

Background and Purpose: The Purpose of This Article Is to Examine the Agility of the Production Process Using Smart Industry Mechanisms

Esmail Ameri Dehabadi¹, Rasoul Sanavi Fard^{2*}, Kiamarth Fathi Hafashjani³

1. PhD student in the Department of Management, Faculty of Humanities, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.
2. Associate Professor, Department of Management, Faculty of Humanities, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.
3. Associate Professor, Department of Management, Faculty of Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFORMATION

Article Type: Original Research

Pages: 977-1000

Article history:

Received: 9 Aug 2023

Edition: 15 Oct 2023

Accepted: 19 Des 2023

Published online: 31 Dec 2023

Keywords:

agility, production processes, industry intelligence approach.

Corresponding Author:

Rasoul Sanavi Fard

Address:

Iran, Qom, Islamic Azad University, Qom Branch, Faculty of Humanities, Department of Management.

Orchid Code:

0000-0002-3841-5709

Tel:

09123512517

Email:

dr.sanavifard@gmail.com

ABSTRACT

Background and Aims: The purpose of this article is to examine the agility of the production process using smart industry mechanisms.

Materials and Methods: The research method was applied in terms of purpose, and in terms of the method of collecting information, it was part of mixed research (qualitative-quantitative). And in the quantitative part of the research, all the managers of the country's food industry were included, and 340 people were selected as subjects by stratified random sampling. The data collection tool was interview in the qualitative part and researcher-made questionnaire in the quantitative part. The validity of the questionnaire in terms of form and content was confirmed by several experts, convergent validity was confirmed by calculating the average variance extracted, and divergent validity was confirmed by calculating the square root of AVE. The reliability of the questionnaire was obtained through Cronbach's alpha for the whole questionnaire at 0.86. Cronbach's alpha, Kolmogorov-Smirnov and confirmatory factor analysis were used to analyze the data.

Ethical Considerations: In all stages of writing the present research, while respecting the originality of the texts, honesty and trustworthiness have been observed.

Findings: Among the 52 indicators (items) available, 13 main components and 4 dimensions can be identified.

Conclusion: The results showed that the main dimensions of production process agility with the 4-industry intelligence approach included smart production, smart employees, smart products and smart supply chain respectively. The fit of the model was also examined.

Cite this article as:

Ameri Dehabadi E, Sanavi Fard R, Fathi Hafashjani K. Background and Purpose: The Purpose of This Article Is to Examine the Agility of the Production Process Using Smart Industry Mechanisms. *Economic Jurisprudence Studies*. 2023.



دوره پنجم، شماره پیاپی ۵، سال ۱۴۰۲

بررسی چابک‌سازی فرایند تولید با استفاده از سازوکارهای صنعت هوشمند

اسمعیل عامری ده‌آبادی^۱، رسول ثانوی فرد^{۲*}، کیامرث فتحی هفشجانی^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت، دانشکده علوم انسانی، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران.

۲. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم انسانی، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران.

۳. استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: هدف مقاله حاضر بررسی چابک‌سازی فرایند تولید با استفاده از سازوکارهای صنعت هوشمند است.

مواد و روش‌ها: روش تحقیق از نظر هدف، کاربردی و به‌لحاظ نحوه گردآوری اطلاعات جزء پژوهش‌های آمیخته (کیفی- کمی) بود. جامعه آماری در بخش کیفی شامل استادان، صاحب‌نظران حوزه تکنولوژی و تولید، مدیران ارشد تولید و تحقیق توسعه در صنایع غذایی بودند که با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند به تعداد ۱۰ نفر انتخاب شدند. و در بخش کمی پژوهش شامل همه مدیران صنایع غذایی کشور بود که از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای تعداد ۳۴۰ نفر به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها، در بخش کیفی، مصاحبه و در بخش کمی، پرسش‌نامه محقق‌ساخته بود. روایی پرسش‌نامه از نظر صوری و محتوایی از طریق چند نفر از خبرگان، روایی همگرا از طریق محاسبه میانگین واریانس استخراج‌شده و روایی واگرا از طریق محاسبه جذر AVE به تأیید رسید. پایایی پرسش‌نامه از طریق آلفای کرونباخ برای کل پرسش‌نامه ۰/۸۶ به‌دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آلفای کرونباخ، کولموگروف-اسمیرنوف و تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی: در تمام مراحل نگارش پژوهش حاضر، ضمن رعایت اصالت متون، صداقت و امانت‌داری رعایت شده است.

یافته‌ها: از میان ۵۲ شاخص (گویه) موجود، ۱۳ مؤلفه اصلی و ۴ بعد قابل شناسایی است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که ابعاد اصلی چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ به‌ترتیب شامل تولید هوشمند، کارکنان هوشمند، محصولات هوشمند و زنجیره تأمین هوشمند بودند. هم‌چنین برازش مدل نیز مورد بررسی قرار گرفت.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

صفحات: ۹۷۷-۱۰۰۰

سابقه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

واژگان کلیدی:

چابک‌سازی، فرایندهای تولید، رویکرد هوشمندی صنعت.

نویسنده مسئول:

رسول ثانوی فرد

آدرس پستی:

ایران، قم، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم انسانی، گروه مدیریت، واحد قم.

کد ارکید:

0000-0002-3841-5709

تلفن:

۰۹۱۲۳۵۱۲۵۱۷

پست الکترونیک:

dr.sanavifard@gmail.com

۱. مقدمه

مفهوم صنعت ۴ با ادغام و یکپارچه‌سازی فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی و فناوری‌های صنعتی پیشرفته در سیستم‌های به اصطلاح سایبر- فیزیکی شکل گرفته است و هدف آن درک و دستیابی به یک کارخانه دیجیتال، هوشمند و پایدار است. مفهوم اولیه صنعت ۴ بر پایه ارتباط و اتصال محصولات، ماشین‌ها و افراد با محیط و ترکیب تولید، فناوری اطلاعات و اینترنت است (بوچارد و دیگران، ۲۰۲۲). صنعت، به‌خصوص در کشورهایی با دستمزد بالا، باید این استراتژی‌های تولیدی هوشمند را در جهت حفظ مزیت رقابتی کنونی در رقابت بلند مدت با بازار جهانی عرضه کند. به‌منظور حفظ رقابت‌پذیری، باید زمان فرآوری و انجام کار، انعطاف‌پذیری و توانایی تولید بسیاری از انواع منحصربه‌فرد محصولات، در دسته‌های کوچک یا دسته‌های یک‌اندازه، بهبود و ارتقا یابد. در یک محیط سفارشی‌سازی انبوه و «و طراحی مختص مشتری» باید گزینه‌های سفارشی‌سازی متنوع‌تر و قابلیت عملکردی بیشتری برای مشتری مهیا شود و از طرف دیگر می‌باید انعطاف‌پذیری، شفافیت و جهانی‌سازی هم برای زنجیره تأمین فراهم شود (کومار و موکرجی، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، این مسئله موقعیتی دشوارتر و پیچیده‌تر را برای شرکت‌های تولیدکننده رقم می‌زند. پاسخ سریع به انتظارات و نیازهای مشتریان ساده و راحت نیست و مستلزم سیستم‌های تولیدکننده سریع‌الانتقال و بسیار تطبیق‌پذیر است (دینگ و دیگران، ۲۰۲۳).

«امروزه رقابت، خصوصاً در واحدهای تولیدی، در ابعاد کاملاً مختلفی مطرح شده است. سازمان‌ها در راستای این هدف باید روی حرکت، سریع اطلاعات

متمرکز شوند. هرچه این حرکت، سریع‌تر باشد، سازمان‌ها سریع‌تر پاسخگوی بازار و تقاضای بازار خواهند بود. لذا، واحدهای تولیدی باید خود را در راستای پاسخگویی به مجموعه‌ای از نیروهای داخلی و خارجی به‌طور چابک طراحی کنند. سازمان‌های مجازی نمونه کاملی از سازمان‌های چابک هستند که امروزه با سرعت، بالایی در حال شکل‌گیری هستند و می‌توانند پاسخی به این نیاز جدید باشند» (گوویندان، ۲۰۱۸).

