Journal of
Improvement Management
Vol. 20 No. 3, Autumn 2026 (Serial 73)

The Role of the Government in the Success of Factory-less Production in small and medium-sized enterprises with a Cloud Manufacturing Approach

Nima, Mollaei[1], Chngiz, Valmohammadi[2☎] , Kiamars, Fathi Haftshajani[3], Ali Reza, Derakhshan[4]

1 - Ph.D. Candidat, Department of Management and accounting, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran;
2 - Assistant Prof., Department of Management and accounting, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran;
3- Associate Prof., Department of Management and accounting, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran;
4 - Associate Prof., Department of Management and accounting, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran;

Abstract:

Small and medium-sized enterprises (SMEs), as the backbone of the Iranian economy, face severe financial, technological, and infrastructure constraints and require new production models in global competition. The "factoryless manufacturing" model, utilizing Cloud Manufacturing (CMfg) technology, can enable intelligent sharing of production resources (from design to transportation) without the need for factory ownership. This research, with a combined approach (qualitative-quantitative) and utilizing Fuzzy Delphi (FDM) and Fuzzy DEMATEL, first identifies and validates 8 dimensions and 33 key indicators of readiness for SMEs providing services in cloud manufacturing. Then, by analyzing causal-disability relationships, it has been shown that government support (including policymaking, intellectual property regulations, financial facilities, and national cloud infrastructure) is the most influential factor in the success of this model. This study provides practical guidance for policymakers, SME managers, and cloud platform operators by presenting a 33-point readiness assessment model. Policy recommendations include the development of a comprehensive CMfg law, the establishment of a financial support fund, the launch of a national cloud platform, and targeted training programs. The results highlight the key role of the government in developing supportive laws and regulations to support the provision of cloud and factoryless services, cloud manufacturing platforms, and the use of manufacturing services in small and medium-sized enterprises in the cloud.

Keywords: Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs), Factory-less Production, Cloud Manufacturing, Goverment
DOI: 10.22034/jmi.2026.565363.3279

[1]Nima.Mollaei@yahoo.com
[2]☎Corresponding author: valmohammadi@yahoo.com
[3]Fathikiamars@yahoo.com
[4]ard1331@gmail.com

نقش دولت در موفقیت تولید بدون کارخانه در شرکتهای کوچک و متوسط با رویکرد تولید ابری

دوره ۲۰ شماره ۳ (پیاپی ۷۳) فصل پاییز ۱۴۰۵

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۱۸/ ۱۰/ ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۰۱/ ۰۷ / ۱۴۰۵) صفحات ۶۲ تا ۹۶

نیما ملایی[۱] دانشجوی دکتری، مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

چنگیز والمحمدی[۲] استادیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

کیامرث فتحی هفشجانی[۳] دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

علیرضا درخشان[۴] دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

چکیده

بنگاه‌های کوچک و متوسط به‌عنوان ستون فقرات اقتصاد ایران، با محدودیت‌های شدید منابع مالی، فناوری و زیرساختی مواجه‌اند و در رقابت جهانی، نیازمند مدل‌های نوین تولیدی هستند. مدل «تولید بدون کارخانه» با بهره‌گیری از فناوری تولید ابری، می‌تواند امکان اشتراک‌گذاری هوشمند منابع تولیدی (از طراحی تا حمل‌ونقل) را بدون نیاز به مالکیت کارخانه فراهم کند. این پژوهش با رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) و بهره‌گیری از دلفی فازی و دیمتل فازی ، ابتدا ۸ بعد و ۳۳ شاخص کلیدی آمادگی را برای بنگاه‌های کوچک و متوسط ارائه‌دهنده سرویس در تولید ابری شناسایی و اعتبارسنجی می‌نماید. سپس با تحلیل روابط علّی-معلولی، نشان داده است که حمایت دولت (شامل سیاست‌گذاری، مقررات مالکیت معنوی، تسهیلات مالی و زیرساخت‌های ابری ملی) تأثیرگذارترین عوامل بر موفقیت این مدل است. این پژوهش با ارائه مدل ارزیابی آمادگی ۳۳ شاخصی، راهنمایی عملی برای سیاست‌گذاران، مدیران شرکت‌های کوچک و متوسط و اپراتورهای پلتفرم‌های ابری فراهم می‌آورد. نتایج حاصله نقش کلیدی دولت را در تدوین قوانین و مقررات حمایتی به‌منظور حمایت از ارائه خدمات ابری و بدون کارخانه، پلتفرم‌های تولید ابری و استفاده از خدمات تولیدی در بنگاه‌های کوچک و متوسط در بستر ابر را مشخص می‌کند.

واژگان کلیدی: شرکت‌های کوچک و متوسط، تولید بدون کارخانه ، تولید ابری، دولت

[۱] Nima.Mollaei@yahoo.com

[۲] ☎مسئول مکاتبات: valmohammadi@yahoo.com

[۳] Fathikiamars@yahoo.com

[۴] ard1331@gmail.com

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحولات انقلاب صنعتی چهارم با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، سیستم‌های سایبر-فیزیکی[۱](CPS) و محاسبات ابری، ساختار صنایع تولیدی را دگرگون کرده است(Adamson et al., 2013). در این میان، تولید ابری[۲]به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین مدل‌های محاسباتی و سرویس‌گرا، با بهره‌گیری از فناوری‌های ابری، اینترنت اشیا (IoT)، مجازی‌سازی، داده‌کاوی و هوش مصنوعی، امکان اشتراک‌گذاری، گردش آزاد و استفاده به‌موقع منابع و قابلیت‌های تولیدی را در قالب سرویس‌های تولیدی[۳](MaaS) فراهم می‌آورد (Moghaddam et al., 2015). این مدل نه‌تنها کل چرخه عمر محصول (از طراحی تا بازیافت) را تحت پوشش قرار می‌دهد، بلکه با ایجاد یک اکوسیستم مشترک و شفاف، بنگاه‌های کوچک و متوسط را قادر می‌سازد تا بدون سرمایه‌گذاری سنگین در زیرساخت‌های فیزیکی، به منابع پیشرفته، دانش تخصصی و ظرفیت‌های مازاد سایر واحدهای تولیدی دسترسی یابند(Helo et al., 2021).

در ایران، بنگاه‌های کوچک و متوسط بیش از ۹۴ درصد از کل واحدهای صنعتی را تشکیل می‌دهند و نقش محوری در تولید ناخالص داخلی، اشتغال‌زایی و توسعه منطقه‌ای ایفا می‌کنند (United Nations Industrial Development Organization, 2019) با این حال، این بنگاه‌ها با چالش‌های متعددی از جمله کمبود سرمایه، دسترسی محدود به فناوری‌های پیشرفته، ضعف در استانداردهای صنعتی، فقدان فرهنگ همکاری و محدودیت‌های قانونی مواجه‌اند (Mittal et al., 2018) در چنین شرایطی، تولید بدون کارخانه که در سال ۱۴۰۰ با ابلاغ دستورالعمل وزارت صنعت، معدن و تجارت به‌صورت رسمی وارد سیاست‌های صنعتی کشور شد (وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۱۴۰۰) به‌عنوان یک راهبرد ملی، با تکیه بر ظرفیت‌های موجود و شبکه‌سازی، تلاش دارد تا این موانع را دور بزند. این مدل، با هم‌افزایی کامل با تولید ابری، امکان استفاده از منابع مجازی‌شده سایر بنگاه‌ها را فراهم می‌کند و بنگاه‌های کوچک و متوسط را قادر می‌سازد تا وظایف پیچیده‌تر، سفارشی‌سازی‌شده و جهانی را با هزینه کمتر و سرعت بالاتر انجام دهند.

باوجود پتانسیل بالای این مدل، موفقیت آن به‌شدت وابسته به سطح آمادگی سازمانی و حمایت‌های سیاستی و زیرساختی است (Adamson et al., 2013). تجربه جهانی نشان می‌دهد که در کشورهایی مانند آلمان (صنعت نسل ۴) و آمریکا (اینترنت صنعتی)، حمایت هدفمند دولت از طریق تدوین مقررات، ایجاد پلتفرم‌های ملی، ارائه تسهیلات مالی و توسعه آموزش‌های تخصصی، کلید موفقیت مهاجرت به مدل‌های تولیدی مشابه و هوشمند بوده است. در مقابل، عدم توجه به آمادگی پیش از اجرا، منجر به شکست پروژه‌های متعدد در بنگاه‌های کوچک و متوسط شده است (Fei Tao & Qi, 2019).

---

[۱] Cyber-Physical System

[۲] Cloud Manufacturing - CMfg

[۳] Manufacturing as a Service - MaaS

این پژوهش باهدف پر کردن شکاف موجود در ارزیابی آمادگی شرکتهای کوچک و متوسط پیش از ورود به تولید ابری و به‌ویژه تعیین نقش و میزان اثر دولت در موفقیت مدل تولید بدون کارخانه، طراحی شده است. سؤالات تحقیق به شرح زیر هستند:

۱-شاخص‌های آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط تولیدی برای ارائه خدمات در بستر تولید ابری چیست؟

۲-روابط و تعاملات میان این شاخص‌ها چگونه است و جایگاه حمایت دولت در این شبکه چیست؟

این مطالعه با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی)، ابتدا با مرور ادبیات و مصاحبه با کارشناسان، شاخص‌های آمادگی را شناسایی کرد. سپس با استفاده از دلفی فازی، این شاخص‌ها را غربال و اعتبارسنجی نمود و در نهایت با دیمتل فازی، روابط علّی-معلولی و شدت تأثیرات را تحلیل کرد. نتایج، نه‌تنها یک مدل ارزیابی آمادگی جامع ارائه می‌دهد، بلکه نقش دولت را از یک حامی به موتور محرک اصلی تحول دیجیتال ارتقا می‌بخشد و راهبردهای سیاستی مشخصی برای سیاست‌گذاران، مدیران شرکت‌های کوچک و متوسط و اپراتورهای پلتفرم‌های ابری پیشنهاد می‌کند.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

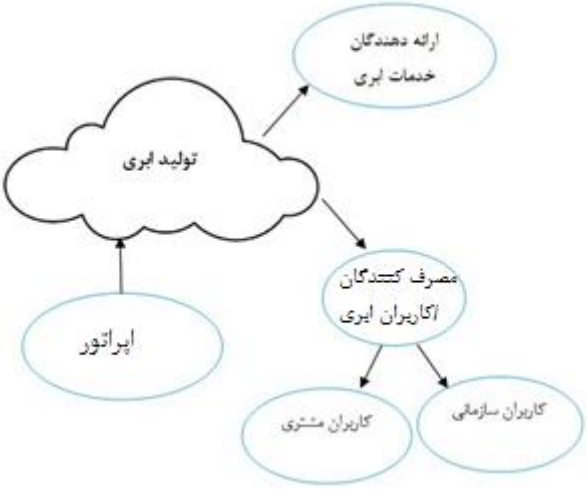
۲-۱- تولید ابری: مفاهیم و ذینفعان

تولید ابری به‌عنوان یکی از دستاوردهای انقلاب صنعتی چهارم، مدلی محاسباتی و سرویس‌گرا است که از تلفیق فناوری‌هایی نظیر رایانش ابری، اینترنت اشیا، مجازی‌سازی، داده‌کاوی و هوش مصنوعی شکل گرفته است. تولید ابری به‌عنوان «مدلی محاسباتی و سرویس‌گرا که از مدل‌های پیشرفته تولیدی موجود و فناوری‌های اطلاعاتی سازمانی، تحت پشتیبانی رایانش ابری، اینترنت اشیا، مجازی‌سازی، فناوری‌های سرویس‌گرا و محاسبات پیشرفته توسعه یافته است» تعریف می‌شود(F. Tao et al., 2011). این مدل با مدیریت و عملیات هوشمند، متمرکز و یکپارچه بر انواع منابع تولیدی ابری می‌تواند سرویس‌های تولیدی در دسترس، بر اساس تقاضا، امن، قابل اعتماد، باکیفیت و کم‌هزینه را برای فعالیت‌های تولیدی مشارکتی را فراهم نماید (Wei Jiang et al., 2012).

هدف اصلی تولید ابری، سرویس‌سازی از منابع و قابلیت‌های تولیدی برای ایجاد محیطی امن و شفاف جهت اشتراک‌گذاری است. در این مدل، تمام منابع تولیدی قابل اشتراک در یک استخر عمومی قرار می‌گیرند و بنگاه‌هایی با ظرفیت مازاد می‌توانند منابع خود را به شرکت‌های نیازمند اجاره داده و سود کسب کنند(Helo et al., 2021; Wei Jiang et al., 2012). تولید ابری مفهوم «تولید به‌عنوان سرویس» را پیاده‌سازی کرده و همه‌چیز (منابع، فرآیندها و چرخه‌ی عمر محصول) را به‌صورت سرویس ارائه می‌دهد(Liu & Xu, 2017).

هسته‌ی اصلی تولید ابری بر مفهوم «سرویس» استوار است. بر اساس ادبیات تحقیق، سرویس در تولید ابری به‌عنوان «نمایش مجازی و بسته‌بندی‌شده‌ی منابع و قابلیت‌های تولیدی (اعم از ماشین‌آلات، نیروی

انسانی، نرم‌افزار و فرآیندها) تعریف می‌شود که به‌صورت درخواستی، ایمن، باکیفیت و کم‌هزینه در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد(Fei Tao et al., 2015). سرویس‌ها در تولید ابری محدود به تولید سنتی نیستند، بلکه تمام مراحل چرخه‌ی عمر محصول از طراحی، ساخت، مونتاژ، آزمایش، نگهداری، مدیریت، لجستیک تا یکپارچه‌سازی محصول را پوشش می‌دهند(C. Li et al., 2024) . سرویس‌ها در تولید ابری دارای ویژگی‌های کلیدی از جمله دسترسی بر اساس تقاضا، مجازی‌سازی و بسته‌بندی، پوشش چرخه‌ی کامل عمر محصول، قابلیت همکاری، قابلیت ارتجاعی و چابکی، و ارائه‌ی ارزش از طریق کیفیت و هزینه هستند(Liu & Xu, 2017) . از این منظر، تولید ابری تحقق عینی مفهوم «تولید به‌عنوان سرویس» است و نگاه خدمت‌محور را جایگزین نگاه محصول‌محور در صنعت تولید می‌کند.



