند را نشان می‌دهد. اهمیت هر گره را می‌توان توسط شاخص مرکزیت ارزیابی کرد. هر گره که مقدار مرکزیت آن (≥ 0.1) باشد، به‌عنوان یک نقطه عطف در نظر گرفته می‌شود (ژانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

۴. یافته‌ها

داده‌های مستخرج از پایگاه وب آو ساینس، پس از پاک‌سازی وارد نرم‌افزار سایت اسپیس شدند و پژوهش‌ها از نظر خروجی انتشارات، مجلات برتر، همکاری کشورها، دسته‌بندی موضوعات، کلمات کلیدی و... مورد بررسی قرار گرفتند.

۴-۱. ویژگی‌های خروجی انتشارات

همان‌گونه که در شکل (۱) آمده است، روند رشد پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه صنعت۴/۰، از سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۲۰ در حال افزایش است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از پایگاه وب آو ساینس، ۴۳۱۶ پژوهش در زمینه صنعت۴/۰ انجام شده و از ۳ پژوهش در سال ۲۰۱۲، به ۱۷۳۵ پژوهش در سال ۲۰۲۰ رسیده است.



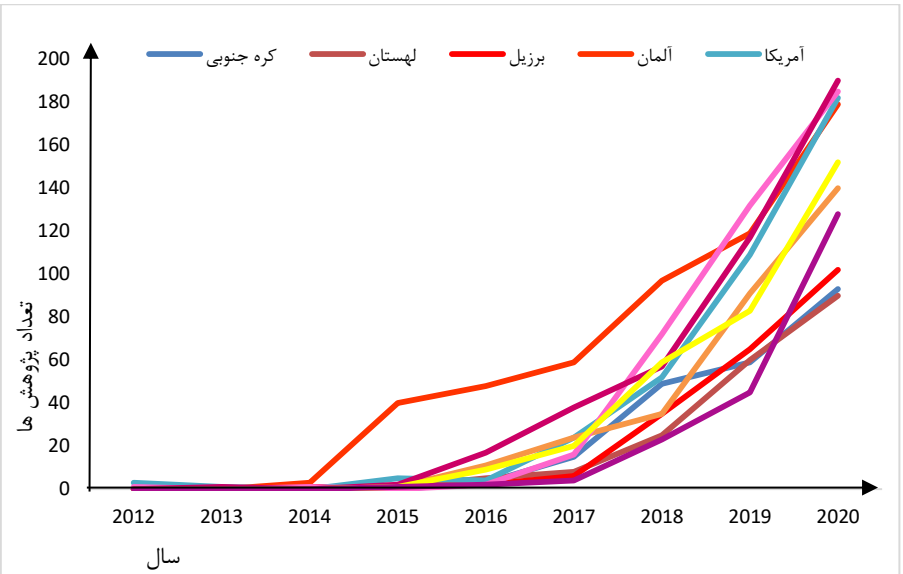
شکل۱- تعداد پژوهش‌های انتشار یافته در حوزه صنعت۴/۰

1. Zhang

http://stim.qom.ac.ir/

۴-۲. همکاری کشورها

همان‌گونه که در شکل (۲) قابل مشاهده است، کشور آلمان با ۵۴۵ پژوهش، پژوهش‌های بیشتری را در زمینه صنعت ۴/۰ داشته، و از آنجایی‌که خواستگاه مفهوم صنعت ۴/۰، کشور آلمان بوده است، دستیابی به این جایگاه خیلی دور از ذهن نیست. روند پژوهش‌هایی که در سال‌های اخیر صورت گرفته نشان می‌دهد که کشورهای هند، آمریکا، چین و اسپانیا با سرعت بیشتری در این زمینه پیشرفت کرده‌اند. با توجه به شیب پژوهش‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر، انتظار می‌رود در آینده‌ای نزدیک کشور هند بتواند جزء یکی از پیشتازان اصلی در مفاهیم صنعت ۴/۰ باشد.

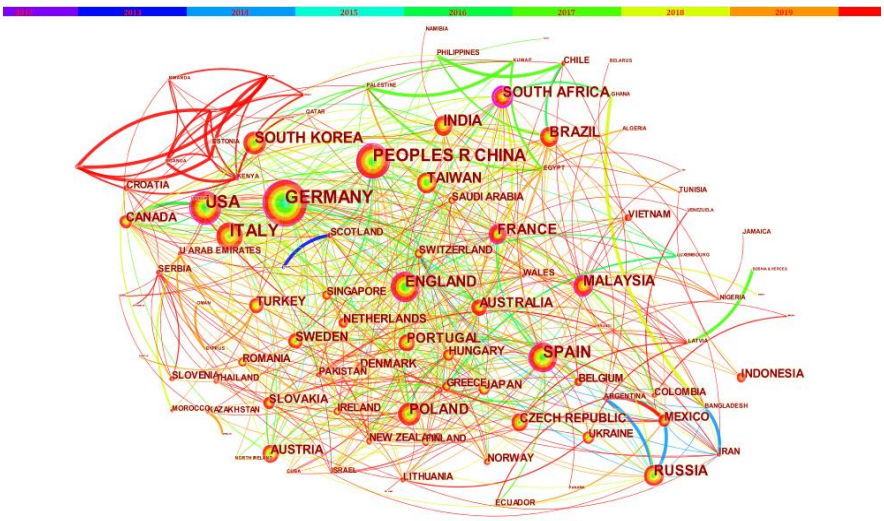


شکل ۲- کشورهای برتر در حوزه صنعت ٤/٠

شکل (۳) همکاری کشورها را در حوزه صنعت ۴/۰ نشان می‌دهد. این شکل از گره‌ها و ارتباطاتی تشکیل شده است که رنگ هر یک از حلقه‌های اطراف کشورها و روابط، مربوط به سال‌های مختلف است. حلقه مرکزی موجود در گره‌های کشور آلمان و آمریکا (آبی کمرنگ) نشان‌دهنده این است که این دو کشور اولین کشورهایی بوده‌اند که در زمینه صنعت ۴/۰ وارد مباحث پژوهشی شده‌اند. با توجه به خطوط ارتباطی می‌توان دریافت که روابط همکاری برخی کشورها مانند آفریقای جنوبی، اندونزی و... بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۲ بوده است. همچنین مشاهده می‌شود که در سال ۲۰۱۳ کشورهای آرژانتین، پرتغال، ایران و... قوی‌ترین روابط همکاری را با

http://stim.qom.ac.ir/

یکدیگر داشته‌اند. در سال ۲۰۲۰ کشورهای مکزیک و آرژانتین قوی‌ترین رابطه همکاری در زمینه صنعت ۴/۰ داشته‌اند.