چابکی، به‌عنوان پارادایم جدیدی برای مهندسی سازمان‌ها و بنگاه‌های رقابتی است. به نظر می‌رسد تغییر، یکی از ویژگی‌های اصلی سازمان‌ها در عصر رقابتی جدید باشد. کمتر سازمانی را می‌توان یافت، که در یک دوره مثلاً سه تا شش ماهه یا حتی یک ساله، تغییری را در محیط خود شاهد نباشد. «با توجه به بافتی که در حال حاضر بر دنیای کسب‌وکار سازمان‌ها حکم‌فرماست، سازمان‌ها ناگزیر از انجام تغییراتی در نگرش، دانش، رویکردها، رویه‌ها و نتایج مورد انتظار خود هستند» (خوارزمی و دیگران، ۲۰۲۱). به‌دلیل تغییراتی همچون پیچیده‌تر شدن بازارهای رقابتی، تکنولوژی‌های جدید، تنوع نیازهای مصرف‌کنندگان، کاهش دوره عمر محصول و افزایش تنوع محصول سازمان‌ها و حفظ بقا در عرصه رقابت، شرکت‌ها می‌باید به‌دنبال روش‌های مؤثری باشند. سیستم تولید مجازی به‌عنوان یکی از روش‌های شناخته‌شده مدیریتی در دستیابی به تولید چابک و بقا در محیطی آشفته، کمک می‌کند (ملاتی و دیگران، ۱۴۰۰).

محصولات جدید بدون توجه به شرایط محیطی معنی و مفهومی ندارد.

به‌منظور اینکه سازمان‌ها به سرعت و با انعطاف‌پذیری عمل کنند، نیازمند به‌کارگیری فناوری‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی به‌روز، سرمایه‌گذاری بر روی کارکنان دانشی، انسجام در فرآیندهای کسب‌وکار، هم‌سو شدن با اشکال مجازی سازمان، همکاری داخلی و خارجی و دستیابی به زنجیره عرضه یک‌پارچه هستند. می‌توان چابکی سازمانی را به‌عنوان ترکیب فرآیندها، ویژگی‌های سازمانی و کارکنان سازمان با فناوری پیشرفته در نظر گرفت. چابکی، توانایی سازمان را در ارائه محصولات و خدمات با کیفیت بالا افزایش می‌دهد و بدین‌ترتیب برای افزایش توان رقابتی سازمان مهم است. چابکی ممکن است به‌عنوان شایستگی محوری دانسته شود. این پژوهش به‌عنوان یک حلقه واسط بین چابکی و صنعت چهار عمل می‌کند. بدین‌معنا که مدل توسعه چابکی فرایندهای تولید را با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ ارائه می‌کند. اهمیت چابکی در بازار رقابتی کامل در عصر کنونی بر کسی پوشیده نیست؛ اما توسعه تکنولوژی با چه ابعاد و مؤلفه‌هایی می‌تواند به این چابکی در صنعت بینجامد. این موضوع پژوهش حاضر را به یک موضوع با درجه اهمیت بالا تبدیل می‌کند. هدف مقاله حاضر بررسی این پرسش است که چابک‌سازی فرایند تولید با استفاده از سازوکارهای صنعت هوشمند چگونه امکان‌پذیر است؟ فرضیه مقاله نیز بدین‌شکل قابل طرح است که تولید هوشمند، کارکنان هوشمند، محصولات هوشمند و زنجیره تأمین هوشمند فرایند و مراحل اصلی چابکی فرایندهای تولید را شامل می‌شود.

در این میان شرکت‌های فعال در صنایع غذایی برای به‌کارگیری موفق هوشمندی صنعت ۴ با چالش‌های متفاوتی چون منابع انسانی، آموزش و تحقیق و توسعه، ریسک نسبتاً بالای سرمایه‌گذاری زیرساخت قوانین و مقررات، سیاست‌گذاری و مدیریت محیط و فرهنگی مواجه هستند. هم‌چنین در شرایط جدید می‌توان به عدم قطعیت‌هایی چون تحریم و تورم و زیرساخت‌های شبکه‌های ارتباطی هوشمندی صنعت ۴ اشاره کرد؛ بنابراین اهمیت داشتن یک رویکرد آینده‌نگر در این صنعت به خوبی قابل درک است. بنابراین شناخت عوامل آینده و تأثیرات آن‌ها بر اتخاذ فناوری‌های موردنیاز هوشمندی صنعت ۴ در سازمان، اهمیت بسیار زیادی دارد؛ زیرا شرکت‌هایی که می‌خواهند از فناوری‌های هوشمندی صنعت ۴ در فعالیت‌های زنجیره تأمین خود بهره‌مند شوند. باید امکان آن را داشته باشند تا عوامل مؤثر و شکل‌دهنده زیرساخت‌های هوشمندی صنعت ۴ در سازمان خود را بشناسند تا اتخاذ تصمیم درستی را داشته باشد. در این صورت چنین روندی حرکت به سمت‌وسوی تکنولوژی و توسعه تفکر صنعت چهارم را در ایران به یک ضرورت تبدیل کرده است. حرکت سازمان‌های تولیدی به سمت سوی این تفکر اجتناب‌ناپذیر بوده و این موضوع به یک موضوع جدی در حوزه تولید و مدیریت تولید در کشور مطرح خواهد بود. هم‌چنین امروزه صبحت بر سر توسعه چابکی و پاسخ‌گویی به نیاز مشتری در کمترین زمان است. بنابراین شرکت‌ها می‌باید بتوانند پاسخگوی تحولات محیطی اطراف باشند. حرکت به سمت و سوی چابکی و انعطاف‌پذیری با رویکرد صنعت ۴ موضوعی است که خواسته یا ناخواسته می‌باید در ایران به صورت جدی مطرح و توسعه یابد. به‌ویژه در حوزه تولید امروزه توسعه

۲. مواد و روش‌ها

روش تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ نحوه گردآوری اطلاعات جزء پژوهش‌های آمیخته (کیفی- کمی) بود. جامعه آماری در بخش کیفی شامل استادان، صاحب‌نظران در حوزهٔ تکنولوژی و تولید و مدیران ارشد تولید و تحقیق توسعه در صنایع غذایی بودند که با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند به تعداد ۱۰ نفر انتخاب شدند. و در بخش کمی پژوهش شامل کلیه مدیران صنایع غذایی کشور بوده است که از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای تعداد ۳۴۰ نفر به‌عنوان آزمودنی انتخاب شد. ابزار گردآوری داده‌ها، در بخش کیفی، مصاحبه و در بخش کمی، پرسش- نامه محقق‌ساخته بود. روایی پرسش‌نامه از نظر صوری و محتوایی از طریق چند نفر از خبرگان، روایی همگرا از طریق محاسبهٔ میانگین واریانس استخراج شده و روایی واگرا از طریق محاسبهٔ جذر AVE به تأیید رسید. پایایی پرسش‌نامه از طریق آلفای کرونباخ برای کل پرسش‌نامه ۰/۸۶ به‌دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آلفای کرونباخ، کولموگوروف اسمیرنوف و تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد.

۳. ملاحظات اخلاقی

در تمام مراحل نگارش پژوهش حاضر، ضمن رعایت اصالت متون، صداقت و امانت‌داری رعایت شده است.

۴. یافته‌ها

از میان ۵۲ شاخص (گویه) موجود، ۱۳ مؤلفهٔ اصلی و ۴ بعد قابل شناسایی است.

۵. بحث

در این قسمت به بررسی چابک‌سازی فرایند تولید با استفاده از سازوکارهای صنعت هوشمند بررسی می‌شود. به همین منظور ابتدا پیشینهٔ تحقیق، سپس روش و در ادامه یافته‌ها و نتیجه مطرح می‌شود.

