

بهبود فرایند انتقال فناوری در فناوری‌های صنعت ۴.۰ در بنگاه‌های کوچک و متوسط با رویکرد فراترکیب

عباس خمسه^{°°}
دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
abbas.Khamseh@iau.ac.ir

زهرا غلامزاده[°]
دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران
zahra.gholamzadeh@iau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۶

چکیده

با رشد روزافزون فناوری‌های صنعت ۴.۰ و تأثیر چشمگیر آن در رشد و توسعه اقتصادی، بسیاری از بنگاه‌های کوچک و متوسط پیشرو، جهت کسب این فناوری‌ها اقدام کرده‌اند. از آنجائیکه انتقال فناوری یکی از راه‌های دستیابی به فناوری‌های صنعت ۴.۰ است و شناسایی مؤلفه‌های هر مرحله از فرایند انتقال و به‌کارگیری راه‌کارهای مناسب در هر مرحله، بهره‌وری و موفقیت فرایند انتقال را برای دریافت‌کنندگان تضمین می‌کند، لذا پژوهش حاضر با هدف شناسایی مؤلفه‌های بهبود انتقال فناوری در صنعت ۴.۰ از سال ۱۴۰۰ طی یک پروژه تحقیقاتی انجام گردیده است. در این راستا با بررسی ساختارمند ادبیات پژوهش با رویکرد فراترکیب و نیز بررسی ۴ بعد، ۱۷ مؤلفه و ۱۰۸ زیرمؤلفه، راه‌کارهای انتقال موفقیت‌آمیز فناوری‌های صنعت ۴.۰، در بنگاه‌های کوچک و متوسط تبیین گردیده است. نتایج به‌دست آمده در پژوهش نشان داد که استفاده از روش آینده‌پژوهی برای انتخاب فناوری‌های صنعت ۴.۰ که در مرحله رشد فزاینده دارند، برای موفقیت در مرحله اول فرایند انتقال اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین در مرحله انطباق فناوری نیز رفع موانع از جمله توجه به عوامل ساختاری، انسانی و فرهنگی توصیه گردیده و در ادامه‌ی فرایند، ضرورت توجه به شبکه‌سازی، اکوسیستم نوآوری و توسعه واحد R&D از عوامل موفقیت انتقال فناوری صنعت ۴.۰ به‌شمار می‌رود. نتایج این مقاله می‌تواند دیدگاه تازه‌ای را برای نیل به موفقیت در انتقال فناوری‌های صنعت ۴.۰ در اختیار مدیران بنگاه‌های کوچک و متوسط قرار دهد.

واژگان کلیدی

اکتساب فناوری؛ انطباق فناوری؛ توسعه و انتشار فناوری؛ جذب و کاربرد فناوری؛ صنعت ۴.۰.

شدت گرفته است. یکی از راه‌های دستیابی سریع به فناوری‌های صنعت ۴.۰، انتقال آن از منابع اصلی و دارندگان اولیه می‌باشد که از منظر کل فرایند انتقال فناوری در پژوهش‌ها بدان پرداخته نشده است. لذا با توجه به اهمیت روزافزون کاربرد فناوری‌های صنعت ۴.۰ در عرصه‌های تولیدی و تأثیرگذاری آن بر حوزه‌های اقتصادی، انتقال موفق آن می‌تواند منجر به دستیابی به بهره‌وری بیشتر در صنایع تولیدی خصوصاً بنگاه‌های کوچک و متوسط دارای محدودیت منابع، گردد. لذا این پژوهش به شیوه‌ی فراترکیب، به دنبال شناسایی مهم‌ترین مؤلفه‌های انتقال فناوری صنعت ۴.۰ جهت بهبود فرایند آن (اکتساب، انطباق، جذب و کاربرد، توسعه و انتشار) و دستیابی به بهره‌وری انتقال فناوری صنعت ۴.۰ برای دریافت‌کنندگان است. نوآوری این پژوهش بررسی ابعاد انتقال فناوری برای فناوری‌های نوظهور صنعت ۴ و ارائه مدل مفهومی آن می‌باشد. سؤال اصلی این پژوهش نیز بدین شرح است: مهم‌ترین مؤلفه‌ها برای موفقیت در هر مرحله از فرایند انتقال فناوری در فناوری‌های صنعت ۴.۰ از منظر گیرندگان چیست؟

۱- مقدمه

از اوایل قرن ۲۱ با ورود موج چهارم، تحولات بسیار زیادی در عرصه‌ی فناوری‌های نوین رخ داد که توانست بسیاری از حوزه‌های گوناگون اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و علمی را تحت تأثیر خود قرار دهد [۱۱]. این موج جدید که پس از انقلاب دیجیتال رخ داد، تحت عنوان انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴.۰ شناخته شده است [۱۲].
واژه‌ی انقلاب صنعتی چهارم اولین بار در سال ۲۰۱۱ تبیین و فناوری‌های ذیل این پارادایم، توسط کلاوس شوپ در سال ۲۰۱۵ در مجمع جهانی اقتصاد معرفی گردید. از دستاوردهای انقلاب صنعتی چهارم تاکنون، می‌توان به اینترنت‌اشیاء، هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، کلان‌داده، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و ... اشاره کرد [۱۴، ۱۳].
استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ در کارخانجات هوشمند، صنایع تولیدی و بسیاری از تجهیزات مورد استفاده در صنعت، در دهه‌های اخیر

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

** نویسنده مسئول



شکل ۱- فاکتورهای اثرگذار بر فرایند انتقال فناوری در مرحله اکتساب

پژوهشگران در دهه اخیر، عوامل موفقیت انتقال فناوری را در مرحله اکتساب بررسی کرده‌اند که شامل: عوامل فناوری، عوامل انسانی، عوامل صنعتی و عوامل سازمانی بود و توجه به معیارهای پیچیدگی فناوری، مقیاس بازار و چرخه عمر محصول را در انتقال فناوری مهم برشمردند [۶،۷،۲۲،۲۳].

پژوهشگران دیگری نیز با توجه به ظهور فناوری‌های صنعت ۴۰، در پژوهش‌شان عنوان کرده‌اند که: جهت استفاده از این فناوری‌ها در کارخانه‌های هوشمند، نیاز است به مشوق‌ها و موانع به درستی توجه شود. مشوق‌های اصلی شامل: انعطاف تولید، سرعت دستیابی به نمونه اولیه، دستیابی به ظرفیت خروجی بالاتر، دستیابی به محصول با کیفیت‌تر و کاهش نقص در محصولات و ... است و نیز مهم‌ترین موانع: اطلاعات ناکافی در مورد پتانسیل‌های فناوری‌های صنعت ۴۰، دانش ناکافی بنگاه‌ها، مهارت‌های کم بازارکار، منابع مالی ناکافی بنگاه‌ها، کمبود منابع مالی خارجی، ساختارهای نامناسب، ابهامات حقوقی، مقاومت سازمانی، عدم نیاز بخش عملیات بنگاه به سرمایه‌گذاری در صنعت ۴۰، مشکلات مشارکت با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در توسعه صنعت ۴۰ و فقدان استانداردهای واضح در فناوری‌های صنعت ۴۰، می‌باشد. همچنین برای ورود صنایع به اکتساب فناوری‌های صنعت ۴۰ نقش حمایتی دولت و مشوق‌های مالی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌ها و حمایت از توسعه نیز بسیار اهمیت دارد [۲۴].

در پژوهش دیگری که درخصوص بنگاه‌های ایتالیایی صورت گرفته است، نتایج نشان داد که، فقدان اطلاعات و دانش کافی در بنگاه‌ها از جمله مهم‌ترین عوامل در عدم اکتساب فناوری‌های صنعت ۴۰ به شمار می‌رود [۲۵].

ریسک فناوری و کاهش تفاوت بین سطح دانش لازم برای سازمان دریافت‌کننده جهت کسب و به‌کارگیری فناوری و سطح دانش واقعی دریافت‌کننده، نیز مهم است که در کسب فناوری‌های پیشرفته، شناسایی و ارزیابی ریسک باید مورد توجه قرار گیرد، این موضوع در صنایع کوچک و متوسط به دلیل محدودیت‌ها، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. همچنین پژوهش‌ها نشان داده است که در اکتساب فناوری‌های صنعت ۴۰، توجه به مؤلفه‌های کشوری در کنار مؤلفه‌های سطح بنگاه نیز اهمیت دارد، این عوامل در شکل ۲ به نمایش درآمده است [۲۶].

۲- پیشینه پژوهش

امروزه یکی از دلایل اهمیت صنعت ۴۰، به‌خاطر فناوری نوظهوری است که تأثیر بسیار زیادی بر بهبود فرایندهای تولیدی دارد [۱۵]؛ همچنین تحولات اخیر نشان می‌دهد که انقلاب صنعتی چهارم با ایجاد و توسعه کارخانه‌های هوشمند با استفاده از برخی فناوری‌های صنعت ۴۰ نظیر: اینترنت‌اشیاء و رایانش ابری، موجب تغییر شکل صنایع گردیده و توانسته است فرایندهای تولیدی را بهینه کند [۱۶].

کارخانه هوشمند یک مرحله صنعتی جدید از سیستم‌های تولید را با ادغام مجموعه‌ای از فناوری‌های نوظهور و همگرا نشان می‌دهد که به کل چرخه عمر محصول ارزش می‌بخشد [۱۷، ۱۸].

تولید هوشمند نیز یک سیستم سازگار است که در آن خطوط انعطاف‌پذیر به‌طور خودکار فرایندهای تولید را تنظیم می‌کنند. برای انواع مختلف محصولات و شرایط در حال تغییر، تولید هوشمند امکان افزایش کیفیت، بهره‌وری و انعطاف‌پذیری را فراهم کرده و می‌تواند در دستیابی به سفارشی‌سازی محصولات در مقیاس بزرگ و به روشی پایدار با مصرف منابع بهتر کمک کند. همچنین امکان بهره‌وری در زنجیره تأمین هوشمند نیز با به‌کارگیری فناوری‌های صنعت ۴۰ در کارخانه هوشمند میسر گردیده است. محصولات هوشمند نیز بخشی از مفهوم صنعت ۴۰ هستند، که می‌توانند بازخورد داده را با استفاده از به‌کارگیری حسگرها و هوش مصنوعی در محصولات برای توسعه محصول جدید ایجاد کنند [۱۶، ۱].

