Business Intelligence Management Studies
Vol. 12, No.45, Fall 2023; P 203-231
ims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/ims.2023.68353.2179

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 05 November 2023
Revised: 30 July 2023
Received: 06 June 2022
EISSN: 2821-0816
ISSN: 2821-0964

Identifying and Prioritizing Fifth-Generation Wireless Mobile Communications (5G) Applications in Smart Manufacturing

Mehdi Fasanghari *
Assistant Professor, Strategic Studies and Digital Economics Center, ICT Research Institute (IRAN Telecommunication Research Center (ITRC)), Tehran, Iran

Mohammad Asarian
Ph. D candidate in Strategic Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract
The fifth-generation networks of smart manufacturing and smart factory is rapidly evolving as a technology that integrates industrial production and smart Internet, bringing new support for the digital transformation of the industry and the development of a high-quality economy. Therefore, this article, with emphasis on the fifth generation of the Internet and with the aim of identifying 5G-based intelligent manufacturing projects, seeks to prioritize these projects using the hierarchical analysis method. Therefore, after reviewing the literature and interviewing with 17 experts, 5 main criteria for project prioritization were selected and weighted by AHP method using an expert questionnaire. Then, using the opinions of experts, 22 identified smart factory projects were prioritized according to the criteria weight. The criteria were calculated according to the income, cost and risk level of the project. Also Intelligent production line, intelligent logistics, intelligent resource allocation and process automation were identified as the most important intelligent production projects.

1. Introduction
Prompt technological progress is driving a substantial paradigm shift i n the manufacturing sector, empowering manufacturers to innovate an

* Corresponding Author: fasanghari@itrc.ac.ir
How to Cite: Fasanghari, M., Asarian, M. (2023). Identifying and Prioritizing Fifth-Generation Wireless Mobile Communications (5G) Applications in Smart Manufacturing, *Journal of Business Intelligence Management Studies*, 12(45), 203-231.

d better satisfy consumer needs. In order to maintain a competitive ed ge on an international scale, manufacturers must implement technolog ical advancements such as flexible production, robotics, automation, a nd smart factories to reduce expenses and increase efficiency (M Attaran & Attaran, 2020; Mohsen Attaran, 2023).

5G technology is integrating intelligent internet with industrial pr oduction at an accelerated rate. Its provision of superior network servi ces, including ample bandwidth, extensive connectivity, minimal laten cy, and dependable performance, serves as a catalyst for the advancem ent of the wireless industrial internet (Agiwal et al., 2016; Zhang et al., 2022)

With augmented reality, artificial intelligence, and automation, 5G enables smart factories to perform troubleshooting (Wang, 2021). It addresses production obstacles while improving connectivity, speed, and quality (Yit et al., 2020). By facilitating intelligent management and agile production, 5G IoT provides factories with increased flexibility, reduced change turnaround times, and enhanced cost-effectiveness. It centralizes product lifecycle management, enhances communication, and streamlines smart factory operations (Siddiqui et al., 2022).

5-G improves smart manufacturing by enabling real-time machine-to-machine communication, connectivity, and smart factory capabilities (Gangakhedkar et al., 2018). Early adoption of 5G has limited commercial applications in manufacturing, despite its potential (Wang, 2021). This article uses research, expert interviews, and project prioritization criteria to identify promising 5G applications in smart factories to aid 5G adoption decisions.

2. Literature Review

2.1. The fifth generation of mobile networks

Among the continuously evolving communication technologies, 5G emerges as a transformative entity. It follows the digitization of voice in 2G, the incorporation of multimedia in 3G, and the introduction of high-speed wireless broadband in 4G, constituting the fifth generation of mobile networks. Present communication technologies are facing challenges in keeping pace with the exponential growth of demand for mobile services, communication capabilities, and network traffic (Mu et al., 2020).

5G, designated IMT-2020 by the International Telecommunication Union in 2015, will revolutionize connectivity and capabilities. Its features include user-centric network architecture, cloud radio access network architecture, beamforming antennas, millimeter-wave hybrid and standalone networks, and user plane separation. 5G offers over 1000-fold increased communication capacity, 10-100 times faster data transfer speeds, less than 1 millisecond latency, 10-100 times larger large-scale connectivity, lower costs, and a vastly improved user experience (Agiwal et al., 2016; Alqahtani et al., 2023; Li et al., 2020).

2.2. Smart factory

Smart manufacturing, or smart factories, uses 5G technology to improve efficiency, reduce production time, and optimize processes. It uses smart sensors to monitor and control production. These sensors can adapt to external stimuli, make logical decisions, and relay information, enhancing manufacturing efficiency and intelligence (Hozdić, 2015; Soori et al., 2023; Temesvári et al., 2019; Zuehlke, 2010).

2.3. Smart manufacturing technologies

M2M and D2D communication are part of smart manufacturing. Active communication, data-driven decision-making, and control commands are enabled by M2M connections between humans, machines, and systems. It helps implement IoT smart connections. Conversely, D2D allows peer devices in a network to communicate directly. Communication is routed and managed autonomously by each device, optimising resource usage and network efficiency to improve connectivity (Ding & Janssen, 2018).

2.4. Smart office

The impact of 5G technology transcends the boundaries of the manufacturing facility. It enables employees to optimize their productivity by means of virtual assistants, digital communication tools, and rapid data transfer, thereby empowering intelligent workplaces. The realization of a mobile digital office is facilitated by 5G, which also promotes employee collaboration, adaptability, and uninterrupted communication (M Attaran & Attaran, 2020; Rao & Prasad, 2018).

2.5. Automation and supply chain management and 5G

By facilitating communication and data exchange between and within organizations, 5G has a substantial effect on supply chain management. By improving the ability to integrate suppliers, customers, and internal logistics processes, it grants organizations a competitive edge. 5G enhances the overall efficiency of supply chains through the optimization of processes, reduction of costs, improvement of quality, and implementation of real-time monitoring capabilities (Liu, 2021; Rejeb & Keogh, 2021; Taboada & Shee, 2021).

2.6. Blockchain

Blockchain is a decentralized, global technology that works like a "large computer." It processes digital asset transactions like money, personal data, health records, and others as a distributed ledger. Blockchain accelerates computation through encryption and data improvement. Blocks of transaction records form a blockchain, ensuring data integrity. Blockchain combined with 5G technology allows real-time ownership and location tracking, improving transparency, validating products, preventing fraud, and improving supply chain efficiency. Monitoring KPIs ensures network performance transparency and ensures material sourcing, manufacturing, and supply chain security (Han et al., 2023; Jovović et al., 2019; Tahir et al., 2020).

3. Methodology

This study uses pragmatism-based applied research. Its main goal is to identify 5G network projects and applications in smart factories. The study is mixed-method, using qualitative and quantitative methods.

First, 5G in smart factory projects literature was reviewed and expert interviews were conducted to identify relevant projects. These projects were refined using content analysis.

17 industry experts were interviewed to evaluate and prioritize the projects in the second phase. After statistical analysis, 31 projects were reduced to 17. After comparing these projects to the literature, 22 were chosen.

The third stage involved choosing five project evaluation and weighting criteria. The 17 experts were given a questionnaire to weight each criterion by importance.

The fourth stage scored projects using the five criteria. Our Analytic Hierarchy Process (AHP) determined each project's final weight and ranking. The Analytic Hierarchy Process helps decision-makers prioritize options in complex and uncertain situations. It organises factors into a hierarchical tree structure and solves decision-making problems by breaking down large problems into smaller ones. This method clarifies problem relationships and concepts.

4. Conclusion

The 5G wireless communication technology has emerged as an indispensable component in the advancement and administration of intelligent manufacturing. Exploring the applications of 5G connectivity in smart factories, this study seeks to identify projects that are feasible. By conducting interviews with IT specialists and reviewing prior articles in this field, the research identified 22 implementable projects. The prioritization of these projects was determined by the following five factors: total project cost, project revenue, social benefits, project feasibility, and project risk level. The findings indicated that project revenue was the most pivotal criterion, with project cost and risk level following suit. Both intelligent logistics and smart production lines, which are the top two recommended project categories, stand to gain substantially from 5G integration. Additionally, intelligent supply chain management, intelligent resource allocation, and process automation are crucial initiatives that can augment smart manufacturing.

Keywords: Fifth-generation internet wireless mobile communications (5G), Analytic Hierarchy Process (AHP), Smart factory, Smart manufacturing, Technology.