۵-۱. پیشینهٔ پژوهش

خوش‌سپهر و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی دریافت 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. بخشم و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی دریافتند که مهم‌ترین عامل شناسایی‌شده کاربردهای اینترنت اشیا در چابکی زنجیرهٔ تأمین، ارتباط سریع‌تر با سایر ذی‌نفعان (تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان) با استفاده از اینترنت اشیا در زنجیرهٔ تأمین است. زنجیرچی و الفت (۱۳۸۹) در مطالعهٔ خود به بررسی نقش فناوری در دستیابی به چابکی در شرکت‌های الکترونیک ایران پرداختند. در این مطالعه مفهوم فناوری در سه بعد فناوری تولید، فناوری محصول و فناوری اطلاعات دیده شده و تأثیر مؤلفه‌های هر یک از این ابعاد بر

۵-۲. روش

با توجه به اینکه تحقیق حاضر به بررسی ابعاد و مؤلفه‌های توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ می‌پردازد، روش پژوهش بر حسب هدف، کاربردی؛ برحسب نوع داده، آمیخته (کیفی-کمی)؛ برحسب روش گردآوری داده-ها و یا ماهیت و روش پژوهش، توصیفی-همبستگی بود.

جامعه آماری شامل استادان، صاحب‌نظران در حوزه تکنولوژی و تولید و همچنین مدیران ارشد تولید و تحقیق توسعه در صنایع غذایی در بخش کیفی و همه مدیران صنایع غذایی کشور در بخش کمی بود. حجم نمونه در بخش کیفی با اشباع نظری (۱۰ نفر) به روش نمونه‌گیری هدفمند و در بخش کمی ۳۴۰ نفر به روش تصادفی طبقه‌ای در نظر گرفته شد. ابزار گردآوری داده‌ها، در بخش کیفی، مصاحبه نیمه ساختاریافته و در بخش کمی پرسش‌نامه محقق-ساخته بود.

«تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی بر اساس تحلیل اسناد و مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته به روش گراند تئوری انجام شد. ابزار گردآوری داده‌ها، در بخش کیفی، مصاحبه و در بخش کمی، پرسش‌نامه محقق‌ساخته بر مبنای مقیاس ۵ گزینه‌ای بود. روایی پرسش‌نامه از نظر صوری و محتوایی از طریق چند نفر از خبرگان، روایی همگرا از طریق محاسبه میانگین واریانس استخراج شده و روایی واگرا از طریق محاسبه جذر AVE به تأیید رسید. پایایی پرسش‌نامه از طریق آلفای کرونباخ برای کل پرسش-نامه ۰/۹۶۸ به دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آلفای کرونباخ، میانگین واریانس

چابکی در صنعت الکترونیک ایران بررسی و در مورد ارتباط آن‌ها با چابکی بحث شده است. به علاوه مؤلفه‌های مختلف بر اساس دو عامل اهمیت و فاصله آن‌ها از وضع مطلوب، رتبه‌بندی شده‌اند که نشان‌دهنده اولویت پرداختن به آن‌ها در مسیر چابکی است.

اسرینیواسم و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی دریافتند که این تحقیق یازده ویژگی تسهیل چابکی در عملیات راه‌اندازی ۴۰ را شناسایی کرد. مفاهیم صنعت ۴۰ به طور قابل توجهی بر سازمان‌های بزرگ تأثیر گذاشته است؛ اما به کارگیری چابکی در استارت آپ ۴۰ کمتر قابل مشاهده بوده است. از این رو، این مطالعه یک رویکرد نوآورانه برای ترکیب چابکی در عملیات راه‌اندازی مدرن ارائه می‌کند. اهمیت هوش مصنوعی، محاسبات ابری، شبکه و اتصال، فناوری و دوقلوی دیجیتال در این زمینه مشهود است. بابو لوگاناتان (۲۰۲۲)، در پژوهشی دریافت که صنعت ۴۰ نیازمند اجرای تهاجمی دستگاه‌ها و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ادغام ماشین‌ها در کارخانه‌ها به منظور اجرای عملیات با ویژگی‌هایی مانند قابلیت همکاری و انعطاف‌پذیری با سرعت بالا غیر قابل تصور است. این نوع تسهیلات شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا محصولاتی را برای عرضه به مشتریان شخصی طراحی و تولید کنند. با پیاده‌سازی فعال کننده‌های صنعت ۴۰، سفارشی‌سازی انبوه حاصل می‌شود. سفارشی‌سازی انبوه نتیجه اجرای پارادایم تولید چابک است. بدیهی است که این اشتقاق حاکی از آن است که استفاده از صنعت ۴ شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا پارادایم تولید چابک را با دستیابی به چابکی پیاده‌سازی کنند.

کیفی و ترکیبی است، مصاحبه‌ها مورد تحلیل قرار گرفت و پس از کدگذاری‌های باز، انتخابی و محوری، مؤلفه‌ها تعیین شدند. نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان می‌دهد که نتایج نشان داد که پس از تحلیل محتوا و مصاحبه با خبرگان ابعاد و مؤلفه‌های توسعهٔ چابکی فرایند‌های تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ به شرح زیر است.

استخراج شده (AVE)، ماتریس جذر AVE، کولموگروف اسمیرنوف و تحلیل عاملی تأییدی با استفاده از نرم‌افزار pls استفاده شد.

بر اساس داده‌های به‌دست آمده، پایایی ابعاد مورد تأیید است زیرا آلفای کرونباخ و ضریب پایایی ترکیبی بالای ۰.۷ است و همچنین $AVE > 0.5$ است. روایی همگرا مورد تأیید است، زیرا $CR > 0.7$ ؛ $CR > AVE$ ؛ $AVE > 0.5$ و همین‌طور روایی واگرا نیز مورد تأیید است زیرا $MSV < AVE$ و $ASV < AVE$.

۵-۳. یافته‌ها

«در این بخش و در جدول زیر به توصیف اطلاعات جمعیت‌شناختی و همین‌طور توصیف متغیرهای پژوهش از منظر شاخص‌های گرایش به مرکز، شاخص‌های پراکندگی و شاخص‌های شکل توزیع پرداخته می‌شود».

در این پژوهش، نمونهٔ مورد مطالعه در بخش کمی شامل، ۲۷٪ از آزمودنی‌ها زن و ۶۳٪ مرد بودند. ۶۷٪ از آزمودنی‌ها دارای مدرک لیسانس، ۱۸٪ مدرک فوق لیسانس و ۱۵٪ دکتری داشتند. همچنین ۴۰ درصد از پاسخ‌گویان از کارکنان بودند، ۲۰٪ مدیران ارشد، ۱۰٪ مدیران میانی و ۳۰ درصد مدیران پایه در صنعت مواد غذایی بودند.

«در شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های توسعهٔ چابکی فرایند‌های تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴، با ۱۰ خبره مصاحبه انجام شد و با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA، که نرم‌افزاری حرفه‌ای برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری‌شده توسط روش‌های

جدول ۱. ابعاد و مؤلفه‌های توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ با استفاده از نظر خبرگان

ابعاد	مؤلفه‌ها	
زنجیره تأمین هوشمند	تکنولوژی مناسب برای ارتباط تولیدکنندگان	توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴
	تکنولوژی مناسب برای ارتباط تأمین‌کنندگان	
	تکنولوژی مناسب برای ارتباط مشتریان	
کارکنان هوشمند	کنترل از طریق ربات‌ها و از راه دور	
	انجام کار از راه دور	
	اعتبار و دقت در انجام کار	
تولید هوشمند	انسجام در تولید	
	مدیریت انرژی	
	توانایی نظارت در تولید	
	هوشمندسازی	
محصولات هوشمند	بهینه‌سازی محصول	
	کنترل تولید محصول	
	قابلیت اطمینان محصول	

ابعاد و مؤلفه‌های توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ توسط ۵۲ گویه اندازه‌گیری می‌شود. ابتدا، آزمون تحلیل عاملی بر روی مقوله‌محوری انجام شد.

برآوردهای پارامتر استاندارد شده در شکل زیر نشان می‌دهد که همه شاخص‌ها از لحاظ آماری معناداری هستند و بارهای عاملی آن در سطح بالایی قرار دارند. بررسی نتایج شاخص‌های برازش حاکی از برازش مناسب مدل است.

