

## بررسی سطوح پیچیدگی فناورانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان

■ غلامعلی شهمرادی<sup>۱</sup>

دانشجوی دکتری رشته مدیریت تکنولوژی، گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

■ تقی ترابی<sup>+</sup>\*

دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

■ رضا رادفر<sup>۲</sup>

استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

■ محمدحسن چراغعلی<sup>۳</sup>

استادیار، گروه برنامه‌ریزی علوم اداری و مدیریت، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۳/۲۵ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۹

صفحات: ۶۶-۵۳

doi:10.22034/jtd.2024.711435

### چکیده

امروزه فعالیت‌های تحقیق و توسعه، از منابع مهم ایجاد تحول در حوزه‌های فناوری و تولید دانش محسوب می‌شوند و بخش‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان نقش مهمی در نوآوری و بهبود محصولات و خدمات دارند. هرچه سطح فعالیت‌های تحقیقاتی شرکت‌های دانش‌بنیان پیشرفته‌تر و بنیادی‌تر باشد و میزان پیچیدگی فناورانه این فعالیت‌ها بالاتر باشد، امکان عرضه محصولات نوآورانه‌تر و قابل رقابت‌تر به بازارهای داخلی و جهانی فراهم می‌گردد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی سطوح پیچیدگی فناورانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان انجام شد. این پژوهش از نظر هدف، پژوهشی کاربردی- توسعه‌ای بوده و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی است. جامعه آماری پژوهش کلیه شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان به تعداد ۸۵ شرکت بودند. حجم نمونه‌ها با استفاده از جدول مورگان و با لحاظ احتیاط بیشتر، ۸۰ شرکت در نظر گرفته شد و از روش نمونه‌گیری در دسترس استفاده شد. ابزار مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش، پرسشنامه محقق‌ساخته است که روایی و پایایی آن تأیید شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که ۶۵ درصد از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان، از نوع توسعه تجربی، ۳۱/۲ درصد از نوع تحقیق کاربردی و تنها ۳/۸ درصد از نوع تحقیق بنیادی است.

واژگان کلیدی: پیچیدگی فناورانه، تحقیق و توسعه، شرکت‌های دانش‌بنیان.

۱ شماره نامبر: ۴۴۸۶۵۱۶۶-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: Gh.shahmoradi2@gmail.com

\* عهده دار مکاتبات

+ شماره نامبر: ۴۴۸۶۵۱۶۶-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: T-torabi@srbiau.ac.ir

۲ شماره نامبر: ۴۴۸۶۵۱۶۶-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: R.radfar@srbiau.ac.ir

۳ شماره نامبر: ۸۸۸۳۰۸۳۱-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: M\_cheraghali@azad.ac.ir

## ۱- مقدمه

یکی از علت‌های این وضعیت، پایین بودن سطح فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی است. برای بررسی این موضوع نیاز است سطح پیچیدگی تحقیق و توسعه مورد بررسی و سنجش قرار گیرد تا میزان نوآورانه و پیشرفته بودن فناوری‌های حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه و همچنین میزان پیشرفته بودن پروژه‌های تحقیق و توسعه از نظر فنی و علمی و فاصله فعالیت‌های تحقیق و توسعه از مرزهای جهانی مشخص شود تا امکان مقایسه و تطبیق فعالیت‌های در حال انجام با استانداردهای جهانی و همچنین امکان توسعه و بهبود این فعالیت‌ها در قالب تحقیق و توسعه استاندارد فراهم گردد. در این راستا آن چه که می‌تواند باعث اثربخش‌تر شدن فعالیت‌های شرکت‌های دانش‌بنیان در سطح کشور، منطقه و حتی جهانی گردد، افزایش پیچیدگی تحقیق و توسعه از بعد پیچیدگی فناوریانه در این شرکت‌ها است. با مرور ادبیاتی که صورت گرفت، مشخص شد که در این خصوص، خلأ مطالعاتی وجود دارد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی و سنجش سطح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان انجام شد. در این راستا سوال اصلی این پژوهش عبارتست از: سطوح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان چیست؟

بر این اساس در پژوهش حاضر به منظور بررسی سطوح پیچیدگی فناوریانه شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان، از مقالات و مطالعات مرتبط با موضوع استفاده شد و با استخراج شاخص‌های مورد نیاز، چارچوبی برای سنجش میزان پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه ارائه و با استفاده از آن چارچوب شرکت‌های مستقر در پارک علم و فناوری گلستان مورد بررسی قرار گرفت. بدیع بودن موضوع پژوهش در ایران، بومی‌سازی آن در شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی، شناسایی شاخص‌های قابل کمی‌سازی و اندازه‌گیری و ارائه چارچوبی برای تعیین سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه از جنبه‌های نوآوری پژوهش حاضر محسوب می‌شود.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

شرکت‌های دانش‌بنیان به شرکت‌هایی اطلاق می‌شود که دانش و فناوری، جزئی جدایی‌ناپذیر از دارایی آن‌ها محسوب می‌شود (جاروت و آستری، ۲۰۱۷). تعریفی که سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از شرکت‌های دانش‌بنیان ارائه داده است