مقاله پژوهشی تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰
ISSN: 2821-0964 eISSN: 2821-0816

مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند
سال دوازدهم، شماره ٤٥، پاییز ١٤٠٢، ص ٢٠٣ تا ٢٣١
ims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/ims.2023.68353.2179

شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای نسل پنجم اینترنت (5G) در تولید هوشمند

مهدی فسنقری * استادیار مرکز مطالعات راهبردی و اقتصاد دیجیتال، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)، تهران ایران

محمد عصاریان دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

نسل پنجم شبکه در حوزه تولید هوشمند و کارخانه هوشمند به‌عنوان یک فناوری که تولید صنعتی و اینترنت هوشمند را ادغام می‌کند، به‌سرعت درحال توسعه است؛ که حمایت جدیدی را برای تحول دیجیتال صنعت و توسعه اقتصاد با کیفیت بالا به ارمغان آورده است؛ بنابراین، این مقاله با تأکید بر نسل پنجم اینترنت و با هدف شناسایی پروژه‌های تولید هوشمند مبتنی بر 5G به دنبال اولویت‌بندی این پروژه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد. لذا پس از بررسی ادبیات و مصاحبه با ۱۷ خبره، ۵ معیار اصلی برای اولویت‌بندی پروژه‌ها انتخاب و با روش تحلیل سلسله‌مراتبی و استفاده از پرسشنامه خبره وزن‌دهی شدند؛ سپس با استفاده از نظرات خبرگان، ۲۲ پروژه کارخانه هوشمند از طریق مصاحبه و با روش تحلیل محتوای کیفی شناسایی‌شده و با توجه به وزن معیارها، اولویت‌بندی شدند. معیارها به ترتیب درآمد، هزینه و سطح ریسک پروژه محاسبه شدند. همچنین خط تولید هوشمند، لجستیک هوشمند، تخصیص منابع هوشمند و اتوماسیون‌سازی فرآیندها به ترتیب مهم‌ترین پروژه‌های تولید هوشمند شناسایی شدند که لازم است مدیران به آن‌ها توجه نمایند.

کلیدواژه‌ها: اینترنت نسل پنجم، ارتباطات سیار بی‌سیم (5G)، تحلیل سلسله‌مراتبی، کارخانه هوشمند، تولید هوشمند، فناوری.

* نویسنده مسئول : fasanghari@itrc.ac.ir

مقدمه

صنعت تولید درحال گذراندن دوره تغییر قابل‌توجهی است که ناشی از پیشرفت‌های سریع فناوری است و تولیدکنندگان را قادر می‌سازد تا خواسته‌های مصرف‌کننده را بهتر برآورده کنند. فناوری نقشی کلیدی در توانمندسازی تولیدکنندگان برای نوآوری و استقبال از فرصت‌هایی که خود را ارائه می‌دهند، ایفا خواهد کرد. برای رقابت در سطح جهانی، شرکت‌های تولیدی باید کارایی را بهبود بخشند و هزینه‌ها را از طریق نوآوری‌های فرآیندی جدید، کاهش دهند؛ ناوری‌هایی مانند رباتیک، اتوماسیون انبار، کارخانه‌های هوشمند و کمک به تولید انعطاف‌پذیر (Mohsen Attaran, 2023).

نسل پنجم شبکه در حوزه تولید محصولات و کارخانه‌های هوشمند به‌عنوان یک فناوری که تولید صنعتی و اینترنت هوشمند را ادغام می‌کند، به‌سرعت در حال توسعه است و امکانات جدیدی را برای تولید هوشمند به ارمغان آورده است (Zhang et al., 2022). اعتقاد بر این است که ورود عصر 5G، خدمات شبکه با کیفیت بالا و پشتیبانی فنی را برای تولید صنعتی ارائه می‌دهد. پهنای باند زیاد، اتصال عظیم، تأخیر کم و قابلیت اطمینان بالای شبکه 5G، یک محرک فنی عالی برای توسعه اینترنت صنعتی بی‌سیم و تحت شبکه فراهم می‌کند و پتانسیل زیادی برای ارتقای سیستم تولید دارد (Agiwal et al., 2016).

نسل پنجم اینترنت به شرکت‌های تولیدی این امکان را می‌دهد تا کارخانه‌های هوشمند بسازند و از فناوری‌هایی مانند اتوماسیون، هوش مصنوعی و واقعیت افزوده برای عیب‌یابی استفاده کنند (Wang, 2021). 5G یک فناوری قابل‌توجه برای دیجیتالی‌شدن صنعت است که مستقیماً اتصال، کیفیت، سرعت، تأخیر و پهنای باند را افزایش می‌دهد. 5G می‌تواند به غلبه بر مشکلات تولید و نقاط دردناک، ازجمله مشکلات اتصال مانند: پهنای باند ناکافی، سرعت و مشکلات تأخیر کمک کند (Yit et al., 2020).

نسل پنجم اینترنت به تحرک تولید و مدیریت هوشمند در تولید کمک می‌نماید. همچنین شبکه‌های 5G انعطاف‌پذیری بالاتر، هزینه کمتر و زمان‌بندی کوتاه‌تر را برای تغییرات کارخانه فراهم می‌کنند. شبکه‌ها، خدمات و قابلیت‌های اتصال 5G این پتانسیل را دارند که تولید، مدل‌های تجاری و فروش را به روش‌هایی تغییر دهند که به نفع تولید باشد. شبکه‌های پیشرفته 5G و فناوری پردازش اطلاعات، می‌توانند کارخانه‌های هوشمند را ساده‌سازی کنند، ارتباطات داخلی و خارجی را بهبود بخشند و مدیریت چرخه عمر کامل

محصول را در یک شبکه واحد متحد کنند (Siddiqui et al., 2022). این تکنولوژی می‌تواند فناوری‌های زیادی را برای مدیریت هوشمند ارائه دهد (Huseien & Shah, 2022).

مهم‌ترین مزایایی که اینترنت نسل پنجم می‌تواند برای تولید هوشمند به ارمغان آورد عبارت‌اند از (Gangakhedkar et al., 2018): بهبود ارتباطات بلادرنگ بین ماشین‌ها، بهبود مشکلات اتصال، مانند: پهنای باند ناکافی، سرعت و مشکلات تأخیر و پیشرفت کارخانه‌های هوشمند با پیشرفت‌های اینترنت اشیا[1] و اتوماسیون.

لذا این مقاله به دنبال پاسخ به سؤال مهم‌ترین کاربردهای اینترنت نسل پنجم در کارخانه هوشمند می‌باشد و در نظر دارد با بررسی مقاله‌های گذشته در مورد کاربرد این فناوری جدید در کارخانه‌های تولیدی و استخراج آن و همچنین مصاحبه با خبرگان صنعت و تحلیل آن‌ها، مهم‌ترین کاربردهایی که این فناوری می‌تواند در کارخانه‌های هوشمند داشته باشد را پیدا کرده، سپس شاخص‌هایی را برای اولویت‌بندی این کاربردها و پروژه‌ها ارائه نماید و درنهایت آن‌ها را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی اولویت‌بندی کرده و آن‌ها را به صاحبان و مدیران صنایع تولیدی معرفی کند. تا درنهایت اولویت پروژه‌های شناسایی‌شده را، بر اساس معیارهای مختلف ارائه نماید.

ادبیات و پیشینه پژوهش

اینترنت نسل پنجم (5G)

فناوری ارتباطات سیار سه دوره مهم را تجربه کرده است؛ به ترتیب: دیجیتالی کردن صدای 2G، چندرسانه‌ای 3G و پهنای باند بی‌سیم 4G. با رشد مداوم دستگاه‌های تلفن همراه جدید، خدمات ارتباطی و ترافیک شبکه، فناوری‌های ارتباطی موجود دیگر قادر به پاسخگویی به این تقاضاهای روبه رشد نیستند (Mu et al., 2020). اتحادیه بین‌المللی مخابرات[2] در ژوئن ۲۰۱۵ به طور رسمی 5G را به‌عنوان IMT-2020 نام‌گذاری کرد. معنای اصلی 5G، گسترش مزایای فناوری تلفن همراه در زمینه‌های کاربردی جدید، اتصال، کنترل، تبادل، مکان‌یابی، کار کردن به روشی بهینه با همه‌چیز و فراتر رفتن از

1. Internet of Things: IoT
2. International Telecommunication Union: ITU

محدودیت‌های مکان و زمان برای ایجاد حالت‌های تجاری جدید است (Yit et al., 2020). 5G دارای ویژگی‌های معماری شبکه کاربر محور، معماری شبکه دسترسی رادیویی ابری[1]، آنتن‌های جهت‌دهنده پرتو، شبکه موج میلی‌متری هیبریدی و مستقل و نیز تقسیم صفحه کاربر است (Li et al., 2020). درنتیجه، در مقایسه با نسل‌های قبلی فناوری‌های ارتباطی، در چندین جنبه پیشرفت‌های فوق‌العاده‌ای کسب کرده است؛ ازجمله افزایش بیش از ۱۰۰۰ برابری ظرفیت ارتباطی، افزایش ۱۰-۱۰۰ برابری در سرعت انتقال داده، کمتر از ۱ میلی‌ثانیه تأخیر تا پایان، افزایش ۱۰-۱۰۰ برابری تعداد اتصالات در مقیاس بزرگ، هزینه کمتر و تجربه کاربری بهتر (Agiwal et al., 2016). اینترنت نسل پنجم با امکاناتی که دارد تولید را تسهیل و به بهبود بهره‌وری و کاهش زمان تولید کمک شایانی می‌کند (Alqahtani et al., 2023).