شکل۳- رابطه همکاری بین کشورهای مختلف در صنعت ٤/٠

۴-۳. تجزیه‌وتحلیل هم‌زمانی دسته‌بندی موضوعات

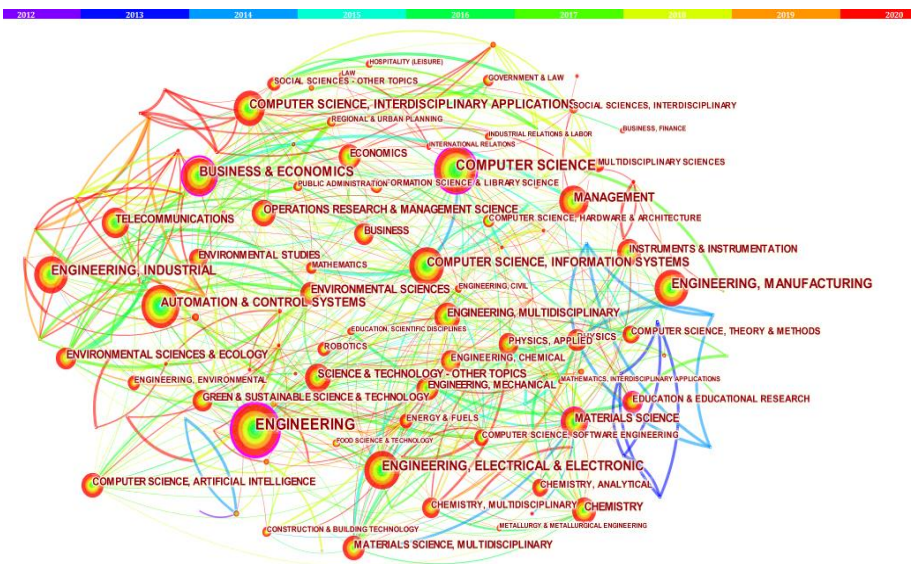
هر مقاله نمایه شده در وب آو ساینس به یک یا چند دسته موضوع تعلق دارد. واضح است که صنعت ۴/۰ به‌عنوان یک پژوهش بین‌رشته‌ای، شامل زمینه‌های پژوهشی متعددی است. مطابق شکل (۴)، پژوهش‌های صورت گرفته در صنعت ۴/۰ چندوجهی هستند و طیف وسیعی از علایق را شامل می‌شوند. این دسته‌های موضوعی ممکن است کانال منظمی را برای پژوهش‌های صنعت ۴/۰ ارائه دهند. براساس جدول (۲)، در بین دسته‌بندی‌های صورت گرفته، دسته مهندسی با ۱۸۳۱ پژوهش به‌عنوان بزرگ‌ترین دسته، علم کامپیوتر با ۹۵۳ پژوهش، دومین دسته مهم و تجارت و اقتصاد با ۶۲۹ پژوهش، سومین دسته از دسته‌بندی‌های مهم صنعت ۴/۰ را تشکیل می‌دهند.

جدول ۲- ۱۰ دسته موضوعی برتر در شبکه هم‌زمانی

رتبه	دسته موضوعی وب آو ساینس	سال	تعداد
۱	مهندسی	۲۰۱۴	۱۸۳۱
۲	کامپیوتر	۲۰۱۴	۹۵۳
۳	تجارت و اقتصاد	۲۰۱۵	۶۲۹

http://stim.qom.ac.ir/

تعداد	سال	دسته موضوعی وب آو ساینس	رتبه
۵۰۹	۲۰۱۴	مهندسی، تولید	۴
۴۹۲	۲۰۱۴	مهندسی و صنعت	۵
۴۸۷	۲۰۱۵	مهندسی، برق و الکترونیک	۶
۳۸۴	۲۰۱۵	کامپیوتر، کاربرد میان‌رشته‌ای	۷
۳۶۳	۲۰۱۴	کامپیوتر، سیستم‌های اطلاعاتی	۸
۳۵۹	۲۰۱۵	مدیریت	۹
۳۴۸	۲۰۱۵	اتوماسیون و سیستم‌های کنترلی	۱۰



شکل ٤- دسته‌بندی موضوعات صنعت۴/۰

از طریق تشخیص دوران شکوفایی می‌توان مباحثی که در زمینه پژوهش موردنظر به‌سرعت در حال شکوفایی هستند را شناسایی کرد. همان‌گونه که در جدول (۶) قابل مشاهده است، هر دوران شکوفایی از دو رنگ آبی و قرمز تشکیل شده است. رنگ آبی نشان‌دهنده سال انتشار مقاله و رنگ قرمز نشان‌دهنده مدت زمانی است که یک موضوع پژوهشی شکوفا بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در بین سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۵، موضوعاتی مانند اتوماسیون، سیستم‌های کنترلی و... در صنعت۴/۰ مورد توجه بوده، در حالی‌که از سال ۲۰۱۹ تا۲۰۲۰ مبحث فرایندهای معدنی و استخراج منابع در صنعت۴/۰ مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی‌که عوامل زیست‌محیطی، از

http://stim.qom.ac.ir/

مباحث جدید در صنعت ۴/۰ است، و کاهش استخراج منابع یکی از مباحث مهم در کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی است، بنابراین، می‌توان این مباحث را در ترکیب عوامل محیط زیستی و صنعت ۴/۰ در نظر گرفت.

جدول۳- دوران شکوفایی موضوعات صنعت ٤/٠

مرکزیت	تعداد	۲۰۲۰-۲۰۱۲	پایان	شروع	استحکام-قدرت	دسته‌بندی وب آو ساینس
۰/۰۱	۳۵۳		۲۰۱۷	۲۰۱۵	۳۴/۴۶	سیستم‌های اتوماسیون و کنترل
۰/۰۳	۲۷		۲۰۱۶	۲۰۱۵	۵/۳	علم و فناوری
۰/۰۵	۱۲۶		۲۰۱۸	۲۰۱۶	۶/۰۱	مهندسی، مکانیک
۰/۰۰	۲۳		۲۰۱۸	۲۰۱۶	۴/۴۱	مطالعات منطقه‌ای
۰/۰۲	۲۷۸		۲۰۱۷	۲۰۱۷	۶/۰۹	مخابرات
۰/۰۲	۳۶۳		۲۰۱۷	۲۰۱۷	۳/۴۷	کامپیوتر، سیستم‌های اطلاعاتی
۰/۰۰	۲۰		۲۰۱۸	۲۰۱۸	۳/۶۴	مکانیک
۰/۰۰	۱۲		۲۰۲۰	۲۰۱۹	۳/۶۲	معدن و فرآوری مواد معدنی

۴-۴. موضوعات داغ

موضوعات داغ نشان‌دهنده فرصت‌های فعلی پژوهش هستند و روندهای توسعه آینده پژوهش را نشان می‌دهند (ونگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸). در این پژوهش کلمات کلیدی با بالاترین تکرار، در حوزه صنعت ۴/۰ برای بازه‌های زمانی مختلف در جدول (۴) نشان داده شده است.

با مقایسه فراوانی کلمات کلیدی می‌توان دریافت که برخی از موضوعات مانند صنعت ۴/۰، مدیریت، سیستم‌های سایبر- فیزیکال[2] و اینترنت اشیاء[3] موضوعاتی هستند که از ابتدای ورود مفهوم صنعت ۴/۰ به مباحث پژوهشی تاکنون ادامه داشته‌اند و بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۸ علاوه‌بر توجه به مفاهیم پایه (مانند داده‌های بزرگ، سیستم‌های سایبر- فیزیکال، اینترنت اشیاء)، برخی مفاهیم مانند توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است. این امر نشان می‌دهد که در نظر گرفتن اثرات

1. Wang
2. Cyber- Phiysical
3. Internet of Things

http://stim.qom.ac.ir/

زیست‌محیطی، مباحثی بوده که در کنار مباحث پیشرفت تکنولوژی به آن‌ها توجه ویژه شده است.