امروزه رشد چشمگیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه در راستای اقتصاد دانش‌بنیان، با توسعه محصولات و خدمات فزونی یافته است. در دنیای پر از رقابت امروز، شرط دوام شرکت‌ها ارائه مستمر محصولات و خدمات نوآورانه مطابق با خواست و سلیقه مشتریان در سطح جهانی است؛ از این رو، فعالیت‌های تحقیق و توسعه نقش مهمی را در این زمینه ایفا می‌کنند. تحقیق و توسعه از مقولات کلیدی اقتصاد دانش‌بنیان محسوب می‌شود که بخشی از عوامل تحول فناوری را توضیح می‌دهد (آزولای و همکاران، ۲۰۱۹). فعالیت‌های تحقیق و توسعه، از منابع مهم ایجاد تحول در حوزه‌های فناوری و تولید دانش محسوب می‌شود (احمدیان دیوکتی، ۱۳۹۷). تمرکز بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه سبب می‌شود سطح کمی و کیفی محصولات ارتقاء و قابلیت رقابتی آن‌ها افزایش یابد. بهره‌گیری از تحقیق و توسعه در تولید محصولات و بهبود مستمر آن‌ها، تأثیرات مثبتی بر عملکرد شرکت‌ها از قبیل افزایش فروش و بازده حقوق سهامداران دارد (جاروت و آستری، ۲۰۱۷). هر چه سطح فعالیت‌های تحقیقاتی در شرکت‌های دانش‌بنیان بالاتر باشد، محصولات نوآورانه‌تر و قابل رقابت‌تر را به بازارهای داخلی و جهانی عرضه خواهند کرد. تاکنون در مورد سطح فعالیت‌های تحقیق و توسعه، دسته‌بندی‌های مختلفی ارائه شده است. یکی از این دسته‌بندی‌ها، دسته‌بندی فراسکاتی است که بر اساس آن می‌توان فعالیت‌های تحقیق و توسعه را به سه نوع متمایز پژوهش بنیادی، پژوهش کاربردی و توسعه تجربی طبقه‌بندی کرد (OECD, 2015). مطالعه و بررسی وضعیت اقتصادی کشورهای مختلف دنیا به راحتی می‌توان فهمید که در کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه‌ای که به سرعت در حال تبدیل شدن به گول‌های صنعتی هستند، سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان بسیار بالا بوده؛ به این معنا که تمرکز فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این کشورها روی تحقیقات بنیادی و کاربردی بسیار پیشرفته بوده و این موضوع سبب اختراع فناوری‌های پیشرفته و افزایش ظرفیت خلاقیت، نوآوری و ابتکارات در این شرکت‌ها شده است. در ایران علیرغم این که طی چندسال اخیر، به توسعه اقتصاد دانش‌بنیان از طریق شرکت‌های دانش‌بنیان توجه جدی شده است (امیری و رضایی، ۱۴۰۱) و شرکت‌های زیادی تحت عنوان دانش‌بنیان‌ها در حوزه‌های مختلف مشغول فعالیت هستند، ولی ایران در شاخص اقتصاد دانش‌بنیان در بین کشورهای جهان جایگاه مناسبی ندارد. به نظر می‌رسد،

متنوع خود را برای چندین بازار خارجی بهبود بخشند (محمدکاظمی و همکاران، ۲۰۱۹).

پیچیدگی فناوری در واقع به‌عنوان ویژگی بنیادین فناوری است که بازتاب‌کننده ضمنی بودن و دستیابی نه چندان آسان به دانش فناورانه است. توسعه سریع فناوری و عمر کوتاه فناوری‌ها، عامل مؤثر در پیچیدگی فناوری است. سطوح پیچیده فناوری در واقع مدل مفهومی پایه‌ای است که به کمک آن می‌توان به ذهنیت نسبتاً شفافی از چگونگی تعمیق و توسعه فناوری و یا به بیان روشن‌تر به مفهوم پیچیدگی در فناوری دست یافت. پیچیدگی فناوری‌ها به‌عنوان بعد حیاتی توسعه فناوری و موفقیت اقتصادی محسوب می‌شود. توسعه اقتصادی کشور با توانایی آن در مشارکت موفقیت‌آمیز در فعالیت‌ها و فناوری‌های پیچیده اقتصادی شکل می‌گیرد (بروکل، ۲۰۱۸). سطح‌بندی‌های مختلفی در مورد میزان پیچیدگی فناوری‌ها ارائه شده است. در یک تقسیم‌بندی، فناوری‌ها از نظر پیچیدگی و سطح پیشرفته بودن به سه دسته فناوری‌های سطح پایین، متوسط و پیشرفته طبقه‌بندی می‌شوند (خمسه و همکاران، ۱۳۹۹). فناوری پیشرفته<sup>۶</sup> به جدیدترین و پیشرفته‌ترین فناوری اطلاق می‌شود که در بازه زمانی فعلی نسبت به سایر فناوری‌ها برتری دارد. به عبارت دیگر، به آخرین و جدیدترین مرحله توسعه فناوری اشاره دارد (نفیسی و محمدکاظمی، ۲۰۲۳). فناوری‌های پیشرفته عامل کلیدی رقابت‌پذیری، ایجاد اشتغال، ارتقاء استاندارد زندگی مردم، شکوفایی قدرت نظامی و عاملی در جهت کمک به برطرف کردن شکاف توسعه میان کشورها و در راستای توسعه اقتصادی کشورها محسوب می‌شود (رادفر و خمسه، ۱۳۹۶).

تحقیق و توسعه به کار بدیع و خلاقانه‌ای گفته می‌شود که به‌طور نظام‌مند انجام می‌شود و منجر به تولید دانش جدید می‌شود و این دانش منجر به پیدایش کاربردهای جدید می‌گردد و از آن برای تولید محصولات جدید و بهبود محصولات موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد (لوندونک، ۲۰۱۹). طبقه‌بندی‌های گوناگونی درباره سطوح پیچیدگی فناورانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه ارائه شده است. یکی از معروف‌ترین این دسته‌بندی‌ها، طبقه‌بندی فراسکاتی است. بر اساس این دسته‌بندی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه را می‌توان به سه نوع متمایز پژوهش بنیادی، پژوهش کاربردی و توسعه تجربی طبقه‌بندی کرد. پژوهش بنیادی کار و فعالیتی نظری یا تجربی است که اساساً برای