کارخانه هوشمند

یک تعریف مفهومی برای کارخانه هوشمند می‌تواند این باشد: یک راه‌حل تولیدی که به فرآیندهای تولید سازگار و انعطاف‌پذیر اجازه می‌دهد تا مشکلات ناشی از یک مرکز تولید را با شرایط مرزی در حال تغییر سریع و پویا حل کند. راه‌حل را می‌توان با ترکیب سخت‌افزار، نرم‌افزار (اتوماسیون) و درنتیجه کاهش اتلاف غیرضروری منبع و نیروی کار مرتبط دانست (Zuehlke, 2010). کارخانه هوشمند با استفاده از فناوری‌های نوین، بهره‌وری بالاتر، هوشمندی بیشتر، به‌روز بودن محصولات و تولید بیشتر را به همراه دارد (Soori et al., 2023).

این کارخانه همچنین به محصولات هوشمند نیز نیاز دارد تا فرآیندهای تولید را کارآمدتر کند. محصول هوشمند با توجه به انتقال اطلاعات در مورد مراحل تولید فرآیندها و ویژگی‌های خود محصول موردتوجه است. حوزه فناوری مستقیماً بر بهبود سنسورهای هوشمند تأثیر می‌گذارد و به‌عنوان یک تجهیزات غیرفعال مانند یک مقاومت عمل می‌کنند که مقدار آن بسته به تحریک خارجی تغییر می‌کند (Hozdić, 2015). حس‌گر قادر است در پرتو اطلاعات تصمیم منطقی بگیرد و عمل را بسته به آن انجام دهد و همچنین می‌تواند پیام‌ها را به سطوح بالاتر منتقل کند (Temesvári et al., 2019).

1. Cloud Radio Access Network: C-RAN

فناوری‌های تولید هوشمند

۱) فناوری ماشین به ماشین[1] و دستگاه به دستگاه[2]

هدف ماشین به ماشین حل اتصالات هوشمند تعاملی یکپارچه بین انسان، ماشین و سیستم به جای تبادل داده بین آن‌هاست. ماشین به طور فعال براساس رویه‌های تعیین‌شده ارتباط برقرار می‌کند، انتخاب‌های هوشمندانه‌ای براساس داده‌های به‌دست‌آمده انجام می‌دهد و دستورالعمل‌های کنترلی را برای مکانیسم فعال‌کننده مربوطه صادر می‌کند. می‌توان گفت که ماشین به ماشین موضوع اصلی برای پیاده‌سازی اتصال هوشمند اینترنت اشیا است. دستگاه به دستگاه به روشی برای برقراری ارتباط مستقیم بین دو گره همتا اشاره دارد. در شبکه ارتباطی دستگاه به دستگاه، هر گره به‌طور خودکار مسیریابی می‌شود و با انعطاف‌پذیری بیشتری ارتباط برقرار می‌کند؛ به طوری که تبادل اطلاعات می‌تواند بدون اشغال منابع باند ایستگاه پایه انجام شود. همچنین می‌تواند استفاده از منابع شبکه را تا حد زیادی بهبود بخشد (Ding & Janssen, 2018).

۲) فناوری کلان داده

تصمیم‌گیری هوشمند مبتنی بر کلان داده، یکی از اجزای کلیدی به‌کارگیری 5G است. با فناوری سنجش پیشرفته و فناوری انتقال 5G، می‌توان داده‌ها را در فاز طراحی، ساخت، مونتاژ و تولید محصول به دست آورد. قرار است ارزش پنهان در پس داده‌های تولید استخراج و تجزیه‌وتحلیل شود؛ مانند نظارت بر وضعیت بلادرنگ و مدیریت سلامت تجهیزات، ردیابی و جیره‌بندی هوشمند مواد، برنامه‌ریزی هوشمند و برنامه‌ریزی بهینه‌سازی، نظارت بر مصرف انرژی تولید و تجزیه‌وتحلیل بهینه‌سازی، تحلیل زمانی کیفیت و قابلیت اطمینان محصول. فناوری ارتباط بی‌سیم 5G تضمینی برای انتقال داده‌های بزرگ با سرعت بالا، با قابلیت اطمینان بالا و با تأخیر کم است (Behnke et al., 2019).

۳) فناوری محاسبات ابری

کلان داده‌های تولید ازجمله پارامترهای وضعیت تجهیزات تولید، داده‌های فرآیند تولید،

1. Machine to Machine: M2M
2. Device to Device: D2D

داده‌های سفارش، داده‌های کیفیت محصول، داده‌های فرآیند تولید و غیره از طریق شبکه ارتباطی بی‌سیم 5G، در فضای ابری بارگذاری می‌شوند. با کمک ابر، تجزیه‌وتحلیل کارآمد داده‌های تولید انجام می‌شود و تجزیه‌وتحلیل برای تصمیم‌گیری تولید به مدیر تولید بازگردانده می‌شود. با استفاده از فناوری انتقال بی‌سیم 5G، انتقال گسترده داده به دست خواهد آمد. درعین‌حال، امنیت انتقال داده نیز به طور قابل‌توجهی بهبود خواهد یافت (Rao & Prasad, 2018).

٤) فناوری محاسبات لبه

در مقایسه با محاسبات ابری که بسیاری از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها را پردازش می‌کند و مدیریت داده‌ها را متمرکز می‌کند، محاسبات لبه، یک روش پردازش داده‌هاست که به‌صورت فیزیکی نزدیک به جایی که داده‌ها تولید می‌شود، مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ و به این شکل است که تمام عوامل تولید در طبقه کارخانه می‌تواند متصل و هوشمند عمل کند (Burow et al., 2018). در لبه ساخته شده، داده‌ها پردازش و تجزیه‌وتحلیل می‌شوند تا درک متقابل، تعامل و کنترل در میان عوامل ناهمگن را درک کنند. در مقایسه با محاسبات ابری، مزایای حفظ حریم خصوصی داده‌ها، امنیت و سرعت پاسخ محاسبات لبه، واضح‌تر است. مکانیزم احراز هویت بین شبکه و دستگاه برای رمزگذاری و حفاظت از یکپارچگی ارتباطات استفاده می‌شود. شناسایی موقت به طور تصادفی اختصاص داده شده و برای اطمینان از حفظ حریم خصوصی مشترکین استفاده می‌شود و درعین‌حال، آپلود داده‌های با سرعت بالا و بازخورد با سرعت بالا از نتایج محاسبات با استفاده از تکنولوژی‌های دستگاه به دستگاه و ماشین به ماشین در شبکه 5G تحقق می‌یابد (Sasiain et al., 2020).

٥) فناوری واقعیت مجازی و واقعیت افزوده

تولید هوشمند مبتنی بر واقعیت مجازی و واقعیت افزوده کارایی تولید را بهبود می‌بخشد، هزینه تولید را کاهش می‌دهد و کیفیت محصول را از طریق به‌کارگیری فناوری واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیرات اساسی تجهیزات تولید بهبود می‌بخشد. به‌عنوان‌مثال، غول نفت و گاز توتال از نرم‌افزار واقعیت مجازی زیمنس برای آموزش کارکنان خود برای تأسیسات دریایی با استفاده از یک محیط سه‌بعدی

مجازی استفاده می‌کند که باعث افزایش ایمنی و به حداکثر رساندن سود در تولید مواد خام می‌شود. علاوه بر این، شرکت فورد موتور فرآیند مونتاژ خودرو را با استفاده از فناوری واقعیت مجازی ارائه می‌کند و میزان آسیب تصادفی در خط تولید را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد (Cheng et al., 2018).

محل کار هوشمند

شرکت‌ها می‌دانند که محل کار دیجیتال برای رقابتی ماندن ضروری است. به‌عنوان‌مثال، کارمندان می‌توانند برای سازمان‌دهی برنامه‌ها یا خودکارسازی فعالیت‌های روزانه از برنامه‌های دستیار مجازی شرکت برای افزایش بهره‌وری استفاده کنند. ابزارهای ارتباطی دیجیتال، مانند کنفرانس ویدیویی با همکاران از طریق یک پلت‌فرم ارتباط داخلی، ارتباط بی‌درنگ را امکان‌پذیر می‌کنند و کارمندان را از طریق در ارتباط مداوم نگه می‌دارند. شبکه‌های 5G دانلود و آپلود سریع‌تر و تأخیر بسیار کمتری را ارائه می‌دهند که باعث می‌شود داده‌ها را با سرعتی بسیار بیشتر از شبکه‌های موجود جابجا کنند. این ویژگی رویکردهایی را برای مدیریت اطلاعات امکان‌پذیر می‌کند که در محیط موبایل قدیمی امکان‌پذیر نبودند. مفهوم «دفتر خود را در هر مکانی حمل کنید» را می‌توان با استفاده از فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده تقویت کرد (M Attaran & Attaran, 2020; Mohsen Attaran, 2023).