جدول٤- موضوعات داغ صنعت۴/۰

بین سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۲۰)		بین سال‌های (۲۰۱۷-۲۰۱٦)		بین سال‌های (۲۰۱۵-۲۰۱۲)	
فراوانی	واژگان کلیدی	فراوانی	واژگان کلیدی	فراوانی	واژگان کلیدی
۱۱۰۷	صنعت۴/۰	۱۷۰	صنعت۴/۰	۲۰	صنعت۴/۰
۴۵۶	سیستم	۳۱	سیستم	۴	اتوماسیون
۳۵۹	آینده	۲۹	طراحی	۳	انعطاف‌پذیری
۳۴۴	مدیریت	۲۹	داده‌های بزرگ	۳	محاسبات ابری[1]
۳۳۸	طراحی	۲۹	سیستم‌های سایبر- فیزیکال	۳	سیستم‌های سایبر- فیزیکال
۳۳۶	داده‌های بزرگ	۲۸	اینترنت اشیاء	۳	مدیریت
۲۰۹	اینترنت اشیاء	۱۶	کارخانه هوشمند[2]	۲	اینترنت اشیاء
۱۴۸	سیستم‌های سایبر- فیزیکال	۱۵	مدیریت	۲	داده‌های بزرگ
۱۴۷	توسعه پایدار	۱۴	آینده	۲	سیستم هوشمند

۴-۵. تحلیل هم‌استنادی

تحلیل هم‌استنادی خوشه‌ها یک ابزار مؤثر برای درک ساختار مفهومی برخی از حوزه‌های تحقیقاتی است (یانگ[3] و همکاران، ۲۰۱۹). در تحلیل هم‌استنادی، مقالات مستند معمولاً مبانی فکری افراد مختلف را تشکیل می‌دهند، این در حالی است که این افراد با استناد به مقالات، به‌صورت فعالانه مرزهای پژوهش را روشن ساخته‌اند. شبکه استنادی بدست آمده از تحلیل یافته‌ها شامل ۸۶۷ گره و ۱۵۷۶ لبه[4] است (شکل ۶). با توجه به واژگان کلیدی مقالات فوق‌الذکر، ۱۵ تحلیل هم‌استنادی خوشه‌ها به‌صورت اتوماتیک مشخص شد.

مقادیر میانگین سیلوئت (S) و مدولاریتی (Q) دو پارامتر مهم برای اندازه‌گیری کیفیت، نتیجه خوشه‌ها و گره‌های مشترک است. هرچه مقدار Q>0.3 باشد، نشان‌دهنده این است که این شبکه

1. Cloud Computing
2. Smart Factory
3. Yang
4. Edge

http://stim.qom.ac.ir/

ساختاریافتگی منظمی دارد. اگر مقدار S>0.7 باشد، نشان‌دهنده این است که خوشه از اعتبار بالایی برخوردار است (چن[1] و همکاران، ۲۰۱۴).

با توجه به تحلیل یافته‌ها می‌توان دریافت، مقدار Q=0.3437 و مقدار S=0.8758 بوده که این امر نشان‌دهنده این است که خوشه‌ها به‌خوبی ساختاریافته بوده و از اعتبار بالایی برخوردار هستند. اطلاعات دقیق در مورد خوشه‌های استنادی در جدول (۵) آمده است.

برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر و آشکارسازی بهتر ساختار دانش و مرزهای پژوهش، لازم است استناد مهم هر یک از خوشه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. سه مقاله مهم مورد استناد و استناد شده در سه کلاستر[2] در جدول (۹) آمده است.

با توجه به نتایج مندرج در شکل (۵) و جدول (۶)، بزرگ‌ترین خوشه در انقلاب صنعتی چهارم، صنعت۴/۰ با ۱۲۸ عضو بوده و تقریباً ۸۳% از شبکه را به خود اختصاص داده است و خوشه واقعیت افزوده[3] با ۱۳ عضو، کوچک‌ترین شبکه را به خود اختصاص داده است. دو مقاله پر استناد در صنعت۴/۰ مربوط به این خوشه است.

اولین مقاله تحت عنوان «صنعت ۴/۰»، مربوط به لیسی[4] و همکاران (۲۰۱۴) است. از نظر این پژوهشگران اپلیکیشن‌ها به‌عنوان نیروی محرکه در صنعت۴/۰ هستند و چشم‌انداز تولید آینده شامل سیستم‌های تولید مدولار و کارآمد است.

مقاله ژو و همکاران (۲۰۱۸) دومین مقاله پر استناد در شاخه صنعت۴/۰ است. این پژوهشگران تکنولوژی‌های صنعت۴/۰ را در ۴ دسته اینترنت اشیاء، رایانش ابری، سیستم‌های سایبر- فیزیک، یکپارچه‌سازی برنامه‌های کاربردی سازمانی قرار دادند. قوباخلو (۲۰۲۰) معتقد است که تحولات دیجیتال صنعت۴/۰، موجب تغییر اساسی در شیوه کار و زندگی افراد شده و دستیابی به مفاهیم توسعه پایدار می‌تواند به ذینفعان صنعت۴/۰ در سازمان‌های تولیدی و خدماتی کمک کند تا فرصت‌های انقلاب دیجیتال را برای پیشرفت توسعه پایدار درک کنند.

http://stim.qom.ac.ir/

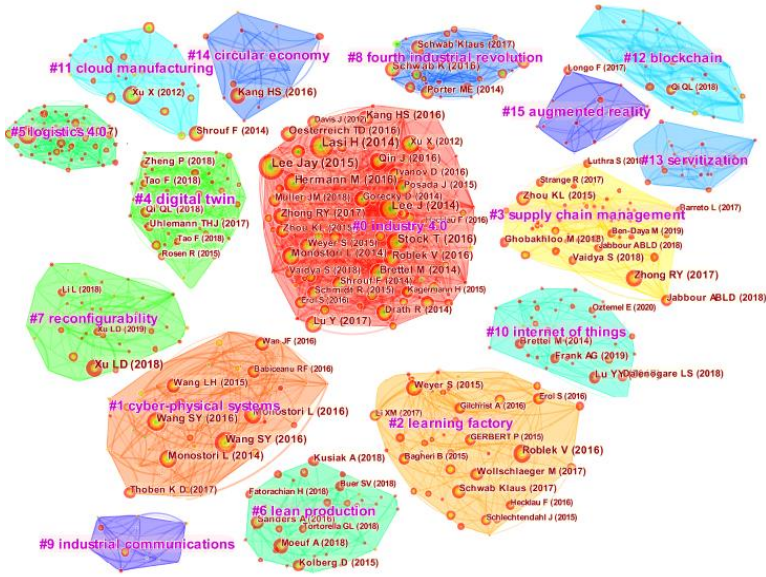
1. Chen
2. Cluster
3. Augmented Reality
4. Lasi

جدول ۵- اطلاعات تفصیلی خوشه هم‌استناد

عنوان خوشه	فعال/ غیرفعال	پایان	شروع	سیلوئت[1]	اندازه	شماره کلاستر
صنعت۴/۰	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۱	۰/۷۸۷	۱۲۸	۰
سیستم‌های سایبر- فیزیکال	فعال	۲۰۱۹	۲۰۰۹	۰/۸۸۵	۶۷	۱
کارخانه یادگیرنده[2]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۲	۰/۷۵۶	۶۵	۲
مدیریت زنجیره تأمین	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۲	۰/۸۰۵	۶۰	۳
دوقلوهای دیجیتال[3]	فعال	۲۰۱۹	۲۰۰۹	۰/۸۶۶	۵۹	۴
لجستیک۴/۰[4]	فعال	۲۰۱۹	۲۰۰۸	۰/۷۴۳	۵۶	۵
روابط صنعتی[5]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۳	۰/۸۶۵	۴۶	۶
قابلیت پیکربندی مجدد[6]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۰/۹	۴۴	۷
انقلاب صنعتی چهارم[7]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۲	۰/۹۱۹	۴۲	۸
تولید ناب[8]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۰/۹۱۱	۳۸	۹
اینترنت اشیاء[9]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۱	۰/۸۶۲	۳۵	۱۰
تولید ابری[10]	فعال	۲۰۱۹	۲۰۰۸	۰/۹۳۱	۳۴	۱۱
بلاکچین[11]	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۱	۰/۹۷۲	۳۳	۱۲
خدمت‌رسانی[12]	فعال	۲۰۱۹	۲۰۱۲	۰/۹۲۷	۲۶	۱۳
اقتصاد چرخشی	فعال	۲۰۲۰	۲۰۱۴	۰/۹۳۳	۱۷	۱۴
واقعیت افزوده[13]	فعال	۲۰۱۹	۲۰۱۵	۰/۹۳۷	۱۳	۱۵