عبارتست از: مجموعه‌ای از گروه‌های انسانی تحصیل کرده در مراکز علمی و تحقیقاتی که بتوانند علاوه بر فراگرفتن علوم نظری و نظریه‌های علمی، بتوانند علوم فراگرفته شده را به فعالیت‌های خلاق ارزش و درآمدزا در قالب فعالیت‌های تجاری‌سازی تبدیل نمایند. شرکت‌های نوپا و دانش‌بنیان‌های تک با استفاده از فناوری‌های جدید و ایجاد ظرفیت بالا برای جذب سرمایه انسانی تحصیلکرده، بستر مناسبی را برای کارآفرینی، درآمدزایی، افزایش رفاه و دسترسی به فناوری‌های نوین فراهم کرده‌اند و ظهور این شرکت‌ها در اقتصاد دانش‌بنیان، سهم بسزایی در بازتعریف و توسعه نقش نوآوری در کسب و کارهای نوظهور داشته است. علیرغم نرخ بالای ورود این شرکت‌ها به حوزه فناوری‌های پیشرفته، اما تجربه عملی و دانش علمی نشان می‌دهد، میزان موفقیت آن‌ها، به دلیل فقدان مدل توسعه کسب و کار پایین است. آمارهای مربوط به میزان شکست آنها نیز به‌وضوح این موضوع را تایید می‌کند. در پایان سال ۲۰۱۹، میزان شکست شرکت‌های با فناوری پیشرفته حدود ۹۰ درصد بود (نفیسی و محمدکاظمی، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر شرکت‌های دانش‌بنیان به‌عنوان مولد کارآفرینی و توسعه اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته هستند. این شرکت‌ها نقش بسیار مهمی در توسعه کارآفرینی فناورانه دارند. کارآفرینی فناورانه به‌عنوان شناسایی فرصت‌های کارآفرینی مبتنی بر فناوری از طریق شناسایی، کشف یا ایجاد و بهره‌برداری از آن فرصت‌ها تعریف می‌شود (جمالی و همکاران، ۲۰۱۸). جهانی‌سازی و بین‌المللی شدن شرکت‌های دانش‌بنیان به یکی از پیش‌نیازهای مهم در بقاء، رشد و رقابت‌پذیری تبدیل گشته و مزایای زیادی از جمله دستیابی به فناوری‌های پیشرفته و برتر را به همراه دارد و فرصت‌های زیادی را برای شرکت‌ها در حوزه کارآفرینی بوجود می‌آورد (قلی زاده و محمدکاظمی، ۲۰۲۲). جهانی‌سازی کسب و کارها فرصت‌های زیادی را برای خلق مشترک ارزش<sup>۴</sup> بوجود می‌آورد. خلق مشترک ارزش یک رویکرد مدرن برای نوآوری است که در آن همه ذینفعان می‌توانند در فرآیندهای سازمانی نقش ایفا کنند (دهکردی مبینی و همکاران، ۲۰۱۷). گرایش کارآفرینی بین‌المللی<sup>۵</sup> تأثیر زیادی بر رقابت‌پذیری شرکت‌ها دارد و سبب می‌شود شرکت‌ها با کمک نوآوری، بازارهای خارجی خود را ارزیابی کنند و سطح بالایی از نوآوری را بدست آورند و محصولات

درصد کمترین سهم را از حیث تعداد در میان پروژه‌های تحقیق و توسعه انجام شده، داشته است.

عبداللهی خوشمردان و همکاران (۲۰۲۲) تحقیقی با عنوان ارائه یک الگو برای شناسایی ابعاد پیچیدگی ابرپروژه‌های فناوریانه با روش فراترکیب انجام دادند. در این پژوهش، پیچیدگی فناوری که در ابرپروژه‌های فناوریانه از اهمیت خاصی برخوردار است، مورد توجه قرار گرفت و در دو مقوله پیچیدگی نرم با شاخص‌های در دسترس بودن اطلاعات، وابستگی متقابل سیستم‌های اطلاعاتی و روابط متقابل بین فرآیندهای فناوری و در پیچیدگی سخت با شاخص‌های تعداد و تنوع فناوری، عدم تجربه فناوری و فرآیندهای پیچیده تولید دسته‌بندی شد. یافته‌های پژوهش حاکی از شناسایی چهار بعد فناوری، ساختار، محیط و عدم قطعیت با ۱۴ مقوله و ۴۳ شاخص است.

ارمغان و همکاران (۲۰۲۲) تحقیقی در خصوص نقش نوآوری در توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان انجام دادند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که نوآوری باز یکی از عواملی است که در توسعه و ارتقاء فناوری نقش داشته و در بروز عواملی نظیر انعطاف در برابر تغییرات، بقا، رقابت پذیری و کاهش هزینه‌های مربوط به توسعه فناوری و ایده پردازی تأثیرگذار است. همچنین توانمندسازی نیروی انسانی، شبکه سازی، توسعه مهارت‌های تیمی، بین‌المللی شدن فعالیت‌ها و همکاری با شرکت‌ها برای دستیابی به منابع جدید، از جمله عواملی هستند که در شرکت‌های مطالعه شده از اهمیت کمتری برخوردار هستند.

استادی و صدری (۲۰۲۰) تحقیقی با عنوان شناسایی اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان انجام دادند. در این پژوهش ۲۲ شاخص شناسایی و در ۵ گروه دسته‌بندی شدند. براساس نتایج این پژوهش، شاخص‌هایی که دارای بیشترین اهمیت هستند، عبارتند از: ارزش‌افزوده ناشی از فناوری به کار رفته در محصول، تعداد کارکنان تحقیق و توسعه و سطح تحصيلات کارکنان.

شیرازی و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با عنوان نقش منابع سازمانی و قابلیت نوآوری در خلق مزیت رقابتی شرکت‌های دانش بنیان نوپا با تعدیلگری عملکرد تجاری‌سازی فناوری انجام دادند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که قابلیت نوآوری و منابع سازمانی تأثیر مثبت و معناداری بر مزیت رقابتی شرکت‌های دانش بنیان نوپا دارند. همچنین عملکرد تجاری‌سازی فناوری، تأثیر شاخص

دستیابی به دانش جدید صورت می‌گیرد، بدون اینکه منظور از آن کاربرد یا استفاده خاصی باشد. این نوع پژوهش به‌منظور تدوین فرضیه‌ها، نظریه‌ها، قوانین و آزمودن آنها، به تحلیل ویژگی‌ها، ساختارها و روابط می‌پردازد. پژوهش کاربردی نوعی تحقیق بدیع است که ضمن اینکه برای دستیابی به دانش جدید صورت می‌گیرد، عمدتاً معطوف به یک هدف یا منظور عملی و مشخص است. پژوهش کاربردی یا به‌منظور تعیین راه‌های استفاده از یافته‌های پژوهش بنیادی اجرا می‌شود یا برای تعیین شیوه‌ها یا روش‌های جدید دستیابی به هدف‌های مشخص و از پیش معلوم صورت می‌گیرد. توسعه تجربی کار و فعالیتی نظام‌مند است که با استفاده از دانش ناشی از پژوهش و تجربه عملی، خود نیز دانش افزون‌تری تولید می‌کند؛ دانشی که یا در مسیر تولید فرآیندها و فرآورده‌های جدید است یا فرآیندها و فرآورده‌های موجود را بهبود می‌بخشد (OECD, 2015). دسته‌بندی دیگری که در مورد انواع فعالیت‌های تحقیق و توسعه ارائه شده است، طبقه‌بندی مربوط به وزارت دفاع ایالات متحده<sup>۷</sup> است. بر اساس این طبقه‌بندی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه به پنج سطح علوم محض، تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، توسعه اکتشافی و توسعه پیشرفته تقسیم شده‌اند (امسدن و چانگ، ۲۰۰۳).