5G منابعی مانند اتاق‌های کنفرانس هوشمند را فعال می‌کند؛ اتوماسیون اداری و هوش مصنوعی به یک امر عادی تبدیل می‌شوند و بهره‌وری در محل کار را به حداکثر می‌رسانند. همکاری اداری افزایش خواهد یافت و استفاده کارآمد از محل کار دیجیتالی به کارمندان این امکان را می‌دهد که ساعات کاری انعطاف‌پذیری داشته باشند و در هر زمان، هر مکان و در هر دستگاهی به افراد و اطلاعات متصل شوند. درنهایت، قابلیت‌های 5G باعث پیشرفت در واقعیت افزوده و واقعیت مجازی[1] می‌شود و به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به فناوری‌های مشارکتی کاملاً تحقق‌یافته تبدیل شوند. قابلیت‌های 5G همگام‌سازی بلادرنگ با فضای ابر[2] را فراهم می‌کند و به کاربران امکان دسترسی به ذخیره‌سازی

1. Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR)
2. Cloud

نامحدود داده و دسترسی به قدرت پردازش بزرگ را می‌دهد (Rao & Prasad, 2018). 5G همچنین تعامل ویدیویی بی‌درنگ، کنفرانس‌های تجاری و جلسات کاری از راه دور را فعال می‌کند، درنتیجه زمان سفر را کاهش می‌دهد و به سازمان‌ها اجازه می‌دهد در هزینه‌های عملیاتی افراد راه دور صرفه‌جویی کنند. همچنین قابلیت‌های 5G به عصر آینده ساختمان‌های فوق هوشمند کمک می‌کند. ساختمان‌های هوشمند، مانند لبه[1] از اتاق‌های جلسه واقعیت مجازی مجهز به 5G استفاده می‌کنند تا فضای فیزیکی موردنیاز برای جلسات را کاهش دهند، واقعیت افزوده برای کمک به مشکلات تعمیرو نگهداری در ساختمان استفاده می‌شود و به تکنسین‌ها اجازه می‌دهد تا تعمیرات ساده را انجام دهند و در صورت خرابی تجهیزات، زمان خرابی را کاهش دهند. داده‌های حس‌گر برای بهینه‌سازی نور و گرمایش استفاده می‌شود (Mohsen Attaran, 2023).

اتوماسیون و مدیریت زنجیره تأمین و 5G

تئوری قابلیت سازمانی، مربوط به نظریه دیدگاه مبتنی بر منبع، نشان می‌دهد که یک شرکت باید منابع و قابلیت‌های خود را برای بهبود عملکرد توسعه دهد. از دیدگاه تئوری قابلیت سازمانی، 5G احتمالاً توانایی ادغام تأمین‌کنندگان، مشتریان و فرآیندهای لجستیک درون‌سازمانی را افزایش می‌دهد (Liu, 2021). درنتیجه، پذیرش 5G را می‌توان به‌عنوان یک قابلیت اضافی در نظر گرفت که ممکن است به پیکربندی فعلی قابلیت زنجیره تأمین هر سازمانی ارزش بیافزاید. ارتباطات بین سازمانی و درون‌سازمانی و تبادل اطلاعات با قابلیت اینترنت نسل پنجم تسهیل می‌شود. 5G منبعی است که مدیریت زنجیره تأمین را فعال می‌کند، بنابراین مزیت رقابتی را نسبت به سایر شرکت‌ها ایجاد می‌کند (Rejeb & Keogh, 2021).

5G با بهینه‌سازی فرآیند حساس و قابل‌اعتماد (نظارت در زمان واقعی خط مونتاژ با استفاده از حس‌گرها)، ارتباطات غیربحرانی زمانی، کنترل و نگهداری از راه دور، ارتباطات یکپارچه درون/ بین سازمانی اکوسیستم و کالاهای متصل، یک عامل کلیدی در تولید هوشمند و زنجیره تأمین می‌باشد. به‌این‌ترتیب، 5G به‌عنوان یک فناوری نوآورانه با قابلیت‌هایی برای افزایش جریان اطلاعات زنجیره تأمین ظاهر شده است که می‌تواند هزینه

1 Edge

را کاهش دهد، کیفیت را بهبود بخشد، کارایی تحویل را افزایش دهد، زنجیره تأمین را انعطاف‌پذیر و پاسخ‌گو کند و به خدمات مشتری برای بهبود عملکرد پایدار شرکت‌ها کمک کند (Taboada & Shee, 2021).

بلاک‌چین

بلاک‌چین یک فناوری نوآورانه است که شامل تمرکززدایی معماری و مدیریت جهانی بوده و تمرکز منطقی دارد، زیرا سیستم مانند یک «کامپیوتر بزرگ» رفتار می‌کند. همچنین به آن دفتر مشترک توزیع‌شده نیز می‌گویند زیرا پایگاه داده تراکنش در تمام گره‌های شبکه قرار دارد. تراکنش‌ها برای مبادله دارایی‌های دیجیتال - پول، داده‌های شخصی یا مالی، وضعیت سلامت یا سوابق عملکرد ماشین یا هر دارایی دیجیتالی دیگری که می‌تواند منتقل شود، استفاده می‌شود (Tahir et al., 2020). این فناوری با رمزگذاری و بهبود اطلاعات به تسریع محاسبات کمک می‌نماید (Han et al., 2023). سوابق تراکنش‌ها در بلوک ذخیره و سپس بلوک‌ها با استفاده از مقادیر به زنجیره متصل می‌شوند، بنابراین یک بلاک‌چین ایجاد می‌شود و حداکثر یکپارچگی داده‌ها را فراهم می‌کند. هر بلوک جدید به بلوک قبلی مرتبط است. بلاک‌چین با استفاده از 5G با سابقه مشترک مالکیت و مکان قطعات و محصولات در زمان واقعی، شفافیت را امکان‌پذیر می‌کند، بلاک‌چین محصولات تقلبی، تراکنش‌های تقلبی، کالاهای دزدیده‌شده و کالاهای منحرف‌شده را تأیید می‌کند. شفافیت و کارایی یافتن مواد و مکان‌هایی که ممکن است در سراسر زنجیره تأمین آلوده شود را بهبود می‌بخشد. با دانستن شرایط یا شاخص‌های کلیدی عملکرد هر زیرساختی که شخصی با آن کار می‌کند، شفافیت عملکرد شبکه را تضمین می‌کند. همچنین منبع‌یابی مواد، تولید محصولات، تضمین زنجیره تأمین را تضمین می‌کند (Jovović et al., 2019).

روش

این پژوهش از نظر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است؛ این پژوهش از نوع پژوهش‌های آمیخته است زیرا از ۲ مرحله کیفی و کمی تشکیل شده است. در مرحله اول با بررسی ادبیات و مصاحبه با خبرگان پروژه‌های کارخانه هوشمند مبتنی بر شبکه نسل پنجم

اینترنت (5G) شناسایی شده و در مرحله دوم با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[1] داده‌ها وزن‌دهی و تجزیه‌وتحلیل شده‌اند. فلسفه پژوهش از نوع پراگماتیسم است. این پژوهش از ۴ مرحله اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از:

۱. در مرحله اول، ادبیات مربوط به کاربرد نسل پنجم اینترنت (5G) در پروژه‌های مربوط به کارخانه هوشمند در مقالات متعدد موردبررسی قرار گرفتند. با استفاده از کلیدواژه‌های "5G" و «کاربردها»[2] و «کارخانه هوشمند»[3] و «تولید هوشمند»[4] جست‌وجوی مقالات آغاز شد. محدوده جغرافیایی موردنظر تمام نواحی، زمان از ابتدا تا سال ۲۰۲۱، روش‌های مطالعه تمامی روش‌ها، جامعه موردمطالعه پایگاه علمی اسکوپوس در سه حوزه کسب‌وکار، تصمیم‌گیری، اجتماعی و نوع مقاله‌ها، مقاله‌های مجله‌های علمی و کنفرانس‌ها در نظر گرفته شد. تعداد ۳۲ مقاله نهایی برای تحلیل استخراج شد. در ادامه با استفاده از تحلیل محتوای کیفی، پروژه‌های موجود در این مقالات استخراج گردید. در این مرحله ۱۸ پروژه و کاربرد شناسایی شد.