1. Silhouette
2. Learning factory
3. Digital twin
4. Logistics 4.0
5. Industrial communication
6. Reconfigurability
7. Fourth industrial revolution
8. Lean production
9. Internet of things
10. Cloud manufactoring
11. Blockchain
12. Servitization
13. Augmented reality

/http://stim.qom.ac.ir



شکل ۵- دسته‌های موضوعی صنعت ۴/۰

جدول ٦- سه دسته موضوعی با بیشترین استناد در صنعت ۴/۰

شماره دسته	پژوهش‌های استناد شده[۲]	پژوهش‌های مورد استناد[۱]
۰	ژنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ قوباخلو[۶] (۲۰۲۰)؛ نظر اف[۷] و همکاران (۲۰۲۰)	لی[۳] و همکاران (۲۰۱۵)؛ هرمن[۴] و همکاران (۲۰۱۶)؛ لیسی و همکاران (۲۰۱۴)؛ کین[۵] و همکاران (۲۰۱۶)
۱	ژنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ کالبرس[۱۱] و همکاران (۲۰۲۰)؛ ناپلئون[۱۲] و همکاران (۲۰۲۰)	لیو[۸] و همکاران (۲۰۱۷)؛ اوزتمل[۹] و همکاران (۲۰۲۰)؛ هرتریچ[۱۰] و همکاران (۲۰۱۵)

1. Citing publications
2. Cited publications
3. Lee
4. Hermann
5. Qin
6. Ghobakhloo
7. Nazarov
8. Liu
9. Oztemel
10. Herterich
11. Calabrese
12. Napoleone

پژوهش‌های مورد استناد[1]	پژوهش‌های استناد شده[2]	شماره دسته
لیائو[1] و همکاران (۲۰۱۷)؛ لوئو[2] و همکاران (۲۰۱۷)؛ فرانک[3] و همکاران (۲۰۱۹)	ژنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ شارما[4] و همکاران (۲۰۲۰)، قوباخلو (۲۰۲۰)	۲

۴-۶. نقشه‌برداری درخت دانش

برای تعیین تکامل مطالعات صنعت۴/۰ در طول دوره مورد مطالعه، یک درخت نقشه‌برداری دانش صنعت۴/۰ با نمای زمان‌بندی[5] طراحی شد.

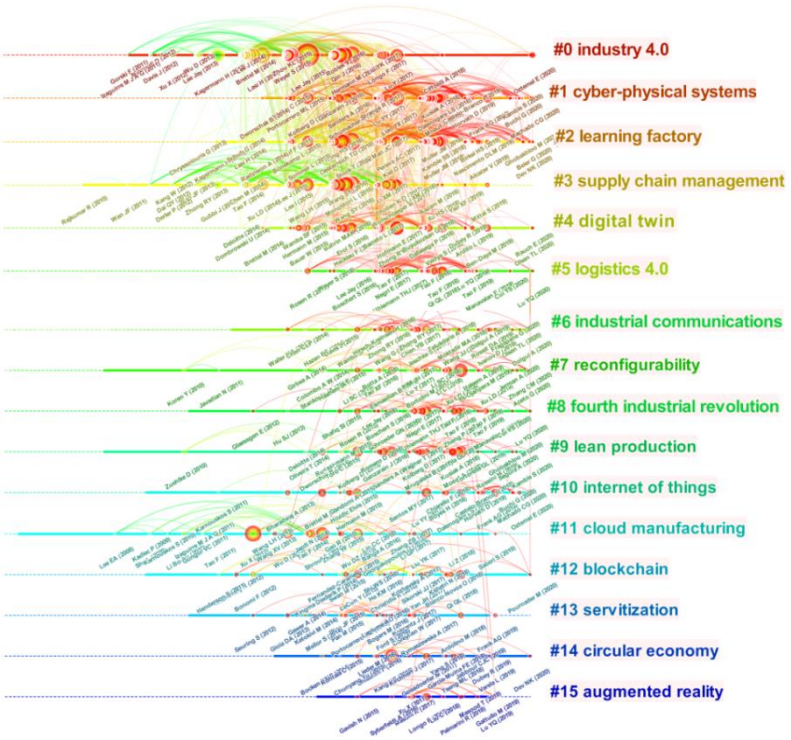
در شکل (۶) هر خوشه از چپ به راست توزیع زمانی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۶)، این خوشه‌ها از بالا به پایین دارای طیفی از رنگ‌های گرم به سرد (۲۰۲۰-۲۰۱۲) هستند. هرچه از طیف رنگ گرم به سمت رنگ‌های سرد حرکت می‌کنیم، اندازه خوشه‌ها و تعداد رفرنس‌های موجود در هر دسته، کاهش می‌یابد.

در هر یک از خوشه‌ها کمان‌هایی با طیف رنگی مختلف نشان داده شده است. هرچه طیف رنگ‌ها گرم‌تر باشد، خوشه‌ها جدیدتر است. در مورد گره‌ها نیز همین امر صادق است. هرچه اندازه گره‌ها بزرگ‌تر باشند، نشان‌دهنده تعداد ارجاعات بیشتر و هرچه از طیف رنگ‌های سرد به سمت گرم حرکت کنیم، نشان‌دهنده جدید بودن ارجاعات است.

علاوه‌بر این، واضح است که تمامی خوشه‌های فعال فعلی در گروه خوشه‌های جدید گنجانده شده‌اند، که نشان‌دهنده مرز تحقیق است. این نشانگرها معمولاً نشان‌دهنده استناد زیاد، شکوفایی یا مرکزیت شبکه هم‌استنادی هستند.

http://stim.qom.ac.ir/

1. Liao
2. Luo
3. Frank
4. Sharma
5. Timeline view



شکل ٦- جدول زمانی تحلیل هم‌استنادی

۵. کیفیت۴/۰

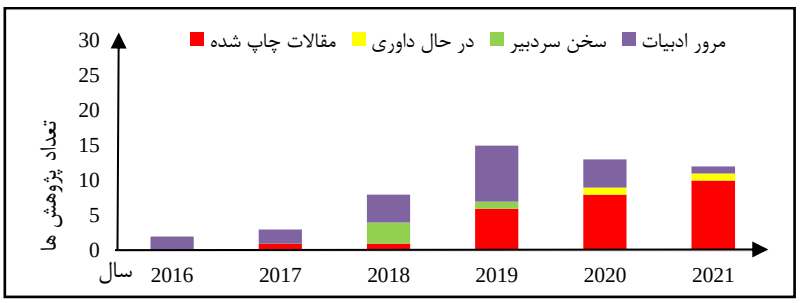
یکی از شاخه‌های مهم در صنعت۴/۰، کیفیت۴/۰ است. در این بخش از پژوهش، پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه کیفیت۴/۰ از نظر تعداد مقالات، رابطه همکاری بین کشورها و... مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۱. تعداد پژوهش‌های کیفیت۴/۰

همان‌گونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، کل پژوهش‌های کاملاً مرتبط صورت گرفته در حوزه کیفیت۴/۰ در پایگاه وب آو ساینس، ۵۴ پژوهش بوده، که این پژوهش‌ها بین سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۶، منتشر شده‌اند. همان‌گونه که در شکل (۷) قابل مشاهده است، بیشترین تعداد مقاله منتشر شده حوزه کیفیت ۴/۰ در سال ۲۰۲۱ با ۱۱ مقاله بوده است. این امر نشان‌دهنده توسعه روزافزون بحث کیفیت۴/۰ در جامعه دانشگاهی و علمی است. با بررسی مقالات منتشر شده در حوزه کیفیت۴/۰، تعداد ۹ پژوهش در حوزه مدیریت کیفیت انجام شده، که مهم‌ترین موضوع مورد

http://stim.qom.ac.ir/

توجه پژوهشگران بوده است. سایر موضوعات مورد توجه در این حوزه عبارتند از: کنترل کیفیت، مهندسی کیفیت، فرهنگ کیفیت و... .