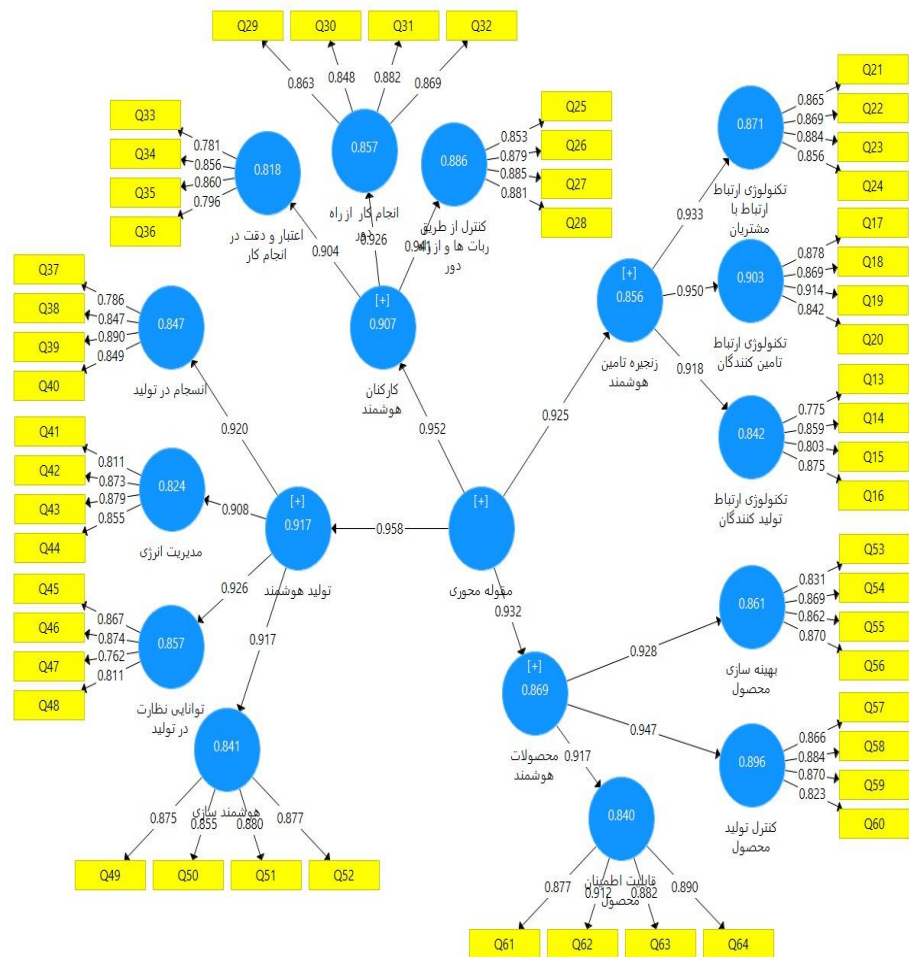
جدول ۲: گویه‌های تأیید شده ابعاد و مؤلفه‌های توسعهٔ چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴

رتبه‌بندی شاخص‌ها	وضعیت گویه	مقدار t	بارهای عاملی	برچسب گویه	گویه	مؤلفه	بعد		
۴	تأیید شد	۳۴/۲۶۱	۰/۷۷۵	Q13	سوال ۱	تکنولوژی مناسب برای ارتباط تولیدکنندگان	زنجیرهٔ تأمین هوشمند		
۲	تأیید شد	۴۷/۹۷۸	۰/۸۵۹	Q14	سوال ۲				
۳	تأیید شد	۳۳/۶۵۱	۰/۸۰۳	Q15	سوال ۳				
۱	تأیید شد	۶۸/۱۲۵	۰/۸۷۵	Q16	سوال ۴				
۲	تأیید شد	۶۳/۵۶۶	۰/۸۷۸	Q17	سوال ۵	تکنولوژی مناسب برای ارتباط تأمین‌کنندگان		زنجیرهٔ تأمین هوشمند	
۳	تأیید شد	۵۳/۶۸۶	۰/۸۶۹	Q18	سوال ۶				
۱	تأیید شد	۸۲/۸۰۲	۰/۹۱۴	Q19	سوال ۷				
۴	تأیید شد	۴۹/۳۵۳	۰/۸۴۲	Q20	سوال ۸				
۴	تأیید شد	۶۳/۷۴۸	۰/۸۶۵	Q21	سوال ۹	تکنولوژی مناسب برای ارتباط ارتباط با مشتریان			زنجیرهٔ تأمین هوشمند
۳	تأیید شد	۵۶/۷۳۰	۰/۸۶۹	Q22	سوال ۱۰				
۱	تأیید شد	۶۹/۱۸۹	۰/۸۸۴	Q23	سوال ۱۱				
۲	تأیید شد	۵۴/۵۹۰	۰/۸۵۶	Q24	سوال ۱۲				
۴	تأیید شد	۴۹/۵۱۷	۰/۸۵۳	Q25	سوال ۱۳		کارکنان هوشمند		

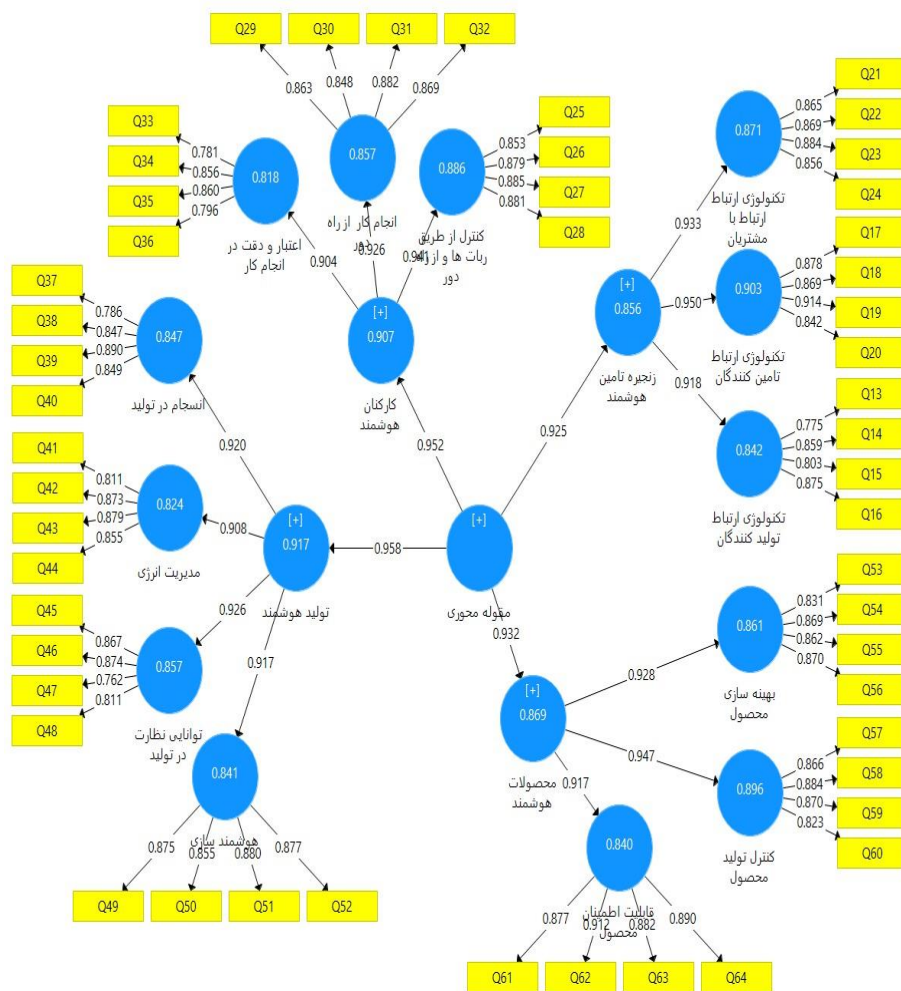
رتبه‌بندی شاخص‌ها	وضعیت گویه	مقدار t	بارهای عاملی	برچسب گویه	گویه	مؤلفه	بعد
۳	تأیید شد	۵۲/۸۳۰	۰/۸۷۹	Q26	سوال ۱۴	کنترل از طریق ربات‌ها و از راه دور	
۱	تأیید شد	۷۳/۵۷۸	۰/۸۸۵	Q27	سوال ۱۵		
۲	تأیید شد	۶۴/۷۰۰	۰/۸۸۱	Q28	سوال ۱۶		
۳	تأیید شد	۵۷/۱۰۹	۰/۸۶۳	Q29	سوال ۱۷	انجام کار از راه دور	
۴	تأیید شد	۴۵/۶۴۱	۰/۸۴۸	Q30	سوال ۱۸		
۱	تأیید شد	۷۱/۱۹۶	۰/۸۸۲	Q31	سوال ۱۹		
۲	تأیید شد	۴۹/۳۰۰	۰/۸۶۹	Q32	سوال ۲۰		
۴	تأیید شد	۳۶/۹۷۸	۰/۷۸۱	Q33	سوال ۲۱	اعتبار و دقت در انجام کار	
۲	تأیید شد	۴۶/۵۲۴	۰/۸۵۶	Q34	سوال ۲۲		
۱	تأیید شد	۴۰/۷۸۸	۰/۸۶۰	Q35	سوال ۲۳		
۳	تأیید شد	۲۷/۶۵۳	۰/۷۹۶	Q36	سوال ۲۴		
۴	تأیید شد	۳۵/۰۷۶	۰/۷۸۶	Q37	سوال ۲۵	انسجام در تولید	تولید هوشمند
۳	تأیید شد	۴۷/۸۸۸	۰/۸۴۷	Q38	سوال ۲۶		