۲. در مرحله دوم، با ۱۷ نفر از خبرگان صنعت (افرادی که شناخت کافی از اینترنت نسل پنجم و امکانات و کاربردهای آن دارند) مرتبط با موضوع پروژه در زمینه پروژه‌های کارخانه و تولید هوشمند مبتنی بر شبکه نسل پنجم اینترنت مصاحبه‌ای نیمه‌ساختاریافته صورت گرفت و نظرات آن‌ها در مورد پروژه‌های شناسایی‌شده پرسیده شد. در ابتدا ۳۱ پروژه مجزا با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی احصاء شد که در ادامه ادغام صورت گرفته و به ۱۷ پروژه کاهش پیدا کرد. سپس با پروژه‌های یافته شده از بررسی مقالات تطبیق داده شد و با یکدیگر ادغام شدند و یا تعدادی از آن‌ها جایگزین گردید و پروژه‌های نهایی در قالب یک چارچوب ۲۲ تایی تنظیم گردیدند.

۳. در مرحله سوم، تعداد ۵ معیار جهت بررسی و وزن‌دهی پروژه‌ها از مقالات انتخاب گردید و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی این معیارها وزن‌دهی شدند. برای این کار

1. Analytic Hierarchy Process: AHP
2. Application
3. Smart Factory
4. Smart Manufacturing

پرسشنامه‌ای در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان مربوطه قرار گرفت تا به هر یک از معیارها، وزنی با توجه به میزان اهمیت هر یک از آن‌ها تخصیص دهند.

۴. در مرحله چهارم، پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها، هر یک از پروژه‌ها نسبت به ۵ معیار تعیین‌شده امتیازدهی شدند. بدین‌منظور پرسشنامه‌ای طراحی و در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفت؛ به این صورت که هر یک از پروژه‌های شناسایی‌شده در زمینه کاربرد اینترنت نسل پنجم در کارخانه هوشمند را بر اساس ۵ معیار ارزیابی و به هریک عددی در بازه ۱ تا ۱۰ بر اساس ۵ معیار تخصیص دادند.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی روشی برای کمک به تصمیم‌گیری است، به تحلیل مسائل می‌پردازد و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد اثرات متقابل و هم‌زمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. هدف آن تعیین کمیت اولویت‌های نسبی برای مجموعه معینی از گزینه‌ها، در مقیاس نسبت است و بر اساس قضاوت تصمیم‌گیرنده، تعیین می‌شود (Saaty, 2008). این روش عوامل کلی و جزئی را با استفاده از درخت سلسله‌مراتبی سازمان‌دهی می‌کند و راه‌حلی برای مشکلات تصمیم‌گیری و یا انتخاب بین چندین گزینه ارائه می‌دهد و با تجزیه یک مسئله کلی به چندین مسئله جزئی‌تر، باعث درک بهتر روابط و مفاهیم مسئله‌ی موردنظر می‌شود (Al-Harbi, 2001). مراحل این روش عبارت‌اند از:

مرحله اول:

تجزیه یک مسئله کلی به چندین مسئله جزئی‌تر در شناسایی مسئله بسیار کارساز است و بیانگر وجود روابط موجود بین عناصر کوچک‌تر است. با این کار درخت سلسله‌مراتبی ایجاد می‌شود. مطابق Error! Reference source not found. سلسله‌مراتب از بالا (اهداف از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان) تا سطوح میانی (معیارهایی که سطوح بعدی به آن بستگی دارد) تا پایین‌ترین سطح که شامل لیست پروژه‌ها است، تشکیل می‌شود. در این پژوهش،

اولین سطح یعنی هدف موردبررسی «انتخاب بهترین پروژه کارخانه هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت (5G)» است. دومین سطح شامل معیارهایی است که بر اساس آن‌ها گزینه‌های پروژه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند، این معیارها عبارت‌اند از: «درآمد پروژه»، «منافع اجتماعی پروژه»، «سودمندی پروژه»، «سطح ریسک پروژه» و «کل هزینه پروژه». این معیارها از پژوهش (Bolat et al., 2014) برای انتخاب بهترین پروژه مورداستفاده قرار گرفته‌اند که هر یک در زیر توضیح داده شده است؛ سومین سطح نیز شامل پروژه‌های انتخابی در زمینه کارخانه هوشمند است.

درآمد پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن درآمد از طریق انتخاب بهترین پروژه‌ی کارخانه هوشمند مبتنی بر 5G، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام‌یک از پروژه‌ها بیشترین درآمد را خواهند داشت.

منافع اجتماعی پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن منفعت اجتماعی در توسعه اهداف پایدار از طریق انتخاب بهترین پروژه کارخانه هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت (5G)، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام پروژه بیش‌ترین منفعت اجتماعی (کاهش آلودگی هوا، کاهش مصرف انرژی و ...) را دارد.

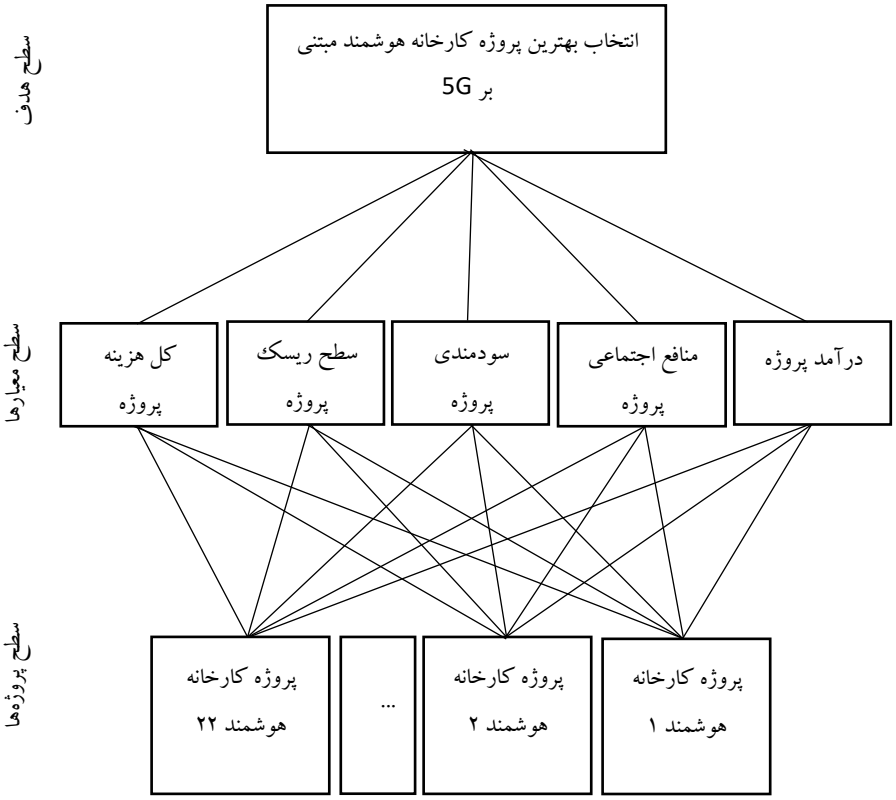
سودمندی پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن سودمندی پروژه‌ها از طریق انتخاب بهترین پروژه کارخانه هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت (5G)، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام پروژه بیشترین فایده و کاربردپذیری را خواهد داشت.

سطح ریسک پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداقل رساندن ریسک کل پروژه‌ها از طریق انتخاب بهترین پروژه کارخانه هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت (5G)، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که انتخاب کدام پروژه کم‌ترین ریسک را خواهد داشت.

کل هزینه پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداقل رساندن هزینه کل پروژه از طریق

انتخاب بهترین پروژه کارخانه هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت (5G)، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که انتخاب کدام پروژه کم‌ترین هزینه را خواهد داشت.

شکل ۱. سلسله مراتب تصمیم انتخاب پروژه تولید هوشمند (منبع: یافته‌های تحقیق حاضر).



مرحله دوم:

در مرحله دوم، لازم است یک مقایسه زوجی میان معیارهای مشخص‌شده در پژوهش صورت گیرد، برای این منظور پرسشنامه‌ای در مقیاس ۱ تا ۹ طراحی گردیده است و در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفته است.

مرحله سوم:

در مرحله سوم پس از ساخت ماتریس مقایسات زوجی، مقادیر ماتریس به‌هنجار می‌شود، یعنی هر مقدار ماتریس بر جمع ستون مربوطه تقسیم می‌شود و میانگین هر ردیف محاسبه می‌گردد و به‌این‌ترتیب وزن نسبی هر یک از معیارها تعیین می‌گردد و بر اساس این وزن می‌توان اولویت هر یک از معیارها را مشخص کرد.