کار هوشمند نیز با استفاده از فناوری‌های صنعت ۴۰ کارگران را برای پاسخگویی به الزامات سیستم تولید، توانا تر می‌سازد. بنابراین دستیابی به کارخانه هوشمند یکی از عوامل افزایش بهره‌وری در تولید است. لذا دستیابی به فناوری‌های صنعت ۴۰ و به‌کارگیری آن در بخش تولید امری ضروری به نظر می‌رسد. از آنجائیکه یکی از راه‌های سریع برای دستیابی به فناوری، انتقال موفق آن است، لذا تعیین مؤلفه‌های بهبود فرایند انتقال فناوری نیز حائز اهمیت گردیده است. فرایند انتقال فناوری شامل اکتساب، انطباق، جذب و کاربرد، توسعه و اشاعه فناوری است [۲].

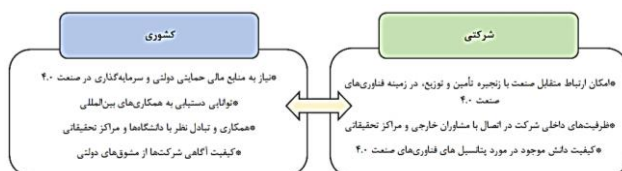
۲-۱- اکتساب فناوری در صنعت ۴۰

اولین مرحله انتقال فناوری، اکتساب است و از آنجائیکه در مرحله اکتساب فناوری توجه به معیارهای انتخاب فناوری و ارزیابی آنها بسیار ضروری است، لذا فناوری می‌بایست از نظر: عوامل زیرساختی، عوامل فناوری، عوامل ساختاری، سازمانی و عوامل فرهنگی مورد ارزیابی قرار گیرد. مهم‌ترین معیارهای انتخاب فناوری در شکل ۱ به نمایش درآمده است [۳، ۴، ۵، ۱۹، ۲۰، ۲۱].

مهارت‌های دیجیتال سخت و نرم و توانا در انجام فعالیت‌های مبتنی بر حل مسأله، عدم تحول در فرایندهای سازمانی و نیز مقاومت‌های فرهنگی و تمایل به عدم تغییر؛ اشاره کرد [۳۰، ۳۱، ۳۲].

یکی از عوامل مهم انطباق بنگاه‌ها با فناوری‌های صنعت ۴۰ وجود فرهنگ سازمانی و فرهنگ کیفیت در سطح سازمان است. سطوح مختلف فرهنگ کیفیت شامل: رویکرد استفاده از اطلاعات در مورد انتظارات و رضایت مشتری، کیفیت محصول و کیفیت تولید، اقلام هزینه، دلایل موفقیت یا کاستی‌های آن است. در این شرایط بنگاه با تشکیل تیم‌های کیفیت، رسیدن به اهداف را دنبال می‌کند. پژوهش‌ها بر اتصال فرهنگ کیفیت با میزان انطباق کارکنان با فناوری‌های صنعت ۴۰ تأکید کرده است و در واقع فرهنگ‌ها بنگاه‌ها را قادر می‌سازند تا با صنعت ۴۰ سازگار شوند [۳۳]. همچنین در سطح بنگاه نیاز به شایستگی‌های رهبری و کاهش عوامل مقاومت کارگران در استفاده از فناوری‌های صنعت ۴۰ مهم به‌شمار می‌رود. از سوی دیگر یکی از عوامل مهم پذیرش فناوری‌های صنعت ۴۰ بنگاه‌ها و انطباق با آنها، نیروی انسانی موجود در سازمان است، لذا شکل‌دهی نظام ملی صلاحیت‌ها در سطح ملی و نیز استانداردهای حرفه‌ای، بسیار اهمیت پیدا می‌کند. در این شرایط یکی از منابع راهبردی کشور، سرمایه انسانی است که کیفیت آن از نظر هوش، تحصيلات و مهارت‌های صلاحیتی، نقش عمده‌ای در ایجاد اقتصاد جدید و مبتنی بر فناوری‌های صنعت ۴۰ ایفا می‌کند. صنعت ۴۰ تعدادی فرصت جدید برای توسعه منابع انسانی ایجاد می‌کند، به ویژه: رشد بهره‌وری نیروی کار؛ کاهش تلفات تولید و استفاده منطقی از آن به دلیل فناوری‌های افزودنی، فرصت‌های جدید برای استقرار صنایع و انجام کارهای روزمره، تکراری و خطرناک بوسیله ماشین‌ها و روبات‌ها. بنابراین در مرحله انطباق ضروری است که سیستم آموزشی با نیازهای صنعتی شدن جدید و فناوری‌های آن، منطبق شود و مهارت‌های کارکنان در بنگاه‌ها بر این اساس ارتقاء یابد [۳۴، ۳۵].

در پژوهش دیگری که در سطح بین کشورها انجام شده است موانع تأثیرگذار شناسایی شده، نشان می‌دهد که بهبود استانداردها و مقررات دولتی می‌تواند میزان پذیرش فناوری‌های صنعت ۴۰ را در سطح کشورها تسهیل کند و برای پذیرش فناوری‌های صنعت ۴۰ در کشور در حال توسعه، بهبود زیرساخت‌های پشتیبانی و زیرساخت‌های سطح بنگاه، برای ارتقای پذیرش این فناوری‌ها مورد نیاز است. مهم‌ترین موانع برای پذیرش و انطباق با فناوری‌های این حوزه، در کشورهای در حال توسعه شامل: فقدان نیروی کار ماهر، درگیری بین کارگران به دلیل تغییر محیط‌های کاری، کمبود منابع مالی، امنیت داده‌ها، درجات پایین استانداردسازی و درک ضعیف است. همچنین در بنگاه‌ها عوامل منجر به عدم انطباق فناوری شامل مواردی از جمله: چالش‌های یکپارچه‌سازی زنجیره ارزش، سطح بلوغ پایین فناوری ترجیحی، فقدان مهارت‌های دیجیتالی در کارکنان، فقدان فرهنگ و



شکل ۲- برخی از عوامل اثرگذار بر اکتساب فناوری‌های صنعت ۴۰ در بنگاه‌ها

در پژوهش صورت‌گرفته توسط همزه و اکسو، در فاز اکتساب فناوری و انتخاب فناوری‌های مناسب صنعت ۴۰، بیشترین روش‌ها، مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره تک رویکردی (منطق فازی، AHP، تاپسیس، پرامتی و ...) و یا رویکرد ترکیبی (ANP-DEMATEL، تاپسیس فازی و ...) بوده است.

توجه به ریسک بالای فناوری‌های نوظهور صنعت ۴۰ نیز در مرحله انتخاب مهم به‌شمار می‌رود، همچنین در یک پژوهش نیز به عدم شفافیت استانداردها در فناوری‌های این حوزه نیز اشاره گردید؛ لذا انتخاب این فناوری‌ها نیاز به منابع مالی گسترده و سرمایه‌گذاری بالا برای پیاده‌سازی، توانایی همکاری‌های بین‌المللی، واحد تحقیق و توسعه قوی در بنگاه و منابع دانشی قوی دارد و بنابراین شناسایی دقیق فناوری مناسب در مرحله اکتساب و شیوهی انتخاب امری مهم به‌شمار می‌رود [۲۷، ۲۰، ۲۸].

۲-۲- انطباق فناوری در صنعت ۴۰

دومین مرحلهی انتقال موفق فناوری، مرحلهی انطباق است. در بنگاه‌ها آمادگی پذیرش صنعت ۴۰ امری حیاتی است و در فاز انطباق فناوری در فرایند انتقال فناوری، این موضوع اهمیتی دوچندان پیدا می‌کند. در پژوهش همیزم- حنغیه و همکاران (۲۰۲۰)، مهم‌ترین مؤلفه‌های بنگاه‌ها برای آمادگی صنعت ۴۰ شامل: فناوری، افراد، راهبرد، رهبری، فرایند و نوآوری است.

پس از پذیرش صنعت ۴۰ سازماندهی بنگاه باید به صورت پویا تغییر شکل دهد و با کمک مدل‌های آمادگی فناوری، به‌عنوان ابزار مدیریتی برای تنظیم مجدد، پیکربندی مجدد و تجدید ظرفیت‌ها و قابلیت‌های موجود خود اقدام کند. بنگاه‌ها نیاز دارند در این مرحله سه سطح عملیات، سازمان و مشتری را در نظر بگیرند و شرایط آمادگی آنها را برای فناوری‌های صنعت ۴۰ ایجاد کنند. در باطراحی سطح عملیات، نیاز به انطباق مجدد با پیشرفت‌های فناوری صنعت ۴۰ و گنجاندن آخرین ابزارها در خلق ارزش محصول و خدمات است. در سطح سازمان، نیاز به نوآوری ساختاری و هم‌افزایی تیم با چشم‌انداز صنعت ۴۰ وجود دارد. در سطح مشتریان نیز، نیاز به افزایش ارزش با انتظارات مشتریان با توجه به صنعت ۴۰ و همسویی آنان است [۲۹]. همچنین از جمله مسائلی که در انطباق فناوری‌های صنعت ۴۰ در بنگاه به‌عنوان موانع پذیرش این فناوری‌ها شناسایی گردیده است، می‌توان به: دانش و مهارت کم نیروی انسانی در زمینه کار با فناوری‌های دیجیتال، عدم شایستگی مناسب کارکنان در همکاری با تیم‌های مشترک، کمبود کارکنان دارای

محیطی از جمله: رقابت، عدم قطعیت محیطی و حمایت خارجی درک شده اشاره می‌کنند. اگر ادراک بنگاه نسبت به فناوری‌های صنعت ۴۰ در بهبود رقابت‌پذیری مثبت باشد، مرحله‌ی انطباق تسریع می‌گردد [۳۸،۳۹].

عدم قطعیت زیست‌محیطی با "نوسان قیمت‌ها، اقدامات غیرقابل پیش‌بینی رقبای، عدم اطمینان منابع ورودی، تغییر سریع در فرایندهای تولید، تغییر سریع در ترجیحات مشتری، سطوح بی‌ثبات تقاضا و یا منسوخ شدن سریع محصول" مربوط می‌شود. بنگاه‌هایی که با عدم اطمینان محیطی بالا مواجه هستند انگیزه بیشتری برای اتخاذ فناوری‌های اطلاعاتی پیشرفته و زنجیره ارزش دارند که سهم سریع و قابل اعتماد از داده‌ها و برنامه‌های تولید را ایجاد می‌کند. در نتیجه این بنگاه‌ها پیشرفت می‌کنند [۳۹].

در بنگاه‌های کوچک و متوسط به‌عنوان بازیگران برجسته در صنعت، باید انتظارات پیچیده‌تری از مشتریان برآورده شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که خطرات عمده‌ای که با پذیرش صنعت ۴۰، بنگاه‌های کوچک و متوسط مواجه هستند، شامل: فقدان تخصص و طرز فکر راهبردی کوتاه‌مدت است. همچنین آموزش مهم‌ترین عامل موفقیت است. مدیران نیز نقش برجسته‌ای در موفقیت و یا شکست یک پروژه صنعت ۴۰ دارند و بنگاه‌های کوچک و متوسط باید توسط کارشناسان خارجی حمایت شوند [۴۰].