شکل ۱ -مدل عملیاتی تولید ابری

همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، در سیستم تولید ابری سه ذینفع اصلی تعامل دارند و همکاری آن‌ها برای موفقیت ضروری است(Liu et al., 2019):

۱-ارائه‌دهندگان:[1] منابع و قابلیت‌های خود را مجازی‌سازی و به‌صورت سرویس ابری منتشر می‌کنند.

۲-اپراتورها:[2] پلتفرم را مدیریت کرده و سرویس‌های باکیفیت، پایدار و بر اساس تقاضا ارائه می‌دهند.

۳-مصرف‌کنندگان:[3] نیازمندی‌های خود را ثبت کرده و نتایج نهایی سفارش را دریافت می‌کنند. آن‌ها می‌توانند از یک یا چند سرویس موجود در فضای ابری برای تأمین نیاز خود استفاده کنند.

[1] Providers
[2] Operators
[3] Consumers

۲-۲- روند تحول تولید ابری

درک جایگاه تولید ابری نیازمند بررسی سیر تکاملی پارادایم‌های تولید در دهه‌های اخیر است. این سیر تکاملی از «تولید دیجیتال[1]» با تمرکز بر شبیه‌سازی و طراحی به کمک کامپیوتر (CAD/CAM) آغاز شد و با ظهور «تولید هوشمند[2]» و انقلاب صنعتی چهارم به اوج خود رسید. در صنعت نسل ۴٫۰، مفاهیمی نظیر سیستم‌های سایبر-فیزیکی (CPS)، کلان‌داده‌ها و «اینترنت اشیاء صنعتی» (IIoT) امکان اتصال بلادرنگ ماشین‌آلات و سیستم‌ها را فراهم آوردند(Fei Tao & Qi, 2019). در این میان، فناوری «دوقلوی دیجیتال[3]» به‌عنوان پل ارتباطی میان فضای فیزیکی و مجازی، هسته مرکزی تولید هوشمند را تشکیل می‌دهد و امکان شبیه‌سازی، پایش و بهینه‌سازی فرآیندها را پیش از اجرای فیزیکی میسر می‌سازد(L. Hu et al., 2018).

«تولید ابری» در واقع تکامل سرویس‌گرای صنعت ۴٫۰ است. در حالی که تولید هوشمند بر هوشمندسازی منابع درون‌سازمانی تمرکز دارد، تولید ابری مرزهای سازمانی را درنوردیده و منابع تولیدی را در سطح یک اکوسیستم گسترده، تولید را به‌عنوان سرویس (MaaS) ارائه می‌دهد (Chaudhuri et al., 2021) . اخیراً، با گذار جهانی به سمت «صنعت ۵٫۰»، که بر محوریت انسان، پایداری و تاب‌آوری تأکید دارد، تولید ابری به‌عنوان یک مدل کارآمد برای اشتراک‌گذاری منابع، کاهش ضایعات و افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین در برابر شوک‌های خارجی، اهمیتی دوچندان یافته است (Silva & Vital, 2020). بنابراین، تولید ابری تنها یک فناوری نیست، بلکه یک پارادایم اکوسیستمی است که مفاهیم اینترنت اشیاء صنعتی، همزاد دیجیتال و اقتصاد اشتراکی را در بستر تولید یکپارچه می‌کند.

۲-۳-شرکت‌های کوچک و متوسط در تولید ابری: فرصت‌ها و محدودیت‌ها

صنایع به‌طور کلی به بزرگ، کوچک و متوسط طبقه‌بندی می‌شوند شرکت‌های کوچک و متوسط به‌عنوان موتور رشد اقتصادی، نقش کلیدی در تولید ناخالص داخلی، کاهش فشار اشتغال و بهینه‌سازی ساختار اقتصادی دارند (Hallam et al., 2018) . بر اساس تعریف اتحادیه اروپا شرکت‌های کوچک و متوسط، «اشتغال کمتر از ۲۵۰ نفر؛ گردش مالی سالانه زیر ۵۰ میلیون یورو یا ترازنامه سالانه زیر ۴۳ میلیون یورو» دارند (Union, 2015).

در ایران، تعریف واحد و منسجمی برای بنگاه‌های کوچک و متوسط وجود ندارد و هر دستگاه اجرایی با توجه به حوزه‌ی فعالیت خود، تعریف جداگانه‌ای ارائه کرده است. با این حال، مهم‌ترین و رایج‌ترین معیار برای تعریف شرکتهای کوچک و متوسط در ایران، تعداد کارکنان است (تاق بازرگانی، صنایع، معادن و

[1] Digital Manufacturing
[2] Smart Manufacturing
[3] Digital Twin

کشاورزی تهران, ۱۳۹۵; بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران, ۱۴۰۱). این رویکرد با تعاریف بین‌المللی (مانند تعریف اتحادیه اروپا که بر اساس تعداد شاغلین و گردش مالی است) هماهنگی نسبی دارد، اما در ایران عمدتاً بر مبنای معیار تعداد شاغلین استوار است و کمتر به معیارهای مالی مانند گردش مالی یا ارزش ترازنامه توجه می‌شود. در این پژوهش، با توجه به بافت صنعتی ایران، تعریف سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران (زیر ۱۰۰ نفر کارمند) مبنای کار قرار گرفته است.

شرکت‌های کوچک و متوسط، نیازمندی‌های خاصی دارند که آن‌ها را از شرکت‌های بزرگ و چندملیتی متمایز می‌کند (Mittal et al., 2018). چالش‌های اصلی شرکت‌های کوچک و متوسط در جدول ۱جدول ۱ ارائه شده است (Horváth & Szabó, 2019; Mittal et al., 2018) .

جدول ۱: چالش‌های شرکت‌های کوچک و متوسط

چالش	دلایل
منابع مالی محدود	عدم توانایی خرید تجهیزات پیشرفته
فناوری ضعیف	عدم برخورداری از فناوری‌های اینترنت اشیاء، داده‌کاوی، زیرساخت ابری
استانداردهای صنعتی	ناسازگاری با الزامات جهانی
فرهنگ سازمانی	مقاومت در برابر تغییر و کار گروهی
مشارکت کارکنان	کمبود دانش و مهارت‌های دیجیتال
همکاری و اتحاد	فقدان شبکه‌سازی

مزیت تولید ابری برای شرکت‌های کوچک و متوسط در یکپارچه‌سازی ویژگی‌های بنگاه‌های بزرگ و کوچک است؛ به گونه ای که منابع تولیدی به‌صورت مجازی و از راه دور در قالب سرویس های تولیدی استفاده می‌شوند(Gharibvand et al., 2024; Yadekar et al., 2016). بنابراین شرکت‌های کوچک و متوسط می‌توانند وظایف پیچیده‌تر را انجام داده، همکاری بین‌سازمانی را افزایش دهند، رقابت‌پذیری خود را ارتقا دهند و در جهانی‌سازی تولید مشارکت کنند(Valilai & Houshmand, 2013). با وجود تمامی مزایای ذکر شده، ورود به حوزه‌ی تولید ابری بدون توجه به نقش دولت و آمادگی بنگاه، می‌تواند بقای شرکتها را به مخاطره اندازد. از این رو ضروری است تا نقش حاکمیت و حمایتهای آن در ارایه سرویسهای تولید بدون کارخانه در بستر تولید ابری مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۴- تولید بدون کارخانه و ارتباط آن با تولید ابری

تولید بدون کارخانه، مدلی است که در آن بنگاه اقتصادی بدون نیاز به مالکیت فیزیکی کارخانه، از ظرفیت‌های موجود در شبکه‌ی تولیدی استفاده می‌کند. این مدل در ایران با ابلاغ دستورالعمل «تولید بدون کارخانه» توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت در سال ۱۴۰۰، به‌طور رسمی وارد سیاست‌های صنعتی کشور شد(وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۱۴۰۰). بر اساس این دستورالعمل، واحدهای تولیدی می‌توانند بدون

داشتن کارخانه، با استفاده از ظرفیت‌های سایر واحدهای تولیدی، به فعالیت تولیدی بپردازند. تولید بدون کارخانه با تولید ابری هم‌افزایی کامل دارد و این دو مفهوم مکمل یکدیگر هستند. در واقع، تولید ابری بستر فناورانه و زیرساختی تحقق مدل تولید بدون کارخانه محسوب می‌شود.

ارتباط این دو مدل را می‌توان از طریق نقش‌های سه‌گانه‌ی تولید ابری (ارائه‌دهنده، اپراتور و مصرف‌کننده) با تولید بدون کارخانه تبیین کرد. بنگاه‌هایی که ظرفیت مازاد دارند، در نقش ارائه‌دهنده ظاهر شده و منابع خود را در بستر ابر به‌عنوان سرویس عرضه می‌کنند. این بنگاه‌ها معمولاً کارخانه‌دار هستند و خدمات تولیدی خود را به سایرین ارائه می‌دهند. در مقابل، بنگاه‌های مشمول دستورالعمل تولید بدون کارخانه، در نقش مصرف‌کننده ظاهر می‌شوند و بدون داشتن کارخانه، از سرویس‌های تولیدی ارائه‌شده توسط ارائه‌دهندگان استفاده می‌کنند. اپراتورهای پلتفرم‌های تولید ابری نیز نقش تسهیل‌گر را ایفا می‌کنند و بستر لازم برای ارتباط بین ارائه‌دهندگان و مصرف‌کنندگان (بنگاه‌های بدون کارخانه) را فراهم می‌آورند. بنابراین، تولید بدون کارخانه در عمل، مصرف‌کننده‌ی سرویس‌های تولید ابری است و تولید ابری، زیرساخت فنی و عملیاتی تحقق تولید بدون کارخانه را فراهم می‌کند.

تولید ابری با ارائه‌ی قابلیت‌هایی نظیر مجازی‌سازی منابع، دسترسی بر اساس تقاضا، پوشش چرخه‌ی کامل عمر محصول و ایجاد شفافیت و اعتماد از طریق قراردادهای سطح خدمات(SLA) ، موفقیت مدل تولید بدون کارخانه را تضمین می‌کند(Liu & Xu, 2017; Fei Tao et al., 2015). مجازی‌سازی منابع امکان تبدیل منابع فیزیکی به سرویس‌های مجازی را فراهم می‌کند، به‌گونه‌ای که بنگاه‌های بدون کارخانه می‌توانند بدون نیاز به بازدید فیزیکی، از منابع سایر بنگاه‌ها استفاده کنند. دسترسی بر اساس تقاضا نیز به بنگاه‌های بدون کارخانه این امکان را می‌دهد که در هر زمان و به میزان نیاز، از سرویس‌های تولیدی استفاده کنند و نیازی به سرمایه‌گذاری بلندمدت نداشته باشند. همچنین تولید ابری تمام مراحل از طراحی تا تحویل محصول را پوشش می‌دهد، بنابراین بنگاه‌های بدون کارخانه می‌توانند کل فرآیند تولید را بدون مالکیت کارخانه مدیریت کنند. شفافیت و اعتماد ایجادشده توسط تولید ابری نیز از طریق محیطی شفاف و مبتنی بر قراردادهای سطح خدمات، اعتماد لازم بین ارائه‌دهندگان و مصرف‌کنندگان (بنگاه‌های بدون کارخانه) را ایجاد می‌کند.

تحقق کامل دستورالعمل تولید بدون کارخانه، بدون بهره‌گیری از زیرساخت‌های تولید ابری با دشواری مواجه است. تولید ابری با ارائه‌ی قابلیت‌هایی مانند ثبت و مدیریت سرویس‌های تولیدی، جستجو و انتخاب سرویس‌ها، عقد قراردادهای سطح خدمات، رهگیری و نظارت بر اجرای سفارشات و ارزیابی کیفیت و اعتبار ارائه‌دهندگان، نیازهای کلیدی تولید بدون کارخانه را از منظر فناوری اطلاعات تأمین می‌کند. به‌عبارت دیگر، تولید بدون کارخانه و تولید ابری دو روی یک سکه هستند؛ یکی جنبه‌ی قانونی و مدل کسب‌وکار را پوشش می‌دهد و دیگری جنبه‌ی فناورانه و زیرساختی را تأمین می‌کند. موفقیت هر یک بدون دیگری، به‌طور کامل میسر نیست و دولت جمهوری اسلامی ایران با ابلاغ دستورالعمل تولید بدون کارخانه، گام مهمی در جهت ایجاد بسترهای قانونی برای توسعه‌ی تولید ابری در کشور برداشته است. در نهایت، تولید بدون کارخانه با تکیه بر ظرفیت‌های تولید ابری، می‌تواند اکوسیستم تولیدی کارآمد، شفاف و پایدار ایجاد کند که در آن

بنگاه‌های کوچک و متوسط بدون نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین در زیرساخت‌های فیزیکی، قادر به ارائه و دریافت خدمات تولیدی در بستر ابر باشند.

۲-۵- نمونه های واقعی و پلتفرمهای جهانی تولید ابری

برای درک بهتر ارزش کاربردی تولید ابری، بررسی تجربیات موفق جهانی ضروری است. در سطح بین‌المللی، غول‌های صنعتی و پلتفرم‌های ابری، مدل‌های موفقی از تولید ابری را پیاده‌سازی کرده‌اند:

پلتفرم Supet علی‌بابا (Alibaba Supet): در چین، این پلتفرم به‌عنوان یک بازار تولید ابری عمل می‌کند که هزاران کارخانه کوچک و متوسط را به‌هم متصل کرده است. سفارش‌دهندگان می‌توانند طراحی خود را آپلود کرده و پلتفرم به‌صورت هوشمند، ظرفیت مازاد کارخانه‌های دارای تجهیزات مناسب را شناسایی و تولید را توزیع می‌کند. این مدل باعث افزایش ۳۰ درصدی بهره‌وری و کاهش چشمگیر زمان توقف ماشین‌آلات در شبکه شده است(Alibabacloud, 2021).