بر اساس آخرین نتایج ارزیابی شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی مندرج در سایت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری (رویت شده در پنجم اسفند ۱۴۰۱)، در جدول شماره ۱ وضعیت شرکت‌هایی که دارای محصولات و یا خدمات با سطح فناوری یک (پیچیدگی فنی بالا) هستند، ارائه شده است.

جدول ۱: وضعیت شرکت‌های دارای محصولات سطح یک فناوری

نوع شرکت دانش-بنیان	تعداد	تعداد شرکت‌های سطح یک فناوری	درصد شرکت‌های سطح یک فناوری
دانش‌بنیان نوپا	۲۸۳۶	۲۸۲	۱۰
دانش‌بنیان تولیدی	۵۲۹۰	۶۹۵	۱۳
دانش‌بنیان‌های نوپا و تولیدی	۸۱۲۶	۹۷۷	۱۲

براساس نتایج طرح آمارگیری از فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان که توسط مرکز آمار ایران اجرا شد، در سال ۱۳۹۸ تعداد ۱۶۴۶۰ پروژه تحقیقاتی در شرکت‌های دانش‌بنیان کشور، انجام شده است. از نظر نوع پروژه، تحقیقات توسعه‌ای با ۵۲/۳۶ درصد بیشترین سهم، تحقیقات کاربردی با ۳۸/۹۱ درصد در رتبه دوم و در نهایت، تحقیقات بنیادی با ۸/۷۲

7 DOD: Department of Defense

آسیای جنوب شرقی ترویج می‌کند پایین است و نیاز به بهبود دارد.

مولپو<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۹) تحقیقی با عنوان عوامل پیچیدگی مؤثر بر مدت زمان پروژه‌های تحقیق و توسعه انجام دادند. در این پژوهش یک مطالعه موردی بر روی یک تیم پروژه تحقیق و توسعه در یک سازمان مهندسی برای شناسایی پیچیدگی‌های فرآیند مدیریت پروژه تحقیق و توسعه و تأثیر آن‌ها بر طول مدت پروژه انجام شد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که عوامل مختلفی در پیچیدگی پروژه تحقیق و توسعه نقش دارند و تأخیر در این پروژه‌ها به دلیل مدیریت ناکارآمد فرآیند مدیریت پروژه تحقیق و توسعه است.

بروکل (۲۰۱۸) تحقیقی با عنوان اندازه‌گیری پیچیدگی فناوریانه، رویکردهای فعلی و معیار جدید پیچیدگی ساختاری، انجام دادند. در این تحقیق ضمن بررسی دو معیار تجربی موجود از پیچیدگی فناوری شامل رویکرد انعکاس (رویکرد هیدالگو و هاسمن ۲۰۰۹) و رویکرد دشواری ترکیب دانش (رویکرد فلمینگ و سورنسون ۲۰۰۱)، رویکرد جدیدی از پیچیدگی ساختاری نیز ارائه شده و با استفاده از این سه رویکرد پنج شاخص برای اندازه‌گیری پیچیدگی فناوری براساس معیارهای افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق و توسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی و تمرکز فضایی ارائه شده است.

جاروت و استاری<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۷) تحقیقی با عنوان ارزیابی سیستم مدیریت تحقیق و توسعه با استفاده از مدل پذیرش فناوری انجام داد. یافته‌ها نشان دادند که سهولت استفاده از فناوری، کاربردی بودن فناوری و نگرش کاربران نقش مهمی در پذیرش فناوری در بخش تحقیق و توسعه دارند.

بابکین و همکاران (۲۰۱۵) با تحقیق روی شرکت‌های حوزه فناوری اطلاعات، تأثیر نوآوری به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تحقیق و توسعه، بر ارتقای توان کسب و کار شرکت‌های دانش بنیان مورد بررسی قرار دادند. در این گونه شرکت‌ها، نوآوری بیشتر در جهت تولید محصولات جدید یا نوسازی محصولات موجود است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد بین استراتژی نوآوری و عادت‌واره‌های کسب و کار رابطه مثبت و معناداری وجود دارد. به عبارتی، در این تحقیق همبستگی مثبت بین استراتژی‌های نوآوری و عملکرد شرکت بدست آمد.

منابع سازمانی بر مزیت رقابتی و تأثیر شاخص قابلیت نوآوری بر مزیت رقابتی را تعدیل می‌کند.

زارعی محمودآبادی و همکاران (۲۰۱۴) پژوهشی را با هدف ارزیابی عملکرد تحقیق و توسعه کشورها انجام دادند. در این تحقیق شش شاخص تأثیرگذار بر کارایی عملکرد تحقیق و توسعه کشورها در قالب دو دسته شاخص‌های ورودی (شاخص‌های مربوط به منابع به‌کارگرفته شده برای تحقیق و توسعه) و شاخص‌های خروجی (شاخص‌های نمایانگر سطح عملکرد و موفقیت واحدهای تحقیق و توسعه) شناسایی شدند. شاخص‌های ورودی مورد استفاده برای ارزیابی عبارتند از: تعداد محققان تحقیق و توسعه، تعداد ثبت‌نام در رشته‌های علوم و مهندسی و هزینه تحقیق و توسعه. همچنین شاخص‌های خروجی عبارتند از: پتنت‌های دریافتی بین‌المللی، تعداد مقاله‌های علمی و مهندسی و صادرات فناوری پیشرفته. براساس نتایج تحقیق، در بین ۱۴ کشور مورد مطالعه بخش تحقیق و توسعه ایران جایگاه مناسبی ندارد و در رتبه سیزدهم قرار دارد.

محمدزاده و همکاران (۲۰۱۲) تحقیقی با عنوان مطالعه عوامل مؤثر بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه بنگاه‌های صنعتی ایران انجام دادند. براساس نتایج این تحقیق فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بنگاه رابطه مثبتی با عوامل سرمایه انسانی، اندازه بنگاه، سودآوری، تمرکز صنعت و مالکیت غیردولتی دارد ولی شدت فعالیت‌های تحقیق و توسعه تنها به عامل سرمایه انسانی وابسته است.