پژوهشگران همچنین با مطالعه ۳۱۴ بنگاه کوچک و متوسط مالزی، انطباق با صنعت ۴۰ را به‌عنوان عاملی برای نوآوری، افزایش کارایی، بهبود زنجیره ارزش صنایع و ایجاد رفاه برای مردم مهم می‌دانند نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر منابع فناوری اطلاعات، رهبری مدیریت، کار تیمی و حمایت خارجی به ترتیب با توجه به پذیرش و انطباق صنعت ۴۰ و پایداری معنادار است. در مقابل، اثر فشار بازار ناچیز است و منابع فناوری اطلاعات بنگاه‌های کوچک و متوسط بر پذیرش صنعت ۴۰ به‌طور قابل توجهی تأثیر می‌گذارد. بنگاه‌های کوچک و متوسط باید راهبردهای مناسب فناوری اطلاعات را طراحی کرده و آن‌ها را برای رقابت اجرا کنند. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رهبری مدیریت به‌طور مستقیم بر نوآوری سازمانی تأثیر می‌گذارد. کار تیمی نیز به خاطر ایجاد انعطاف‌پذیری و سازگاری و جو به اشتراک‌گذاری دانش بسیار با اهمیت است [۴۱].

همچنین در پژوهش دیگری که درخصوص بنگاه‌های کوچک و متوسط صورت گرفته است نتایج نشان داد که: دانش و مزایای مورد انتظار فناوری، محرک‌های پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴۰ هستند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که بنگاه‌های با سطوح اتوماسیون فرایند بالا و تنوع بالای محصول احتمال بیشتری برای پیاده‌سازی در فناوری‌های صنعت ۴۰ دارند [۲۶].

در انطباق فناوری توجه به اهرم‌سازی نظیر ایجاد کارخانه‌های یادگیری اهمیت می‌یابد و در صنعت: پشتیبانی مدیریت ارشد، منابع داخلی و قابلیت‌های کارکنان آموزشی برای پذیرش صنعت ۴۰ از جمله عوامل حیاتی انطباق فناوری به‌شمار می‌روند [۴۲].

آموزش دیجیتال داخلی، مقاومت در برابر تغییر، مدیریت تغییر ناکارآمد و فقدان راهبرد دیجیتال در کنار کمبود منابع است [۳۷،۳۶].

همچنین بررسی ۲۰ بنگاه کوچک و متوسط در زمینه‌ی انطباق فناوری‌های صنعت ۴۰، نشان داده است که مزایا و چالش‌های اجرا، انعطاف‌پذیری، هزینه، کارایی، کیفیت و مزیت رقابتی از مزایای کلیدی پذیرش صنعت ۴۰ در بنگاه‌های کوچک و متوسط هستند [۳۸].

در پژوهش دیگری نیز، عوامل مؤثر بر انطباق فناوری‌های صنعت ۴۰ را در سه حوزه‌ی: فناوری، سازمان و محیط دسته‌بندی شده است و عوامل فناوری را شامل: مزیت نسبی، چالش‌های درک‌شده و سازگاری دانسته‌اند. مزیت نسبی «درجه‌ای است که یک نوآوری بهتر از ایده‌ای که جایگزین آن می‌شود درک می‌شود»، لذا مزیت نسبی به‌طور مثبت با پذیرش و انتشار سریع مرتبط است و یک عامل انگیزه بخش برای پذیرش صنعت ۴۰ به شمار می‌رود. با یک چارچوب قانونی نامطمئن و استانداردهای نامطمئن، بنگاه با چالش‌هایی در روند کار خود مواجه می‌شود، لذا چالش‌های درک‌شده بر انطباق بنگاه با فناوری‌های صنعت ۴۰ اثر معکوس می‌گذارد. سازگاری به‌عنوان "درجه‌ای که یک نوآوری مطابق با آن درک می‌شود و با ارزش‌های موجود، تجربیات گذشته و نیازهای پذیرندگان بالقوه تطابق دارد" تعریف می‌شود [۳۹].

در پژوهشی اشاره گردیده است که: افراد درون یک سازمان بیشتر از یک فناوری جدید استفاده می‌کنند، اگر برای سازمان مناسب باشد. سازگاری به نوعی مرتبط با فرهنگ سازمان است. درخصوص عوامل سازمانی پژوهشگران به: اندازه بنگاه، پشتیبانی مدیریت ارشد و ظرفیت جذب اشاره کرده‌اند [۱۱].

ثابت شده است که اندازه یک بنگاه بر پذیرش فناوری‌های جدید در حوزه‌های مختلف تأثیر می‌گذارد. بنگاه‌های بزرگ منابع بیشتری در دسترس دارند که در نتیجه توانایی بالاتری برای تأمین مالی سرمایه‌گذاری و جذب زیان ایجاد می‌کند، سازمان‌های بزرگ‌تر نه تنها منابع مالی بیشتری نسبت به سازمان‌های کوچک‌تر دارند، بلکه این بنگاه‌ها ظرفیت ریسک بالاتری نیز دارند که برای سرمایه‌گذاری در موارد جدید لازم است. از آنجایی که پیاده‌سازی صنعت ۴۰ با فناوری‌های مخاطره‌آمیز هوشمند جدید همراه است، لذا نیازمند امکانات متصل و همچنین انطباق فرایندها، سرمایه‌گذاری‌های کلان در فناوری اطلاعات و ماشین‌آلات می‌باشد. حمایت و پشتیبانی مدیریت ارشد نیز امری حیاتی تلقی می‌گردد که اگر اتفاق نیفتد، فرایند انطباق با مخاطره همراه خواهد کرد [۳۷،۳۹].

ظرفیت جذب یک بنگاه به‌عنوان «توانایی آن در تشخیص ارزش اطلاعات جدید، که بتواند آن را جذب کرده و برای اهداف تجاری به کار برد» تعریف می‌شود. از آنجایی که صنعت ۴۰ نشان‌دهنده پارادایم جدیدی از ارزش‌آفرینی برای بنگاه‌های تولیدی است که با عدم قطعیت همراه است، لذا ظرفیت جذب بنگاه، یک عامل موفقیت حیاتی در زمینه پذیرش صنعت ۴۰ است. در ادامه پژوهشگران بر اهمیت توجه به عوامل

۲-۳- جذب و کاربرد فناوری در صنعت ۴.۰

مرحله سوم فرایند انتقال فناوری جذب و کاربرد است. فرایند بهره‌برداری از فناوری به منظور تولید کالا و خدمات و همچنین دستیابی به روش‌های تولید و انجام فعالیت‌ها و اقدامات قبل از بهره‌برداری را کاربرد فناوری می‌گویند. در این مرحله طراحی، احداث ساختمان و تأسیسات، نصب و راه‌اندازی ماشین‌آلات و استقرار نظام‌ها و سازمان‌های مدیریتی انجام می‌شود. از نگاه کوگنو و همکاران، کاربرد فناوری‌های صنعت ۴.۰ تنها خرید فناوری‌های جدید نیست، بلکه به پیکربندی مجدد بنگاه نیاز دارد، همچنین کاربرد فناوری صنعت ۴.۰ امری پیچیده است و نیاز به یک روش طولانی مدت دارد، لذا فراهم‌سازی زیرساخت‌های مناسب بسیار مهم است و در حوزه‌ی تولیدی، کاربرد این فناوری‌ها، نیازمند اتصال به کارخانه هوشمند است. برای رسیدن به سطح کاربرد، حمایت راهبردی مدیریت بنگاه از فناوری‌های صنعت ۴.۰ امری بسیار حیاتی تلقی می‌گردد. همچنین راهبردهای نوآوری در این مرحله نیز مهم بوده و چنانچه بنگاه راهبردهای اکتشافی را به کار گیرد نیازمند طراحی مجدد در مدل کسب و کار خود؛ برای حمایت از ظرفیت جذب و رسیدن به توسعه؛ نیز خواهد بود. بنگاه باید یاد بگیرد که دانش را در کل سازمان مبادله کند و بتواند شبکه‌ی خلق ارزش را با مشتریان و تأمین‌کنندگان به اشتراک بگذارد [۳۲].

همچنین در پژوهش صورت‌گرفته روی صنایع کوچک و متوسط در کشورهای در حال توسعه مانند هند، مشاهده گردیده است که عدم انگیزه شرکا و مشتریان در استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ یکی از چالش‌های اصلی برای کاربردی‌شدن این فناوری‌ها در بنگاه است [۴۳].

برای رسیدن به سطح جذب و کاربرد در سطح سازمانی نیاز است که مدیریت دانش، سیاست‌گذاری منابع انسانی، آموزش، استخدام، سیستم پاداش و طراحی شغل، متناسب با فناوری‌های صنعت ۴.۰ ایجاد گردد.

در عصر صنعت ۴.۰، افراد در کل سیستم تولید درگیر هستند؛ به‌عنوان طراحان سیستم، به‌عنوان کارگران و به‌عنوان مشتریان کالاهای تولیدی. بنابراین توسعه مهارت‌های نیروی انسانی برای کاربرد فناوری مهم تلقی می‌گردد. نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در فرایند خرید به‌طور پیوسته رشد می‌کند، انتظارات مشتری نیز افزایش می‌یابد، بنابراین تغییر در شیوه‌ی بازاریابی و فرایند آن نیز، در مرحله کاربرد فناوری بسیار اهمیت می‌یابد.

در تولید هوشمند، ارتباطات متقابل ایجادشده بین انواع مختلف بازیگران و رابطه‌ها امری مهم است که در فرایندهای سازمانی و بازرگانی آن برای رسیدن به این ویژگی‌ها نیاز به خلاقیت دارد، کارگرانی که برای کار در چنین محیط‌هایی دارای تخصص و مهارت هستند باید به کار گرفته شوند. لذا برای استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ و کاربردی‌کردن آن نیاز به یک سیستم آموزشی مبتنی بر خلاقیت، ابتکار و دانش در سطح سازمان می‌باشد [۲۸].