ابتکار Catena-X در اروپا: اگرچه بیشتر بر زنجیره داده متمرکز است، اما معماری آن بر پایه اشتراک‌گذاری سرویس‌های داده‌ای و تولیدی در یک شبکه ابری استانداردسازی‌شده بنا شده تا ردپای کربن در صنعت خودرو کاهش یابد(Schöppenthau et al., 2023).

زیرساخت‌های ابری آمازون (AWS) به‌عنوان توانمندساز تولید ابری: آمازون از طریق بازوی خدمات ابری خود (AWS)، بستری برای تحقق تولید ابری را فراهم کرده است. با ارائه سرویس‌هایی نظیر AWS IoT TwinMaker (برای ایجاد همزاد دیجیتال از خطوط تولید) و AWS IoT SiteWise، این پلتفرم به شرکتهای کوچک و متوسط اجازه می‌دهد تا بدون سرمایه‌گذاری سنگین در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات محلی، ماشین‌آلات و فرآیندهای خود را مجازی‌سازی کرده و به‌عنوان «سرویس تولید» در دسترس شبکه قرار دهند (Amazon Web Services, 2026).

تجربیات اشاره شده در بالا مواردی هستند که نشان می‌دهند که تولید ابری سالهاست که فضای دانشگاهی و مقالات علمی به نمونه های موفق در تولید تبدیل شده و موفقیت آن نیازمند زیرساخت‌های استاندارد، پلتفرم‌های ملی/فراملی و حمایت‌های حاکمیتی و ... است. موضوعی که در اقتصادهای درحال توسعه اهمیت آن دوچندان می‌شود.

۲-۶-خلاء تحقیقات درزمینه نقش دولت در موفقیت تولید بدون کارخانه

با وجود پتانسیل بالای مدل تولید بدون کارخانه مبتنی بر تولید ابری برای بنگاه‌های کوچک و متوسط، موفقیت این مدل به‌شدت وابسته به سطح حمایت‌های سیاستی، قانونی و زیرساختی دولت است(Adamson et al., 2013). تجربه‌ی جهانی نشان می‌دهد که در کشورهایی مانند آلمان (صنعت نسل ۴)، چین (ساخت چین ۲۰۲۵) و آمریکا (اینترنت صنعتی)، حمایت هدفمند دولت از طریق تدوین مقررات، ایجاد پلتفرم‌های ملی، ارائه‌ی تسهیلات مالی و توسعه‌ی آموزش‌های تخصصی، کلید موفقیت مهاجرت به مدل‌های تولیدی مشابه و هوشمند بوده است (Kagermann et al., 2013; J. Wang,

(2021. در مقابل، عدم توجه به آمادگی پیش از اجرا و نبود حمایت‌های دولتی، منجر به شکست پروژه‌های متعدد در بنگاه‌های کوچک و متوسط شده است(Fei Tao & Qi, 2019). در ایران، باوجود ابلاغ دستورالعمل تولید بدون کارخانه توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت در سال ۱۴۰۰، هنوز چارچوب جامعی برای حمایت هدفمند دولت از بنگاه‌های کوچک و متوسط در مسیر پیاده‌سازی این مدل وجود ندارد و نقش دولت در موفقیت آن به‌صورت کمی اندازه‌گیری نشده است.

مرور نظام‌مند ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های موجود در حوزه‌ی تولید ابری و ارزیابی آمادگی، عمدتاً دارای محدودیت‌های زیر هستند و هیچ‌یک به‌طور کامل به نقش دولت در موفقیت تولید بدون کارخانه مبتنی بر تولید ابری نپرداخته‌اند:

الف) تمرکز بر مصرف‌کننده به‌جای ارائه‌دهنده و غفلت از نقش دولت: مدل‌های موجود در زمینه صنعت نسل ۴ و رایانش ابری، عمدتاً از منظر بنگاه‌های مصرف‌کننده (متقاضی فناوری) طراحی شده‌اند و به الزامات بنگاه‌های کوچک و متوسط به‌عنوان ارائه‌دهنده‌ی سرویس در اکوسیستم تولید ابری نمی‌پردازند(Mittal et al., 2018; Stentoft et al., 2020). همچنین این مدل‌ها نقش دولت را به‌عنوان یک عامل محیطی کلیدی که می‌تواند با سیاست‌گذاری، تأمین مالی، ایجاد زیرساخت و تدوین مقررات، موفقیت مدل‌های تولیدی نوین را تضمین کند، نادیده گرفته‌اند (Henzel & Herzwurm, 2018; Pirola et al., 2020). این در حالی است که موفقیت مدل تولید بدون کارخانه در گرو وجود ارائه‌دهندگان توانمند و همچنین حمایت‌های دولتی برای ایجاد بسترهای قانونی، مالی و زیرساختی است.

ب) عدم وجود مدل علّی و پویا برای تبیین نقش عوامل محیطی: بیشتر چارچوب‌های پیشین، چک‌لیست‌های توصیفی هستند و روابط علّی میان شاخص‌ها را تبیین نمی‌کنند (D. Jayasekara et al., 2019; D. C. Jayasekara, 2025). آن‌ها می‌توانند به این سؤال پاسخ دهند که چه عواملی اهمیت دارند، اما نمی‌توانند تبیین کنند که چگونه این عوامل با یکدیگر تعامل دارند و کدام یک محرک (علت) و کدام یک معلول هستند. به‌ویژه، نقش عوامل محیطی مانند حمایت دولت در این مدل‌ها به‌صورت ایستا و بدون تحلیل پویای روابط علّی با سایر عوامل (مانند زیرساخت فناوری، آمادگی سازمانی و کیفیت خدمات) در نظر گرفته شده است. این محدودیت به‌ویژه برای شرکتهای کوچک و متوسطیی با منابع محدود مشکل ساز است، زیرا آن‌ها نیاز دارند تا سرمایه‌گذاری‌های خود را بر روی عوامل تأثیرگذار (علت) به‌جای عوامل نفوذپذیر (معلول) متمرکز کنند.

ج) محدودیت‌های زمینه‌ای و روش‌شناختی در بافت اقتصادهای در حال توسعه: چندین مدل (مانند مدل ارزیابی آمادگی تولید هوشمند در سنگاپور یا استاندارد ملی چین(SAC/TC159, 2024) مختص زمینه جغرافیایی، صنعتی یا فرهنگی خاصی هستند و به محدودیت‌های منحصربه‌فرد شرکتهای کوچک و متوسط در اقتصادهای در حال توسعه، از جمله ایران، که با تحریم‌های بین‌المللی، محدودیت‌های

ارزی، مقررات محلی خاص و عدم دسترسی به پلتفرم‌های ابری بین‌المللی مواجه هستند، نمی‌پردازند(Gharibvand et al., 2024; Horváth & Szabó, 2019; Mittal et al., 2018).

د) غفلت از اندازه‌گیری کمی نقش دولت به‌عنوان محرک اصلی: باوجود پیشرفت‌های قابل‌توجه پژوهش‌ها در حوزه‌ی تولید ابری و مدل‌های ارزیابی آمادگی، هیچ مطالعه‌ای تاکنون سهم و شدت نفوذ دولت را به‌صورت کمی و با روش‌های معتبر تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی در موفقیت مدل تولید بدون کارخانه مبتنی بر تولید ابری اندازه‌گیری نکرده است. این در حالی است که در کشورهای پیشروی صنعتی، حمایت هدفمند دولت از طریق ابزارهای مختلفی صورت گرفته است (جدول ۲) و تجربه نشان داده است که بدون دخالت فعال دولت، اکوسیستم‌های تولیدی به ثبات و پایداری لازم نخواهند رسید(Commerce, 2021; Council, 2015; Kagermann et al., 2013).

جدول ۲ - رویکرد کشورهای پیشروی صنعتی در حمایت از فناوری‌های نوین صنعتی

کشور	اقدامات انجام‌شده	مرجع
آلمان	هماهنگی بین‌بخشی صنعت، دانشگاه و دولت برای توسعه‌ی چارچوب مشترک؛ حمایت مالی مستقیم از طریق یارانه‌ها؛ ایجاد زیرساخت‌های استانداردسازی و امنیت سایبری	(Kagermann et al., 2013)
چین	برنامه‌ریزی متمرکز دولتی برای سرعت‌بخشی به تحولات صنعتی؛ توسعه‌ی زیرساخت‌های دیجیتال و حمایت مالی از فناوری‌های نوین؛ تقویت شرکت‌های داخلی و کاهش وابستگی به فناوری خارجی	(Council, 2015)
آمریکا	نقش هدایت‌گرانه و برنامه‌ریزی متمرکز؛ سرمایه‌گذاری کلان مالی برای توسعه‌ی زیرساخت‌های دیجیتال و فناوری‌های کلیدی (هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ)	(Commerce, 2021)

۲-۷-نوآوری پژوهش

پژوهش حاضر با هدف پر کردن شکاف‌های ذکر شده، دارای نوآوری‌های زیر است که آن را از مطالعات پیشین متمایز می‌سازد:

الف- ارائه یک مدل علی برای ارزیابی آمادگی شرکتهای کوچک و متوسط ارائه‌دهنده سرویس تولید ابری: برخلاف مدل‌های پیشین که عمدتاً بر ارزیابی آمادگی مصرف‌کنندگان متمرکز بودند، این پژوهش مدلی جامع و ۳۳ شاخصی را برای ارزیابی آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط به‌عنوان ارائه‌دهنده سرویس تولید ابری ارائه می‌دهد.

ب- تعیین کمی و تحلیل علّی نقش دولت به‌عنوان موتور محرک اصلی: این پژوهش با استفاده از روش دیمتل فازی، شدت تأثیرگذاری حمایت‌های دولتی را به‌صورت کمی اندازه‌گیری کرده و به‌وضوح نشان می‌دهد که دولت نه یک عامل حاشیه‌ای، بلکه تأثیرگذارترین و محرک‌ترین عامل در موفقیت مدل تولید بدون کارخانه است. این نوآوری، دیدگاه سنتی به دولت را از نقش نظارتی و تسهیل‌گر، به نقش محرک، استانداردساز و ایجادکننده‌ی زیرساخت ارتقا می‌دهد.

ج- بومی‌سازی و انطباق با بافت اقتصاد تحریم‌زده ایران: این پژوهش با تمرکز بر محدودیت‌های خاص بنگاه‌های ایرانی (نظیر تحریم‌ها، نوسانات ارزی)، مدلی ارائه می‌دهد که با شرایط زیست‌بوم صنعتی ایران سازگار است و می‌تواند به‌عنوان نقشه‌راه عملی برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعتی عمل کند.

د- تبیین روابط علّی میان شاخص‌ها و تفکیک عوامل به دو گروه «علت» و «معلول»: این پژوهش با استفاده از دیمتل فازی، روابط علّی میان ۳۳ شاخص را شناسایی و عوامل را به دو گروه تأثیرگذار (علت) و نفوذپذیر (معلول) تقسیم‌بندی می‌کند. این امر به مدیران بنگاه‌های کوچک و متوسط با منابع محدود کمک می‌کند تا سرمایه‌گذاری‌های خود را بر روی عوامل علّی (مانند حمایت دولت، حمایت مدیریت ارشد و رهبری) متمرکز کنند تا بیشترین بازدهی را داشته باشند.

۳- روش‌شناسی

این پژوهش باهدف تعیین میزان اثر حمایت دولت بر موفقیت مدل تولید بدون کارخانه با بهره‌گیری از تولید ابری در بنگاه‌های کوچک و متوسط تولیدی ارائه‌دهنده سرویس انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا شاخص‌های مؤثر بر آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط برای ارائه سرویس در تولید ابری با جمع‌آوری داده‌های کیفی از طریق مرور متون، مصاحبه با کارشناسان و کدگذاری با نرم‌افزار MAXQDA شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش دلفی فازی (FDM) و توزیع پرسشنامه ۵ درجه‌ای لیکرت، شاخص‌ها غربال و اعتبارسنجی شدند. نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند با روش گلوله برفی و با حجم نمونه ۱۵ کارشناس) شامل مدیران بنگاه‌های کوچک و متوسط، اساتید دانشگاه و مدیران صنعتی انجام گرفت. در مرحله نهایی، روابط کلی میان شاخص‌ها، شدت تأثیرگذاری و جایگاه حمایت دولت با روش دیمتل فازی تعیین و اولویت‌بندی شد. انتخاب این روش‌ها بر اساس تناسب آن‌ها با ماهیت سؤالات تحقیق صورت گرفته است. جدول ۳ ارتباط میان سؤالات تحقیق، اهداف، روش‌های پاسخ‌دهی و دلایل انتخاب هر روش را به‌صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۳- ارتباط میان سؤالات تحقیق، اهداف، روش‌های پاسخ‌دهی

سؤال تحقیق	هدف سؤال	روش پاسخ‌دهی	دلیل انتخاب روش
شاخص‌های آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط تولیدی برای ارائه خدمات در بستر تولید ابری چیست؟	شناسایی و استخراج شاخص‌های مؤثر بر آمادگی ارائه‌دهندگان سرویس در تولید ابری	مرور نظام‌مند ادبیات + مصاحبه با خبرگان + کدگذاری با MAXQDA + دلفی فازی	مرور ادبیات و مصاحبه به‌منظور گردآوری جامع شاخص‌های اولیه از منابع علمی و نظرات خبرگان انجام می‌شود. کدگذاری برای سازماندهی و دسته‌بندی شاخص‌ها استفاده می‌شود. دلفی فازی به‌دلیل توانایی در کسب اجماع گروهی، غربالگری شاخص‌های غیرضروری و مدل‌سازی ابهام در قضاوت خبرگان (به‌دلیل نبود داده‌های عینی در حوزه‌ی تولید ابری برای شرکتهای کوچک و متوسط) انتخاب شده است.
روابط و تعاملات میان این شاخص‌ها چگونه است و جایگاه حمایت دولت در این شبکه چیست؟	شناسایی روابط علّی و معلولی، تعیین شدت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌ها	دیمتل فازی	دیمتل فازی به‌دلیل توانایی منحصربه‌فرد در تحلیل روابط علّی و ترسیم نمودار تأثیرات، انتخاب شده است. دیمتل فازی امکان تشخیص عوامل محرک (علت) از عوامل نفوذپذیر (معلول) را فراهم می‌کند. همچنین با استفاده از اعداد فازی، ابهام موجود در قضاوت خبرگان را مدل‌سازی کرده و شدت تأثیرات را حفظ می‌نماید.