نپل‌اسکی و دپراتو<sup>۸</sup> (۲۰۲۰) تحقیقی با عنوان پیچیدگی فناوریانه و توسعه اقتصادی انجام دادند. براساس نتایج این پژوهش دو معیار تنوع فناوری و فراگیر بودن فناوری‌های موجود، به‌عنوان معیارهای پیچیدگی فناوری، به‌ترتیب تأثیر مثبت و منفی بر درآمد و رشد اقتصادی دارد.

لی و همکاران (۲۰۲۰) تحقیقی با عنوان تأثیر ورودی تحقیق و توسعه بر نوآوری فناوری: شواهد از کشورهای جنوب آسیا و آسیای جنوب شرقی انجام دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که هم هزینه‌های تحقیق و توسعه و هم ورودی نیروی انسانی در آسیای جنوبی و آسیای جنوب شرقی به‌طور قابل توجهی نوآوری فناوری را ارتقاء می‌دهد. کارآیی مخارج تحقیق و توسعه و ورودی نیروی انسانی که نوآوری‌های فناوریانه‌ای را در آسیای جنوبی و

شده است. همچنین تجزیه و تحلیل نرخ و جهت ایجاد شایستگی براساس داده‌های ثبت اختراع تأیید کرد که شرکت‌ها در طول یک دهه در حال ایجاد شایستگی‌هایی در زمینه‌های کلیدی مرتبط با ایمنی، محیط زیست و راحتی رانندگی بوده‌اند تا به انتظارات اجتماعی در حال تغییر و فشارهای محیطی پاسخ دهند...

در جدول شماره ۲ شاخص‌های استخراج شده از مرور ادبیات ارائه شده است که در تعیین سطح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه مؤثر تشخیص داده شد.

جدول ۲: شاخص‌های استخراج شده از مرور ادبیات

شاخص‌ها
بدیع بودن فعالیت، خلاقانه بودن فعالیت، عدم قطعیت نتیجه، نظام‌مندی، انتقال‌پذیری نتایج
جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، خروجی‌ها، عملکرد، افق زمانی، تکنیک‌های به‌کار رفته، صلاحیت‌های موردنیاز، اندازه کار
پیچیدگی ساختاری، دشواری ترکیب دانش، افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق و توسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی، تمرکز فضایی
سطح ریسک، هزینه اکتساب، فرهنگ بنگاه، اعتبار حاصل از فناوری، آشنایی با فناوری و بازار، اندازه/ قدرت شرکت، چرخه عمر فناوری، پیچیدگی فناوری، توانایی نسبی سازمان در فناوری موردنظر، کذب‌پذیری فناوری، نحوه ارتباط با شرکت
هدف از همکاری، کشور مرجع(از نظر فرهنگی)، تمایل و توانایی گیرنده فناوری نسبت به تأمین الزامات دارنده فناوری، ثبت اختراع و مالکیت فکری، کنترل دارنده فناوری بر نحوه استفاده از فناوری توسط گیرنده، اثر رقابتی(استراتژیک) فناوری، سیاست‌های پشتیبانی دولت، زیرساخت، سطح بلوغ فناوریانه
قابلیت تعریف مفاد همکاری، قابلیت تقسیم سرمایه، ضرورت دستیابی سریع به فناوری موردنظر، نوع دوره زمانی، قابلیت حفاظت از فناوری، کیفیت نیروی کار، پتانسیل یادگیری، استراتژی بنگاه، راحتی مدیریت
ایمنی، محیط زیست، نوآوری، بسترسازی فرهنگی، وابستگی به فناوری، سطح تعهدات، دسترسی به بازار، نشت دانش، رصد فناوری، در دسترس بودن اطلاعات، تعداد و تنوع فناوری
تنوع فناوری، فراگیربودن فناوری‌های موجود، انحصاری بودن، شدت تحقیق و توسعه، حقوق مالکیت معنوی، ذخیره دانش و انباشت، سرمایه انسانی
سطح تحصیلات کارکنان R&D، تعداد محققان تحقیق و توسعه، تعداد ثبت‌نام در رشته‌های علوم و مهندسی، تعداد مقاله‌های علمی و مهندسی، هزینه تحقیق و توسعه، صادرات فناوری پیشرفته و پتنت‌های دریافتی بین‌المللی

با بررسی ادبیات پژوهش مشخص شد که مطالعات صورت گرفته در مورد شرکت‌های دانش بنیان به‌طور عمده متمرکز بر محورهای مدل‌های ارزیابی و بررسی عملکرد، عوامل موفقیت، مدل‌های پذیرش فناوری، مدل‌های مدیریت دانش و شبکه‌های دانش، شکل‌گیری و توسعه، مدیریت منابع انسانی، مدیریت

رانیکو(۲۰۱۲) در تحقیقی عواملی که در رشد شرکت‌های جدید دانش‌بنیان تأثیرگذار هستند را به سه گروه عوامل فردی(شامل: سن، جنسیت، سابقه کار، سطح تحصیلات، تجربه مدیریتی، آموزش، مهارت‌های عملیاتی و تجربه‌های موفق و ناموفق)، عوامل شرکتی(شامل: سن شرکت، اندازه، وضعیت قانونی، مالکیت و ویژگی‌های مدیریتی) و عوامل محیطی(شامل: عدم تجانس، آشفتگی، ساختار مشتری، پویایی محیطی، موقعیت مکانی شرکت، رقابت و انحصاری بودن) طبقه‌بندی کرده است.

چن و همکاران(۲۰۱۱) تحقیقی با عنوان مقایسه بین‌المللی کارایی تحقیق و توسعه خروجی‌های نوآورانه چندگانه: نقش سیستم ملی نوآوری انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که کشورها از نظر پتنت و حق امتیاز، کارایی تحقیق و توسعه مشابهی دارند؛ درحالی که عملکرد آن‌ها برای انتشارات مجلات کاملاً متفاوت است. همچنین شدت تحقیق و توسعه، حفاظت از حقوق مالکیت معنوی، ذخیره دانش و انباشت سرمایه انسانی، همگی اثرات مثبت قابل توجهی بر شاخص‌های کارایی دارند. تحقیق و توسعه بخش خصوصی، که از منابع خارجی تامین می‌شود یا توسط مشاغل خصوصی تامین می‌شود، نقش مهمی در بهبود امتیازات شاخص کارایی تحقیق و توسعه بروندادمحور برای پتنت‌ها و حق امتیازها و هزینه‌های مجوز دارد. شدت تحقیق و توسعه انجام شده توسط مؤسسات آموزش عالی تأثیر مثبتی بر شاخص کارایی تحقیق و توسعه مجلات محور دارد.