شکل۷- تعداد پژوهش‌های منتشر شده در حوزه کیفیت ۴/۰

داده‌های مندرج در جدول (۷)، ۱۰ مجله پرمحتوا در زمینه کیفیت ۴/۰ را نشان می‌دهد. براساس داده‌های این جدول، تقریباً ۵۰ درصد از پژوهش‌های انجام شده در حوزه کیفیت ۴/۰، در این مجلات منتشر شده‌اند. همان‌گونه که در جدول (۷) قابل مشاهده است، مجله بین‌المللی تحقیقات کیفیت[1] با انتشار ۵ مقاله تا سال ۲۰۲۱، ۱۰ درصد از سهم مقالات را به خود اختصاص داده است. پژوهش‌های منتشر شده در این مجله، بیشتر در حوزه‌های مدیریت کیفیت، کیفیت فرایند، کیفیت آموزش و کیفیت دیجیتال است که در انقلاب صنعتی چهارم این موضوعات نسبت به سایر موضوعات بسیار تغییر کرده‌اند. این مفاهیم می‌تواند به پژوهشگران و سازمان‌ها چشم‌انداز وسیعی در طراحی مدل کیفیت ۴/۰ ارائه دهد.

جدول ۷ - مجلات برتر براساس تعداد انتشارات

رتبه	عنوان مجلات	تعداد	درصد پژوهش‌ها
۱	مجله بین‌المللی تحقیقات کیفیت[2]	۵	٪۱۰
۲	ای اف سی آ- پیپر آنلاین[3]	۴	٪۸
۳	مدیریت کیفیت جامع و تعالی کسب‌وکار[4]	۴	٪۸

1. International Journal for Quality Research
2. International Journal of Quality Research
3. IFAC-PapersOnLine
4. Total Quality Management & Business Excellence

http://stim.qom.ac.ir/

رتبه	عنوان مجلات	تعداد	درصد پژوهش‌ها
۴	پروسدیا[1]	۳	٪۶
۵	نشریه علوم و تکنولوژی[2]	۲	٪۳/۷۷۴
۶	پیشرفت در علوم اجتماعی، آموزش و تحقیقات علوم انسانی[3]	۱	٪۲
۷	سالنامه تحقیق در عملیات[4]	۱	٪۲
۸	مجله علوم و فناوری تولید[5]	۱	٪۲
۹	مجموعه مقالات اروپایی علوم اجتماعی و رفتاری[6]	۱	٪۲
۱۰	سیستم‌های کامپیوتری نسل آینده[7]	۱	٪۲

۵-۲. روابط همکاری بین کشورها

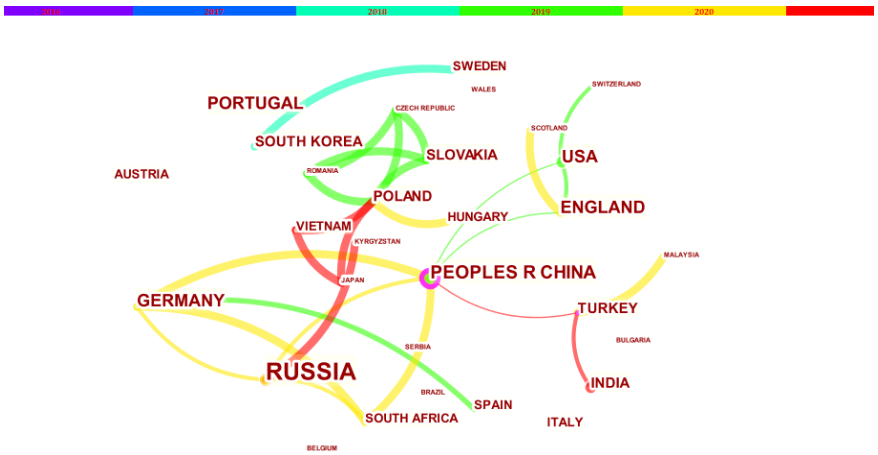
شکل (۸) رابطه همکاری بین کشورها در حوزه کیفیت۴/۰ را نشان می‌دهد.

حلقه مرکزی موجود در گره‌های کشور چین، کره شمالی و سوئد (سبز کم‌رنگ) نشان‌دهنده این است که این سه کشور اولین کشورهایی بوده‌اند که در زمینه کیفیت۴/۰ وارد مباحث پژوهشی شده‌اند. حوزه‌هایی که در کشورهای فوق توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند، عبارتند از: مدیریت و سیستم‌های کنترل خودکار.

با توجه به خطوط ارتباطی می‌توان دریافت که اولین روابط همکاری در حوزه کیفیت۴/۰ بین کشورهای پرتغال و سوئد در سال ۲۰۱۸ بوده است. حوزه‌ای که این دو کشور در مورد آن با یکدیگر همکاری داشته‌اند، سیستم‌های کنترل خودکار در کیفیت۴/۰ بوده است. در سال ۲۰۱۹ بیشترین روابط همکاری بین کشورهای آمریکا، انگلیس، سویتزرلند و چین بوده است. این کشورها در حوزه مهندسی تولید با یکدیگر همکاری داشته‌اند.

http://stim.qom.ac.ir/

1. Prosedia
2. Journal of Science and Technology
3. Advances in Social Science, Education and Humanities Research
4. Annals of Operations Research
5. Journal of Manufacturing Science and Technology
6. The European Journal of Social & Behavioural Sciences
7. Future Generation Computer Systems



شکل ۸- روابط همکاری بین کشورها حوزه کیفیت ۴/۰

حلقه‌های بنفش اطراف کشورها، میزان مرکزیت کشورها را نشان می‌دهد. با توجه به حلقه بنفش‌رنگ اطراف کشورها در شکل (۸) و داده‌های مندرج در جدول (۸)، می‌توان دریافت که تنها دو کشور چین و ترکیه در حوزه کیفیت ۴/۰ دارای مرکزیت هستند. از بین دو کشور فوق، کشور چین با میزان مرکزیت ۰/۲۳، به‌عنوان نقطه عطف در بین سایر کشورها در نظر گرفته شده است. موضوعاتی که در حوزه کیفیت ۴/۰، کشور چین بر آن‌ها تمرکز دارد، کیفیت صنعتی، کیفیت داده‌ها، کیفیت خدمات و مدیریت کیفیت است.

جدول ۸- نقاط عطف شبکه همکاری کشورها

رتبه	کشور	مرکزیت	سال
۱	چین	۰/۲۳	۲۰۱۹
۲	ترکیه	۰/۱	۲۰۲۰

علاوه‌بر موارد فوق، می‌توان کشورها را براساس بیشترین تعداد انتشارات صورت گرفته در هر کشور، طبقه‌بندی نمود. همان‌گونه که در جدول (۹)، مشاهده می‌شود، کشور روسیه با ۸ انتشار، بیشترین سهم از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه کیفیت ۴/۰ را به خود اختصاص داده است. حوزه‌هایی که در این کشور بیشتر توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است، عبارتند از: کنترل کیفیت، کیفیت داده‌ها، کیفیت محصولات، کیفیت فرایندها و مدیریت کیفیت در صنعت ۴/۰. پس از روسیه، کشور آمریکا با ۶ پژوهش در جایگاه دوم قرار دارد. حوزه‌های مورد توجه در پژوهش‌های انجام شده در این کشور، ابعاد کیفیت، کیفیت محصولات، کنترل کیفیت و مدیریت کیفیت هستند.