۲-۴- توسعه و انتشار فناوری در صنعت ۴.۰

مرحله چهارم و پنجم فرایند انتقال فناوری توسعه و انتشار است. اگر مراحل اکتساب، انطباق، کاربرد و جذب فناوری به درستی انجام گیرد می‌توان گفت که امر انتقال تحقق یافته، ولی فرایند انتقال تمام نشده است. این فرایند وقتی تداوم خواهد داشت که با استفاده از دانش انتقال‌دهنده و مهارت و تجربه کسب‌شده، فناوری جدیدی خلق شود. در این صورت ما به مرحله توسعه فناوری قدم گذاشته‌ایم. توسعه فناوری بدون نهادهای تحقیق و توسعه امکان‌پذیر نخواهد بود و لازم است که در مراحل انطباق و جذب فناوری به ویژه مرحله کاربرد آن واحد تحقیق و توسعه کار خود را شروع کند و بدون استقرار نهادهای پژوهشی در واحدهای صنعتی و ارتباط مستمر بین صنعت و دانشگاه‌ها و از همه مهم‌تر مشوق‌های دولت، توسعه فناوری امکان‌پذیر نیست. در بخش صنعت یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه، نیروی انسانی با مهارت است. همچنین، برای دستیابی به فناوری‌های صنعت ۴.۰ و توسعه و انتشار آن به مهارت‌های نیروی انسانی از جمله: مدیر راهبردی، مدیر پروژه، مدیر توسعه‌دهنده فناوری، توسعه‌دهنده اجزاء الکترونیک، توسعه‌دهنده نرم‌افزار، برنامه‌ریز سیستم، انتقال‌دهنده سیستم، مدیر نگهداری، ناظر فرایند و مدیر ماشین‌ها نیاز است [۴۴].

یکی از عوامل مهم برای توسعه صنعت ۴.۰، همگرایی قابلیت‌های مختلف موردنیاز در بنگاه است، توسعه زیرساخت‌ها برای اتصال به فناوری‌های صنعت ۴.۰، توسعه هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، بهینه‌سازی سیستم‌ها و فرایندها، نوآوری‌های صنعتی و توانایی و قابلیت‌های تحقیق و توسعه، از جمله قابلیت‌های مهم است که باید در بنگاه ایجاد شود تا بتواند فناوری را توسعه داده و فناوری جدید را خلق نماید. اما پژوهش‌ها نشان داده است که برای همگرایی قابلیت‌ها، چالش‌های بسیاری وجود دارد، توسعه مقررات قبلی برای نوآوری‌های صنعتی با فناوری‌های جدید و نبود مقررات کافی در توسعه برخی از فناوری‌های صنعت ۴.۰ نظیر: بلاک‌چین، توسعه موارد کاربرد فناوری قبل از توسعه خود فناوری و عدم همراهی شرکای کلیدی برخی از این چالش‌ها می‌باشد [۴۵].

در مرحله توسعه فناوری‌های صنعت ۴.۰ ضروری است به ریسک و خطرات آن در این مرحله نیز توجه کافی بشود. از جمله ریسک ناشی از: هزینه‌ی بالای پیاده‌سازی و اجراء، زمان طولانی پیاده‌سازی فناوری و شکست در پیاده‌سازی فناوری، افزایش هزینه‌های عملیاتی و تحقیق و توسعه و ... [۴۶].

در پژوهش‌های صورت‌گرفته بر روی شبکه‌ی تولید بین‌المللی مبتنی بر فناوری‌های نوین، یکی از موانع مهم عدم توانایی در توسعه فناوری‌های صنعت ۴.۰، نداشتن یک راهبرد بلندمدت است که بتواند شایستگی‌های کلیدی موردنیاز برای آینده را تأمین کند. عوامل دیگر در نرسیدن بنگاه‌ها به توسعه فناوری شامل: عدم نگاه کلی به توسعه فناوری، کمبود منابع در خصوص انتقال فناوری‌های صنعت ۴.۰، فقدان دانش فناورانه کافی در

جدول ۱- فراوانی مقالات در پایگاه‌های داده

پایگاه داده‌های غیرفارسی و فارسی	فراوانی کل	فراوانی مقالات نهایی
Google scholar	۱۸۷	۱۹
Science direct	۸۲	۸
Springer	۲۴	۵
نورمگز	۱۶	۴
پورتال جامع علوم انسانی	۵	۲

با توجه به جدول ۱، ۳۱۴ مقاله‌ی اولیه در پایگاه‌های داده پیدا شد که با توجه به معیارهای ورود منجر به حذف ۲۷۷ مقاله و ورود ۳۷ مقاله مرتبط با سؤال پژوهش گردید، که مراحل آن در جدول ۲ به نمایش درآمده است.

جدول ۲- روش انتخاب مقالات نهایی

مراحل	تعداد مقالات مورد بررسی	تعداد مقالات حذف شده	دلایل حذف
جستجوی کلمات کلیدی در پایگاه داده	ورود ۳۱۴ مقاله و بررسی عناوین	خروج ۱۲۳ مقاله	نامرتب بودن عنوان تکراری بودن مقالات سال انتشار مقالات غیرفارسی قبل از ۲۰۱۱ سال انتشار مقالات فارسی قبل از ۱۳۹۰
بررسی مقالات انتخاب شده در مرحله قبل	ورود ۱۹۱ مقاله و بررسی چکیده	خروج ۴۴ مقاله	نامرتب بودن هدف و موضوع روش غیرکیفی
بررسی مقالات انتخاب شده در مرحله قبل	ورود ۱۴۷ مقاله و بررسی ادبیات پژوهش و روش‌شناسی و یافته‌ها	خروج ۶۷ مقاله	نامرتب بودن هدف و موضوع روش غیرکیفی یافته‌های غیرمرتبط
بررسی مقالات انتخاب شده در مرحله قبل	ورود ۸۰ مقاله و مشاوره برای اجماع نظری	خروج ۴۳ مقاله	نامرتب بودن هدف و موضوع روش غیرکیفی یافته‌های غیرمرتبط طرح تحقیقاتی ناسازگار با هدف پژوهش
تعداد مقالات نهایی	ورودی ۳۷ مقاله منتخب		

براساس جدول فوق ۳۷ مقاله نهایی وارد پژوهش گردید که در جدول ۳ به نمایش درآمده است. اعتبار این پژوهش براساس روش سندلوسکی و بارسلو و براساس طی مراحل تحقیق مورد تأیید قرار گرفته است که شامل مراحل زیر است:

- ۱- استفاده از معیارهای ورود و بررسی مقالات و استفاده از نرم‌افزار اندنوت برای ذخیره مقالات و بررسی آنها به منظور افزایش روایی توصیفی
 - ۲- بررسی روایی تفسیری با استفاده از نظر خبرگان
 - ۳- استفاده از یک متخصص در پژوهش به منظور افزایش روایی نظری
 - ۴- ممیزی کل فرایند و اجماع نظری پژوهشگران.
- پایایی این پژوهش به کمک برنامه ارزیابی مهارت‌های انتقادی (Critical Appraisal Skills Program, 2018) توسط تیم پژوهش و کارشناس خبره، جهت ارزیابی کیفیت، دقت، اعتبار و اهمیت مقاله‌های نهایی، مورد بررسی قرار گرفت. سؤالات ۱۰ عنوان است که درخصوص ۳۷

بنگاه‌ها، فقدان راهبرد بلندمدت برای تضمین شایستگی برای نیازهای آینده، سیستم‌های ناسازگار و راه‌های مختلف کارکردن و سطوح مختلف اتوماسیون و زیرساخت‌ها، مشکل به‌دست آوردن یک دید کلی افقی در مورد دانش و شایستگی و مقاومت در میان اپراتورها برای اعمال فناوری‌های صنعت ۴۰، ذکر گردیده است [۴۷].

صنعت ۴۰ فناوری‌های پیچیده مبتنی بر اینترنت‌اشیاء و ... مرتبط با یکدیگر را برای ارائه راه‌حل‌های دیجیتال در نظر می‌گیرد. چنین پیچیدگی مستلزم مجموعه وسیعی از قابلیت‌ها است که یافتن آن‌ها در یک فناوری واحد دشوار است به ویژه برای بنگاه‌های کوچک و متوسط. اکوسیستم‌های نوآوری به بنگاه‌های کوچک و متوسط اجازه می‌دهد تا منابع را یکپارچه کنند و راه‌حل‌های مناسب را برای صنعت ۴۰ ایجاد کنند. مأموریت اولیه این اکوسیستم‌ها، دنبال کردن منابع و تأمین بودجه‌های تحقیق و توسعه برای دستیابی به مزیت‌های رقابتی بازیگران و نیز تأمین نیازهای دانشی و منابع آموزشی و مشاوره برای بازیگران موجود در آن می‌باشد. مأموریت دیگر اکوسیستم، شبکه‌سازی بین بازیگران برای تبادل اطلاعات و ... می‌باشد.

از جمله موانع گسترش صنعت ۴۰ نیز شامل مواردی از جمله: کمبود منابع مالی، ریسک‌ها و عدم شفافیت بازگشت سرمایه، هزینه‌های فناوری/ نرم‌افزار و / یا سیستم‌ها، عدم اطمینان در مورد نیازهای مشتری، عدم شناسایی مشتریان بالقوه، کمبود متخصصان آموزش دیده، کمبود خدمات خارجی مناسب، مشکل در تطبیق با موازین و مقررات دولتی، ریسک امنیت اطلاعات، استحکام سازمانی، عدم مهارت IT، استاندارد نبودن پروتکل‌های ارتباطی صنعتی است.

یکی از عوامل موفقیت اکوسیستم‌های نوآوری هم اتصال آنها با دانشگاه است، همچنین ایجاد پلت‌فرم‌هایی برای توسعه ارزش مشترک بین ارائه‌دهندگان فناوری‌های صنعت ۴۰ و مشتریان نیز حائز اهمیت است [۴۸].

۳- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از رویکرد فراترکیب سندلوسکی و بارسلو استفاده شده است. طی هفت مرحله‌ی روش بارسلو با تنظیم سؤال پژوهش، با مرور نظام‌مند پژوهش‌ها و انتخاب مقالات مرتبط، استخراج اطلاعات، تجزیه و تحلیل نتایج کیفی، کنترل کیفیت و ارائه یافته‌ها، فرایند انتقال فناوری، موانع و راه‌کارهای آن برای انتقال فناوری صنعت ۴۰، مورد بررسی قرار گرفته است. براساس اهداف و مسأله اصلی پژوهش، کلمات کلیدی شامل: «کتساب فناوری در صنعت ۴۰»، «انطباق فناوری در صنعت ۴۰»، «جذب و کاربرد فناوری در صنعت ۴۰» و «توسعه و انتشار فناوری در صنعت ۴۰» در پایگاه‌های گوگل اسکالر، ساینس دایرکت، اسپرینگر، نورمگز و پورتال جامع علوم انسانی در بین سال‌های ۲۰۱۱ الی ۲۰۲۲ مورد بررسی قرار گرفته است. که در مرحله‌ی اول براساس عنوان، چکیده و متن، کلمات کلیدی در مقالات مورد بررسی قرار گرفت. فراوانی مقالات در پایگاه‌های داده فارسی و غیرفارسی در جدول ۱ به نمایش درآمده است.