امسدن و تچانگ(۲۰۰۳) تحقیقی با عنوان رویکردی جدید برای ارزیابی پیچیدگی فناوریانه طبقه‌های مختلف تحقیق و توسعه، با نمونه‌هایی از سنگاپور، انجام دادند. در این تحقیق چارچوبی برای طبقه‌بندی فعالیت‌هایی ارائه شده است که در قالب تحقیق و توسعه در کشورهای مختلف صورت می‌گیرد. برای تعیین چارچوب از طبقه‌بندی پنج‌گانه تحقیق و توسعه شامل علوم محض، تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، توسعه اکتشافی و توسعه پیشرفته استفاده شده و برای تشخیص نوع طبقه فعالیت‌ها و تعیین سطح پیچیدگی، ۸ معیار، شامل جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، خروجی‌ها، عملکرد، افق زمانی، تکنیک‌های به‌کار رفته، صلاحیت‌های مورد نیاز و اندازه کار ارائه گردیده است.

مایازاکی و کیجیما(۲۰۰۰) تحقیقی با عنوان پیچیدگی در مدیریت فناوری، تحلیل نظری و مطالعه موردی بخش خودرو در ژاپن انجام داد. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که بخش خودرو به دلیل رشد پیچیدگی داخلی و خارجی دستخوش تغییرات اساسی

- ب- تغییر شکل دادن و متنوع کردن برای کاربرد جدید  
 ج- پیاده سازی مفهوم بعنوان سیستم مهندسی شده و کاهش هزینه  
 ۳- تکنیک‌های به کارگیری شده در انجام فعالیت‌های R&D در شرکت شما کدام است؟  
 الف- تکنیک‌های علمی تجربی و ریاضی  
 ب- تکنیک‌های علمی (فرمول بندی معادلات و الگوریتم‌ها)  
 ج- ابزار طراحی مهندسی شامل شبیه‌سازی و تست کردن  
 ۴- تخصص مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های R&D در شرکت شما چیست؟  
 الف- دکتری در علوم بنیادی، ریاضیات و مهندسی و تخصص مدیریت  
 ب- دکتری / فوق لیسانس / لیسانس خوب آموزش دیده و با تجربه  
 ج- فوق لیسانس و لیسانس به اضافه مهارت‌های مدیریت ارتباط با مردم و دانش فرآیند  
 ۵- خروجی فعالیت‌های R&D در شرکت شما چیست؟  
 الف- مقالات و پتنت‌ها  
 ب- محصول متفاوت برای بازار مشخص  
 ج- طراحی دقیق محصول یا نمونه اولیه و یا محصول قابل ساخت  
 ۶- عرصه‌های بالقوه کاربرد نتایج فعالیت‌های R&D در شرکت شما در چه سطحی است؟  
 الف- بسیار گسترده  
 ب- گسترده  
 ج- گستردگی کم

در این تحقیق، از روش آلفای کرونباخ جهت اندازه‌گیری پایایی پرسشنامه استفاده شده است. مقدار ضریب پایایی پرسشنامه با استفاده از آلفای کرونباخ ۰/۸۲ بدست آمد که چون از مقدار ۰/۷ بیشتر است، بنابراین می‌توان استنباط کرد که سؤالات پرسشنامه اعتبار کافی دارد. برای تعیین روایی پرسشنامه از روایی صوری و محتوایی استفاده شد. برای سنجش روایی صوری، پرسشنامه در اختیار اساتید و سه نفر از خبرگان تحقیق و توسعه قرار داده شد که با توجه به نظر مثبت آنها در مورد کیفیت سؤالات پرسشنامه، روایی صوری تأیید شد. روایی محتوایی پرسشنامه پس از سنجش معیارهای نسبت روایی محتوایی<sup>۱۱</sup> و شاخص روایی محتوایی<sup>۱۲</sup> مورد تأیید قرار گرفت. در جدول شماره ۳ نتایج این معیارها برای سازه‌های اصلی پژوهش ارائه شده است.

جدول ۳: CVI و CVR سازه‌های تحقیق

سازه	CVR	CVI
تحقیق بنیادی	۲/۵	۱/۲
تحقیق کاربردی	۲/۸	۱/۸
توسعه‌ی تجربی	۱/۹	۱/۷

در پژوهش حاضر از نرم‌افزار SPSS25 برای بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها بهره گرفته شد و با استخراج آمار توصیفی، به توصیف و تشریح متغیرهای تحقیق پرداخته شد.

فناوری، توسعه کارآفرینی، تجاری‌سازی فناوری، توانمندی‌ها و ظرفیت نوآوری، نوآوری سازمانی و مدیریتی، مدل‌های اکتساب و ادغام شرکت‌های دانش بنیان، هزینه‌های تحقیق و توسعه، فرهنگ سازمانی، مدل‌های کسب و کار و انتقال فناوری، ارزیابی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، جهانی‌سازی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، مدیریت پورتفوی پروژه‌های تحقیق و توسعه، مخارج تحقیق و توسعه و رشد بهره‌وری، مدیریت تحقیق و توسعه، عوامل کلیدی موفقیت پروژه‌های تحقیق و توسعه، نقشه راه فناوری و تحقیق و توسعه، راهبرد تحقیق و توسعه، راهبردهای همکاری تحقیق و توسعه و سیاست‌ها و توانمندی‌های تحقیق و توسعه بوده است و در خصوص پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه خلأ مطالعاتی مشاهده شد. مشخص شد ادبیات پیرامون موضوع پژوهش از غنای لازم برخوردار نیست.

### ۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای بوده و از نظر ماهیت و روش، توصیفی- تحلیلی است. کلیه مدیران عامل ۸۵ شرکت دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان جامعه آماری پژوهش را تشکیل داده‌اند. جهت برآورد حجم نمونه از جدول مورگان استفاده شد. بر مبنای این جدول حداقل حجم نمونه موردنیاز برای جامعه موردنظر، ۷۰ شرکت بوده که برای احتیاط بیشتر تعداد نمونه‌ها ۸۰ شرکت (۸۰ مدیر) در نظر گرفته شده است. در تحقیق حاضر از روش نمونه‌گیری در دسترس بهره گرفته شده است.