فرآیند تحقیق شامل سه فاز زیر است:

فاز اول: شناسایی ابعاد و شاخص‌های مؤثر بر آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط برای ارائه سرویس در تولید ابری:

برای شناسایی ابعاد و شاخص‌های مؤثر بر موفقیت تولید بدون کارخانه با روش تولید ابری، منابع مرتبط با موضوع تحقیق با کلیدواژه‌های زیر بررسی شدند:

Cloud Manufacturing architecture, government role in Industry 4.0, SME readiness for digital manufacturing, non-factory production, policy support in cloud manufacturing, regulatory framework for MaaS, financial incentives for SMEs, national cloud infrastructure.

داده‌ها از ۳۲ پایگاه دانش علمی معتبر (IEEE, Elsevier, Emerald, Springer و ....) و اسناد بالادستی در ایران (از جمله دستورالعمل تولید بدون کارخانه ۱۴۰۰) جمع‌آوری شدند. سپس کدگذاری اولیه، محوری و انتخابی (Creswell, 2015) با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA انجام شد تا ۸ بعد و ۸۸ شاخص اولیه استخراج شوند.

فاز دوم: اعتبارسنجی و غربالگری شاخص‌ها با دلفی فازی(FDM) :

خروجی فاز اول برای توسعه یک پرسشنامه رأی‌گیری استفاده شد. شرکت‌کنندگان به‌صورت فردی به شاخص‌هایی که معتقد بودند بر موفقیت شرکت‌های کوچک و متوسط در مدل تولید بدون کارخانه با روش تولید ابری تأثیر دارند، رأی دادند. پاسخ‌ها بر اساس مقیاس ۵ درجه‌ای لیکرت (کاملاً مخالف تا کاملاً موافق) ثبت شدند.

تمام پاسخ‌ها با روش دلفی فازی (FDM) تحلیل شدند تا شاخص‌ها به‌صورت عینی رتبه‌بندی و غربال شوند. این روش ترکیبی از نظریه مجموعه‌های فازی و تکنیک دلفی است و برای کسب اجماع سریع و دقیق کارشناسان در اعتبارسنجی شاخص‌های آمادگی و نقش سیاست‌گذاری دولتی مناسب است (Ahn et al., 2013; Haghbin et al., 2019; Jones et al., 2012; Moeuf et al., 2020; Muharram Hasby et al., 2020; Snyder-Halpern, 2002; Vella et al., 2018; Wiratmadja et al., 2014) مراحل روش پیشنهادی ایشیکاوا (Ishikawa et al., 1993) به شرح زیر اجرا شد:

گام ۱: جمع‌آوری نظرات کارشناسان

کارشناسان از افرادی انتخاب شدند که دانش کافی از تولید ابری، تجربه مدیریتی در شرکت‌های کوچک و متوسط تولیدی یا نقش مدیریت در صنعت داشتند(جدول ۴جدول4). به دلیل محدودیت تعداد چنین افرادی، از روش گلوله برفی استفاده شد. در این مطالعه، با ۱۵ متخصص مصاحبه شد (پس از نفر پانزدهم، به اشباع نظری رسید).

جدول4 – اطلاعات متخصصان مورد مصاحبه و نظر سنجی

حوزه تخصصی	مدت تجربه در حوزه تخصصی	سطح تحصیلات	تعداد
مدیریت، تولید	۵ تا ۱۰ سال	دکتری	۲
تحقیق و پژوهش			۴
تحقیق و پژوهش	بیشتر از ۱۵ سال		۲
صنعت، تحقیق و آموزش			۱
فناوری اطلاعات	۵ تا ۱۰ سال	کارشناس ارشد	۳
تولید	بیشتر از ۱۵ سال		۳
جمع			۱۵

مصاحبه‌ها به‌صورت ترکیبی از تلفن و حضوری انجام شد و پرسشنامه با استفاده از ابزارهای گوگل تهیه و از طریق ایمیل در اختیار متخصصان قرار گرفت. پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای بر اساس پیوستاری از پاسخ‌های مثبت و منفی (سطوح موافقت و مخالفت) تهیه شد. جدول ۵ اطلاعات مربوط به مقیاس لیکرت و مقادیر عدد فازی مثلثی (TFN) استفاده شده را نشان می‌دهد.

جدول ۵ - مقادیر طیف لیکرت و اعداد فازی مثلثی

پاسخ	مقادیر فازی مثلثی	مقیاس لیکرت
کاملاً مخالف	0.00, 0.00, 0.25	۱
مخالف	0.00, 0.25, 0.5	۲
بدون نظر	0.25, 0.5, 0.75	۳
موافق	0.5, 0.75, 1.00	۴
کاملاً موافق	0.75, 1.00, 1.00	۵

تیم دلفی پرسشنامه را بر اساس خروجی مرحله اول تهیه کرد. پرسشنامه پس از تجزیه و تحلیل مطالعات مرتبط باهدف تحقیق تهیه شد. پس از بررسی و اصلاح، با تأیید تیم دلفی در اختیار متخصصان قرار گرفت. در مجموع به دلیل همگرایی سریع نظرات خبرگان دو دور دلفی پیاده سازی گردید.

گام ۲: تجمیع فازی نظرات

میانگین فازی نظرات با فرمول زیر محاسبه شد(Hsu et al., 2010)

$$Favg_{ij} = \left(\min(\propto_{ij}), \left\{\frac{\sum d_{ij}}{n}\right\}, \max(g_{ij})\right) \qquad (۱)$$

گام ۳: دیفازی‌سازی وزن شاخص‌ها

از روش مینکوسکی برای تبدیل مقادیر فازی به عدد قطعی استفاده شد(Cheng & Lin, 2002)

$$S_{ij} = d_{ij} + \frac{g_{ij} - \alpha_{ij}}{4} \qquad (۲)$$

گام ۴: غربالگری شاخص‌ها

پس از دیفازی‌سازی نظرات تجمیع‌شده کارشناسان، مرحله غربالگری شاخص‌ها با استفاده از مقدار آستانه (α) انجام می‌شود. در این مرحله، شاخص‌هایی که مقدار دیفازی‌شده آن‌ها ($\boldsymbol{S_{ij}}$) بزرگ‌تر یا مساوی مقدار آستانه باشد، پذیرفته شده و شاخص‌هایی که کمتر از آستانه باشند، از مجموعه شاخص‌ها حذف می‌شوند(Cheng & Lin, 2002; Hsu et al., 2010)

مقدار آستانه (α) به‌عنوان معیاری برای غربالگری شاخص‌ها، یکی از مهم‌ترین مراحل روش دلفی فازی محسوب می‌شود. در این پژوهش، برای تعیین مقدار آستانه از روش میانگین حسابی استفاده شده است. بر اساس این روش، ابتدا میانگین تمام مقادیر دیفازی‌شده شاخص‌ها محاسبه شده و این میانگین به‌عنوان آستانه در نظر گرفته می‌شود(Cheng & Lin, 2002; Habibi et al., 2015). این رویکرد

به‌دلیل آنکه مبتنی بر توزیع واقعی داده‌ها است، از اعتبار بالایی برخوردار بوده و در پژوهش‌های متعدد مورد استفاده قرار گرفته است(Habibi et al., 2015; Pourezzat et al., 2014).

در این پژوهش، پس از انجام دو دور دلفی فازی و دیفازی‌سازی نظرات کارشناسان، میانگین تمام مقادیر دیفازی‌شده شاخص‌ها محاسبه گردید ($\alpha = 0.77$) . بر اساس این معیار محاسبه شده، شاخصهایی که $S_{ij} \geq \alpha$ داشتند، پذیرفته شدند. در نتیجه، ۱۵ شاخص حذف و ۳۳ شاخص نهایی باقی ماند.

فاز سوم: تحلیل روابط علّی و تعیین میزان اثر دولت با دیمتل فازی

در این فاز، روابط کلی میان ۳۳ شاخص نهایی، شدت تأثیرگذاری و جایگاه حمایت دولت با روش دیمتل فازی بررسی شد(از SQL Server و ASP.net برای جمع‌آوری و محاسبات استفاده شد).

استفاده از روش دیمتل فازی در این پژوهش به‌دلیل ماهیت سؤالات تحقیق و مزایای آن نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت گرفته است. سؤال تحقیق به دنبال شناسایی چگونگی روابط و تعاملات میان شاخص‌های آمادگی است و دیمتل فازی دقیقاً برای تحلیل روابط علّی و تفکیک عوامل به دو دسته‌ی علت (تأثیرگذار) و معلول (نفوذپذیر) طراحی شده است. این روش با ترسیم نمودار علّی، ساختار تعاملات را به‌خوبی نمایش داده و به محقق امکان می‌دهد تا مشخص کند کدام عوامل محرک سایرین هستند و کدام یک به‌عنوان خروجی عمل می‌کنند. همچنین، با توجه به نوظهور بودن حوزه‌ی تولید ابری برای شرکتهای ایرانی و محدودیت داده‌های عینی، قضاوت خبرگان با ابهام همراه است. دیمتل فازی با استفاده از اعداد فازی مثلثی، این ابهام را به‌خوبی مدل‌سازی کرده و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به روش سنتی دیمتل ارائه می‌دهد.این روش ساختار تأثیرات میان معیارها را در شرایط فازی و تصمیم‌گیری گروهی تحلیل می‌کند و به‌ویژه برای تعیین نقش عوامل سیاستی مانند حمایت دولت مناسب است (Kavre et al., 2023; Soleimani & Valmohammadi, 2017; Uygun et al., 2015; Valmohammadi & Khaki, 2019). مراحل روش به‌صورت زیر است: (Tzeng et al., 2010)

گام ۱: ایجاد ماتریس رابطه مستقیم فازی با تعیین تأثیر معیار i بر j (مثلاً تأثیر سیاست‌گذاری دولتی بر زیرساخت فناوری) با اعداد فازی مثلثی (جدول ۶).

جدول ۶ – استفاده از مقیاس لیکرت و اعداد فازی مثلثی برای اولویت‌بندی شاخص‌ها

پاسخ	مقادیر فازی مثلثی	مقیاس لیکرت
بدون تأثیر	0.00, 0.00, 0.25	۱
با تأثیر خیلی کم	0.00, 0.25, 0.5	۲
تأثیر کم	0.25, 0.5, 0.75	۳
تأثیر زیاد	0.5, 0.75, 1.00	۴
تأثیر خیلی زیاد	0.75, 1.00, 1.00	۵

گام ۲: نرمال‌سازی ماتریس

$$\tilde{X} = K.\tilde{A} \quad (۳)$$

$$K = min\left[\frac{1}{max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}\tilde{A}_{ij}}, \frac{1}{max_{1\le i\le n}\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_{ij}}\right] \quad (۴)$$

$$i,j = 1,2\ldots n$$

گام ۳: محاسبه ماتریس روابط کلی:

$$\tilde{T} = \tilde{X}(I-\tilde{X})^{-1} \quad (۵)$$

گام ۴: محاسبه بردارهای $\tilde{\mathbf{R}}$ و $\tilde{\mathbf{D}}$

$$(\tilde{\mathrm{R}}_i)_{n\times 1} = [\sum_{j=1}^{n} T_{ij}]_{n\times 1} \quad (۶)$$

$$(\tilde{\mathrm{D}}_i)_{1\times n} = [\sum_{i=1}^{n} T_{ij}]_{1\times n} \quad (۷)$$

گام ۵: محاسبه $(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} + \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$ و $(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} - \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$ و رسم نقشه اثرات روابط در یک سیستم مختصات دکارتی. نمودار علی با محور افقی $(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} + \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$با نام "برجستگی" و محور عمودی $(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} - \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$ با نام "رابطه" ساخته می‌شود. محور افقی "برجستگی" را نشان می‌دهد که عامل چقدر اهمیت دارد، در حالی که محور عمودی "رابطه" ممکن است عوامل را به گروه علت و گروه معلول تقسیم کند. به‌طور کلی، هنگامی که محور$(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} - \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$ مثبت باشد، عامل متعلق به گروه علت یا تأثیرگذار است. در غیر این صورت، اگر محور$(\tilde{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{i}} - \tilde{\boldsymbol{R}}_{\boldsymbol{i}})$منفی باشد، عامل متعلق به گروه معلول یا نفوذپذیر است.