داده‌ها و ارزش تحقیق است. سپس با استفاده از ارزیابی مقایسه‌ای سندلوسکی و بارسو، مقالات منتخب براساس معیارهای عنوان مقاله، سال انتشار، هدف، روش، تحلیل و یافته‌ها ارزشیابی شدند و براساس برنامه مهارت‌های ارزیابی انتقادی به آنها امتیاز داده شد که به دلیل حجم مقالات نهایی سه مورد از آن در جدول ۳ به نمایش درآمده است.

مقاله منتخب مورد بررسی قرار گرفته است و شامل: وضوح اهداف تحقیق، منطق روش‌شناسی (کیفی)، سازگاری طرح تحقیق برای دستیابی به اهداف، سازگاری روش نمونه‌گیری برای دستیابی به اهداف، سازگاری روش نمونه‌گیری برای دستیابی به اهداف، سازگاری روش جمع‌آوری داده‌ها با موضوع تحقیق، کیفیت رابطه بین محقق و شرکت‌کنندگان، کیفیت ملاحظات اخلاقی، دقت در تجزیه و تحلیل داده‌ها، بیان شفاف

جدول ۳- ارزیابی و مقایسه مقالات بازبازی شده

امتیاز	یافته‌ها	هدف، روش و تحلیل	عنوان مقاله	نویسنده و سال
۵۱	-خطرات عمده‌ی حاصل از پذیرش صنعت ۴۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط شامل فقدان تخصص و طرز فکر راهبرد کوتاه‌مدت -آموزش مهم‌ترین عامل موفقیت -نقش برجسته مدیران در موفقیت و/یا شکست یک پروژه صنعت ۴۰ -حمایت کارشناسان خارجی از شرکت‌های کوچک و متوسط -فرصت منحصر به فرد Industry 4.0 برای طراحی مجدد فرایندهای تولید SME و اتخاذ مدل‌های تجاری جدید	هدف: شناسایی ریسک‌ها، فرصت‌ها و عوامل حیاتی موفقیت صنعت ۴۰ روش: تکنیک دلفی و استفاده از ۱۲ خبره تحلیل: ساختارمند و شناسایی و غربال ساخت توافق و اجماع جدید خبرگان	شناسایی عوامل حیاتی موفقیت، ریسک‌ها و فرصت‌های صنعت ۴۰ در شرکت‌های کوچک و متوسط	Moef et.al, 2020
۴۱	-توانایی شرکت‌های بزرگ در استفاده از نوآوری‌های اکتشافی و بهره‌برداری نسبت به SMEها پیامدهای ظرفیت جذب بر راهبردهای نوآوری، که بر طراحی مجدد مدل‌های کسب و کار موجود مؤثر است از منظر چشم‌انداز مدیریتی مورد بحث قرار گرفته است. -تقویت واحد تحقیق و توسعه سازمان ضرورت برای SME	هدف: ادغام طراحی مدل کسب و کار، ظرفیت جذب و راهبرد نوآوری و ارائه مدل روش: تحلیل ۲۲۱ داده از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری تحلیل: روش تحلیل محتوا و مؤلفه‌های مدل	نقش ظرفیت جذب و راهبرد نوآوری در طراحی مدل‌های کسب و کار صنعت ۴۰ - مقایسه‌ای بین SMEها و شرکت‌های بزرگ	Müller et. al, 2021
۴۳	انعطاف‌پذیری، هزینه، کارایی، کیفیت و مزیت رقابتی از مزایای کلیدی پذیرش صنعت ۴۰ در SMEها -محدودیت‌های مالی و دانش چالش‌های کلیدی	هدف: ورود به صنعت ۴۰ و رفع موانع آن برای SMEها روش: بررسی ۲۷۱ داده	صنعت ۴۰: چالش‌ها و مزایای پذیرش برای شرکت‌های کوچک و متوسط	Masood & Sonntag, 2020

اولیه به صورت مفاهیمی که بیانگر الگوهای موجود در یافته‌ها هستند به کمک کدگذاری باز تحت عنوان زیرمؤلفه‌ها شناسایی گردیدند. سپس زیرمؤلفه‌ها برای تشخیص روابط معنایی از طریق کدگذاری محوری تحت عنوان مؤلفه‌ها و سپس ابعاد شامل: عوامل موفقیت اکسپانسیون فناوری در صنعت ۴۰، عوامل موفقیت جذب و کاربرد در فناوری صنعت ۴۰ و عوامل موفقیت توسعه و انتشار فناوری در صنعت ۴۰، دسته‌بندی شدند که در جدول ۴ قابل مشاهده است.

براساس جدول فوق فراوانی مقالات دارای امتیاز عالی (۵۰-۴۱) ۷۲/۵ درصد و با امتیاز بسیار خوب (۴۰-۳۱) ۲۷/۵ درصد بوده است که نشان از کیفیت مقالات انتخابی در این پژوهش دارد.

۴- یافته‌ها

براساس روش سندلوسکی و بارسو، یافته‌های ۳۷ مقاله نهایی براساس تحلیل طبقه‌بندی که شامل کدگذاری باز، محوری و انتخابی است، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بنابراین ابتدا عبارات مرتبط با فرایند انتقال فناوری در صنعت ۴۰ به صورت کدهای اولیه استخراج شدند سپس کدهای

جدول ۴- کدگذاری باز و محوری داده‌های استخراج شده

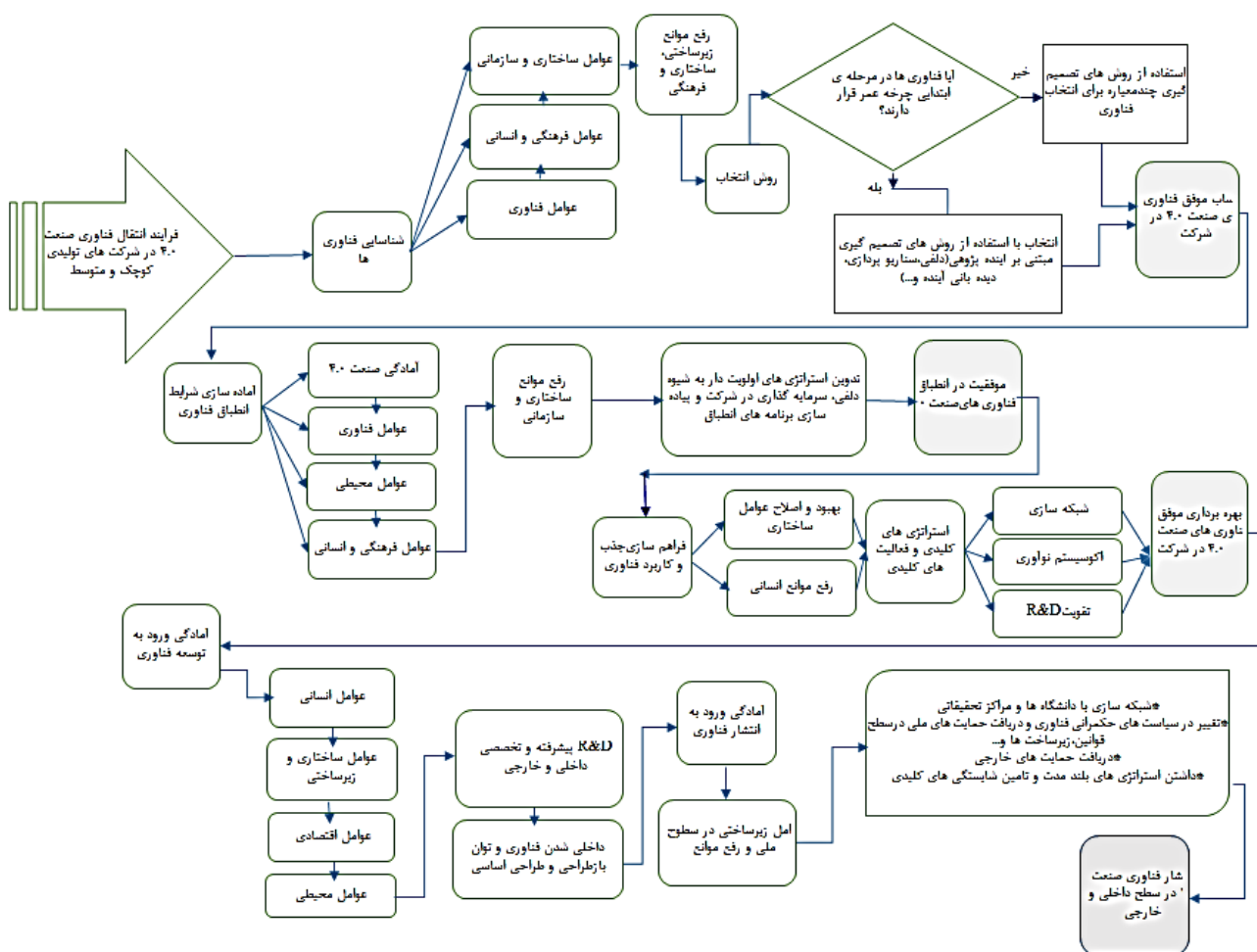
فراوانی	منابع	زیرمؤلفه‌ها	مؤلفه‌ها	ابعاد
۹ زیرمؤلفه ۷ مقاله	صفایی قادیکلایی و همکاران (۱۳۹۱) مردی (۱۳۹۴) الیاسی و همکاران (۱۳۹۶) میراشرفی و همکاران (۱۴۰۰) Kumar, S., et al. (2015). Mendoza, X.P.L. and D.S.M. Sanchez, (2018). Xu et al., (2022)	*استفاده از مدیران نوآور و رهبران کارآفرین *دسترسی به منابع انسانی در زمینه طراحی و مهندسی *استانداردها و توانایی‌های سازمانی *مناسب بودن فناوری‌های محلی *به‌روز بودن و متناسب بودن فناوری‌های سازمانی *سیستم‌های انطباق با مشتریان و دریافت انتظارات آنها *توانایی شناسایی چرخه عمر محصول *توانایی شناسایی مقیاس بازار محصول *توانایی یکپارچه‌سازی سیستم	عوامل موفقیت اکسپانسیون فناوری در صنعت	ابعاد