مرحله چهارم:

در مرحله آخر لازم است تا نرخ ناسازگاری محاسبه شود تا مشخص گردد که آیا بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد یا خیر و اگر این مقدار کوچک‌تر از ۰/۱ باشد نشان‌دهنده وجود سازگاری لازم بین مقایسات است. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی این پژوهش ۰/۰۲۱ محاسبه گردید بنابراین سازگاری لازم وجود دارد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش

طبق مراحل پژوهش مطابق با اولین مرحله که به بررسی ادبیات کاربرد نسل پنجم اینترنت (5G) در کارخانه هوشمند پرداخته شد، پروژه از مقالات شناسایی گردید. لیست پروژه‌های استخراج‌شده در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۱. **پروژه‌های استخراج‌شده از مقالات (منبع: یافته‌های تحقیق حاضر).**

پروژه	توضیحات
محل کار	امکان کار از راه دور با استفاده از واقعیت افزوده و واقعیت مجازی مبتنی بر 5G
	اتاق‌های هوشمند در محل کار با استفاده از حسگرهای هوشمند و اینترنت اشیا و اتصال به 5G
	اتوماسیون اداری هوشمند با سرعت انتقال داده بالا
	فضای ابری مبتنی بر 5G و دسترسی به پردازشگرهای ذخیره‌سازی نامحدود داده‌ها
	شبکه هوشمند برق در محل کار
بلاک‌چین	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات
	جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها با کلان‌داده و هوش مصنوعی
	تأمین مالی جمعی و تحلیل داده‌ها با هوش مصنوعی بر اساس 5G
	دارایی هوشمند (ارز دیجیتال)
	امکان برقراری قرارداد هوشمند با واقعیت مجازی و کلان داده

پروژه	توضیحات
اتوماسیون	اتوماسیون سازی فرآیند/ عملیات با استفاده از انتقال سریع داده‌ها مبتنی بر 5G
	زنجیره تأمین هوشمند با امکان هم‌زمان ارتباط و تبادل اطلاعات میان شبکه‌های دخیل در عملیات
	لجستیک با افزایش سرعت دریافت و ارسال اطلاعات و کاهش تأخیر انتقال داده و پردازش بلادرنگ داده‌ها با استفاده از اتصالات 5G
	خط تولید هوشمند با امکان تبادل داده میان تجهیزات و تحلیل بلادرنگ داده‌ها با اینترنت اشیا
	تخصیص منابع هوشمند با سرعت در انتقال کلان داده و تحلیل بلادرنگ پروژه‌ها
اتصال هوشمند	استفاده از رباتیک هوشمند (جوشکار، نقاش، مونتاژ، جابه‌جاکننده، بازرسی) در تولید
	شبکه‌های هوشمند و سیستم‌های فیزیکی- سایبری با اتصال به شبکه 5G
	اتصال ماشین به ماشین 5G
	افزایش داده در تولید با استفاده از کلان داده
	سفارشی‌سازی تولید انبوه با استفاده از کلان داده
	مدیریت و ارکستراسیون هوشمند شبکه با هوش مصنوعی
	محاسبات لبه هوشمند
	مدیریت منابع هوشمند با هوش مصنوعی
	استفاده از اینترنت اشیا در تجهیزات تولید
	سیستم ردیابی و نظارت (نگهداری تعمیرات) مبتنی بر هوش مصنوعی و تحلیل داده
	اتصال حسگرهای مبتنی بر 5G بر تجهیزات و تبادل داده
	حمل‌ونقل هوشمند و اتصال ماشین‌ها به یکدیگر و به تجهیزات و خط تولید
	مجازی‌سازی عملکرد شبکه (NFV) با استفاده از واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
	کالاهای متصل به شبکه
	کارخانه‌های متصل به یکدیگر و تبادل داده

و سپس نظر ۱۷ نفر از خبرگان در مورد این پروژه‌ها پرسیده شد و پس از مصاحبه و بررسی نظرات آن‌ها ادغام و حذف و اضافه کردن برخی از پروژه‌ها درنهایت ۲۲ پروژه مطابق جدول ۴ شناسایی گردید.

پس از شناسایی پروژه‌های کارخانه هوشمند، طبق مراحل روش پژوهش، ۵ معیار «درآمد پروژه»، «منافع اجتماعی پروژه»، «سودمندی پروژه»، «سطح ریسک پروژه»، «کل هزینه پروژه» انتخاب شدند و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی آن‌ها

صورت گرفت. به این صورت که ابتدا مقایسات زوجی با استفاده از پرسشنامه خبره صورت گرفت و خبرگان با مقایسه برتری دوبه‌دو معیارها به هر یک در مقیاس ۱ تا ۹ امتیاز دادند و سپس بر اساس امتیازات داده‌شده ماتریس مقایسات زوجی معیارها مطابق جدول ۲ تشکیل شد.

جدول ۲. ماتریس مقایسات زوجی معیارها (منبع: یافته‌های تحقیق حاضر).

معیارها	درآمد	منافع اجتماعی	سودمندی	سطح ریسک	هزینه
درآمد	۱	۶	۴	۲	۲
منافع اجتماعی	۰/۱۷	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵
سودمندی	۰/۲۵	۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳
سطح ریسک	۰/۵	۴	۳	۱	۱
هزینه	۰/۵	۴	۳	۱	۱
جمع	۲/۴۲	۱۸	۱۱/۳۳	۴/۵۸	۴/۵۸

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، وزن هر یک از معیارها به دست آمد و با توجه به وزن‌ها، معیارها رتبه‌بندی شدند که در

جدول ۳ وزن و رتبه هر معیار مشخص‌شده است. درآمد پروژه بیشترین وزن و اهمیت را از نظر خبرگان دارد و بنابراین به دنبال پروژه‌ای خواهند بود که بیشترین درآمد را داشته باشد، پس‌ازآن هزینه پروژه و سطح ریسک پروژه در رتبه دوم قرار دارند که به معنی بااهمیت بودن این دو عامل هر پروژه کارخانه هوشمند است. سودمندی به معنی کاربردپذیر بودن هر پروژه و میزان مفید بودن آن رتبه سوم و منافع اجتماعی رتبه چهارم را به خود اختصاص دادند. همچنین مقدار نرخ ناسازگاری ۰/۰۲۱ را نشان می‌دهد و ازآنجایی‌که از ۰/۱ کمتر است بنابراین در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد.

جدول ۳. وزن‌دهی معیارها (منبع: یافته‌های تحقیق حاضر).

معیارها	وزن	رتبه
درآمد پروژه	۳۹/۵ درصد	۱
منافع اجتماعی پروژه	۵/۲ درصد	۴
سودمندی پروژه	۹/۹ درصد	۳
سطح ریسک پروژه	۲۲/۷ درصد	۲
هزینه پروژه	۲۲/۷ درصد	۲

در مرحله بعد، پس از وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها، پرسشنامه‌ای در مقیاس ۱ تا ۱۰ در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفت تا به هر یک از ۲۲ پروژه کارخانه هوشمند بر اساس ۵ معیار ذکرشده امتیاز دهند و به هر یک عددی اختصاص دهند. امتیازدهی نیز بدین گونه بوده است که به‌عنوان‌مثال پروژه‌ای که از نظر خبرگان بیش‌ترین هزینه را دارا بوده کمترین امتیاز را در بازه ۱ تا ۱۰ گرفته و همچنین پروژه‌ای که بیش‌ترین منفعت اجتماعی را شامل بوده است، بیشترین امتیاز را در بازه ۱ تا ۱۰ گرفته است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، امتیازدهی بر اساس ۵ معیار وزن‌دهی شده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند، به این صورت که میانگین پروژه‌ها بر اساس ۵ معیار تعیین گردید و با توجه به میزان وزن هر یک از ۵ معیار که در مرحله قبل محاسبه شد، از مجموع ضرب میانگین هر پروژه و وزن معیارها، میانگین وزنی هر پروژه به دست آمد و بر این اساس وزن نهایی هر پروژه محاسبه شده و پروژه‌ها اولویت‌بندی شدند.

جدول ۴ میانگین وزنی و رتبه پروژه‌های کارخانه هوشمند را نشان می‌دهد، بیشترین میانگین وزنی (۷/۶۶۲) برای پروژه خط تولید هوشمند می‌باشد و درنتیجه می‌تواند به‌عنوان اولویت پروژه‌های کارخانه هوشمند مبتنی بر 5G در نظر گرفته شود. همچنین لجستیک هوشمند در رتبه دوم اولویت‌های پروژه‌های کارخانه هوشمند با میانگین وزنی ۶/۸۸۹ قرار دارد. سومین پروژه‌ای که از نظر خبرگان لازم است موردتوجه قرار گیرد پروژه‌ی مربوط به تخصیص منابع با میانگین وزنی ۶/۶۸۴ است.