http://stim.qom.ac.ir/

جدول ۹- تعداد مقالات انتشار یافته در کشورهای مختلف

رتبه	کشور	تعداد مقالات	سال
۱	روسیه	۸	۲۰۱۸
۲	آمریکا	۶	۲۰۱۸
۳	چین	۵	۲۰۱۹
۴	آلمان	۴	۲۰۱۶
۵	انگلیس	۴	۲۰۱۹
۶	پرتغال	۴	۲۰۱۸
۷	ترکیه	۳	۲۰۲۰
۸	اسلواکی	۳	۲۰۱۹
۹	کره جنوبی	۳	۲۰۱۷
۱۰	هند	۳	۲۰۲۱

۵-۳. موضوعات داغ[1] کیفیت۴/۰

نتایج مندرج در جدول (۱۰) نشان می‌دهد که از بین موضوعات داغ در این حوزه، کیفیت۴/۰، صنعت۴/۰، کیفیت و داده‌های بزرگ، سه موضوعی هستند که به ترتیب بیشتر توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند. از سوی دیگر، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در بین موضوعات داغ کیفیت۴/۰، موضوعاتی مانند تولید هوشمند مشاهده می‌شود، که می‌توان انتظار داشت جهت دستیابی به کیفیت۴/۰، تولید باید به سمت هوشمند شدن حرکت کند، و کنترل کیفیت باید اتوماتیک و با کمک ربات‌ها انجام شود تا سازمان بتواند به سمت کیفیت۴/۰ حرکت کند.

جدول۱۰- موضوعات داغ کیفیت۴/۰

سال (۲۰۲۱-۲۰۱۶)		
واژگان کلیدی	فراوانی	مرکزیت
صنعت۴/۰	۳۲	۰/۶
کیفیت	۸	۰/۳۲
داده‌های بزرگ	۷	۰/۰۵
مدیریت کیفیت	۲	۰/۰۱
بلاکچین	۲	۰/۰۴
تولید هوشمند	۲	۰/۰۵

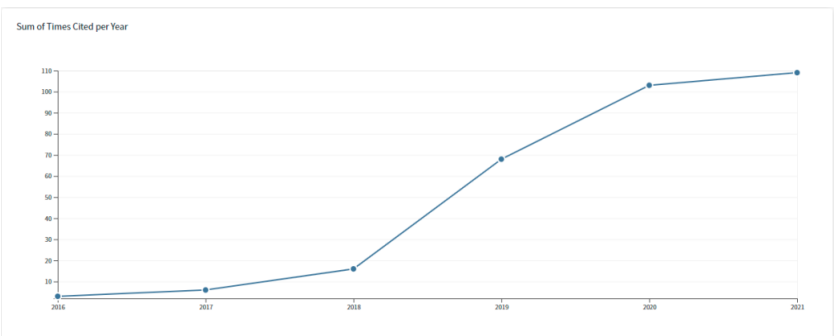
1. Hot Topic

http://stim.qom.ac.ir/

سال (۲۰۲۱-۲۰۱٦)		
واژگان کلیدی	فراوانی	مرکزیت
کیفیت خدمات	۲	۰/۰۱
فرهنگ کیفیت	۲	۰/۰۱
کنترل کیفیت خودکار	۲	۰/۰۲
کنترل کیفیت با کمک ربات	۲	۰/۰۱
بازرسی خودکار	۱	۰
مدل کیفیت و تعالی سازمانی ۲۰۲۰	۱	۰

۵-۴. تحلیل استنادی موضوعات پژوهشی کیفیت۴/۰

شکل (۹) مجموع استنادها به مقالات کیفیت۴/۰ را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از وب آو ساینس، مجموع استنادات در این زمینه ۳۰۵ استناد بوده است که با حذف خوداستنادی، این تعداد به ۲۸۵ استناد کاهش یافت. با توجه به شکل (۹)، میزان استناد به پژوهش‌های انجام شده در حوزه کیفیت۴/۰ تا سال ۲۰۱۷، دارای شیب بسیار ملایم بوده است، این در حالی است که تعداد این استنادها از سال ۲۰۱۸ با شیب زیادی صعودی شده است، بنابراین، می‌توان انتظار داشت در سال‌های آتی تعداد استنادها افزایش چشمگیری داشته باشد.



شکل ۹- مجموع استناد به پژوهش‌های انتشار یافته در کیفیت۴/۰

علاوه‌بر این، در زمینه کیفیت۴/۰، برخی مقالات وجود دارد که بیشتر از سایر مقالات به آن‌ها استناد شده است. جدول (۱۱)، مقالات پر استناد در حوزه کیفیت۴/۰ را نشان می‌دهد. در ادامه سه مقاله پر استناد در این جدول مورد بررسی قرار گرفته است. اولین مقاله پراستناد در حوزه کیفیت۴/۰، توسط آلبرس و همکاران (۲۰۱۶) منتشر شده است، از نظر این پژوهشگران، صنعت۴/۰، منجر به تولید هوشمند، متصل و غیرمتمرکز شده است، و با ارتباط مستمر بین انسان، ماشین و محصولات که

http://stim.qom.ac.ir/

توسط سیستم‌های سایبر- فیزیکی گسترش‌یافته‌اند و منجر به کاهش زمان، هزینه و در نهایت بهبود کیفیت محصولات شده است. دومین مقاله پر استناد در حوزه کیفیت۴/۰، توسط گوناسکاران و همکاران (۲۰۱۹)، منتشر شده است. از نگاه این پژوهشگران، مدیریت کیفیت در صنعت۴/۰ باید از نظر اقتصادی، نیروی انسانی، کیفیت در مدل‌های کسب‌وکار و... مورد بررسی قرار گیرد. سومین مقاله پراستناد در حوزه کیفیت۴/۰، توسط پارک و همکاران (۲۰۱۷) منتشر شده است. از نظر این پژوهشگران، صنعت۴/۰ کلیه جنبه‌های زندگی بشر، ازجمله فرهنگ و کیفیت را تحت تأثیر قرار داده است، که در این شرایط، تعاملات داده‌محور، داده‌های بزرگ، هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و... در دستیابی به این امر کمک می‌کنند و باعث خلاقیت تیمی، بازرسی کل بخش‌های سازمان و ارزش‌گذاری بر فناوری‌های هوشمند می‌شود.

جدول ۱۱- مقالات پراستناد کیفیت ۴/۰

	عنوان	نویسندگان	مجله	سال انتشار	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	کل رفرنس‌ها	میانگین
۱	رویه‌ای برای ترسیم اهداف در پروژه‌های صنعت۴/۰ با تمرکز بر سیستم‌های کنترل کیفیت هوشمند	آلبرس، گلادیس، پینر، بوتنکو و استورملینگر[2]	پروسدیا[1]	۲۰۱۶	۴	۶	۱۱	۱۱	۶	۳۸	۶/۳۳
۲	مدیریت کیفیت سازمانی در قرن ۲۱: مسیری به سمت صنعت۴/۰	گوناسکاران، سوبرامانیان و نگای[4]	مجله بین‌المللی اقتصاد تولید[3]	۲۰۱۹	۰	۰	۱۱	۶	۱۹	۳۶	۱۲
۳	فرهنگ‌سازی جدید برای مدیریت کیفیت در عصر انقلاب صنعتی چهارم	پارک، سون شین، هیون پارک و لی[6]	مدیریت کیفیت جامع و تعالی کسب‌وکار[5]	۲۰۱۷	۰	۱	۱۲	۷	۸	۲۸	۵/۶