رتبه‌بندی شاخص‌ها	وضعیت گویه	مقدار t	بارهای عاملی	برچسب گویه	گویه	مؤلفه	بعد
۱	تأیید شد	۸۶/۰۳۵	۰/۸۹۰	Q39	سوال ۲۷		
۲	تأیید شد	۴۹/۸۰۸	۰/۸۴۹	Q40	سوال ۲۸		
۴	تأیید شد	۳۲/۱۸۸	۰/۸۱۱	Q41	سوال ۲۹	مدیریت انرژی	
۲	تأیید شد	۵۵/۴۰۸	۰/۸۷۳	Q42	سوال ۳۰		
۱	تأیید شد	۵۷/۳۱۱	۰/۸۷۹	Q43	سوال ۳۱		
۳	تأیید شد	۴۵/۷۰۹	۰/۸۵۵	Q44	سوال ۳۲		
۲	تأیید شد	۵۲/۵۶۱	۰/۸۶۷	Q45	سوال ۳۳		
۱	تأیید شد	۶۰/۱۷۹	۰/۸۷۴	Q46	سوال ۳۴	توانایی نظارت در تولید	
۳	تأیید شد	۲۱/۳۲۰	۰/۷۶۲	Q47	سوال ۳۵		
۴	تأیید شد	۳۷/۴۴۷	۰/۸۱۱	Q48	سوال ۳۶		
۳	تأیید شد	۵۴/۲۶۵	۰/۸۷۵	Q49	سوال ۳۷	هوشمندسازی	
۴	تأیید شد	۴۵/۲۰۸	۰/۸۵۵	Q50	سوال ۳۸		
۱	تأیید شد	۶۶/۹۹۸	۰/۸۸۰	Q51	سوال ۳۹		

رتبه‌بندی شاخص‌ها	وضعیت گویه	مقدار t	بارهای عاملی	برچسب گویه	گویه	مؤلفه	بعد		
۲	تأیید شد	۵۸/۲۸۸	۰/۸۷۷	Q52	سوال ۴۰	بهینه سازی محصول	محصولات هوشمند		
۴	تأیید شد	۴۷/۴۹۱	۰/۸۳۱	Q53	سوال ۴۱				
۲	تأیید شد	۶۴/۴۶۲	۰/۸۶۹	Q54	سوال ۴۲				
۳	تأیید شد	۵۷/۴۴۴	۰/۸۶۲	Q55	سوال ۴۳				
۱	تأیید شد	۵۳/۳۲۶	۰/۸۷۰	Q56	سوال ۴۴				
۳	تأیید شد	۵۲/۷۳۰	۰/۸۶۶	Q57	سوال ۴۵	کنترل تولید محصول		محصولات هوشمند	
۱	تأیید شد	۵۸/۳۲۳	۰/۸۸۴	Q58	سوال ۴۶				
۲	تأیید شد	۴۶/۷۸۰	۰/۸۷۰	Q59	سوال ۴۷				
۴	تأیید شد	۴۱/۸۱۱	۰/۸۲۳	Q60	سوال ۴۸				
۴	تأیید شد	۵۶/۶۷۴	۰/۸۷۷	Q61	سوال ۴۹	قابلیت اطمینان محصول			محصولات هوشمند
۱	تأیید شد	۸۱/۷۰۸	۰/۹۱۲	Q62	سوال ۵۰				
۳	تأیید شد	۶۳/۳۹۴	۰/۸۸۲	Q63	سوال ۵۱				
۲	تأیید شد	۶۸/۷۷۲	۰/۸۹۰	Q64	سوال ۵۲				



شکل ۱: مدل ابعاد و مؤلفه‌های توسعهٔ چابکی فرایند های تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ در حالت ضرایب استاندارد



شکل ۲: مدل ابعاد و مؤلفه‌های توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ در حالت معناداری ضرایب

شکل ۲ مدل تحقیق را در حالت قدرمطلق معناداری ضرایب (t-value) نشان می‌دهد. بر طبق این مدل، همه مقادیر آماره t بزرگ‌تر از ۱/۹۶ قرار گیرد. نتایج نمودار نشان می‌دهد که تمامی بارهای عاملی در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند.

جدول ۳: شاخص‌های روایی، پایایی مدل نهایی توسعهٔ چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴

متغیرهای پنهان	AVE	CR	R ²	آلفای کرونباخ	$\sqrt{AVE}$	$\sqrt{R^2}$	GOF
زنجیرهٔ تأمین هوشمند	۰/۷۳۶	۰/۹۴۴	۰/۸۵۶	۰/۹۲۸	۰/۷۶۰	۰/۹۴۱	۰/۷۱۵
کارکنان هوشمند	۰/۶۵۳	۰/۹۱۸	۰/۹۰۷	۰/۸۹۳			
تولید هوشمند	۰/۶۵۰	۰/۹۵۳	۰/۹۱۷	۰/۹۴۶			
محصولات هوشمند	۰/۶۴۶	۰/۹۲۷	۰/۸۶۹	۰/۹۰۸			
توسعهٔ چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴	۰/۵۷۹	۰/۹۷۶	۰/۸۸۷	۰/۹۷۵			

۶. نتیجه

با بررسی سؤالات پژوهش مبنی بر تعیین ابعاد و مؤلفه‌ها توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴، نتایج حاصل از یافته‌های پژوهش نشان دادند که از میان ۵۲ شاخص (گویه) موجود، ۱۳ مؤلفه اصلی و ۴ بعد قابل شناسایی است. نتایج نشان داد که ابعاد و مؤلفه‌ها شامل، زنجیره تأمین هوشمند (تکنولوژی مناسب برای ارتباط تولیدکنندگان، تکنولوژی مناسب برای ارتباط تأمین کنندگان و تکنولوژی مناسب برای ارتباط با مشتریان)، کارکنان هوشمند (کنترل از طریق ربات‌ها و از راه دور، انجام کار از راه دور و اعتبار و دقت در انجام کار)، تولید هوشمند (انسجام در تولید، مدیریت انرژی، توانایی نظارت در تولید و هوشمندسازی) و محصولات هوشمند (بهینه‌سازی محصول، کنترل تولید محصول و قابلیت اطمینان محصول).