ابزار مورد استفاده در پژوهش حاضر، پرسشنامه محقق ساخته است. پرسشنامه با استفاده از شاخص‌های استخراج شده از ادبیات و نظر مشورتی خبرگان حوزه تحقیق و توسعه طراحی شد. در این پرسشنامه شاخص‌هایی انتخاب شدند که قابلیت اندازه‌گیری و کمی‌سازی داشتند. این شاخص‌ها عبارتند از: زمان، هدف، تکنیک، تخصص، خروجی و کاربرد. پرسشنامه مذکور در قالب فرم زیر ارائه شده است:

- ۱- مدت زمان لازم برای بکارگیری نتایج فعالیت‌های R&D در شرکت شما در کدام دسته است؟  
 الف- بلند مدت  
 ب- میان مدت  
 ج- کوتاه مدت  
 ۲- هدف از انجام فعالیت‌های R&D در شرکت شما کدام یک از موارد زیر است؟  
 الف- کشف اصول علمی جدید و دسترسی به دانش جدید

#### ۴- یافته‌های تحقیق

هستند، شناسایی شدند. بسیاری از این عوامل شناسایی شده، به سادگی قابل اندازه‌گیری نیستند و یا دسترسی به اطلاعات آن‌ها به سادگی امکان‌پذیر نیست. لذا فقط عواملی که قابلیت کمی‌سازی و اندازه‌گیری داشتند، انتخاب شدند. این عوامل در قالب شش مقوله شامل زمان، هدف، تکنیک، تخصص، خروجی و کاربرد و ۳۸ متغیر دسته‌بندی شدند. ۸۰ پرسشنامه تکمیل شده و بی‌نقص که حاوی سؤالات تحقیق است، به‌عنوان نمونه‌های آماری گردآوری شد. بعد از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، داده‌های استخراجی با استفاده از نرم‌افزار SPSS25 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. سپس با استفاده از جداول و نمودارهای فراوانی، توصیفی از داده‌های تحقیق ارائه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک‌های آمار توصیفی برای بررسی چگونگی توزیع نمونه آماری استفاده شد. در جدول شماره ۴ توزیع فراوانی داده‌های مربوط به مقوله‌ها و متغیرهای تحقیق ارائه شده است.

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی سطوح پیچیدگی فناوریانه تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان انجام گرفته است. در این راستا، در پژوهش حاضر سؤال اصلی به این صورت تعریف شد که سطوح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان چیست؟

برای پاسخگویی به سؤال اصلی پژوهش، ابتدا بایستی عواملی که در تعیین سطح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه مؤثر هستند، شناسایی می‌شدند. برای این منظور اسناد، مقالات، کتب و ... مرتبط با موضوع مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. با مطالعه ادبیات تعداد ۷۳ عاملی که در تعیین سطح پیچیدگی فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه مؤثر

جدول ۴: توزیع فراوانی داده‌های مربوط به مقوله‌ها و متغیرهای تحقیق

مقوله	متغیرها	فراوانی	درصد فراوانی
زمان	بلند مدت	۱۱	۱۳/۷
	میان مدت	۱۱	۱۳/۷
	کوتاه مدت	۲۷	۳۳/۸
	بلندمدت و میان مدت	۶	۷/۵
	میان مدت و کوتاه مدت	۲۴	۳۰
	بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت	۱	۱/۳
هدف	۱- کشف اصول علمی جدید و دسترسی به دانش جدید	۲	۲/۵
	۲- تغییر شکل دادن و متنوع کردن برای کاربرد جدید	۱۲	۱۵
	۳- پیاده سازی مفهوم بعنوان سیستم مهندسی شده و کاهش هزینه	۳۸	۴۷/۵
	۱ و ۲	۸	۱۰
	۲ و ۳	۱۲	۱۵
	۱، ۲ و ۳	۸	۱۰
تکنیک	۱- تکنیک‌های علمی تجربی و ریاضی	۲	۲/۵
	۲- تکنیک‌های علمی (فرمول بندی معادلات و الگوریتم‌ها)	۱۲	۱۵
	۳- ابزار طراحی مهندسی شامل شبیه‌سازی و تست کردن	۳۷	۴۶/۳
	۱ و ۲	۳	۳/۷
	۱ و ۳	۲	۲/۵
	۲ و ۳	۲۴	۳۰
تخصص	۱- دکتری در علوم بنیادی، ریاضیات و مهندسی و تخصص مدیریت	۱	۱/۳
	۲- دکتری / فوق لیسانس / لیسانس خوب آموزش دیده و با تجربه	۲۳	۲۸/۷
	۳- فوق لیسانس و لیسانس / مهارت‌های مدیریت ارتباط با مردم و دانش فرآیند	۱۵	۱۸/۷
	۱ و ۲	۷	۸/۷
	۱ و ۳	۱	۱/۳
	۲ و ۳	۲۵	۳۱/۳
خروجی	۱- مقالات و پتنت‌ها	۲	۲/۵
	۲- محصول متفاوت برای بازار مشخص	۱۴	۱۷/۵
	۱، ۲ و ۳	۸	۱۰



۵۰	۴۰	۳- طراحی دقیق محصول یا نمونه اولیه و یا محصول قابل ساخت	کاربرد
۱۰	۸	۱ و ۲	
۱/۳	۱	۱ و ۳	
۱۰	۸	۲ و ۳	
۸/۷	۷	۱، ۲ و ۳	
۱۱/۳	۹	بسیار گسترده	
۲۵	۲۰	گسترده	
۴۰	۳۲	گسترده کمی	
۱۲/۵	۱۰	بسیار گسترده و گسترده	
۳/۷	۳	گسترده و گسترده کمی	
۷/۵	۶	بسیار گسترده، گسترده و گسترده کمی	

در پژوهش حاضر برای سطح‌بندی فعالیت‌های تحقیق و توسعه از طبقه‌بندی فراسکاتی استفاده شد. براساس این طبقه‌بندی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه از نظر سطح پیچیدگی فناوری به سه سطح تحقیق بنیادی، تحقیق، کاربردی و توسعه تجربی تقسیم شده‌اند. براساس نتایج بدست آمده از مرور ادبیات و نظر سه نفر از خبرگان حوزه تحقیق و توسعه سطح‌بندی مقوله‌های پژوهش انجام شد. نتایج سطح‌بندی مقوله‌های پژوهش، در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: سطح‌بندی مقوله‌های پژوهش