۴- یافته‌ها

در مرحله اول تحقیق، با مرور سیستماتیک ۳۲ مرجع معتبر و کدگذاری اولیه، محوری و انتخابی با نرم‌افزار MAXQDA، در مجموع ۸ بعد و ۸۸ شاخص اولیه برای ارزیابی آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط تولیدی در ارائه خدمات تولید ابری شناسایی شد. نتایج دقیق این مرحله در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷ - لیست شاخصه‌های اولیه

ردیف	بعد	تمام شاخص‌های اولیه شناسایی‌شده	
۱	حقوقی و قانونی	مدل‌های قراردادی، توافق‌نامه‌های سطح خدمات، توزیع امانت، مالکیت معنوی، حفاظت از داده‌ها، مدیریت ریسک قانونی، حمایت دولت، رعایت قوانین و مقررات (۸ شاخص)	(Xavier, 2019) (D. Jayasekara et al., 2019) (Fisher et al., 2018) (Lu & Xu, 2015) (Gumbi & Twinomurinzi, 2025) (Mkhize et al., 2025)
۲	سرویس	دسترسی به سرویس تولیدی، عملکرد سرویس، رضایت از همکاری سرویس، همکاری بین سرویس، قابلیت سرویس، قابلیت اطمینان سرویس، شهرت سرویس، امنیت سرویس، هزینه سرویس، ریسک سرویس، چابکی و انعطاف‌پذیری سرویس، سهم درآمد سرویس، سرویس هوشمند، کیفیت سرویس، بسته بندی سرویس (۱۶ شاخص)	(X. V. Wang et al., 2018) (D. Jayasekara et al., 2019) (Radzi et al., 2021) (Y. Hu et al., 2020) (Kavre et al., 2023) (Narwane et al., 2019) (Huang et al., 2013) (Wu et al., 2013) (Carroll et al., 2014) (Mkhize et al., 2025) (Carroll et al., 2014) (Xavier, 2019) (Ongowarsito et al., 2022)
۳	منابع و قابلیتهای تولید	قابلیت مدیریت، قابلیت طراحی، تولید و حمل و نقل، قابلیت آزمایش، قابلیت ارتباطات، مواد، تجهیزات تولید، منبع نظارت/کنترل، منبع محاسباتی، ذخیره سازی، منابع نرم افزاری، آگاهی، مهارت، تجربه، منابع مالی، در دسترس بودن منابع (۱۵ شاخص)	(Bini et al., 2018) (Huang et al., 2013)) (Mourad et al., 2020) (X. V. Wang et al., 2018) (X. Li et al., 2018) (Aziz et al., 2020) (Raymond et al., 2008) (Gudergan et al., 2015) (Government Accountability Office - GAO, 2016) (Ryfors et al., 2019) (Xu, 2012) (Wu et al., 2013) (Lehman et al., 2002) (Weiner, 2020) (WALTERS & TESO, 2019) (Gumbi & Twinomurinzi, 2025) (Kavre et al., 2023) (Garzoni et al., 2020)
۴	کارکنان	خلاقیت و دانش، زمان‌گرایی، توانایی مواجهه با ریسک، کارایی‌گرایی، موفقیت‌گرایی، مسئولیت‌پذیری، کار گروهی، سطح اعتماد کارکنان، مهارت‌های عمومی، مهارت‌های مدیریت تغییر (۱۰ شاخص)	(Miake-Lye et al., 2020) (Wiratmadja et al., 2014) (Lin et al., 2020) (Mkhize et al., 2025) (Gudergan et al., 2015) (Zapukhliak et al., 2019) (Government Accountability Office - GAO, 2016) (Muharram Hasby et al., 2020) (Ryfors et al., 2019) (D. Jayasekara et al., 2019) (Golightly et al., 2016)

ردیف	بعد	تمام شاخص‌های اولیه شناسایی‌شده	
۵	سازمان	رهبری، حمایت مدیران ارشد، سبک مدیریت، حمایت کارکنان، نیاز به تغییر، تمایل به ارائه راه‌حل، باورهای مشترک (ایمان)، درک سهولت استفاده، درک مزایا/مزیت، استراتژیک، درک پیچیدگی/هزینه، تمایل به اجرا، فرهنگ سازمانی، ارتباطات (۱۳ شاخص)	(Government Accountability Office - GAO, 2016) (Lehman et al., 2002) (Gudergan et al., 2015) (D. Jayasekara et al., 2019) (Ryfors et al., 2019) (Zapukhliak et al., 2019) (Miake-Lye et al., 2020) (Weiner, 2020) (Aziz et al., 2020) (Kavre et al., 2023) (Alemeye & Getahun, 2015) (Raymond et al., 2008) (Narwane et al., 2019) (WALTERS & TESO, 2019) (Miake-Lye et al., 2020) (Lin et al., 2020) (Gudergan et al., 2015)
۶	استراتژی	راهکار و چشم‌انداز کسب و کار محور، استراتژی رقابتی، استراتژی بازاریابی آنلاین، استراتژی سرمایه‌گذاری، استراتژی امنیتی، اجرایی و پیاده‌سازی (۶ شاخص)	(Gudergan et al., 2015) (Narwane et al., 2019) (Huang et al., 2013) (Raymond et al., 2008) (Carroll et al., 2014) (D. Jayasekara et al., 2019) (Mkhize et al., 2025)
۷	عملیات	اتوماسیون چرخه عمر محصول، به اشتراک گذاری اطلاعات و منابع، قابلیت همکاری، اطلاعات زنجیره تأمین، جابجایی مواد و کنترل موجودی، جمع آوری داده‌های کنترل کیفیت (۶ شاخص)	(Lin et al., 2020) (Saad et al., 2021) (D. Jayasekara et al., 2019) (Gudergan et al., 2015) (Ramaseshan et al., 2015) (Gumbi & Twinomurinzi, 2025) (Raymond et al., 2008) (Garzoni et al., 2020) (Huang et al., 2013) (L. Wang & Wang, 2017)
۸	کسب و کار	پیچیدگی استفاده از فناوری اطلاعات موجود، سازگاری با فناوری موجود، هوشمندی کسب و کار، مدیریت فرآیند کسب و کار، مدل درآمد - همه چیز به‌عنوان یک سرویس، عملیات فرآیند کسب و کار، وابستگی‌های کسب و کار، زمینه محیطی، نیروهای خارجی، شدت رقابت، همکاری و مشارکت، پشتیبانی فناوری اطلاعات - داده محور، مشارکت مشتری (۱۴ شاخص)	(Lin et al., 2020) (Raymond et al., 2008) (Y. Hu et al., 2020) (Muharram Hasby et al., 2020) (Wu et al., 2013) (Ryfors et al., 2019) (Alemeye & Getahun, 2015)

در مرحله بعد، به‌منظور غربالگری و نهایی‌سازی شاخص‌های بدست آمده از مرحله قبل به روش دلفی فازی پرسشنامه ۵ درجه‌ای میان ۱۵ کارشناس توزیع و دو دور نظرسنجی اجرا شد. نتایج به شرح زیر است:

الف- هیچ شاخص جدیدی پیشنهاد نشد.

ب- اختلاف میانگین غیرفازی‌شده بین دو دور کمتر از ۰٫۱ بود (اجماع کامل).

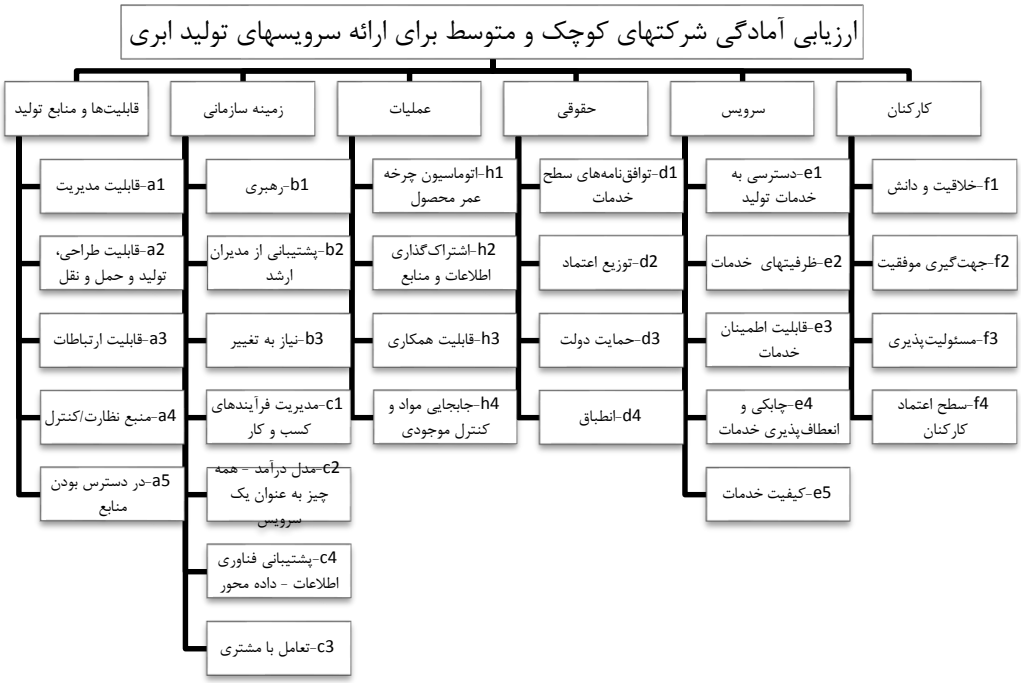
ج- با اعمال آستانه α =0.77، از ۸۸ شاخص اولیه، ۵۵ شاخص حذف و ۳۳ شاخص در ۸ بعد به‌عنوان شاخص‌های نهایی تأیید شدند (جدول ۸ و شکل ۲).

جدول ۸ - نتایج مراحل دلفی فازی

بعد	شاخص	دور اول دیفازی	دور دوم دیفازی	اختلاف
منابع و قابلیت‌های تولید	قابلیت مدیریت	0.97	0.97	-
	قابلیت طراحی، تولید و حمل و نقل	0.87	0.84	-0.03
	قابلیت آزمایش	0.21	0.2	-0.01
	قابلیت ارتباطات	1.01	1.03	0.02
	مواد	0.22	0.21	-0.01
	تجهیزات تولید	0.91	0.71	-0.2
	منبع نظارت/کنترل	0.91	0.88	-0.03
	منبع محاسباتی	0.77	0.75	-0.02
	ذخیره سازی	0.71	0.7	-0.01
	منابع نرم افزاری	0.75	0.75	-
	آگاهی	0.76	0.76	-
	مهارت	0.77	0.77	-
	تجربه	0.74	0.75	0.02
	منابع مالی	0.77	0.76	-0.01
	در دسترس بودن منابع	0.88	0.88	-
سازمان	رهبری	0.92	0.95	0.03
	حمایت مدیران ارشد	0.99	0.99	-
	سبک مدیریت	0.76	0.73	-0.03
	حمایت کارکنان	0.75	0.71	-0.03
	نیاز به تغییر	0.9	0.93	0.02
	تمایل به ارائه راه‌حل	0.73	0.7	-0.03
	باورهای مشترک (ایمان)	0.73	0.72	-0.01
	درک سهولت استفاده	0.19	0.18	-0.01
	درک مزایا/مزیت استراتژیک	0.79	0.75	-0.05
	درک پیچیدگی/هزینه	0.9	0.74	-0.16
	تمایل به اجرا	0.19	0.19	0
	فرهنگ سازمانی	0.79	0.76	-0.03
	ارتباطات	0.79	0.74	-0.06
کسب و کار	پیچیدگی استفاده از فناوری اطلاعات موجود	0.82	0.75	-0.07
	سازگاری با فناوری موجود	0.84	0.76	-0.08
	هوشمندی کسب و کار	0.73	0.77	0.05

بعد	شاخص	دور اول دیفازی	دور دوم دیفازی	اختلاف
	مدیریت فرآیند کسب و کار	0.9	0.93	0.03
	مدل درآمد - همه چیز به‌عنوان یک سرویس	0.88	0.88	-0.01
	عملیات فرآیند کسب و کار	0.72	0.7	-0.02
	وابستگی‌های کسب و کار	0.69	0.76	0.07
	زمینه محیطی	0.68	0.68	-0.01
	نیروهای خارجی	0.72	0.74	0.01
	شدت رقابت	0.71	0.73	0.02
	همکاری و مشارکت	0.67	0.75	0.07
	پشتیبانی فناوری اطلاعات - داده محور	0.83	0.8	-0.03
	مشارکت مشتری	0.81	0.87	0.06
عملیات	اتوماسیون چرخه عمر محصول	0.92	0.93	0.01
	به اشتراک گذاری اطلاعات و منابع	0.93	0.93	-
	قابلیت همکاری	0.9	0.91	0.01
	اطلاعات زنجیره تأمین	0.73	0.7	-0.03
	جابجایی مواد و کنترل موجودی	0.81	0.9	0.09
	جمع آوری داده‌های کنترل کیفیت	0.22	0.22	-
حقوقی و قانونی	مدل‌های قراردادی	0.79	0.75	-0.04
	توافق‌نامه‌های سطح خدمات	0.98	0.98	-
	توزیع اعتماد	0.96	0.96	-
	مالکیت معنوی	0.22	0.21	0
	حفاظت از داده‌ها	0.85	0.76	-0.09
	مدیریت ریسک قانونی	0.22	0.21	0
	حمایت دولت	0.88	0.89	0.01
	رعایت قوانین	0.85	0.83	-0.02
سرویس	دسترسی به خدمات تولیدی	1.04	0.97	-0.07
	عملکرد خدمات	0.82	0.76	-0.06
	رضایت از همکاری خدمات	0.79	0.73	-0.07
	همکاری بین خدمات	0.21	0.21	-
	ظرفیت خدمات	0.96	0.96	-
	قابلیت اطمینان خدمات	0.93	0.93	-
	شهرت خدمات	0.76	0.7	-0.06
	امنیت خدمات	0.76	0.73	-0.03
	هزینه خدمات	0.79	0.75	-0.04
	ریسک خدمات	0.77	0.74	-0.03
	چابکی و انعطاف‌پذیری خدمات	0.94	0.97	0.02
	سهم درآمد	0.85	0.76	-0.09
	خدمات هوشمند	0.77	0.71	-0.06
	کیفیت خدمات	0.91	1	0.09
	بسته بندی خدمات	0.77	0.71	-0.05

بعد	شاخص	دور اول دیفازی	دور دوم دیفازی	اختلاف
کارکنان	خلاقیت و دانش	0.88	0.88	-
	زمان‌گرایی	0.75	0.69	-0.06
	توانایی مواجهه با ریسک	0.74	0.76	0.02
	کارایی‌گرایی	0.79	0.73	-0.06
	موفقیت‌گرایی	0.82	0.8	-0.02
	مسئولیت‌پذیری	0.86	0.87	0.01
	کار گروهی	0.77	0.71	-0.07
	سطح اعتماد کارکنان	0.89	0.91	0.01
	مهارت‌های عمومی	0.74	0.7	-0.04
	مهارت‌های مدیریت تغییر	0.74	0.73	-0.01
استراتژی	راهکار، چشم‌انداز کسب و کار محور	0.94	0.93	-0.01
	استراتژی رقابتی	0.2	0.21	0.01
	استراتژی بازاریابی آنلاین	0.19	0.19	0
	استراتژی سرمایه‌گذاری	0.92	0.98	0.06
	استراتژی امنیتی	1.06	1.06	-
	اجرایی و پیاده‌سازی	0.89	0.93	0.04



شکل ۲ - ابعاد و شاخص‌های نهایی ارزیابی آمادگی شرکتهای کوچک و متوسط برای ارائه خدمات تولید ابری

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در این تحقیق از دیمتل برای شناسایی روابط بین شاخص‌ها استفاده شده است. لذا مراحل زیر انجام شد:

برای جمع‌آوری نظرات متخصصان (۱۵ متخصص)، یک ماتریس مقایسه‌های زوجی ایجاد کردیم، آن را در یک وب‌سایت که به همین منظور توسط محقق طراحی شده بود، بارگذاری کردیم و از متخصصان تولید ابری خواستیم تا آن را تکمیل کنند (شکل ۳). ماتریس روابط مستقیم ($\tilde{A}$) تشکیل شد (جدول ۹). ماتریس نرمال شده روابط مستقیم ($\tilde{X}$) و روابط عمومی ($\tilde{T}$) محاسبه شد (جدول ۱۰ و جدول ۱۱). نتایج $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ و $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$ برای شاخص‌ها ارائه شده است (جدول ۱۲)

شکل ۳- صفحه طراحی شده برای دریافت نظرات خبرگان

جدول ۹ – ماتریس روابط مستقیم

H04	H03	H02	H01	…	A04	A03	A02	A01	
0.65	0.63	0.52	0.6	…	0.52	0.71	0.55	1	**A01**
0.73	0.58	0.58	0.73	…	0.49	0.55	0.69	0.24	**A02**
0.79	0.69	0.58	0.51	…	0.77	1	0.22	0.28	**A03**
0.75	0.67	0.73	0.85	…	1	0.57	0.36	0.73	**A04**
0.79	0.71	0.28	0.73	…	0.63	0.67	0.58	0.73	**A05**
0.6	0.52	0.58	0.58	…	0.56	0.45	0.3	0.72	**B01**
0.67	0.61	0.69	0.71	…	0.69	0.71	0.45	0.75	**B02**
0.22	0.28	0.24	0.24	…	0.6	0.58	0.2	0.58	**B03**
0.72	0.72	0.61	0.66	…	0.17	0.15	0.41	0.55	**C01**
0.71	0.71	0.73	0.71	…	0.69	0.69	0.4	0.52	**C02**
0.67	0.81	0.71	0.6	…	0.82	0.73	0.4	0.71	**C03**
0.71	0.83	0.83	0.75	…	0.82	0.81	0.38	0.52	**C04**
0.67	0.69	0.67	0.69	…	0.73	0.58	0.38	0.32	**D01**
0.49	0.69	0.69	0.69	…	0.55	0.59	0.3	0.55	**D02**
0.58	0.71	0.6	0.6	…	0.69	0.69	0.63	0.82	**D04**
0.69	0.71	0.71	0.6	…	0.71	0.79	0.45	0.57	**D05**
0.75	0.75	0.73	0.71	…	0.63	0.69	0.46	0.22	**E01**
0.6	0.52	0.55	0.73	…	0.53	0.63	0.53	0.26	**E02**
0.57	0.63	0.6	0.59	…	0.24	0.26	0.39	0.26	**E03**
0.71	0.71	0.75	0.75	…	0.32	0.67	0.42	0.52	**E04**
0.71	0.71	0.73	0.77	…	0.71	0.73	0.53	0.52	**E05**
0.44	0.44	0.49	0.49	…	0.09	0.11	0.46	0.51	**F01**
0.44	0.44	0.41	0.41	…	0.06	-	0.25	0.48	**F02**
0.07	0.06	0.09	0.09	…	0.07	0.13	0.54	0.64	**F03**
0.15	0.09	0.07	0.06	…	0.06	0.07	0.41	0.51	**F04**
0.66	0.66	0.66	0.64	…	0.56	0.66	0.42	0.64	**G01**
0.17	0.66	0.66	0.64	…	0.62	0.64	0.44	0.49	**G02**
0.66	0.66	0.64	0.66	…	0.64	0.49	0.32	0.4	**G03**
0.64	0.52	0.49	0.66	…	0.68	0.64	0.53	0.41	**G04**
0.75	0.75	0.73	1	…	0.73	0.43	0.54	0.55	**H01**
0.6	0.75	1	0.71	…	0.65	0.67	0.55	0.75	**H02**
0.66	1	0.53	0.66	…	0.64	0.78	0.44	0.34	**H03**
1	0.52	0.5	0.66	…	0.61	0.49	0.28	0.06	**H04**

جدول ۱۰- ماتریس نرمال شده روابط مستقیم

H04	H03	H02	H01	G04	G03	…	F02	A05	A04	A03	A02	A01	
0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	…	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	**A01**
0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	…	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	**A02**
0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	…	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	**A03**
0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	…	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	**A04**
0.03	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	…	0.01	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	**A05**
0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	…	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	**B01**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	**B02**
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	…	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	**B03**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	…	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	**C01**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	**C02**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	**C03**
0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	…	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	**C04**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	**D01**
0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	**D02**
0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	**D04**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	…	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	**D05**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	**E01**
0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	…	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	**E02**
0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	…	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	**E03**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	**E04**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	**E05**
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	…	0.03	-	0	0	0.02	0.02	**F01**
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	…	0.04	0	0	-	0.01	0.02	**F02**
0	0	0	0	0.02	0	…	0.03	0	0	0.01	0.02	0.03	**F03**
0.01	0	0	0	0.02	0	…	0.03	0	0	0	0.02	0.02	**F04**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	…	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	**G01**
0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	…	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	**G02**
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	…	0	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	**G03**
0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	…	0	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	**G04**
0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	…	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	**H01**
0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	…	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	**H02**
0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	…	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	**H03**
0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	…	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0	**H04**

جدول ۱۱ – ماتریس روابط عمومی

H04	H03	H02	H01	G04	G03	...	A05	A04	A03	A02	A01	
0.13	0.13	0.12	0.13	0.09	0.14	...	0.11	0.11	0.12	0.09	0.13	**A01**
0.12	0.11	0.11	0.12	0.08	0.11	...	0.1	0.1	0.1	0.09	0.08	**A02**
0.12	0.11	0.11	0.11	0.06	0.11	...	0.11	0.11	0.12	0.07	0.08	**A03**
0.13	0.12	0.12	0.13	0.09	0.12	...	0.11	0.13	0.11	0.08	0.11	**A04**
0.11	0.11	0.09	0.11	0.07	0.09	...	0.11	0.1	0.1	0.08	0.1	**A05**
0.12	0.12	0.11	0.12	0.09	0.13	...	0.09	0.11	0.1	0.08	0.11	**B01**
0.13	0.13	0.13	0.13	0.09	0.13	...	0.12	0.12	0.12	0.09	0.12	**B02**
0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.09	...	0.08	0.08	0.08	0.05	0.08	**B03**
0.1	0.1	0.1	0.1	0.06	0.09	...	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	**C01**
0.12	0.12	0.12	0.12	0.08	0.12	...	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	**C02**
0.13	0.14	0.13	0.13	0.09	0.14	...	0.12	0.13	0.13	0.09	0.12	**C03**
0.13	0.14	0.13	0.14	0.09	0.14	...	0.12	0.13	0.13	0.09	0.11	**C04**
0.12	0.12	0.11	0.12	0.08	0.12	...	0.11	0.11	0.1	0.08	0.08	**D01**
0.1	0.11	0.11	0.11	0.08	0.11	...	0.1	0.1	0.1	0.07	0.09	**D02**
0.13	0.14	0.13	0.14	0.1	0.15	...	0.13	0.13	0.13	0.1	0.13	**D04**
0.13	0.13	0.13	0.13	0.09	0.12	...	0.11	0.12	0.12	0.09	0.11	**D05**
0.12	0.12	0.12	0.12	0.08	0.12	...	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08	**E01**
0.11	0.11	0.11	0.12	0.08	0.11	...	0.09	0.1	0.1	0.08	0.08	**E02**
0.1	0.11	0.1	0.1	0.08	0.11	...	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	**E03**
0.12	0.12	0.12	0.13	0.08	0.12	...	0.11	0.1	0.11	0.08	0.1	**E04**
0.13	0.14	0.13	0.14	0.09	0.14	...	0.12	0.12	0.12	0.09	0.11	**E05**
0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.1	...	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	**F01**
0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	...	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	**F02**
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	...	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	**F03**
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	...	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	**F04**
0.12	0.12	0.12	0.12	0.08	0.12	...	0.1	0.11	0.11	0.08	0.1	**G01**
0.09	0.12	0.11	0.12	0.08	0.12	...	0.1	0.11	0.11	0.08	0.09	**G02**
0.1	0.1	0.1	0.1	0.07	0.11	...	0.09	0.09	0.09	0.06	0.07	**G03**
0.1	0.1	0.09	0.1	0.08	0.1	...	0.09	0.1	0.09	0.07	0.08	**G04**
0.12	0.12	0.12	0.13	0.08	0.12	...	0.11	0.11	0.1	0.08	0.09	**H01**
0.12	0.12	0.13	0.12	0.08	0.12	...	0.11	0.11	0.11	0.09	0.11	**H02**
0.1	0.12	0.09	0.1	0.07	0.1	...	0.09	0.09	0.1	0.07	0.07	**H03**
0.1	0.08	0.08	0.09	0.06	0.08	...	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05	**H04**

جدول ۱۲- نتایج $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$

شناسه	شاخص	D	R	D-R	D+R
A01	قابلیت مدیریت	3.81	3	0.81	6.81
A02	قابلیت طراحی، تولید و حمل و نقل	3.27	2.52	0.76	5.79
A03	قابلیت ارتباطات	3.15	3.28	-0.13	6.43
A04	منابع نظارت/کنترل	3.58	3.26	0.32	6.84
A05	در دسترس بودن منابع	3.02	3.17	-0.14	6.19
B01	رهبری	3.56	2.44	1.12	5.99
B02	پشتیبانی مدیریت ارشد	3.86	2.42	1.44	6.29
B03	نیاز به تغییر	2.42	2.17	0.25	4.58
C01	مدیریت فرآیند کسب و کار	2.72	3.49	-0.76	6.21
C02	مدل درآمد - همه چیز به‌عنوان یک سرویس	3.35	3.7	-0.35	7.06
C03	مشارکت مشتری	4.02	3.57	0.45	7.59
C04	پشتیبانی فناوری اطلاعات و داده محور	3.89	3.44	0.45	7.33
D01	توافقنامه‌های سطح خدمات	3.32	3.55	-0.23	6.86
D02	توزیع اعتماد	3.19	3.62	-0.44	6.81
D04	حمایت دولت	4.22	1.16	3.06	5.39
D05	انطباق	3.81	3.34	0.46	7.15
E01	دسترسی به خدمات تولید	3.38	3.54	-0.16	6.92
E02	ظرفیت خدمات	3.24	3.46	-0.23	6.7
E03	قابلیت اطمینان خدمات	2.99	3.61	-0.63	6.6
E04	چابکی و انعطاف پذیری خدمات	3.5	3.47	0.03	6.97
E05	کیفیت خدمات	3.94	3.44	0.49	7.38
F01	خلاقیت و دانش	2.81	3.15	-0.34	5.96
F02	جهت گیری موفقیت	2.33	2.78	-0.44	5.11
F03	مسئولیت پذیری	2.21	3.11	-0.9	5.31
F04	سطح اعتماد کارکنان	1.76	3.18	-1.42	4.95
G01	راه حل دیدگاه کسب و کار محور	3.55	3.4	0.15	6.95
G02	استراتژی سرمایه گذاری	3.39	3.4	-0.01	6.79
G03	استراتژی امنیتی	2.66	3.67	-1.01	6.33
G04	اجرایی و پیاده سازی	2.76	2.57	0.19	5.34
H01	اتوماسیون چرخه عمر محصول	3.29	3.69	-0.41	6.98
H02	به اشتراک گذاری اطلاعات و منابع	3.44	3.5	-0.06	6.94
H03	قابلیت همکاری	2.81	3.68	-0.88	6.49
H04	جابجایی مواد و کنترل موجودی	2.17	3.6	-1.43	5.77

بعد از مشخص نمودن عامل‌های علی و معلولی برتر در جدول بالا نتایج زیر به دست آمد:

تأثیرگذارترین عوامل (الف) حمایت دولت، (ب) حمایت مدیریت ارشد، (ج) رهبری، (د) توانایی مدیریت هستند و همچنین (الف) مسئولیت، (ب) استراتژی امنیتی، (ج) سطح اعتماد کارکنان، (د) جابجایی مواد و کنترل موجودی نفوذپذیرترین عوامل می‌باشند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- مرور یافته‌های کلیدی و دلالت‌های سیاستی

این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی عوامل حیاتی تعیین‌کننده‌ی آمادگی بنگاه‌های کوچک و متوسط برای فعالیت به‌عنوان ارائه‌دهنده‌ی سرویس در تولید ابری و تعیین نقش دولت در موفقیت مدل تولید بدون کارخانه با رویکرد تولید ابری انجام شده است. با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) و روش‌های دلفی فازی و دیمتل فازی، این مطالعه به نتایج مهمی دست یافته است که در ادامه به‌تفصیل بیان می‌شوند.

الف) شناسایی شاخص‌های آمادگی: در این پژوهش، از طریق مرور ادبیات، مصاحبه با خبرگان و کدگذاری با نرم‌افزارMAXQDA ، ۸۸ شاخص اولیه در ۸ بعد شناسایی شد. پس از غربالگری با روش دلفی فازی (با آستانه‌ی ۰,۷۷)، ۳۳ شاخص نهایی در ۸ بعد تأیید شدند. این شاخص‌ها پوشش جامعی از ابعاد فناوری، سازمانی و محیطی موردنیاز برای ارزیابی آمادگی شرکتهای کوچک و متوسط به‌عنوان ارائه‌دهنده‌ی سرویس در تولید ابری فراهم می‌کنند. بر خلاف مدل‌های پیشین که عمدتاً بر دیجیتالی‌سازی داخلی کارخانه یا پذیرش رایانش ابری از منظر مصرف‌کننده متمرکز بوده‌اند، مدل ارائه‌شده در این پژوهش به‌طور خاص به الزامات سرویس‌سازی، مجازی‌سازی منابع و مکانیسم‌های اعتماد بین ارائه‌دهنده و مصرف‌کننده می‌پردازد.