نتایج نشان داد که با توجه به ضریب مسیر به‌دست آمده تولید هوشمند (۰/۹۵۸) بیش‌ترین وزن را در توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ در صنعت مواد غذایی داشته است که با پژوهش‌های مروگالسکا و احمد (۲۰۲۱) و فرانک و همکارانش (۲۰۱۹) هم‌سو است.

انقلاب صنعتی چهارم یا صنایع هوشمند به دگرگونی تکنولوژیکی از سامانه‌های نهفته به سامانه‌های فیزیکی- مجازی اشاره می‌کند. به زبان ساده‌تر، انقلاب صنعتی چهارم نشان‌دهنده حرکت به سمت اینترنت چیزها، داده‌ها و شبکه خدمات است. ابتکار تمرکززدایی به ایجاد و خلق شبکه‌ای از تولیدات هوشمند کمک می‌کند و مدیریت مستقل پروژه‌های تولید با ایجاد تعامل سازنده میان دنیای واقعی و

جدول ۳ شاخص‌های روایی، پایایی را برای تمامی متغیرهای تحقیق نشان می‌دهد. روایی تشخیصی در تحقیق حاضر نیز مورد نظر است به این معنا که نشانگرهای هر سازه در نهایت تفکیک مناسبی را به لحاظ اندازه‌گیری نسب به سازه‌های دیگر مدل فراهم آورند. به عبارت ساده‌تر هر نشانگر فقط سازه خود را اندازه‌گیری کند و ترکیب آن‌ها به گونه‌ای باشد که تمام سازه‌های به خوبی از یکدیگر تفکیک شوند. با کمک شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده مشخص شد که تمام سازه‌های مورد مطالعه دارای میانگین واریانس استخراج شده بالاتر از ۰/۵ هستند. شاخص‌های پایایی ترکیبی (CR) و آلفای کرونباخ جهت بررسی پایایی پرسش‌نامه استفاده می‌شوند و لازمه تأیید پایایی بالاتر بودن این شاخص‌ها از مقدار ۰/۷ است. تمامی این ضرایب بالاتر از ۰/۷ و نشان از پایا بودن ابزار اندازه‌گیری هستند.

شاخص GOF سازه بین کیفیت مدل ساختاری و مدل اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد و برابر است با:

$$GOF = \sqrt{AVE} \times \sqrt{R^2}$$

که در آن $\overline{AVE}$ و $\overline{R^2}$ میانگین AVE و R^2 می‌باشد. بالا بودن شاخص مقدار GOF از ۰/۴ برآزش مدل را نشان می‌دهد و بزرگ تر بودن مقدار شاخص برآزش از مقدار ۰/۴ نشان از برآزش مناسب مدل دارد. به بیان ساده‌تر در صورت بزرگ‌تر بودن GOF از ۰/۴ داده‌های این پژوهش با ساختار عاملی و زیربنای نظری تحقیق برآزش مناسبی دارد و این بیانگر هم‌سو بودن سؤالات با سازه‌های نظری است.

دنیای مجازی موجب بروز جنبه‌های خارق‌العاده‌ای از پروسه ساخت و تولید می‌شود. این بدان معناست که خط تولید محصولات پیشرفته آینده تنها یک پردازنده ساده‌ی محصولات در خط تولید نخواهند بود بلکه این محصولات با تمامی عناصر خط تولید در تماس هستند تا دقیقاً به آن‌ها بگویند که چه کار کنند. انقلاب صنعتی چهارم، تکنولوژی تولید سامانه‌های نهفته را با پردازش محصولات هوشمند درآمیخته است تا راهگشای دوره جدید تکنولوژیکی باشد که به‌صورت شتابانی صنایع و زنجیرهٔ ارزش محصولات و مدل‌های کسب‌وکار را دگرگون می‌کند. به طور کلی تولید هوشمند در مفاهیم زیر مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

الف) انسجام در تولید

کسب‌وکار بدلیل تغییراتی که در پنج دهه اخیر اتفاق افتاده، بسیار پیچیده شده است و مشتریان امروزی تولیدات متنوع با کیفیت بالا و قیمت پایین می‌خواهند و شرکت‌ها نیز سعی در تصاحب بازارهای بیشتر و در سطح جهانی دارند و برای اینکار با رقبای بین‌المللی رقابت می‌کنند. و چون محیط دائم در حال تغییر است لذا شرکت‌ها با استفاده از ابزارها و رویکردهای جدید مدیریتی در پی رویارویی با این چالش‌ها هستند. یکی از این رویکردهای مهم، سیستم تولید یک‌پارچه کامپیوتری است. در کل این سیستم‌ها به‌طور یکپارچه تمامی فعالیت‌های مرتبط با تولید را به‌صورت هم‌زمان کنترل و هماهنگ می‌کند.

ب) مدیریت انرژی

از مهم‌ترین موضوعاتی که می‌تواند کل چرخهٔ تولید، توزیع تا مصرف انرژی را تحت کنترل داشته باشد و به بهترین نحو ممکن از این منابع گران‌بها استفاده نمود «مدیریت انرژی» است که امروزه مهم‌ترین ابزار جهت مواجهه با افزایش بی‌رویهٔ مصرف و جلوگیری از هدررفت می‌باشد، به‌طوری که که استقرار و به‌کارگیری آن متضمن بهینه‌سازی مصرف و به معنای انتخاب الگوی صحیح و عملیه سیاستهای درست در مصرف انرژی است که علاوه بر اینکه می‌تواند تضمینی بر استمرار رشد اقتصادی باشند، موجب کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش اثرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح از آن بر محیط زیست و جامعه می‌شوند. به عبارت دیگر، بهینه‌سازی انرژی به معنای به کارگیری پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌ها و استفاده از علوم نوین مدیریت است که متضمن بیشترین بازده یا کمترین میزان مصرف انرژی باشند و به تعبیری دیگر بهینه‌سازی انرژی، افزایش آگاهی، ایجاد فرهنگ صحیح و در نتیجه مدیریت صحیح بر منابع و مصارف انرژی است. هم‌چنین «مقصود از پیاده‌سازی سیستم مدیریت بر مبنای مصرف انرژی در بنگاه‌های اقتصادی تولیدی، توانمندسازی آن سازمان‌ها برای ایجاد سیستم‌ها و فرآیندهای ضروری برای بهبود عملکرد انرژی شامل کارایی، استفاده و مصرف انرژی است. که در نهایت می‌توان اشاره کرد که پیاده‌سازی این سیستم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، هزینهٔ انرژی و سایر پیامدهای مرتبط با محیط زیست از طریق مدیریت نظام‌مند انرژی منجر می‌شود.

ج) توانایی نظارت در تولید

نظارت در حوزه تولید یکی از مفاهیم اساسی بوده است و این موضوع به‌شدت می‌واند مبتنی بر دقت باشد که باید با تکیه بر فناوری‌های نوین در صنعت انجام شود. از این رو نظارت و کنترل فرایند ها در صنعت چهار از طریق سنسور ها و سیستم های هماهنگ کامپیوتری با سطح مشخصی از حساست و استاندارد انجام می‌شود.

(د) هوشمندسازی

سیستم‌های هوشمند سیستم‌هایی هستند که فناوری پیشرفته‌ای داشته‌اند و نسبت به جهان اطراف خود واکنشی توأم با ادراک دارند. در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی مطالعاتی انجام شد که چگونگی روند ادراک کامپیوترها از محیط اطراف شان و نحوه تفسیر تصاویر و ترتیب ویدئوها را مشخص ساخت؛ از آن زمان به بعد، این فناوری قدرت روزافزونی یافت و به بخش جدایی‌ناپذیری از جامعه و صنعت تبدیل شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده کارکنان هوشمند (۰/۹۵۲) دومین بعد را در توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ در صنعت مواد غذایی است که با پژوهش فرانک و همکارانش (۲۰۱۹) هم‌سو است.