ابعاد	مؤلفه‌ها	زیرمؤلفه‌ها	منابع	فراوانی
عوامل فرهنگی و انسانی		<ul style="list-style-type: none"> *سطح مهارت‌ها و شایستگی و امکان به‌روزرسانی اطلاعات *امکان جذب کارکنان متخصص *ظرفیت‌های خودفراگیری و مهارت‌های کار تیمی و حل مسأله *فرهنگ سازمانی منعطف *سطح تلاش و یادگیری سازمانی *باورهای انسانی به ضرورت فناوری 	<p>صفایی قادیکلایی و همکاران (۱۳۹۱)</p> <p>رزازاده طوسی و همکاران (۱۴۰۰)</p>	<p>۶ زیرمؤلفه</p> <p>۲ مقاله</p>
	عوامل فناوری	<ul style="list-style-type: none"> *هزینه‌ها (انتقال، هزینه‌های فنی و تعمیر و نگهداری و هزینه‌های آموزش و پشتیبانی) *کیفیت استاندارد فناوری *دسترسی به فناوری *سادگی و پیچیدگی فناوری *توان توسعه و بهبود فناوری براساس نیاز داخلی *زبان کار با فناوری و اسناد و مدارک آن *قابلیت ایجاد انعطاف در تولید، سرعت دستیابی به نمونه اولیه، و دستیابی به ظرفیت خروجی بالاتر، دستیابی به محصول با کیفیت‌تر و کاهش نقص در محصولات *قابلیت و مزیت‌های رقابتی حاصله 	<p>صفایی قادیکلایی و همکاران (۱۳۹۱)</p> <p>Cugno, M., R. Castagnoli, and G. Büchi,(2021)</p> <p>Toren&Vanecker(2019)</p> <p>Sevinc et al.,(2018)</p>	<p>۹ زیرمؤلفه</p> <p>۴ مقاله</p>
زیرساختی	<ul style="list-style-type: none"> *اطلاعات ناکافی در مورد پتانسیل‌های فناوری‌های صنعت ۴۰ و دانش کم بنگاه *ساختارهای نامناسب بنگاه‌ها *نقش حمایتی دولت و مشوق‌ها برای رفع موانع (منابع مالی ناکافی بنگاه‌ها، کمبود منابع مالی خارجی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌ها) *منابع و امکانات آموزشی و حمایت از توسعه در سطح کشوری *فقدان استانداردهای واضح در فناوری‌های صنعت ۴۰ *اتصالات نامناسب و عدم مشارکت با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در توسعه صنعت ۴۰ *ابهامات حقوقی 	<p>صفایی قادیکلایی و همکاران (۱۳۹۱)</p> <p>Cugno, M., R. Castagnoli, and G. Büchi,(2021)</p> <p>Julian Oks et al.,(2022)</p>	<p>۷ زیرمؤلفه</p> <p>۳ مقاله</p>	
موانع فرهنگی و انسانی	<ul style="list-style-type: none"> *مهارت‌های کم بازار کار *مقاومت کارمندان *مقاومت سازمانی 	<p>صفایی قادیکلایی و همکاران (۱۳۹۱)</p> <p>Cugno, M., R. Castagnoli, and G. Büchi,(2021)</p> <p>Julian Oks et al.,(2022)</p>	<p>۳ زیرمؤلفه</p> <p>۳ مقاله</p>	
موانع فناوری و روش انتخاب	<ul style="list-style-type: none"> *عدم نیاز بخش عملیات بنگاه به سرمایه‌گذاری در صنعت ۴۰ *فناوری‌های قدیمی و عدم اتصال مناسب به فناوری‌های صنعت ۴۰ *انواع روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تناسب آن *عدم استفاده از مدل‌های ارزیابی ریسک فناوری 	<p>Hamzeh, R. and X. Xu,(2017)</p> <p>et. Al.,(2020) Snieška</p> <p>Cugno, M., R. Castagnoli, and G. Büchi,(2021)</p> <p>Julian Oks et al (2022).</p>	<p>۴ زیرمؤلفه</p> <p>۴ مقاله</p>	
آمادگی صنعت ۴۰	<ul style="list-style-type: none"> *فناوری، افراد، راهبرد، رهبری، فرایند و نوآوری *پیکربندی مجدد و تجدید ظرفیت‌ها *بازطراحی سطح عملیات، سازمان و مشتری *سطح اتوماسیون فرایند و میزان تنوع محصول *وجود ظرفیت‌های فنی موردنیاز *توانایی و قابلیت‌های مالی 	<p>Hizam-Hanafiah, M., M.A. Soomro, and N.L. Abdullah,(2020)</p> <p>Genest& Gamache(2020)</p>	<p>۶ زیرمؤلفه</p> <p>۲ مقاله</p>	
عوامل موفقیت انطباق فناوری در صنعت ۴۰	<ul style="list-style-type: none"> *دانش و مهارت کم برای کار با فناوری‌های دیجیتال و شکاف دانش بنگاه *عدم شایستگی مناسب در همکاری با تیم‌های مشترک *کمبود کارکنان دارای مهارت‌های دیجیتال سخت و نرم و توانا در انجام فعالیت‌های مبتنی بر حل مسأله *عدم تحول در فرایندهای سازمانی *مقاومت‌های فرهنگی و تمایل به عدم تغییر *عدم وجود مشوق‌های حمایتی درون و برون سازمانی *عدم امکان استفاده از حمایت‌های دانشگاهی و دسترسی به اطلاعات *فقدان منابع مالی *فقدان منابع فناوری اطلاعات، رهبری مدیریت، کار تیمی و حمایت خارجی 	<p>Cugno, M., R. Castagnoli, and G. Büchi,(2021)</p> <p>Castellani, et al.,(2022)</p> <p>Gu(2021)& Yang</p> <p>Arnold, C., J. Veile, and K.-I. Voigt.,(2018)-</p> <p>Jayashree, S., et al (2022)-,</p> <p>Srivastava, D.K., et al.,(2022)</p> <p>Yang& Gu(2021)</p>	<p>۱۴ زیرمؤلفه</p> <p>۷ مقاله</p>	

ابعاد	مؤلفه‌ها	زیرمؤلفه‌ها	منابع	فراوانی
		<ul style="list-style-type: none"> *اندازه بنگاه *عدم کفایت پشتیبانی مدیریت ارشد *ناکافی بودن ظرفیت جذب فناوری *عدم توانایی اهرم‌سازی نظیر ایجاد کارخانه‌های یادگیری *عدم توانایی پیگیربندی مجدد ساختاری 		
	عوامل فناوری	<ul style="list-style-type: none"> *مزیت نسبی، پیچیدگی، قابلیت انعطاف *چالش پیش‌بینی شده *سازگاری 	Arnold, C., J. Veile, and K.-I. Voigt.,(2018) Sevinc et al., (2018) Masood, T. and P. Sonntag,(2020)	۳ زیرمؤلفه ۳ مقاله
	عوامل محیطی	<ul style="list-style-type: none"> *رقابت *عدم قطعیت محیطی *منبع خارجی درک‌شده 	Arnold, C., J. Veile, and K.-I. Voigt.,(2018)- Moeuf, A., et al.(2020)	۳ زیرمؤلفه ۲ مقاله
	عوامل فرهنگی و انسانی	<ul style="list-style-type: none"> *وجود فرهنگ کیفیت در سازمان *میزان مقاومت کارگران *انعطاف‌پذیری نیروی کار و سازگاری و جو به اشتراک‌گذاری دانش *همراهی و پذیرش مشتریان *مهارت‌های نیروی انسانی 	Raj, A., et al.,(2020)- Moeuf, A., et al.(2020)- (2020),Yu, F. and T. Schweisfurth Castellani., et al.,(2022) Costa& Portioli-Staudacher,(2021) (2022),Jayashree, S., et al	۵ زیرمؤلفه ۶ مقاله
عوامل موفقیت جذب و کاربرد فناوری در صنعت ۴.۰	عوامل ساختاری	<ul style="list-style-type: none"> *حمایت راهبردی مدیریت بنگاه از فناوری‌های صنعت ۴.۰ *توسعه زیرساخت‌ها و اتصال به کارخانه هوشمند *ایجاد سیستم مدیریت دانش *سیاست‌گذاری منابع انسانی (آموزش، استخدام، سیستم پاداش و طراحی شغل، متناسب با فناوری‌های صنعت ۴.۰، وجود سیستم آموزشی مبتنی بر خلاقیت، ابتکار و دانش در سطح سازمان) *یکپارچه‌سازی بخش‌های فناوری اطلاعات و فناوری برای گسترش دسترسی مصرف‌کنندگان به محتوا *تغییر در سیستم‌های بازاریابی و فروش *تقویت واحد تحقیق و توسعه سازمان *اکوسیستم نوآوری و تقویت شبکه‌ها 	Cugno, M., R. Castagnoli,(2021)- Sima, V., et al.,(2020)- Silva, V.L., J.L. Kovaleski, and R.N. Pagani,(2019) Müller et al.,(2021)	۸ زیرمؤلفه ۴ مقاله
	عوامل و موانع انسانی	<ul style="list-style-type: none"> *استفاده از کارگرانی دارای تخصص و مهارت برای کار با فناوری‌های صنعت ۴.۰ *عدم انگیزه شرکا و مشتریان در استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ 	Sima, V., et al.,(2020) Kumar, R., R.K. Singh, and Y.K. Dwivedi,(2020)-	۲ زیرمؤلفه ۲ مقاله
عوامل موفقیت در توسعه و انتشار فناوری در صنعت ۴.۰	عوامل ساختاری و زیرساختی	<ul style="list-style-type: none"> *ایجاد توانمندی و تقویت قابلیت‌های تحقیق و توسعه سازمان *موفقیت در ایجاد اکوسیستم‌های نوآوری دارای اتصال با دانشگاه *ایجاد پلت‌فرم‌هایی برای توسعه ارزش مشترک بین ارائه‌دهندگان فناوری‌های صنعت ۴.۰ و مشتریان *توانایی استفاده از اکوسیستم‌های نوآوری برای کاهش هزینه‌های دستیابی به منابع R&D و دستیابی به قابلیت‌های فناوری *توسعه زیرساخت‌ها برای اتصال به فناوری‌های صنعت ۴.۰، توسعه هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، بهینه‌سازی سیستم‌ها و فرایندها، نوآوری‌های صنعتی و توانایی و قابلیت‌های تحقیق و توسعه *توسعه مقررات قبلی برای نوآوری‌های صنعتی با فناوری‌های جدید و ایجاد مقررات کافی در توسعه برخی از فناوری‌های صنعت ۴.۰ 	Silva, V.L., J.L. Kovaleski, and R.N. Pagani,(2019) Lee, C. and C. Lim,(2021)	۶ زیرمؤلفه ۲ مقاله
	عوامل انسانی	<ul style="list-style-type: none"> *توسعه نیروی انسانی با قابلیت‌های: کنجکاوی خلاقیت و نوآوری خود هدایتی و نگرش ارتباطات در سطح جهانی دانش عمیق منابع دیجیتال، فناوری‌ها و فرایندهای مختلف (داده‌های بزرگ، محاسبات ابری و غیره). 	Silva, V.L., J.L. Kovaleski, and R.N. Pagani,(2019)- Lee, C. and C. Lim,(2021)	۲ زیرمؤلفه ۲ مقاله