ب) تحلیل روابط علّی: با استفاده از روش دیمتل فازی، روابط علّی میان شاخص‌ها شناسایی و عوامل به دو گروه علت (تأثیرگذار) و معلول (نفوذپذیر) تفکیک شدند. نتایج نشان داد که حمایت دولت (با امتیاز D-R=3.06) به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل شناسایی شده است. یافته‌های دیمتل فازی نشان می‌دهد که ابعاد محیطی و سازمانی، محرک‌های اصلی آمادگی فناورانه هستند و بدون حمایت دولت و تعهد مدیریت ارشد، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری به‌تنهایی در ارایه خدمات تولید ابری موفقیت‌آمیز نخواهد بود.

ج) نقش دولت به‌عنوان موتور محرک: تحلیل دیمتل فازی به‌وضوح نشان داد که حمایت دولت نه‌تنها در رتبه‌ی اول تأثیرگذاری قرار دارد، بلکه با فاصله‌ی قابل‌توجهی از سایر عوامل، بر تمام ابعاد دیگر از جمله زیرساخت فناوری، تعامل مشتری و کیفیت سرویس تأثیر مستقیم و قوی دارد. این یافته با تجربه‌ی کشورهای پیشروی صنعتی مانند آلمان، چین و آمریکا هم‌خوانی دارد که در آن‌ها حمایت

هدفمند دولت از طریق تدوین مقررات، ایجاد پلتفرم‌های ملی، ارائه‌ی تسهیلات مالی و توسعه‌ی آموزش‌های تخصصی، کلید موفقیت تحولات صنعتی بوده است (جدول ۲). در ایران، باوجود ابلاغ دستورالعمل تولید بدون کارخانه در سال ۱۴۰۰، موفقیت این مدل بدون حمایت‌های مکمل قانونی، مالی و زیرساختی دولت، محدود خواهد بود. این پژوهش اثبات کرد که حمایت دولت نه یک عامل کمکی، بلکه موتور محرک اصلی و غیرقابل‌جایگزین موفقیت مدل تولید بدون کارخانه مبتنی بر تولید ابری در ایران است.

۵-۲- پیشنهادهای سیاستی چندسطحی و عملیاتی

یافته‌های پژوهش حاضر با استفاده از روش دیمتل فازی نشان داد که «حمایت دولت» (با امتیاز D-R=3.06) به‌عنوان ریشه‌ای‌ترین عامل علّی، بر سایر ابعاد (از جمله زیرساخت فناوری، مدل‌های حقوقی و کیفیت سرویس) تأثیر می‌گذارد. از این رو پیشنهادهای سیاستی با در نظر گرفتن نتایج پژوهش حاضر در پنج سطح مجزا و با تفکیک الزامات قانونی، زیرساختی، نهادی و اجرایی ارایه شده است. این پیشنهادات مستقیماً از شاخص‌های کلیدیِ استخراج‌شده در مدل ۳۳ شاخصی پژوهش (جدول ۱۲) نشأت می‌گیرند:

۱- سطح سیاست‌گذاران کلان (مجلس شورای اسلامی و شورای عالی اقتصاد)

ارتقای سطح دستورالعمل موجود در زمینه تولید بدون کارخانه به «قانون جامع تولید بدون کارخانه». با توجه به اینکه شاخص‌های «مدل‌های قراردادی» و «مالکیت معنوی» در بعد حقوقی ماهیتی معلولی دارند و بدون پشتوانه قانونی کلان شکل نمی‌گیرند، مجلس باید قوانین شفافی برای حفاظت از داده‌های صنعتی، تضمین مالکیت معنوی در طراحی‌های اشتراکی و اعتباربخشی به امضاهای دیجیتال در قراردادهای تولید بدون کارخانه تصویب کند.

۲- سطح وزارت صنعت، معدن و تجارت (صمت) و نهادهای اجرایی

الزامات زیرساختی (تأسیس ابر ملی): با توجه به اینکه «منابع محاسباتی» و «زیرساخت فناوری» از چالش‌های اصلی شرکتهای کوچک و متوسط هستند، وزارت صمت باید با همکاری معاونت علمی ریاست جمهوری، نسبت به راه‌اندازی «پلتفرم مرجع تولید ابری ملی» اقدام کند. این پلتفرم باید به‌عنوان یک کاتالوگ ملی از ظرفیت‌های مازاد کارخانجات عمل کرده و نقش بازارگاه را ایفا کند.

الزامات اجرایی و استانداردسازی: الزام به استفاده از «توافق‌نامه‌های سطح خدمات (SLA)» استاندارد. وزارت صمت باید پروتکل‌های استانداردی برای توافق سطح خدمات در تولید بدون کارخانه تدوین کند تا شاخص‌های «توزیع اعتماد» و «ریسک خدمات» که از موانع اصلی همکاری بین‌سازمانی هستند، کاهش یابند.

تأسیس صندوق حمایت از تولید ابری: ایجاد یک خط اعتباری ویژه و کم‌بهره برای خرید تجهیزات و سنسورهای موردنیاز جهت مجازی‌سازی ماشین‌آلات قدیمی کارخانجات (ارتقای شاخص «در دسترس بودن منابع» و «تجهیزات تولید»).

۳- سطح بنگاه‌های کوچک و متوسط صنعتی

تغییر پارادایم کسب‌وکار (الزامات استراتژیک): مدیران شرکتهای کوچک و متوسط باید با درک شاخص «مدل درآمد - همه چیز به‌عنوان یک سرویس» (MaaS)، از رویکرد سنتی «فروش محصول» به رویکرد «فروش ظرفیت و سرویس تولیدی» تغییر مسیر دهند. این نیازمند بازنگری در «استراتژی کسب‌وکار» و «راهکارهای چشم‌انداز محور» است.

جدول ۱۳ - خلاصه الزامات و اقدامات سیاستی (ماتریس سیاست‌گذاری)

سطح ذینفع	نوع الزام	اقدام سیاستی مشخص	شاخص مرتبط در مدل دیمتل
سیاست‌گذار کلان	قانونی / نهادی	تصویب قانون جامع تولید بدون کارخانه	مدل‌های قراردادی، حفاظت از داده‌ها، مالکیت معنوی
وزارت صمت	زیرساختی	راه‌اندازی پلتفرم مرجع تولید ابری	منابع محاسباتی، دسترسی به خدمات تولیدی
وزارت صمت	مالی / اجرایی	تاسیس صندوق حمایت از تولید ابری	تجهیزات تولید، منابع مالی، در دسترس بودن منابع
وزارت صمت	استاندارد سازی	تدوین پروتکل‌های استاندارد سطح خدمات و نظام رتبه‌بندی ارائه‌دهندگان	توافق‌نامه‌های سطح خدمات، توزیع اعتماد، کیفیت خدمات
شرکتهای کوچک و متوسط	استراتژیک / سازمانی	تغییر مدل کسب‌وکار از محصول‌محور به سرویس‌محور	مدل درآمد (همه‌چیز به‌عنوان سرویس)، حمایت مدیریت ارشد
شرکت‌های دانش‌بنیان/ پلتفرم	فناورانه	ایجاد مکانیزم‌های اعتمادساز	قابلیت اطمینان خدمات و توزیع اعتماد
دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی	آموزشی / پژوهشی	طراحی سرفصل‌های میان‌رشته‌ای مدیریت تولید ابری و صدور گواهی صلاحیت	خلاقیت و دانش، مهارت‌های مدیریت تغییر، شهرت خدمات

۴- سطح شرکت‌های دانش‌بنیان و اپراتورهای پلتفرم‌های ابری

ایجاد مکانیزم‌های اعتمادساز (الزامات سرویس): اپراتورهای پلتفرم باید از فناوری‌هایی نظیر بلاک‌چین برای ثبت غیرقابل‌انکار تراکنش‌ها، کیفیت‌سنجی خودکار و پرداخت‌های هوشمند مبتنی بر قرارداد استفاده کنند تا شاخص‌های «قابلیت اطمینان خدمات» و «توزیع اعتماد» به‌طور خودکار تضمین شوند.

۵- سطح دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی

الزامات آموزشی و توسعه سرمایه انسانی: با توجه به اینکه «خلاقیت و دانش» و «مهارت‌های عمومی» از عوامل نفوذپذیر (معلول) اما حیاتی هستند، مراکز آموزشی باید آموزشهای جدیدی با عنوان «مدیریت تولید ابری» یا «مهندسی سرویس‌های صنعتی» طراحی کنند.

دانشگاهها به‌عنوان بازوی اعتمادساز و تحقیق‌وتوسعه: دانشگاه‌ها می‌توانند به‌عنوان «گره‌های اعتماد» در شبکه تولید ابری عمل کرده و با ارائه گواهی‌های صلاحیت فنی برای شرکتهای کوچک و متوسط، ریسک انتخاب ارائه‌دهنده سرویس را برای مصرف‌کنندگان کاهش دهند.

خلاصه الزامات و اقدامات سیاستی در جدول ۱۳ ارایه شده است.

۵-۳- محدودیت‌های تحقیق

با توجه به طراحی پژوهش، محدودیتهای زیر وجود دارد:

۱- این تحقیق بر روی نظرات ۱۵ خبره که با روش گلوله‌برفی در انتخاب شده‌اند، استوار است. اگرچه پنل به‌صورت هدفمند شامل فعالان صنعت، محققان دانشگاهی و افرادی دارای نقش دوگانه‌ی صنعت و دانشگاه طراحی شده است، حجم نمونه نسبتاً محدود است.

۲- در این تحقیق تمرکز جغرافیایی بر شرکت‌های کوچک و متوسط تهران و البرز بوده و متغیرهای کلان مانند نوسانات ارزی و تحریم‌های بین‌المللی مورد بررسی قرار نگرفته است.

۵-۴- پژوهش‌های آینده

با توجه به محدودیتهای ذکر شده، پژوهشهای آینده می تواند در چند جهت توسعه یابد که عبارتند از:

۱- انجام پژوهش با پنل‌های خبرگی بزرگ‌تر و متنوع‌تر از چندین کشور و بخش‌های صنعتی مختلف می تواند نتایج این تحقیق را مورد تایید قرار دهد.

۲- در تحقیقات آینده ضمن بررسی کشورهای در حال توسعه، می بایست مولفه هایی مانند تورم و تحریم هم لحاظ گردیده و نتایج این تحقیق مورد بازنگری قرار گیرد

۳- تعمیم نتایج این تحقیق به کل کشور با استفاده از مطالعات گسترده‌تر و انجام مطالعات موردی بر روی شرکت‌های کوچک و متوسط سایر استان‌ها

۴- مقایسه تطبیقی ایران با کشورهای در حال توسعه دیگر

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب قرارداد شماره الف/ق/۸۷۹/۹۹ (۷ آبان ۱۳۹۹) با حمایت مالی اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران انجام شده است. لذا از این طریق ریاست اتاق و همکاران آنان در حمایت از این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران. (۱۳۹۵). نشست بیست‌وسوم کمیسیون صنعت و معدن اتاق تهران برگزار شد. *اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران*. https://news.tccim.ir/printPage?nid=44003

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۱). *دستورالعمل تأمین مالی بنگاه‌های اقتصادی کوچک و متوسط*.

وزارت صنعت، معدن و تجارت. (۱۴۰۰). دستورالعمل صدور گواهی فعالیت تولید بدون کارخانه (دستورالعمل شماره ۵۰۰۸، مورخ ۲۲/۰۱/۱۴۰۰). وزارت صنعت، معدن و تجارت.

Adamson, G., Wang, L., & Holm, M. (2013). The state of the art of cloud manufacturing and future trends. *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference Collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference, MSEC 2013*, *2*(December 2017), 1–2. https://doi.org/10.1115/MSEC2013-1123

Ahn, J., Weck, Olivier, L. de, & Steele, M. (2013). Credibility Assessment of Models and Simulations Based on NASA's Models and Simulation Standard Using the Delphi Method. *Systems Engineering*, *14*(3), 305–326. https://doi.org/10.1002/sys

Alemeye, F., & Getahun, F. (2015). Cloud readiness assessment framework and recommendation system. *IEEE AFRICON Conference*, *2015-Novem*. https://doi.org/10.1109/AFRCON.2015.7331995

Alibabacloud. (2021). *Alibaba Cloud Summit 2021 Product Launches*. https://www.alibabacloud.com/en/campaign/summit-live-2021/live-streaming/product-launches?_p_lc=1

Amazon Web Services. (2026). *Cloud Solutions for Manufacturing Industry - Cloud Computing - AWS*. https://aws.amazon.com/manufacturing/

Aziz, M. H., Qamar, S., Khasawneh, M. T., & Saha, C. (2020). Cloud manufacturing: a myth or future of global manufacturing? *Journal of Manufacturing Technology Management*, *31*(7), 1325–1350. https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0379

Bini, L., Pantaleoni, R., & Jordan, M. J. (2018). *cloud manufacturing assess applicability manufacturing service different business*. POLITECNICO DI MILANO School.

Carroll, N., Helfert, M., & Lynn, T. (2014). *Towards the Development of a Cloud Service Capability Assessment Framework*. 289–336. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6452-4_12

Chaudhuri, A., Datta, P. P., Fernandes, K. J., & Xiong, Y. (2021). Optimal pricing strategies for manufacturing-as-a service platforms to ensure business sustainability. *International Journal of Production Economics*, *234*(February). https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108065

Cheng, C.-H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory. *European Journal of Operational Research*, *142*, 174–186.

Commerce, U. S. D. of. (2021). *The Role of Public-Private Partnerships in Advancing the Industrial Internet of Things. October*.

Council, S. (2015). *Notice of the State Council on the Publication of Made in China 2025 Made in China 2025*. *2015*, 1–32.

Creswell, J. W. (2015). Educational Research - Planning, COnducting, And Evaluating Quantitative and Qualitative Research. In *AORN Journal* (Vol. 62, Issue 1).