جدول ٤. میانگین وزنی و رتبه پروژه‌های تولید هوشمند (منبع: یافته‌های تحقیق حاضر).

		درآمد	منافع اجتماعی	سودمندی	سطح ریسک	کل هزینه	میانگین وزنی	رتبه
۱	دورکاری با استفاده از واقعیت مجازی	۵	۶	۴	۴	۶	۴/۹۵۳	۱۵
۲	اتاق‌های هوشمند	۳	۴	۵	۳	۳	۳/۲۵	۲۲
۳	اتوماسیون اداری هوشمند	۵	۵	۷	۷	۶	۵/۸۷۹	۸
۴	ذخیره‌سازی نامحدود داده‌ها با استفاده از فضای ابری	۵	۴	۶	۶	۶	۵/۵۰۱	۱۲
۵	شبکه هوشمند برق	۴	۶	۵	۳	۲	۳/۵۲۲	۲۰
۶	توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	۶	۵	۵	۶	۵	۵/۶۲۲	۱۱
۷	جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها با هوش مصنوعی	۶	۶	۵	۷	۴	۵/۶۴۷	۱۰
۸	دارایی هوشمند	۵	۵	۵	۴	۷	۵/۲۲۷	۱۴
۹	اتوماسیون‌سازی فرآیند	۶	۵	۷	۷	۶	۶/۲۷۴	۴
۱۰	زنجیره تأمین هوشمند	۸	۶	۶	۵	۴	۶/۱۰۹	۵
۱۱	لجستیک هوشمند	۸	۶	۷	۶	۶	۶/۸۸۹	۲
۱۲	خط تولید هوشمند	۹	۷	۸	۸	۵	۷/۶۶۲	۱
۱۳	تخصیص منابع هوشمند	۹	۷	۵	۶	۴	۶/۶۸۴	۳
۱۴	توسعه فناوری رباتیک	۷	۵	۷	۲	۲	۴/۶۲۶	۱۷
۱۵	اتصال ماشین به ماشین	۴	۴	۵	۳	۲	۳/۴۱۸	۲۱
۱۶	مدیریت منابع هوشمند	۹	۷	۶	۳	۴	۶/۱۰۲	۶
۱۷	سیستم ردیابی و نظارت مبتنی بر هوش مصنوعی	۶	۵	۶	۶	۵	۵/۷۲۱	۹
۱۸	مدیریت هوشمند شبکه	۴	۴	۵	۵	۶	۴/۷۸	۱۶
۱۹	مجازی‌سازی عملکرد شبکه	۴	۴	۵	۳	۴	۳/۸۷۲	۱۹
۲۰	حمل‌ونقل هوشمند	۸	۸	۵	۴	۴	۵/۸۸۷	۷
۲۱	اتصال حسگرها بر تجهیزات	۶	۴	۶	۲	۴	۴/۵۳۴	۱۸
۲۲	سفارشی‌سازی تولید	۸	۷	۶	۳	۳	۵/۴۸	۱۳
	میانگین	۶/۱۳۶	۵/۴۵۴	۵/۷۲۷	۴/۶۸۸	۴/۴۵۴	۵/۳۴۸	
	رتبه	۱	۳	۲	۴	۵		

بحث و نتیجه‌گیری

نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم (5G)، به یک عامل کلیدی برای توسعه و مدیریت تولید هوشمند با ارائه پروژه‌های مبتنی بر اتصالات و شبکه مربوط به آن در سراسر جهان تبدیل خواهد شد. گسترش این فناوری و لزوم به‌کارگیری آن باعث شد تا این پژوهش به بررسی کاربردهای اتصالات 5G در کارخانه هوشمند بپردازد تا در شناسایی پروژه‌های مبتنی بر این فناوری جدید کمک کند.

در این پژوهش ابتدا مقالات گذشته در زمینه کاربرد نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم (5G) در کارخانه هوشمند موردبررسی قرار گرفت و پس از شناسایی پروژه‌هایی که می‌توان در کارخانه هوشمند اجرا کرد، با مصاحبه با خبرگان فناوری اطلاعات درنهایت تعداد ۲۲ پروژه قابل‌اجرا استخراج گردید. برای اولویت‌بندی این پروژه‌ها در درجه اول نیاز به شناسایی تعدادی معیار بود بنابراین پس از شناسایی ۵ معیار اصلی شامل «درآمد پروژه»، «منافع اجتماعی پروژه»، «سودمندی پروژه»، «سطح ریسک پروژه» و «کل هزینه پروژه» همان‌طور که پژوهش بولات و همکاران (۲۰۱۴) از این معیارها در جهت اولویت‌بندی پروژه‌ها در مقاله خود استفاده کرده است، با روش AHP این معیارها وزن‌دهی شدند که این کار با استفاده از پرسشنامه خبره که توسط ۱۷ نفر از خبرگان فناوری و مدیریت تکمیل گردید، صورت گرفت و سپس با استفاده از پرسشنامه دیگری که خبرگان با توجه به ۵ معیار اصلی، ۲۲ پروژه شناسایی‌شده را در مقیاس ۱ تا ۱۰ امتیازدهی کردند، وزن پروژه‌ها بر اساس ۵ معیار به دست آمد. سپس با استفاده از مجموع ضرب وزن‌های معیارها و میانگین هر یک از پروژه‌ها وزن نهایی هر پروژه تعیین شد به‌این‌ترتیب با توجه به میزان وزن هر پروژه، پروژه‌ها رتبه‌بندی شدند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، درآمد مهم‌ترین معیار اشاره‌شده توسط خبرگان بود که وزن ۳۹/۵ درصدی را داشت و سپس سطح ریسک پروژه و هزینه پروژه دو معیار هم‌وزن بعدی بوده که وزن ۲۲/۷ درصد را داشتند. دو معیار دیگر وزن بسیار کمی در مقایسه با این سه معیار داشته و عملاً تأثیر بسیار کمی در نتایج و اولویت‌بندی نهایی داشته‌اند. از جنبه

عملکرد پروژه‌ها، درآمد بیشترین امتیاز و هزینه کمترین امتیاز را به‌دست‌آمده آورده است. این موضوع نشان‌دهنده آن است که این پروژه‌ها درمجموع هزینه زیادی به همراه دارند اما می‌توانند درآمد زیادی هم به همراه داشته باشند.

با توجه به نتایج پژوهش و میانگین وزنی هر یک از پروژه‌ها، اولین پروژه‌ای که بهتر است به آن توجه شود، پروژه‌های مربوط به خط تولید هوشمند است. خط تولید مجموعه‌ای از عملیات متوالی است که در یک کارخانه ایجاد می‌شود و به‌موجب آن مواد برای تولید یا مونتاژ یک‌نیمه محصول یا محصول نهایی قرار می‌گیرند. انواع مختلفی از خطوط تولید وجود دارد، مانند خط تولید پردازش، خط مونتاژ، خط جداسازی قطعات و غیره. با ادغام اینترنت نسل پنجم در فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا، کلان داده و ... و به‌کارگیری آن‌ها در خط تولید کارخانه و توسعه آن می‌تواند تولید هوشمند را هدف قرار دهد.

دومین پروژه‌ای که بهتر است به آن توجه شود، پروژه‌های مربوط به لجستیک هوشمند است. یکی از اهداف اصلی یک شرکت این است که محصولات خود را به‌صورت سریع و کارآمد به دست مصرف‌کنندگان برساند. بااین‌حال، در همان زمان، شرکت‌ها باید مطمئن شوند که از آسیب به محصول جلوگیری شود. لجستیک هوشمند زنجیره تأمین را در هر مرحله مؤثرتر و کارآمدتر می‌کند. لجستیک هوشمند با دستگاه‌های متصل در زنجیره تأمین و ابزارهای هوشمند ردیابی دارایی، دید سرتاسری را به ارمغان می‌آورد و نحوه حمل‌ونقل کالاها توسط شرکت‌ها، کنترل موجودی و دارایی‌های سیار، پر کردن انبار و مدیریت تجربه خرده‌فروشی را بهبود می‌بخشد. راه‌حل‌های لجستیک هوشمند حمل‌ونقل و انبارداری کارآمد را بهبود می‌بخشند، همچنین اتصال بین شبکه‌های لجستیکی مختلف را تسهیل می‌کنند. انتظار می‌رود استاندارد 5G با ارتقای سرعت و عملکرد سیستم‌های لجستیک، ایجاد تأخیرکم، طول عمر باتری بیشتر برای اینترنت اشیاء، ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتر و کارایی بالاتر، چندین پیشرفت را در سیستم‌های لجستیک ایجاد کند.