ابعاد	مؤلفه‌ها	زیرمؤلفه‌ها	منابع	فراوانی
		دانش عمیق فناوری اطلاعات (IT) دانش اتوماسیون صنعتی مهارت‌های تحلیلی و گرافیکی *تأمین نیروی انسانی با مهارت از جمله: مدیر راهبردی، مدیر پروژه، مدیر توسعه‌دهنده فناوری، توسعه‌دهنده اجزاء الکترونیک، توسعه‌دهنده نرم‌افزار، برنامه‌ریز سیستم، انتقال‌دهنده سیستم، مدیر نگهداری، ناظر فرایند و مدیر ماشین‌ها		
عوامل محیطی		توانایی شناسایی ریسک و خطرات در برنامه‌ریزی‌های توسعه، از جمله ریسک ناشی از: هزینه‌ی بالای پیاده‌سازی و اجراء، زمان طولانی پیاده‌سازی فناوری و شکست در پیاده‌سازی فناوری، افزایش هزینه‌های عملیاتی و تحقیق و توسعه	Kostrzewski, M., L. Filina-Dawidowicz, and S. Walusiak, (2021)	۱ زیرمؤلفه ۱ مقاله
موانع توسعه و انتشار		*موانع توسعه: عدم وجود اکوسیستم‌های نوآوری عدم وجود نهادهای حمایتی عدم نگاه کلی به توسعه فناوری کمبود منابع درخصوص انتقال فناوری‌های صنعت ۴۰ فقدان دانش فناورانه کافی در بنگاه‌ها فقدان راهبرد بلندمدت برای تضمین شایستگی برای نیازهای آینده سیستم‌های ناسازگار و راه‌های مختلف کار کردن و سطوح مختلف اتوماسیون و زیرساخت‌ها مشکل به‌دست آوردن یک دید کلی افقی در مورد دانش و شایستگی و مقاومت در میان اپراتورها برای اعمال صنعت فناوری ۴۰ *موانع انتشار: کمبود منابع مالی ریسک‌ها و عدم شفافیت بازگشت سرمایه هزینه‌های فناوری/ نرم‌افزار و/ یا سیستم‌ها عدم اطمینان در مورد نیازهای مشتری عدم شناسایی مشتریان بالقوه کمبود متخصصان آموزش دیده کمبود خدمات خارجی مناسب مشکل در تطبیق با موازین و مقررات دولتی ریسک امنیت اطلاعات استحکام سازمانی عدم مهارت IT استاندارد نبودن پروتکل‌های ارتباطی صنعتی	عبدل آبادی و موحدی (1401) Badasjane, V., et al., (2020)- Benitez, G.B., N.F. Ayala, and A.G. Frank, (2020)	۲۰ زیرمؤلفه ۳ مقاله

براساس جدول ۴ و ارزیابی و مقایسه مقالات بازیابی‌شده، ۴ بعد و ۱۷ فوق براساس هریک از ابعاد جدول فوق، مدل پژوهش در قالب شکل ۳ به مؤلفه و ۱۰۸ زیرمؤلفه به‌دست آمده است. با بررسی مؤلفه و زیرمؤلفه‌های نمایش درآمده است.



شکل ۳- مدل فرایندی ابعاد بهبود فرایند انتقال فناوری‌های در فناوری‌های صنعت ۴.۰

۵- بحث و نتیجه‌گیری

همچنین برای فناوری‌های صنعت ۴.۰ براساس چرخه عمر محصول، روش ارزیابی در این مرحله بسیار حائز اهمیت است و در مورد فناوری‌هایی که در مرحله‌ی رشد فزاینده قرار دارند و دارای ریسک و عدم قطعیت بالا هستند باید این موضوع لحاظ شود [۲۴، ۲۹] و از روش‌های مبتنی بر آینده‌پژوهی برای انتخاب فناوری‌های صنعت ۴.۰ استفاده شود. همچنین رفع موانع زیرساختی، فناورانه، انسانی و فرهنگی و ساختاری نیز در اکتساب فناوری بسیار مهم است [۲۰، ۴۰]. پس از اکتساب فناوری مهم‌ترین مسأله انطباق آن با بنگاه است و در مرحله انطباق آمادگی بنگاه برای صنعت ۴.۰ نقش مهمی را در موفقیت فرایند انتقال فناوری بازی می‌کند، لذا بنگاه باید بتواند قبل از استقرار فناوری این آمادگی را در خود ایجاد کند [۲۳، ۲۵]. در مرحله انطباق توجه به عوامل موفقیت از جمله: عوامل انسانی و فرهنگی و کاهش مقاومت سازمانی، عوامل فناوری و ایجاد زیرساخت‌ها، عوامل ساختاری و بازنگری در ساختار سازمانی، حمایت مدیران ارشد و همچنین رفع موانع انطباق از جمله: کمبود کارکنان دارای مهارت‌های دیجیتال، فقدان دانش سازمانی، فقدان منابع مالی و ... بسیار مهم است و از آنجائیکه این مرحله می‌تواند منجر به موفقیت یا شکست فرایند انتقال فناوری در صنعت ۴.۰ بشود

با ظهور فناوری‌های صنعت ۴.۰ و تأثیر روزافزون آن بر بهره‌وری، رشد اقتصادی، انعطاف‌پذیری فرایند تولید و ...، بسیاری از بنگاه‌های تولیدی، صنایع کوچک و متوسط در کشورها به سمت استفاده از این فناوری‌ها حرکت کرده‌اند. انتقال فناوری یکی از راه‌های به‌دست آوردن فناوری است. درخصوص فناوری‌های صنعت ۴.۰ که در مرحله‌ی رشد فزاینده از چرخه عمر خود قرار دارند و اکتساب درون بنگاهی این فناوری‌ها بسیار هزینه‌بر است، همچنین با توجه به محدودیت‌های منبع و مالی در صنایع کوچک و متوسط هزینه‌ی و موفقیت در انتقال فناوری بسیار مهم است، بنابراین انتقال فناوری و توجه به موانع و راه‌کارها برای انتقال موفقیت‌آمیز فناوری‌های صنعت ۴.۰ اهمیتی دوچندان پیدا می‌کند. در مرحله نخست فرایند انتقال، همانطور که در پژوهش فوق به‌دست آمد، تعیین فاکتورها و عوامل انسانی، فناورانه، ساختاری، فرهنگی و زیرساختی و ارزیابی دقیق آنها برای انتخاب فناوری بسیار ضروری است [۴، ۶].

۷- مراجع

- ۱- الیاسی، مهدی؛ میرزایی، حسین؛ صفر دوست، عطیسه؛ "آسیب‌شناسی فرایند انتقال فناوری (مورد مطالعه: انتقال فناوری نوعی سلاح شکاری از کشور ترکیه)", دوفصلنامه توسعه تکنولوژی، شماره: ۲۹، صفحه: ۸۹ تا ۱۰۰، ۱۳۹۶.
- ۲- باقرزاده، مجید؛ مفتاحی، جلال؛ "بررسی عوامل مؤثر بر موفقیت انتقال تکنولوژی صنایع کمپرسور اسکرو در بنگاه‌های ایرانی"، فراسوی مدیریت، شماره دوره: ۱۶، شماره مجله: ۴، صفحه: ۱۲۵ تا ۱۵۴، ۱۳۹۰.
- ۳- رزاززاده طوسی؛ نیکی، بذرافشان مقدم، مجتبی؛ یعقوبی، نورمحمد؛ کیخا، عالمه؛ حدادی، ابراهیم؛ "شناسایی مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های الگوی پیشران‌های توسعه بنگاه‌های دانش‌بنیان (مورد مطالعه بنگاه‌های دانش‌بنیان جنوب کشور)", مدیریت بهره‌وری، شماره: ۵۹، صفحه ۲۳ تا ۴۹، ۱۴۰۰.
- ۴- رونقی، محمدحسین؛ "پذیرش فناوری زنجیره بلوک در صنعت بانکداری ایران"، بهبود بهره‌وری، شماره: ۱۶؛ جلد: ۱، صفحه ۳۰ تا ۵۳، ۱۴۰۱.
- ۵- نوروزی، علیرضا؛ وصفی، محمدرضا؛ جعفری باقی‌آبادی، سمیه؛ مرادی، شیما "تحلیل روند موضوعی مطالعات شهر هوشمند در یک دهه اخیر (از ظهور انقلاب صنعتی چهارم تا ۲۰۲۱)", فصلنامه رشد فناوری، سال نوزدهم، شماره ویژه، صفحه: ۱۰ تا ۱۸، ۱۴۰۱.
- ۶- صفایی قادیلایی، عبدالحمید؛ مدهوشی، مهرداد؛ علی‌اکبری نوری، فهیمه؛ "تحلیل عوامل مؤثر بر اثربخشی انتقال فناوری بر اساس قواعد اگر- آنگاه فازی"، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره: ۶، صفحه ۶۷ تا ۸۷، ۱۳۹۱.
- ۷- کریمی زارچی، محمد؛ فتحی، محمدرضا؛ رئیسی نافچی، سمانه؛ "ارائه مدل توانمندسازی‌های نوآوری فناورانه در صنایع کوچک و متوسط با به‌کارگیری روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری"، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره: ۳۶، صفحه: ۷۳ تا ۸۲، ۱۳۹۸.
- ۸- عبدالآبادی، صادق؛ موحدی، محمدمهدی؛ "اولویت‌بندی حوزه‌های کاربردی اینترنت‌اشیاء در صنایع ایران"، فصلنامه رشد فناوری؛ سال نوزدهم، شماره ویژه؛ صفحه ۲۸ تا ۳۴، ۱۴۰۱.
- ۹- مرندی، وحید؛ "سازوکارهای انتقال فناوری: ویژگی‌ها، اثرات و الگوها"، دوفصلنامه توسعه تکنولوژی، شماره: ۲۵، صفحه ۵۹ تا ۷۴، ۱۳۹۵.
- ۱۰- میراشرافی، مهدی؛ نعمتی‌زاده، سینا؛ حیدری، سعیدعباس؛ "ارزیابی وضعیت کنونی گمرک ایران از نظر مؤلفه‌های انقلاب صنعتی چهارم"، آمایش سیاسی فضا، شماره دوره ۴، شماره مجله ۳، صفحه ۲۳۲ تا ۲۴۳، ۱۴۰۰.
- 11- Arnold, C., Veile, J., & Voigt, K.-I.. What drives industry 4.0 adoption? An examination of technological, organizational, and environmental determinants. Paper presented at the Proceedings of 27th Annual Conference of the International Association for Management of Technology, Birmingham, United Kingdom, April, 2018.
- 12- Badasjane, V., Alhskog, M., Granlund, A., & Bruch, J. Challenges with Coordination of Technology Development and Transfer of Industry 4.0 Technologies in IMNs. In SPS2020 (pp. 637-648): IOS Press, 2020.
- 13- Badasjane, V., Granlund, A., Ahlskog, M., & Bruch, J. Coordination of Digital Transformation in International Manufacturing Networks—Challenges and Coping Mechanisms from an Organizational Perspective. Sustainability, vol: 14, no:4, P: 2204, 2022.
- 14- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. Jurnal teknologi, no:78, Pp:6-13, 2016.
- 15- Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. International Journal of Production Economics, 228, 107735., 2020.
- 16- Bettiol, M., Di Maria, E., & Micelli, S. Knowledge management and industry 4.0: new paradigms for value creation (Vol. 9): Springer, 2020.