Fisher, O., Watson, N., Porcu, L., Bacon, D., Rigley, M., & Gomes, R. L. (2018). Cloud manufacturing as a sustainable process manufacturing route. *Journal of Manufacturing Systems*, *47*, 53–68. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.03.005

Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Del Vecchio, P. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach. *Management Decision*. https://doi.org/10.1108/MD-07-2019-0939

Gharibvand, V., Karimzadeh, M., Qasim, K., & Çınar, Z. M. (2024). Cloud based manufacturing : A review of recent developments in architectures , technologies , infrastructures , platforms and associated challenges. In *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Springer London. https://doi.org/10.1007/s00170-024-12989-y

Golightly, D., Sharples, S., Patel, H., & Ratchev, S. (2016). Manufacturing in the cloud: A human factors perspective. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *55*, 12–21. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.05.011

Government Accountability Office - GAO. (2016). *GAO Technology Readiness Assessment Guide: Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects -Exposure Draft*. *GAO-16-410G*, 147. https://doi.org/10.1007/SpringerReference_24357

Gudergan, G., Buschmeyer, A., Krechting, D., & Feige, B. (2015). Evaluating the readiness to transform towards a product-service system provider by a capability maturity modelling approach. *Procedia CIRP*, *30*, 384–389. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.134

Gumbi, L., & Twinomurinzi, H. (2025). SMME readiness framework for smart manufacturing adoption using critical realism : Knowledge and construction phase. *Journal of Innovation & Knowledge*, *10*(2), 100665. https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100665

Habibi, A., Jahantigh, F. F., & Sarafrazi, A. (2015). Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, *5*(2), 130. https://doi.org/10.5958/2249-7307.2015.00036.5

Haghbin, A., Hamedi, M., & Dalirbod, A. (2019). Readiness Assessment for Technology Management System Implementation within a Conglomerate. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2019*. https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792587

Hallam, C., Dorantes Dosamantes, C. A., & Zanella, G. (2018). Culture and social capital network effects on the survival and performance of high-tech micro and small firms. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, *25*(1), 81–106. https://doi.org/10.1108/JSBED-05-2017-0161

Helo, P., Hao, Y., Toshev, R., & Boldosova, V. (2021). Cloud manufacturing ecosystem analysis and design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *67*(March 2019), 102050. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.102050

Henzel, R., & Herzwurm, G. (2018). Cloud Manufacturing: A state-of-the-art survey of current issues. *Procedia CIRP*, *72*(February 2019), 947–952. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.055

Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, *146*(October 2018), 119–132. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021

Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. B. (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 419–425. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.068

Hu, L., Nguyen, N.-T., Tao, W., Leu, M. C., Liu, X. F., Shahriar, M. R., & Al Sunny, S. M. N. (2018). Modeling of Cloud-Based Digital Twins for Smart Manufacturing with MT Connect. *Procedia Manufacturing*, *26*, 1193–1203. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.155

Hu, Y., Wu, L., Shi, C., Wang, Y., & Zhu, F. (2020). Research on optimal decision-making of cloud manufacturing service provider based on grey correlation analysis and TOPSIS. *International Journal of Production Research*, *58*(3), 748–757. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1600760

Huang, B., Li, C., Yin, C., & Zhao, X. (2013). Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *65*(9–12), 1261–1272. https://doi.org/10.1007/s00170-012-4255-4

Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, *55*(3), 241–

253. https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90251-C

Jayasekara, D. C. (2025). *Development of a firm-level assessment model to evaluate the readiness of manufacturing firms for cloud manufacturing (PhD Thesis)* [University of Nottingham Ningbo China]. https://research.nottingham.edu.cn/en/studentTheses/development-of-a-firm-level-assessment-model-to-evaluate-the-read/

Jayasekara, D., Pawar, K., & Ratchev, S. (2019). *A Framework to Assess Readiness of Firms for Cloud Manufacturing*. 1–12. https://doi.org/10.1109/ice.2019.8792648

Jones, M., Webb, P., Summers, M., & Baguley, P. (2012). A manufacturing technology readiness impact assessment transitional framework. *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, 1–9. https://doi.org/10.1109/AERO.2012.6187416

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, *April*, 1–84.

Kavre, M., Narwane, V. S., Gardas, B. B., & Sunnapwar, V. (2023). Role of human factors in cloud manufacturing adoption across manufacturing micro, small and medium enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *36*(4), 611–633. https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2128215

Lehman, W. E. K., Greener, J. M., & Simpson, D. D. (2002). Assessing organizational readiness for change. *Journal of Substance Abuse Treatment*, *22*(4), 197–209. https://doi.org/10.1016/S0740-5472(02)00233-7

Li, C., Liu, L., & Shi, L. (2024). *Review of Cloud Service Composition for Intelligent Manufacturing*.

Li, X., Zhuang, P., & Yin, C. (2018). A metadata based manufacturing resource ontology modeling in cloud manufacturing systems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *0*(0), 0. https://doi.org/10.1007/s12652-018-0964-3

Lin, T. C., Wang, K. J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *33*(1), 102–115. https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699255

Liu, Y., Wang, L., Wang, X. V., Xu, X., & Zhang, L. (2019). Scheduling in cloud manufacturing: state-of-the-art and research challenges. *International Journal of Production Research*, *57*(15–16), 4854–4879. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1449978

Liu, Y., & Xu, X. (2017). Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, *139*(3), 1–8. https://doi.org/10.1115/1.4034667

Lu, Y., & Xu, X. (2015). *Protecting Intellectual Property in a Cloud Manufacturing Environment : Requirements and Strategies*. 404–411. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22759-7

Miake-Lye, I. M., Delevan, D. M., Ganz, D. A., Mittman, B. S., & Finley, E. P. (2020). Unpacking organizational readiness for change: an updated systematic review and content analysis of assessments. *BMC Health Services Research*, *20*(1), 106. https://doi.org/10.1186/s12913-020-4926-z

Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, *49*(November), 194–214. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005

Mkhize, A., Mokhothu, K. D., Tshikhotho, M., & Thango, B. A. (2025). *Evaluating the Impact of Cloud Computing on SME Performance : A Systematic Review*.

Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, *58*(5), 1384–1400. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323

Moghaddam, M., Silva, J. R., & Nof, S. Y. (2015). Manufacturing-as-a-Service - From e-work and service-oriented architecture to the cloud manufacturing paradigm. *IFAC-PapersOnLine*, *28*(3), 828–833. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.186

Mourad, M. H., Nassehi, A., Schaefer, D., & Newman, S. T. (2020). Assessment of interoperability in cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *61*(1), 101832. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101832

Muharram Hasby, F., Laila Novianti, H., & Inrawan Wiratmadja, I. (2020). iMEC-APCOMS 2019. In M. N. Osman Zahid, R. Abd. Aziz, A. R. Yusoff, N. Mat Yahya, F. Abdul Aziz, & M. Yazid Abu

(Eds.), *iMEC-APCOMS 2019 Proceedings of the 4th International Manufacturing Engineering Conference and The 5th Asia Pacific Conference on Manufacturing Systems*. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0950-6

Narwane, V. S., Raut, R. D., Gardas, B. B., Kavre, M. S., & Narkhede, B. E. (2019). *Factors affecting the adoption of cloud of things The case study of Indian small and medium enterprises*. *21*(4), 397–418. https://doi.org/10.1108/JSIT-10-2018-0137

Ongowarsito, H., Prabowo, H., & Gaol, F. L. (2022). *Adoption Readiness Assessment Model based on SaaS Maturity Level in SMEs*. *12*(04), 24–31. https://doi.org/10.46338/ijetae0422

Pirola, F., Cimini, C., & Pinto, R. (2020). Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *31*(5), 1045–1083. https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0305

Pourezzat, A. A., Bigdeli, S., & Sadabadi, A. A. (2014). The Prioritizing of Problems in The Agenda-Setting Stage of Public Policies. *Journal of Political Science*, *18*, 5–28.

Radzi, S., Rahamaddulla, B., Leman, Z., Tuah, B. T. H., Baharudin, B., & Ahmad, S. A. (2021). *Conceptualizing Smart Manufacturing Readiness-Maturity Model for Small and Medium Enterprise (SME) in Malaysia*. 1–18.

Ramaseshan, B., Kingshott, R. P., & Stein, A. (2015). Firm self-service technology readiness. *Journal of Service Management*, *26*(5), 751–776. https://doi.org/10.1108/JOSM-08-2014-0216

Raymond, L., Rivard, S., & Jutras, D. (2008). Organizational Readiness An Evaluation Model for to Adopt ERP: Manufacturing SMEs. In *Techniques and Tools for the Design and Implementation of Enterprise Information Systems* (pp. 176–204). https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201

Ryfors, D., Måns, W., & Theodor, T. (2019). *Swedish manufacturing SMEs readiness for Industry 4.0*. JÖNKÖPING university.

Saad, S. M., Bahadori, R., Jafarnejad, H., & Putra, M. F. (2021). Smart Production Planning and Control: Technology Readiness Assessment. *Procedia Computer Science*, *180*, 618–627. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.284

SAC/TC159. (2024). *GB/T 45024-2024: Evaluation requirements of cloud manufacturing service*. https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/std/newGbInfo?hcno=4014DC08252523CF9CE123121B51C8BF

Schöppenthau, F., Patzer, F., Schnebel, B., Watson, K., Baryschnikov, N., Obst, B., Chauhan, Y., Kaever, D., Usländer, T., & Kulkarni, P. (2023). Building a Digital Manufacturing as a Service Ecosystem for Catena-X. *Sensors*, *23*(17). https://doi.org/10.3390/s23177396

Silva, J. R., & Vital, E. (2020). Towards a Formal Design to Service-Oriented Cloud Manufacturing. *Proc. of CBA 2020*, 8. https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.1241

Snyder-Halpern, R. (2002). Erratum: Indicators of organizational readiness for clinical information technology/systems innovation: A Delphi study (International Journal of Medical Informatics (2001) 63 (179-204) PII: S1386505601001794). *International Journal of Medical Informatics*, *65*(3), 243. https://doi.org/10.1016/S1386-5056(02)00093-X

Soleimani, N., & Valmohammadi, C. (2017). Identifying and prioritizing factors influencing the selection of the top suppliers of e-procurement using FDEMATEL and FANP. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, *24*(5–6), 286–295. https://doi.org/10.1002/mcda.1619

Stentoft, J., Adsbøll Wickstrøm, K., Philipsen, K., & Haug, A. (2020). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning and Control*, *0*(0), 1–18. https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318

Tao, F., Zhang, L., Venkatesh, V. C., Luo, Y., & Cheng, Y. (2011). Cloud manufacturing: A computing and service-oriented manufacturing model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, *225*(10), 1969–1976. https://doi.org/10.1177/0954405411405575

Tao, Fei, & Qi, Q. (2019). New IT driven service-oriented smart manufacturing: Framework and characteristics. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, *49*(1), 81–91. https://doi.org/10.1109/TSMC.2017.2723764

Tao, Fei, Zhang, L., Liu, Y., Cheng, Y., Wang, L., & Xu, X. (2015). Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, *137*(4). https://doi.org/10.1115/1.4030510

Tzeng, G.-H., Chen, W.-H., Yu, R., & Shih, M.-L. (2010). Fuzzy decision maps: a generalization of the

DEMATEL methods. *Soft Computing*, *14*(11), 1141–1150. https://doi.org/10.1007/s00500-009-0507-0

Union, E. (2015). User guide to the SME Defi nition. In *Brooking Global Economy And Development* (Vol. 13, Issue 1). https://doi.org/10.2873/782201

United Nations Industrial Development Organization. (2019). *Industrial Development Report 2020 Industrializing in the digital age*. United Nations Industrial Development Organization.

Uygun, Ö., Canvar Kahveci, T., Taşkin, H., & Piriştine, B. (2015). Readiness assessment model for institutionalization of SMEs using fuzzy hybrid MCDM techniques. *Computers and Industrial Engineering*, *88*, 217–228. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.07.008

Valilai, O. F., & Houshmand, M. (2013). A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *29*(1), 110–127. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.07.009

Valmohammadi, C., & Khaki, M. M. (2019). Determinants for selection of projects for exploitation of mines in Iran. *Resources Policy*, *63*(January), 101424. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101424

Vella, P. C., Dimov, S. S., Minev, R., & Brousseau, E. B. (2018). Technology maturity assessment of micro and nano manufacturing processes and process chains. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, *232*(8), 1362–1383. https://doi.org/10.1177/0954405416668922

WALTERS, A. T., & TESO, G. (2019). Recognizing readiness in manufacturing firms. *Conference Proceedings of the Academy for Design Innovation Management*, *1*(1). https://doi.org/10.33114/adim.2017.108

Wang, J. (2021). Research on sustainable evolution of China's cloud manufacturing policies. *Technology in Society*, *66*(December 2020), 101639. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101639

Wang, L., & Wang, X. V. (2017). Cloud-Based Cyber-Physical Systems in Manufacturing. In *Cloud-Based Cyber-Physical Systems in Manufacturing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67693-7

Wang, X. V., Wang, L., & Gördes, R. (2018). Interoperability in cloud manufacturing: a case study on private cloud structure for SMEs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *31*(7), 653–663. https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1407962

Wei Jiang, Jun Ma, Xiu Zhang, & Huan Xie. (2012). Research on cloud manufacturing resource integrating service modeling based on cloud-Agent. *2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering*, 395–398. https://doi.org/10.1109/ICSESS.2012.6269488

Weiner, B. J. (2020). A theory of organizational readiness for change. In *Handbook on Implementation Science* (pp. 215–232). https://doi.org/10.4337/9781788975995.00015

Wiratmadja, I. I., Syafrian, R. N., & Govindaraju, R. (2014). *The Measurement of Humanware Readiness in a Case study in an electrical machinery company*. 321–325.

Wu, D., Greer, M. J., Rosen, D. W., & Schaefer, D. (2013). Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 32, Issue 4, pp. 564–579). https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.04.008

Xavier, R. S. F. (2019). Cloud Manufacturing Model to Optimise Manufacturing Performance. In *PhD Thesis* (Issue May). University of East London.

Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *28*(1), 75–86. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002

Yadekar, Y., Shehab, E., & Mehnen, J. (2016). Taxonomy and uncertainties of cloud manufacturing. *International Journal of Agile Systems and Management*, *9*(1), 48. https://doi.org/10.1504/ijasm.2016.076577

Zapukhliak, I., Zaiachuk, Y., Polyanska, A., & Kinash, I. (2019). Applying fuzzy logic to assessment of enterprise readiness for changes. *Management Science Letters*, *9*(Special Issue 13), 2277–2290. https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.7.026