1. Prosedia
2. Albers, Gladysz, Pinner, Butenko & Stürmlinger
3. International Journal of Production Economics
4. Gunasekaran, Subramanian & Ngai
5. Total Quality Management & Business Excellence
6. Park, Seon Shin, Hyun Park & Lee

http://stim.qom.ac.ir/

	عنوان	نویسندگان	مجله	سال انتشار	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	کل رفرنس‌ها	میانگین
۴	چالش‌های پژوهشی صنعت۴/۰ برای مدیریت کیفیت	فویدل و فلدرر[۲]	ثبت سخنرانی‌ها در فرایند اطلاعات کسب‌وکار[۱]	۲۰۱۶	۲	۲	۴	۶	۱۰	۲۷	۴/۵
۵	فرهنگ کیفیت شرکت‌های تولیدی: راهی برای انطباق با صنعت۴/۰	دورانا، کرال، استهل، لازاروبو و اسروکا[۴]	علوم اجتماعی[۳]	۲۰۱۹	۰	۰	۷	۱۳	۱	۲۱	۷/۳۳
۶	مدیران کیفیت و انتظارات آینده آن‌ها از فناوری‌ها در صنعت۴/۰	زاوادسکا و زاوادسکی[۵]	مدیریت کیفیت جامع و تعالی کسب‌وکار	۲۰۱۸	۰	۲	۷	۷	۵	۲۱	۱۰/۵
۷	یادگیری عمیق برای کنترل کیفیت بصری در صنعت۴/۰	ویلالبا دیز، اشمیت، گورس، اوردیرس مره، بوچویتس و ولبروک[۷]	سنسور[۶]	۲۰۱۹	۰	۰	۰	۱۱	۷	۱۸	۶
۸	کارت امتیازی کیفیت برای انقلاب صنعتی چهارم[۹]	شین، دالگارد، دالگارد-پارک و کیم[۸]	مدیریت کیفیت جامع و تعالی کسب‌وکار	۲۰۱۸	۰	۰	۲	۷	۳	۱۲	۳

۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش با کمک روش علم‌سنجی، شرح مفصلی از تحولات صورت گرفته در حوزه صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ ارائه شد که از طریق آن می‌توان نحوه تأثیرگذاری فناوری‌های نوین در

1. Lecture Notes in Business Information Processing
2. Foidl & Felderer
3. Social Sciences
4. Durana, Kral, Stehel, Lazaroiu & Sroka
5. Závadská & Závadský
6. Sensors
7. Villalba-Diez, Schmidt, Gevers, Ordieres-Meré, Buchwitz & Wellbrock
8. Shin, Dahlgaard, Dahlgaard-Park & Kim
9. A Quality Scorecard for the era of Industry 4.0

http://stim.qom.ac.ir/

تغییرات صورت گرفته در سازمان‌ها را مشاهده نمود. در این راستا، ابتدا کلیدواژه‌های مورد نظر برای بازیابی پژوهش‌ها (اعم از مقالات علمی، مقالات مروری، کتاب‌ها، نامه‌ها و...) در پایگاه وب آو ساینس جستجو شدند. پس از جستجو و ذخیره‌سازی این پژوهش‌ها، از نرم‌افزار سایت اسپیس جهت تحلیل یافته‌ها استفاده گردید. در این پژوهش سعی شده است با بررسی ادبیات موجود از سال ۲۰۱۲ تاکنون، حوزه تحقیقاتی و موضوعات مورد توجه پژوهشگران در کشورهای مختلف در حوزه صنعت۴/۰ و پژوهش‌های موجود در حوزه کیفیت۴/۰ از سال ۲۰۱۵ تاکنون مورد بررسی قرار گیرد. دلیل استفاده از بازه زمانی فوق این است که مفهوم انقلاب صنعتی چهارم از سال ۲۰۱۲ و مفهوم کیفیت۴/۰ از سال ۲۰۱۵ وارد مباحث پژوهشی شده است.

براساس یافته‌های این پژوهش، درپی تحولات صورت گرفته در انقلاب صنعتی چهارم، فناوری‌ها به طور کلی دستخوش تغییر شدند و فناوری‌هایی مانند سیستم‌های سایبر- فیزیکال، چاپ سه بُعدی، بلاکچین، داده‌های بزرگ و... (شکل ۵ و جدول ۵)، کلیه بخش‌های جهان را متحول ساختند. در این دوران روابط انسان‌ها با یکدیگر و با اشیاء بسیار تحت تاثیر قرار گرفت و افراد توانستند از طریق اشیاء هوشمند و متصل به اینترنت با افراد مختلف در هر نقطه‌ای از جهان ارتباط برقرار نمایند و جهان را به یک دهکده متصل تبدیل کنند. این اتصال نه‌تنها به روابط انسان‌ها، بلکه در اتصال ماشین‌ها به انسان‌ها و دریافت اطلاعات از آن‌ها کمک کرد و باعث شد کلیه فعالیت‌های سازمانی، شهری و... با کمک این فناوری متحول شوند و مفاهیمی مانند شهرهای هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، تولید هوشمند، طراحی محصول هوشمند و... شکل گیرد. با تغییر در این مفاهیم انتظار می‌رود دیگر نتوان از روش‌های سنتی برای انجام امور و بررسی کیفیت سازمانی استفاده نمود و نیاز به تغییر در انجام فعالیت‌های کلیه بخش‌ها و ایجاد مفهومی به نام کیفیت۴/۰ ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

کیفیت۴/۰ از همکاری نزدیک مدیریت کیفیت با صنعت۴/۰ به‌منظور ایجاد کارایی، عملکرد و نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار ایجاد شده است. مفهوم کیفیت۴/۰ شامل دیجیتالی شدن مدیریت کیفیت و مهم‌تر از همه، رابطه دیجیتالی شدن، فناوری، فرآیندها و افراد، با کیفیت است. تغییراتی که در کیفیت۴/۰ با دیجیتالی شدن همراه است، باید به‌عنوان موضوعات سازمانی در نظر گرفته شود که با کیفیت محصولات و خدمات در ارتباط باشد و با جمع‌آوری داده‌های بزرگ، سبب ارائه بهتر بینش به افراد، تأمین‌کنندگان و مشتریان، همچنین انجام بهتر کارها گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده، در سال‌های اخیر بسیاری از سازمان‌ها در کشورهای در حال

http://stim.qom.ac.ir/

توسعه و توسعه‌یافته سعی کرده‌اند مفاهیم کیفیت۴/۰ را در بخش‌های مختلفی مانند رهبری، فرهنگ، تدوین استراتژی و... بکار گیرند و از فناوری‌های هوشمند، جهت کنترل کیفیت هوشمند سازمان استفاده نمایند. بنابراین، می‌توان افق دید پژوهش‌های آتی در حوزه صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ را ورود مباحثی مانند رهبری دیجیتال، فرهنگ دیجیتال، ساختار سازمانی دیجیتال و... در نظر گرفت.

بنابراین، پژوهش حاضر می‌تواند به سایر پژوهشگران کمک کند تا مسیر حرکت تحقیقات آتی صنعت۴/۰ به ویژه کیفیت۴/۰ را شناسایی کنند و با حرکت در این مسیر، از پژوهش‌های تکراری پرهیز کرده و به راحتی خلأهای تحقیقاتی صنعت۴/۰ و کیفیت۴/۰ را شناسایی کنند. علاوه‌بر این، سازمان‌ها نیز می‌توانند با در نظر گرفتن مفاهیم و تکنولوژی‌های مهم شناسایی شده در این پژوهش، سازمان‌های خود را به سمتی حرکت دهند تا بتوانند محصولات و خدماتی ارائه دهند که متناسب با شرایط کنونی صنعت۴/۰ باشد. البته شایان ذکر است به دلیل جدید بودن مباحث صنعت۴/۰ (مانند کیفیت۴/۰، لجستیک۴/۰ و...) و تعداد اندک پژوهش‌ها در هر یک از حوزه‌های فوق، شناسایی مسیر حرکت آن‌ها سخت‌تر باشد که پژوهشگران می‌توانند با بررسی سایر پایگاه‌ها این مشکل را برطرف سازند.

http://stim.qom.ac.ir/

References

Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V. & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of an industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems. *Procedia Cirp*, 52: 262-267. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.067.