(الف) کنترل از طریق ربات‌ها و از راه دور

صنعت امروز نیاز به کنترل‌کننده‌های منطقی برای کنترل تجهیزات و ابزارهای صنعتی در حط تولید دارد امروزه ربات ها جای انسان ها را در کارخانه ها گرفته و هماهنگی این تجهیزات با فرایندهای کاری موضوعی بسیار جالب توجه در حوزه انجام کارها به- صورت هوشمند است.

(ب) انجام کار از راه دور

همکاری از راه دور با زیرساخت‌های مناسب، امکان تشکیل ویدئوکنفرانس‌های حرفه‌ای و جلسات کاری را از دورترین نقاط فراهم می‌کند و اجازه می‌دهد که سطح بهره‌وری نیروی انسانی افزایش یابد. دورکاری انواع مختلفی دارد که شامل دورکاری از خانه، دورکاری از مرکز ماهواره‌ای، دورکاری از مرکز راه دور و دورکاری موبایل است.

(ج) اعتبار و دقت در انجام کار

توجه به مفهوم دقت و صحت در حوزه انجام فرایندهای اتوماتیک موضوعی است که می‌باید در هوشمندسازی فرایندهای کاری و در انجام کارها به آن توجه نمود. در صنعت به ویژه در حوزه کیفی و کنترل کیفیت مفهوم دقت و صحت و خودکنترلی فرایندهای کاری باعث بهبود اعتبار فرایندشده و این موضوع باعث کاهش هزینه‌های تولید و کنترل تولید می‌شود.

نتایج نشان داد که با توجه به ضریب مسیر به دست آمده محصولات هوشمند (۰/۹۳۲) بیش‌ترین وزن را در توسعه چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ در صنعت مواد غذایی داشته است که با پژوهش‌های بابو لوگاناتان (۲۰۲۲)، آنکارین و همکارانش (۲۰۱۹)، کرین و فام (۲۰۱۹) و زنجیرچی و الفت (۱۳۸۹) هم‌سو است.

محصولات هوشمند از طریق اتصالات قادر به برقراری ارتباط هستند. این محصولات انعطاف‌پذیری بالا داشته و به خوبی به روز آوری می‌شوند. به‌طور کلی در حوزه تولید ویژگی‌های محصولات هوشمند به صورت زیر بررسی می‌شود.

الف) بهینه‌سازی محصول

به‌سازی به معنی بهترین روش در تولید و به‌کارگیری محصولات است در حوزهٔ تولید به‌سازی به معنی تولید با کمترین هزینه و با بالاترین سطح عملکرد است. در این صورت محصولات هوشمند در کمترین زمان و با حداقل هزینه و انرژی نیازهای مشتریان را برآورده می‌کنند.

ب) کنترل تولید محصول

کنترل تولید برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت و کنترل فعالیت‌های فرآیند تولید در جهت ارائهٔ کالا و خدمات با کمترین هزینه است. نزدیک به یک قرن از به کارگیری دانش کنترل تولید در سازمان‌ها سپری شده است و سیستم‌های تولید صنعتی، به هنگام و چابک رشد فزاینده‌ای را در سازمان‌های تولیدی داشته‌اند. اگر فرآیندهای تولید به‌خوبی مدیریت نشوند می‌توانند هزینه‌های تولید و انبارداری را افزایش داده و در نهایت منجر به زیان مجموعه تولیدی گردند. لذا وجود سیستم‌های نظارتی بر فرآیند تولید می‌تواند به مدیران در جهت تصمیم‌گیری بهتر یاری رساند. در حقیقت این سیستم اطلاعات جامع و لحظه‌ای متنوعی از عملکرد تولید و مقایسهٔ آن با استانداردهای مهندسی ساخت و وضعیت کالای در جریان ساخت در اختیار مدیران قرار می‌دهد. این سیستم به همراه سیستم برنامه‌ریزی مواد و سیستم برنامه‌ریزی تولید کل پروسه خط تولید را تحت کنترل در می‌آورد. انجام هر یک از فرایندهای کنترل تولید نیازمند استفاده از ابزارهای هوشمند در صنعت نسل ۴ است.

ج) قابلیت اطمینان محصول

قابلیت اطمینان همان کیفیت در دراز مدت است. کیفیت عبارت است از شرایط محصول در هنگام تولید یا بلافاصله پس از تولید در صورتی که قابلیت اطمینان عبارتست از توانایی محصول در برآورده کردن انتظارات و اجرای وظایف خاص در طول یک دورهٔ زمانی است. مهندسی قابلیت اطمینان عبارت است از به‌کار بستن وظایفی خاص در طی طرح‌ریزی، طراحی و توسعه، ساخت، استفاده و بهبود یک سیستم است. منظور از وظایف، وظایفی هستند که مطمئن می‌کند سیستم مورد انتظارات کاربران را برآورده می‌سازد. افزایش قابلیت اطمینان، همراه با تحویل به موقع محصولات از طریق افزایش قابلیت تجهیزات تولیدی و کاهش مشکلات وارانتهی از محصولاتی که زود خراب می‌شوند موجب رضایت مصرف‌کنندگان می‌شود. قابلیت اطمینان بالاتر، هزینه‌های مربوط به خرابی تجهیزات را کاهش می‌دهد. این خرابی‌ها، میزان تولید را کاهش می‌دهد و سود ناخالص را برای کارخانه‌هایی که در حداکثر ظرفیت کار می‌کنند محدود می‌سازد. بالا رفتن قابلیت اطمینان باعث بهبود عملکرد و کار می‌شود.

و در نهایت زنجیرهٔ تأمین هوشمند با ضریب مسیر ۰/۹۲۵ کمترین وزن را دارد. که با پژوهش‌های پی افاف (۲۰۲۳)، هسو و همکاران (۲۰۲۲) و محمدیان و همکاران (۱۴۰۰) هم‌سو است.

هوش مصنوعی تقریباً تبدیل به جریان اصلی شده است و خریدهایی که به کمک ماشین انجام می‌شود همچون دستیارهای صوتی همچون آمازون الکسا، به زندگی روزمرهٔ خانواده‌ها نفوذ کرده است. ضعف و ترس از تغییر مانع اجرا موفق مدیریت هوشمند زنجیره تأمین می‌شود. مشکلات عمده در دستیابی

هدف تکمیل فرآیندها و و بهبود و ارتقای عملکرد زنجیره تأمین کمک می‌کند.

- اجرای سیستم مبتنی بر اینترنت اشیا: سیستم های مبتنی بر اینترنت اشیا برای مدیریت پیچیدگی زنجیره‌های تأمین چند کاناله با توجه به ذات و ماهیت جهانی آن‌ها، حمل و نقل و مشتریان بالقوه ی آن ضروری است.

استفاده از درگاه‌های ارف آی دی و بلاک چین برای بهبود دید و ردیابی: در این مورد با بهبود قابلیت ردیابی، کمپانی‌ها می‌توانند هزینه‌ها را کاهش دهند به انضمام اینکه با آمازون نیز رقابت کنند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهادهایی ارائه می‌شود که عبارت‌اند از:

- برای بهبود کاربرد هوشمندی کسب‌وکار، اهداف و راهبردهایی شفاف تعیین شود و این راهبردها با سایر راهبردها هم‌راستا شود. مدیریت ارشد از کاربرد این سیستم حمایت کند و منابع کافی تخصیص دهد. زیرساخت (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) مناسب هوشمندی کسب‌وکار در سراسر زنجیره تأمین آماده و این سیستم با دیگر سیستم‌های زنجیره یکپارچه شود.

- کاربرپسند بودن ابزارهای هوشمندی کسب‌وکار در نظر گرفته شود.

- فرهنگ به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تصمیم‌گیری مشترک در زنجیره تأمین ترویج شود و راهکارهای مربوطه تدوین شوند.