سومین پروژه مهم تخصیص منابع هوشمند است. یکی از مهم‌ترین موارد در تولید،

عدم وجود منابع بی‌نهایت است؛ بنابراین نحوه صحیح تخصیص منابع می‌تواند یکی از رازهای موفقیت هر کسب‌وکاری باشد. نسل پنجم اینترنت می‌تواند منابع را سریعاً شناسایی نماید و سپس با توجه به داده‌های کسب‌وکار در هرلحظه نحوه تخصیص آن را تعیین نماید.

همچنین اتوماسیون فرآیند و عملیات چهارمین پروژه مهم است که می‌تواند یک کارخانه را به هدف هوشمندسازی خود نزدیک کند و از فناوری‌هایی استفاده می‌کند که وظایف، فرآیندها و تولید را خودکار می‌کند تا بازده تولید را افزایش دهد و کارایی را با کاهش هزینه‌ها به حداکثر برساند. در اتوماسیون کارخانه، محصولات تولید، مونتاژ، بسته‌بندی، ماشین‌کاری و غیره می‌شوند. سیستم‌های کنترل از نرم‌افزار رایانه‌ای برای برنامه‌ریزی تجهیزات و ماشین‌آلات برای انجام کارهای تولیدی استفاده می‌کنند که درگذشته به‌صورت دستی انجام می‌شدند. در این راستا، افزایش اتوماسیون نیز ایمنی کارخانه را افزایش می‌دهد. ازآنجایی‌که اتوماسیون ذاتاً برای کاهش تعامل انسان با تجهیزات و ماشین‌ها طراحی شده است، همچنین به کاهش و در برخی موارد از بین بردن خطرات گذشته مرتبط با کارکرد دستی و جابجایی تجهیزات خطرناک یا خطرات مرتبط با حضور نیروی کار در محیط‌های خطرناک کمک می‌کند.

پنجمین پروژه مهم، زنجیره تأمین هوشمند است. با استفاده از نسل پنجم شبکه، امکان مدیریت زنجیره تأمین از ابتدایی‌ترین تأمین‌کننده تا انتهایی‌ترین مصرف‌کننده وجود دارد. این موضوع با وجود داده‌ها و تجمیع و تحلیل آن با همه عناصر زنجیره تأمین به‌دست می‌آید.

ORCID
Mehdi Fasanghari **http://orcid.org/0000-0003-4256-0949**
Mohammad Asarian **http://orcid.org/0000-0003-0356-6141**

منابع

1. Agiwal, M., Roy, A., & Saxena, N. (2016). Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2532458
2. Al-Harbi, K. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1
3. Alqahtani, H., Niranjan, L., Parthasarathy, P., & Mubarakali, A. (2023). Modified power line system-based energy efficient routing protocol to improve network life time in 5G networks. *Computers and Electrical Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108564
4. Attaran, M, & Attaran, S. (2020). Digital transformation and economic contributions of 5G networks. *International Journal of Enterprise Information Systems*. https://doi.org/10.4018/IJEIS.2020100104
5. Attaran, Mohsen. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *14*(5), 5977–5993. https://doi.org/10.1007/S12652-020-02521-X
6. Behnke, D., Bök, P.-B., Rhein-Waal, H., Schneider, S., Schiene, D., Müller, M., Peuster, M., & Karl, H. (2019). 5G as key technology for networked factories: Application of vertical-specific network services for enabling flexible smart manufacturing. *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics*. https://doi.org/10.1109/INDIN41052.2019.8972305
7. Bolat, B., Çebi, F., Temur, G. T., & Otay, I. (2014). A fuzzy integrated approach for project selection. *Journal of Enterprise Information Management*, *27*(3), 247–260. https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2013-0091/FULL/HTML
8. Burow, K., Hribernik, K., & Thoben, K. (2018). First steps for a 5G-ready service in cloud manufacturing. *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436312
9. Cheng, J., Chen, W., Tao, F., & Lin, C. (2018). Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing. *Journal of Industrial Information Integration*. https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.04.001
10. Ding, A. Y., & Janssen, M. (2018). Opportunities for applications using 5 G networks: Requirements, challenges, and outlook. *Proceedings of the Seventh International Conference on Telecommunications and Remote Sensing*, 27–34. https://doi.org/10.1145/3278161.3278166
11. Gangakhedkar, S., Cao, H., Ali, A., Ganesan, K., Gharba, M., & Eichinger, J. (2018). Use cases, requirements and challenges of 5G

communication for industrial automation. *2018 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*. https://doi.org/10.1109/ICCW.2018.8403588

12. Han, H., Shiwakoti, R., Jarvis, R., & Mordi, C. (2023). Accounting and auditing with blockchain technology and artificial Intelligence: A literature review. *International Journal of Accounting Information Systems*. https://doi.org/10.1016/j.accinf.2022.100598
13. Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, *VII*(1), 2067–3604.
14. Huseien, G., & Shah, K. (2022). A review on 5G technology for smart energy management and smart buildings in Singapore. *Energy and AI*. https://doi.org/10.1016/j.egyai.2021.100116
15. Jovović, I., Husnjak, S., Forenbacher, I., & Maček, S. (2019). Innovative application of 5G and blockchain technology in industry 4.0. *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems*, *6*(18), 1–6. https://doi.org/10.4108/eai.28-3-2019.157122
16. Li, Y., Wang, D., Sun, T., Duan, X., & Lu, L. (2020). Solutions for variant manufacturing factory scenarios based on 5G edge features. *20 20 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE)*. https://doi.org/10.1109/EDGE50951.2020.00016
17. Liu, M. (2021). Research on the development of intelligent logistics based on 5g technology. *2021 2nd International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS)*. https://doi.org/10.1 109/EDGE50951.2020.00014
18. Mu, N., Gong, S., Sun, W., & Gan, Q. (2020). The 5G MEC applications in smart manufacturing. *2020 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE)*.
19. Rao, S. K., & Prasad, R. (2018). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. *Wireless Personal Communications*, *100*(1), 145–159. https://doi.org /10.1007/S11277-018-5615-7
20. Rejeb, A., & Keogh, J. G. (2021). 5G Networks in the Value Chain. *Wireless Personal Communications*, *117*(2), 1577–1599. https://doi.org/10.1007/S11277-020-07936-5
21. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, *9*(3), 215–229. https:// doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590
22. Sasiain, J., Sanz, A., Astorga, J., & Jacob, E. (2020). Towards flexible integration of 5G and IIoT technologies in industry 4.0: A practical use case. *Applied Sciences*. https://doi.org/10.3390/app10217670
23. Siddiqui, M., Qamar, F., Tayyab, M., Hindia, M., Nguyen, Q., & Hassan, R. (2022). Mobility management issues and solutions in 5G-and-beyond networks: a comprehensive review. *Electronics*.

https://doi.org/10.3390/electronics11091366
24. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006
25. Taboada, I., & Shee, H. (2021). Understanding 5G technology for future supply chain management. *International Journal of Logistics Research and Applications, 24*(4), 392–406. https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1762850
26. Tahir, M., Habaebi, M., Dabbagh, M., Mughees, A., Ahad, A., & Ahmed, K. (2020). A review on application of blockchain in 5G and beyond networks: Taxonomy, field-trials, challenges and opportunities. *IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003020
27. Temesvári, Z., Maros, D., & Kádár, P. (2019). Review of Mobile Communication and the 5G in Manufacturing. *Procedia Manufacturing*. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.259
28. Wang, Y. (2021). Industrial structure technology upgrade based on 5G network service and IoT intelligent manufacturing. *Microprocessors and Microsystems, 81*. https://doi.org/10.1016/J.MICPRO.2020.103696
29. Yit, M., Chew, L., Ai, E., Teo, L., Kwok, W., Shah, V., Kumar, G., & Fahem, H. (2020). Evaluating the roadmap of 5G technology implementation for smart building and facilities management in Singapore. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su122410259
30. Zhang, Z., Wen, F., Sun, Z., Guo, X., He, T., & Lee, C. (2022). Artificial Intelligence-Enabled Sensing Technologies in the 5G/Internet of Things Era: From Virtual Reality/Augmented Reality to the Digital Twin. *Advanced Intelligent Systems*, *4*(7). https://doi.org/10.1002/AISY.202100228
31. Zuehlke, D. (2010). SmartFactory—Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2010.02.008

استناد به این مقاله: فسنقری، مهدی.، عصاریان، محمد. (۱۴۰۲). شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای نسل پنجم اینترنت (5G) در تولید هوشمند، *مطالعات مدیریت کسب وکار هوشمند*، ۱۲(۴۵)، ۲۰۳-۲۳۱.

DOI: 10.22054/ims.2023.68353.2179

Journal of Business Intelligence Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License..