Ardito, L., Petruzzelli, A.M., Panniello, U. & Garavelli, A.C. (2019). Towards Industry 4.0. *Business Process Management Journal*.25(2): 323-346. https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088.

Asif, M. (2020). Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258: 120820. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120820.

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M. & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes–A literature review. *Journal of cleaner production*, 41: 120856. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856.

Büchi, G., Cugno, M. & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150: 119790. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790.

Bueno, A.F., Godinho Filho, M. & Frank, A.G. (2020). Smart Production Planning and Control in the Industry 4.0 context: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 149: 106774. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106774.

Calabrese, A., Levialdi Ghiron, N. & Tiburzi, L. (2020). '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): 1-15. https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1719715.

Chen, C., Dubin, R. & Kim, M.C. (2014). Emerging trends and new developments in regenerative medicine: a scientometric update (2000-2014). *Expert Opin Biol Ther*, 14: 1295–1317. https://doi.org/10.1517/14712598.2014.920813.

Chiarini, A. (2020). Industry 4.0, quality management and TQM world: A systematic literature review and a proposed agenda for further research. *The TQM Journal*: 32(4). 603-616. https://doi.org/10.1108/TQM-04-2020-0082.

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. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019.

Durana, P., Kral, P., Stehel, V., Lazaroiu, G. & Sroka, W. (2019). Quality Culture of Manufacturing Enterprises: A possible way to adaptation to Industry 4.0. *Social Sciences*, 8(4): 124. https://doi.org/10.3390/socsci8040124.

Foidl, H. & Felderer, M. (2015). *Research challenges of industry 4.0 for quality management*. In: International conference on enterprise resource planning systems: 121-137. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32799-0_10.

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:

/http://stim.qom.ac.ir

15-26. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004.

Freeman, L.C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40: 35–41.

Gattullo, M., Scurati, G.W., Fiorentino, M., Uva, A.E., Ferrise, F. & Bordegoni, M. (2019). Towards augmented reality manuals for industry 4.0: A methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 56: 276-286. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.10.001.

Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252: 119869. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869.

Gunasekaran, A., Subramanian, N. & Ngai, W.T.E. (2019). Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0. *International Journal of Production Economics*. 207: 125-129. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.005.

Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016). *Design principles for industrie 4.0 scenarios.* In: 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS): 3928-3937. https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488.

Herterich, M.M., Uebernickel, F. & Brenner, W. (2015). The impact of cyber-physical systems on industrial services in manufacturing. *Procedia Cirp*, 30: 323-328. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.110

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R.P. & Suman, R. (2021). Significance of Quality 4.0 towards comprehensive enhancement in manufacturing sector. *Sensors International*, 2: 100109. https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100109.

Korner, M.E., Lambán, M.P., Albajez, J.A., Santolaria, J., Ng Corrales, L.D.C. & Royo, J. (2020). Systematic literature review: integration of additive manufacturing and industry 4.0. *Metals*, 10(8): 1061. https://doi.org/10.3390/met10081061

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T. & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6(4): 239-242. https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4.

Lee, J., Bagheri, B. & Kao, H.A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3: 18-23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.D.F.R. & Ramos, L.F.P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12): 3609-3629. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576.

Liu, C., Cao, S., Tse, W. & Xu, X. (2017). Augmented reality-assisted intelligent window for cyber-physical machine tools. *Journal of Manufacturing Systems*, 44: 280-286. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.04.008.

Luo, X., Zhang, X., Zhang, L. & Huang, G. (2017). Visualization of Chinese CBM research: a scientometrics review. *Sustain*, 9: 980–991. https://doi.org/10.3390/su9060980.

Machado, C.G., Winroth, M.P. & Ribeiro da Silva, E.H.D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(5): 1462-1484. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777.

Napoleone, A., Macchi, M. & Pozzetti, A. (2020). A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories. *Journal of manufacturing systems*, 54: 305-335. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.007.

http://stim.qom.ac.ir/

Nazarov, D. & Klarin, A. (2020). Taxonomy of Industry 4.0 research: Mapping scholarship and industry insights. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4): 535-556. https://doi.org/10.1002/sres.2700.

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. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.08.011.

Oztemel, E. & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1): 127-182. https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8

Park, S., Seon Shin, W., Hyun Park, Y. & Lee, Y. (2017). Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(9-10): 934-945. https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1310703

Piscitelli, G., Ferazzoli, A., Petrillo, A., Cioffi, R., Parmentola, A. & Travaglioni, M. (2020). Circular economy models in the industry 4.0 era: a review of the last decade. *Procedia Manufacturing*, 42: 227-234. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.074.

Qin, J., Liu, Y. & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, 52: 173-178. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005.

Radziwill, N.M. (2018). Quality 4.0: Let's Get Digital-The many ways the fourth industrial revolution is reshaping the way we think about quality. *ArXiv preprint arXiv*, 1810.07829. https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.07829

Rajput, S. & Singh, S.P. (2020). Industry 4.0 model for circular economy and cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 277: 123853. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123853.

Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D. & Terzi, S. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(6): 1662-1687. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680896.

Sader, S., Husti, I. & Daróczi, M. (2019). Industry 4.0 as a Key Enabler Toward Successful Implementation of Total Quality Management Practices. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(2): 131-140. https://doi.org/10.3311/PPso.12675.

Sader, S., Husti, I. & Daroczi, M. (2021). A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(10): 1-19. https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1944082.

Sharma, R., Jabbour, C.J.C. & de Sousa Jabbour, A.B.L. (2020). Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1): 230-266. https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2020-0024.

Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L. & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4): 607-617. https://doi.org/10.1002/sres.2704.

Shin, W.S., Dahlgaard, J.J., Dahlgaard-Park, S.M. & Kim, M.G. (2018). A Quality Scorecard for the era of Industry 4.0. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(9-10): 959-976. https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1486536.

Sony, M. & Naik, S. (2020). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7): 2213-2232.

/http://stim.qom.ac.ir

https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284.

Szymańska, K. (2020). *Organisational Culture in the Industry 4.0 Era: Introduction to Research*. In: Contemporary Challenges in Cooperation and Coopetition in the Age of Industry 4.0. 6: 123-136. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30549-9_6

Vaidya, S., Ambad, P. & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0–a glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20: 233-238. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034.

Villalba-Diez, J., Schmidt, D., Gevers, R., Ordieres-Meré, J., Buchwitz, M. & Wellbrock, W. (2019). Deep learning for industrial computer vision quality control in the printing industry 4.0. *Sensors*, 19(18): 3987. https://doi.org/10.3390/s19183987

Wang, J., Zhao, X., Guo, X. & Li, B. (2018). Analyzing the research subjects and hot topics of power system reliability through the Web of Science from 1991 to 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82: 700-713. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.064

Xu, L.D. (2020). The contribution of systems science to Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4): 618-631. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806.

Xu, L.D., Xu, E.L. & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2941-2962. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806.

Yang, L., He, L., Ma, Y., Wu, L. & Zhang, Z. (2019). Avisualized investigation on the intellectual structure and evolution of waste printed circuit board research during 2000–2016. *Environ Sci Pollut Res*, 26: 11336-11341. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04590-8.

Závadská, Z. & Závadský, J. (2018). Quality managers and their future technological expectations related to Industry 4.0. *Total quality management & business excellence*, 31(7-8): 717-741. https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1444474.

Zhang, Y., Li, C., Ji, X., Yun, C., Wang, M. & Luo, X. (2020). The knowledge domain and emerging trends in phytoremediation: a scientometric analysis with CiteSpace. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 1-22. https://doi.org/10.1007/s11356-020-07646-2.

Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A. & Perona, M. (2020). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6): 1-33. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085.

Zonnenshain, A. & Kenett, R.S. (2020). Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 1-13. https://doi.org/10.1080/08982112.2019.1706744.

http://stim.qom.ac.ir/