و اجرای صحیح مدیریت هوشمند زنجیره تأمین منعکس‌کننده مسائل در تصمیم به سرمایه‌گذاری است. مدیران زنجیره تأمین اغلب در مورد هزینه‌ها، اختلال در بهره‌وری، تاخیر زمانی و تاثیر داده‌ها ابراز نگرانی می‌کنند. با این حال، سیستم‌های جدیدتر دارای قابلیت‌های ذاتی برای رفع نگرانی‌های این چنینی هستند. تکنولوژی و فن آوری هایی که سیستم‌های هوشمند زنجیره تأمین در اختیار دارند، به‌صورت کاملاً مستقیم به کانال‌های خرید متصل می‌شوند. ماهیت بصری فناوری‌های جدید، ترسناک به نظر می‌رسد. اگر ماشین‌ها و ربات‌ها بتوانند یاد بگیرند پس چه چیزی مانع از اختلال در عملیات کلی می‌شود؟ به گفته رووی پراکاس ماتور، در اینجا الگوریتم‌های پیشرفته وارد عمل می‌شوند و به‌طور مداوم از طریق جاسازی اطلاعات هوشمند، بدون اختلال در عملیات منجر به پیشرفت می‌شوند. به‌طور کلی راهکارهای استفاده از زنجیره تأمین هوشمند به صورت زیر است.

- استفاده از کلان داده‌ها و الگوریتم‌ها برای بهبود عملیات: این مورد شامل استفاده از تحلیل توصیفی، پیش‌گویانه و آماری با هدف کاهش اختلالات و نگهداری ابزارها و تسهیلات در اوج بهره‌وری می‌شود.

- تجهیز تمامی ابزار و ماشین‌ها به فن آوری یادگیری ماشین: در این مورد یادگیری ماشین منجر می‌شود تا تمام تجهیزات به صورت مداوم و خودکار بهینه‌سازی شوند.

- در صورت امکان اتومات‌سازی تمام مراحل و بخش‌ها: در این مورد اتومات‌سازی مراحل به کاهش زمان، از جمله زمان نیروی کار با

تولید و قیمت تمام‌شدهٔ آن‌ها را کاهش می‌دهد و بر قدرت رقابت‌پذیری آن‌ها تأثیری مثبت دارد؛

به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود: پژوهشی با هدف پیاده‌سازی و ارزشیابی چابکی فرایندهای تولید با رویکرد هوشمندی صنعت ۴ انجام پذیرد و موانع پیش رو مورد تحلیل قرار گیرد. همچنین پژوهشی مشابه در سایر صنایع انجام شود و نتایج حاضر مقایسه شود.

۷. سهم نویسندگان

همهٔ نویسندگان به‌صورت برابر در تهیه و تدوین پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

۸. تضاد منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

- آمادگی برای پذیرش تغییرات با توجه به پویایی عوامل محیطی مانند تغییرات فناوری، فشارهای قانونی/سیاسی و غیره وجود داشته باشد که همگی تابع یکپارچگی بین فرآیندهای زنجیرهٔ تأمین است تا هر عضو بتواند نقش خود را در زمینه‌های ذکرشده ایفا کند.

- تأمین‌کنندگان، سازمان مرکزی و مشتریان برنامه و ظرفیت تولید و میزان تقاضای خود را با یکدیگر به اشتراک بگذارند.

- از تأمین‌کنندگان و مشتریان برای مشارکت در فرآیندهای طراحی، تأمین، تولید و عرضه محصول دعوت شود.

- به‌طور مستمر و هدفمند فرصت‌های جذاب سرمایه‌گذاری در صنعت بسته بندی مواد غذایی به سرمایه‌گذاران معرفی شوند.

- روش‌ها و شیوه‌های نوین تولید از طریق سازوکارهای اصلی استانداردهای تکنولوژیکی مواد اولیه با کیفیت، اطلاع رسانی حمل و نقل و انبارداری با در نظر گرفتن عواملی همچون هزینه، تأمین و نگهداری و توزیع سیاست‌گذاری مناسب و هدفمند برای مواد غذایی بسته بندی شده از جمله صادرات کالاهای بسته‌بندی شده که از تعرفه بالاتری در کشور مقصد برخوردارند به جای صادرات مواد غذایی به صورت خام و فله‌ای به کار برده شود.

- ایفای تعهدات به موقع دولت در خصوص شرکتهای بسته بندی مواد غذایی هزینه‌های

منابع

فارسی

- بخشیم، میلاد؛ حسین‌پور، مهدی؛ آینه، معصومه؛ کریمی، حسین؛ پرنده‌آور، پریسا، «شناسایی و تحلیل کاربردهای اینترنت اشیا در چابکی زنجیره تأمین صنعت دارو در پسا کرونا»، مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی، شماره اول، ۱۴۰۲.

- خوش‌سپهر، زهرا؛ علی‌محمدلو، مسلم؛ محمدی، علی؛ رعنائی کردشولی، حبیب‌الله، «علم‌سنجی و تجزیه و تحلیل روند پژوهش‌ها در حوزه انقلاب صنعتی چهارم و کیفیت ۴/۰»، فصلنامه علوم و فنون مدیریت اطلاعات، شماره دوم، ۱۴۰۲.

- زنجیرچی، سید محمود؛ الفت، لعی، «نقش فناوری در دستیابی به چابکی در شرکت‌های الکترونیک ایران»، نشریه سیاست علم و فناوری، شماره اول، ۱۳۸۹.

- محمدیان، ایوب؛ میرباقری، فاطمه؛ خانلری، امیر، «شناسایی و طبقه‌بندی کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در بازاریابی دیجیتال»، نشریه مدیریت بازرگانی، شماره چهارم، ۱۴۰۰.

- محمدیان، ربابه؛ رضائیان، جواد؛ شیرازی، بابک، «رتبه‌بندی عوامل زنجیره تأمین چابک و سبز در کسب و کار الکترونیک (با ملاحظات کاربرد فناوری اینترنت اشیا)»، دامغان، دومین کنفرانس بین‌المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت و حسابداری، ۱۴۰۰.

- ملائی، منیژه؛ بنی‌هاشمی، سارا سادات، «شناسایی نقش تولید مجازی و تکنولوژی جدید بر چابکی و

سودآوری سازمانی در بازارهای رقابتی»، فصلنامه مطالعات مدیریت و توسعه پایدار، شماره دوم، ۱۴۰۰.

لاتین

- Babu Loganathan, G, " Agility through Product design in the era of Industry 4.0", International Journal of Early Childhood Special Education, No.2,2022.

- Bouchard, S, Abdalnour, G, & Gamache, S, " Agility and Industry 4.0 implementation strategy in a Quebec manufacturing SME", Journal Sustainability, No.13,2022.

- Ding, B, Ferras Hernandez, X, & Agell Jane, N, "Combining lean and agile manufacturing competitive advantages through Industry 4.0 technologies(an integrative approach)", Journal Production planning & control, No.5,2023.

- Govindan, K," Sustainable consumption and production in the food supply chain(A conceptual framework)", International Journal of Production Economics, No. 195, 2018.

- Hsu, C H, He, X, Zhang, T Y, Chang, A Y, Liu, W L, & Lin, Z Q, " Enhancing Supply Chain Agility With Industry 4.0 Enablers To Mitigate Ripple Effects Based On Integrated Qfd-Mcdm(An Empirical Study Of New Energy Materials Manufacturers)", Journal Mathematics, No.10,2022.

- Kharazmi, M; Bagheri, M, & Ranjbar, M H,"Assessing Organizational Agility in Higher Education Institutions and Its Impact on Organizational Flexibility (Murray Study: Staff of Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch)". Business Management Quarterly, No.45,2021.
- Kumar, S & Mukherjee, S, Monitoring Food Quality in Supply Chain Logistics. In Research in Intelligent and Computing in Engineering, First edition, Singapore, Publications Springer,2021.
- Mrugalska, B & Ahmed, J,"Organizational agility in industry 4.0(A systematic literature review)", Journal Sustainability, No.15,2021.
- Pfaff, Y. M, "Agility and digitalization why strategic agility is a success factor for mastering digitalization—evidence from Industry 4.0 implementations across a supply chain", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,No. 45,2023.
- Sreenivasan, A; Ma, S; Rehman, A U & Muthuswamy, S,"Assessment of Factors Influencing Agility in Start-Ups Industry 4.0.", Journal Sustainability, No.9,2023.