و هزینه‌های این مرحله بالا است [۱۱، ۱۷، ۲۷، ۴۵، ۵۰]. لذا شناسایی عناصر اصلی و تعیین اولویت‌های تأثیرگذار بر مرحله‌ی انطباق در بنگاه بسیار مهم بوده و بهتر است به شیوه‌ی پتل خبرگان و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، این اولویت‌ها تعیین و مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد.

پس از طی کردن موفقیت‌آمیز مرحله‌ی انطباق، رسیدن به سطح جذب و کاربردی‌شدن فناوری‌های صنعت ۴.۰ نیز اهمیت دارد و تعیین فعالیت‌های مهم در این مرحله و انجام شبکه‌سازی، اتصال با اکوسیستم‌های نوآوری و تقویت واحد R&D بنگاه بسیار حیاتی است و از آنجائیکه ایجاد برخی از شایستگی‌ها در سازمان از جمله توسعه منابع دانشی، دستیابی به نیروی متخصص در منابع انسانی، همراه‌سازی شرکاء و مشتریان، دستیابی به بازار و ... مهم است و تأمین این منابع خصوصاً در بنگاه‌های کوچک و متوسط در فناوری‌های صنعت ۴.۰ می‌تواند پیچیده و سخت باشد، لذا در این مرحله اتصال به اکوسیستم‌های نوآوری می‌تواند مسیر را هموارتر نماید [۲۰، ۳۹، ۴۳، ۴۴].

برای اینکه بنگاه بتواند در مرحله توسعه و انتشار فناوری‌های صنعت ۴.۰ ورود کند؛ به دلیل نیاز گسترده‌تر بنگاه به دریافت حمایت‌های خارجی؛ سیاست‌های حکمرانی در سطح ملی نقشی مهم دارد، همچنین تقویت شایستگی‌های کلیدی بنگاه و داشتن راهبردهای بلندمدت برای توسعه و انتشار فناوری‌های صنعت ۴.۰ مهم بوده و در این مرحله بنگاه بیشتر از مراحل قبل به شبکه‌سازی و اتصال به منابع بیرونی از جمله مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها نیازمند است، زیرا فناوری‌های صنعت ۴.۰ که در مرحله رشد فزاینده از چرخه عمر قرار دارند برای توسعه و انتشار نیازمند منابع دانشی، مالی و حمایتی گسترده‌تری هستند که در سطح بنگاه‌های کوچک و متوسط با اتکاء بر منابع درون بنگاهی، قابل حصول نیست [۱۳، ۱۵، ۳۴، ۴۳].

بنابر نتایج فوق تعیین مؤلفه‌ها و عناصر انتقال فناوری صنعت ۴.۰ در هر یک از مراحل فرایند انتقال بسیار حیاتی بوده و ارزیابی دقیق، رفع موانع، به‌کارگیری روش مناسب و راهبرد مناسب در هر مرحله، موفقیت بهره‌برداری از فناوری‌های صنعت ۴.۰ را در بنگاه‌های تولیدی تضمین کرده و بهره‌وری و رشد اقتصادی را توسعه خواهد داد.

۴- تقدیر و تشکر

تهیه‌کننده این مقاله وظیفه خود می‌داند که بدین‌وسیله از همکاری و زحمات سرکار خانم دکتر پرستو علیخانی، مسئول آزمایشگاه فناوری‌های نوین دانشگاه شهید بهشتی و جناب آقای دکتر فرزاد ابراهیمی مؤسس هلدینگ بیتا و آکادمی اینترنت‌اشیاء، جناب آقای دکتر هادی بکائی استاد دانشگاه و مدیر شرکت دانش‌بنیان کاوش یاران فن پویا، به خاطر هم‌فکری‌هایی که داشته‌اند، تشکر کند. همچنین، پیشاپیش از اساتید و مؤلفان محترم که نشریه را در ارتقای کیفی آن یاری می‌کنند، سپاسگزارم.

- robots help? *Journal of Manufacturing Systems*, no: 60, Pp: 864-875, 2021.
- 36- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121, 103261.
- 37- Mendoza, X. P. L., & Sanchez, D. S. MA systematic literature review on technology transfer from university to industry. *International Journal of Business and Systems Research*, vol:12, no:2, Pp:197-22, 2018.
- 38- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, vol: 58, no:5, Pp: 1384-1400, 2020.
- 39- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.-I. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. *European Management Journal*, vol: 39, no:3, Pp:333-343. 2021.
- 40- Oks, S. J., Jalowski, M., Lechner, M., Mirschberger, S., Merklein, M., Vogel-Heuser, B., & Möslin, K. M. Cyber-Physical Systems in the Context of Industry 4.0: A Review, Categorization and Outlook. *Information Systems Frontiers*. doi:10.1007/s10796-022-10252-x, 2022.
- 41- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546. 2020.
- 42- Sevinc, A., Gür, Ş., & Eren, T. Analysis of the difficulties of SMEs in industry 4.0 applications by analytical hierarchy process and analytical network process. *Processes*, vol: 6, no:12, P: 264. 2018.
- 43- Silva, V. L., Kovalski, J. L., & Pagani, R. N. Technology transfer and human capital in the industrial 4.0 scenario: A theoretical study. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, vol: 11, no: 1, Pp: 102-122. 2019.
- 44- Sima, V., Gheorghe, I. G., Subić, J., & Nancu, D. Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. *Sustainability*, vol: 12, no: 10, 4035. 2020.
- 45- Srivastava, D. K., Kumar, V., Ekren, B. Y., Upadhyay, A., Tyagi, M., & Kumari, A. (2022). Adopting Industry 4.0 by leveraging organisational factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121439.
- 46- Snieška V, Navickas V, Havrierniková K, Okręglicka M, Gajda W. Technical, information and innovation risks of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises—case of Slovakia and Poland. *Journal of business economics and management*; vol:21, no:5, Pp:1269-84. 2020.
- 47- Sun, X., Yu, H., Solvang, W. D., Wang, Y., & Wang, K. The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: A systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-32, 2021.
- 48- Tambare, P., Meshram, C., Lee, C.-C., Ramteke, R. J., & Imoize, A. L. Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: A Review. *Sensors*, vol: 22, no: 1, 224., 2021.
- 49- Torn, I., & Vaneker, T. H. Mass Personalization with Industry 4.0 by SMEs: A concept for collaborative networks. *Procedia manufacturing*, no: 28, Pp: 135-141. 2019.
- 50- Yang, F., & Gu, S. Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, vol: 7, no: 3, Pp: 1311-1325. 2021.
- 51- Yu, F., & Schweisfurth, T. Industry 4.0 technology implementation in SMEs—A survey in the Danish-German border region. *International Journal of Innovation Studies*, vol: 4, no: 3, Pp: 76-84. 2020.
- 17- Castellani, D., Lamperti, F., & Lavoratori, K. Measuring adoption of industry 4.0 technologies via international trade data: insights from European countries. *Journal of Industrial and Business Economics*, Pp: 1-43, 2022.
- 18- Chulanova, Z. Professional standards as a factor of adaptation of human resources to the industry 4.0: approaches to development and implementation. *Journal of Human Resource Management*, vol: 22, no:1, Pp:12-20, 2019.
- 19- Costa, F., & Portioli-Staudacher, A. Labor flexibility integration in workload control in Industry 4.0 era. *Operations Management Research*, vol: 14, no:3, Pp: 420-433, 2021.
- 20- Cugno, M., Castagnoli, R., & Büchi, G. Openness to Industry 4.0 and performance: The impact of barriers and incentives. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120756. 2021.
- 21- Durana, P., Kral, P., Stehel, V., Lazaroiu, G., & Sroka, W. (2019). Quality Culture of Manufacturing Enterprises: A possible way.
- 22- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, no: 210, Pp: 15-26., 2019.
- 23- Genest, M. C., & Gamache, S. Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. *Procedia manufacturing*, no: 51, Pp: 1215-1220, 2020.
- 24- Hamzeh, R., & Xu, X. Technology selection methods and applications in manufacturing: A review from 1990 to 2017. *Computers & Industrial Engineering*, 138, 106123. 2019.
- 25- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., & Abdullah, N. L. Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions. *Information*, vol: 11, no:7, P: 364. 2020.
- 26- Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Rana, N. P., Williams, M. D., & Raghavan, V. Perspectives on the future of manufacturing within the Industry 4.0 era. *Production Planning & Control*, vol: 33(2-3), Pp: 138-158. 2022.
- 27- Jayashree, S., Reza, M. N. H., Malarvizhi, C. A. N., Gunasekaran, A., & Rauf, M. A. Testing an adoption model for Industry 4.0 and sustainability: A Malaysian scenario. *Sustainable Production and Consumption*, no: 31, Pp: 313-330. 2022.
- 28- Jazdi, N. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. Paper presented at the 2014 IEEE international conference on automation, quality and testing, robotics, 2014.
- 29- Karimipour, Mehdi; Bayat Turk, Amir; Haghghat Monfared, Jalal; Conceptual model of advanced technology acquisition with risk analysis and management approach. *Scientific-Research Quarterly of Smart Business Management Studies*, 2018. Seventh Year, Number 27: Page: 139-174. 2018.
- 30- Kolesnichenko, E. A., Radyukova, Y. Y., & Pakhomov, N. N. The role and importance of knowledge economy as a platform for formation of industry 4.0. In *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 73-82): Springer. 2019.
- 31- Kostrzewski, M., Filina- Dawidowicz, L., & Walusiak, S. Modern technologies development in logistics centers: the case study of Poland. *Transportation Research Procedia*, no: 55, Pp: 268-275, 2021.
- 32- Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of cleaner production*, 275, 124063. 2020.
- 33- Kumar, S., Luthra, S., Haleem, A., Mangla, S. K., & Garg, D. Identification and evaluation of critical factors to technology transfer using AHP approach. *International Strategic Management Review*, 3(1-2), Pp: 24-42. 2015.
- 34- Lee, C., & Lim, C. From technological development to social advance: A review of Industry 4.0 through machine learning. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120653. 2021.
- 35- Malik, A. A., Masood, T., & Kousar, R. Reconfiguring and ramping-up ventilator production in the face of COVID-19: Can