سطوح پیچیدگی			مقوله‌ها
توسعه تجربی	تحقیقات کاربردی	تحقیقات بنیادی	
کوتاه مدت	میان مدت	بلند مدت	زمان
پایه سازی مفهوم بعنوان سیستم مهندسی شده و کاهش هزینه	تغییر شکل دادن و متنوع کردن برای کاربرد جدید	کشف اصول علمی جدید و دسترسی به دانش جدید	هدف
ابزار طراحی مهندسی شامل شبیه سازی و تست کردن	تکنیک‌های علمی (فرمول بندی معادلات و الگوریتم‌ها)	تکنیک های علمی تجربی و ریاضی	تکنیک
فوق لیسانس و لیسانس به اضافه مهارت های مدیریت ارتباط با مردم و دانش فرآیند	دکتری / فوق لیسانس / لیسانس خوب آموزش دیده و با تجربه	دکتری در علوم بنیادی، ریاضیات و مهندسی و تخصص مدیریت	تخصص
طراحی دقیق محصول یا نمونه اولیه و یا محصول قابل ساخت	محصول متفاوت برای بازار مشخص	مقالات و پتنت ها	خروجی
گسترده کمی	گسترده	بسیار گسترده	کاربرد

### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به بررسی سطوح پیچیدگی فناورانه تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان پرداخته است. بدین منظور تعداد ۸۰ پرسشنامه تکمیل شده و بی‌نقص که حاوی سئوالات تحقیق است، به‌عنوان نمونه آماری جمع‌آوری شد. بعد از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، با استفاده از نرم افزار SPSS25 داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش درمورد پاسخ سئوال اصلی پژوهش حاکی از این است که ۶۵ درصد فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان از نوع توسعه تجربی، ۳۱/۲ درصد از نوع تحقیق کاربردی و تنها ۳/۸ درصد از نوع تحقیق بنیادی هستند. این بدان معناست که تمرکز بیشتر شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری

با بررسی و تحلیل نتایج توزیع فراوانی داده‌های مربوط به سئوالات پرسشنامه (جدول شماره ۴) و جدول سطح‌بندی مقوله‌های پژوهش (جدول شماره ۵)، یافته‌های پژوهش برای پاسخ به سئوال اصلی تحقیق، سطوح پیچیدگی فناورانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک علم و فناوری گلستان کدامند؟، حاصل شد. نتایج در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۶: یافته‌های پژوهش برای سئوال اصلی تحقیق

سطوح پیچیدگی	فراوانی	درصد فراوانی
تحقیقات بنیادی	۳	۳/۸
تحقیقات کاربردی	۲۵	۳۱/۲
توسعه تجربی	۵۲	۶۵

علت‌های این وضعیت، پایین بودن سطح فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش بنیان ایرانی است، نتایج حاصل از این تحقیق این ادعا را تأیید می‌کند؛ به عبارتی، عدم تمرکز شرکت‌های دانش بنیان مورد مطالعه روی تحقیقات بنیادی، سبب شده تا سطح فناوریانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه پایین باشد و این مسئله سبب شده تا محصولات و خدمات خروجی فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بسیاری از شرکت‌های دانش بنیان ایرانی توان رقابت با محصولات و خدمات کشورهای توسعه یافته را ندارند که از طریق تحقیقات بنیادی و کاربردی پیشرفته به دنبال فناوری‌های پیشرفته هستند. این نتیجه با مطلب منعکس شده در تحقیق امیری و رضایی (۱۴۰۱) که بسیاری از شرکت‌های دانش بنیان برنامه میان مدت و بلند مدت ندارند، همسو است و همخوانی دارد. بنابراین این مسئله را می‌توان یکی از علت‌های پایین بودن شاخص سهم اقتصاد دانش بنیان ایران در مقایسه با کشورهای توسعه یافته دانست. نفیسی و محمدکاظمی (۲۰۲۳) در پژوهش خود اظهار داشته‌اند که علیرغم نرخ بالای ورود شرکت‌های نوپا به حوزه فناوری‌های پیشرفته، اما تجربه عملی و دانش علمی نشان می‌دهد میزان موفقیت آن‌ها، بسیار پایین است. لذا می‌توان چنین استنتاج کرد که عملکرد این شرکت‌ها در انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه بنیادی و پیشرفته مناسب نبوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این موضوع در راستای نتایج حاصل از پژوهش حاضر است و با آن همخوانی دارد.

جهانی‌سازی و بین‌المللی شدن شرکت‌ها، فرصت‌های زیادی را برای آن‌ها در حوزه کارآفرینی فناوریانه بوجود می‌آورد (قلی زاده و محمدکاظمی، ۲۰۲۲). گرایش کارآفرینی بین‌المللی تأثیر زیادی بر رقابت پذیری شرکت‌ها دارد و سبب می‌شود شرکت‌ها با کمک نوآوری، بازارهای خارجی خود را ارزیابی کنند و سطح بالایی از نوآوری را بدست آورند و محصولات متنوع خود را برای چندین بازار خارجی بهبود بخشند (محمدکاظمی و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که بسیاری از شرکت‌های دانش بنیان ایرانی به دلیل عدم تمرکز روی انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه بنیادی و پیشرفته، نتوانسته‌اند از فرصت کارآفرینی بین‌المللی بهره‌مند باشند و با شرکت‌های مطرح کشورهای توسعه یافته رقابت نمایند. لذا برای استفاده از فرصت‌های جهانی شدن به شرکت‌های دانش بنیان ایرانی پیشنهاد می‌شود، با استفاده از تجربه کشورهای توسعه یافته روی تحقیقات پیشرفته‌تر به منظور دستیابی به فناوری‌های پیشرفته، متمرکز شوند و افق‌های درازمدت‌تری را برای چشم‌انداز شرکت خود در نظر بگیرند و به انجام تحقیقات با سطح

گلستان روی تحقیقات توسعه‌ای بوده است. به عبارتی، اکثر شرکت‌های مذکور با استفاده از پژوهش و تجربه عملی، به دنبال افزایش دانش خود هستند که این دانش یا در مسیر تولید فرآیندها و فرآورده‌های جدید است یا فرآیندها و فرآورده‌های موجود را بهبود می‌بخشد. همچنین تعداد نسبتاً قابل توجهی از این شرکت‌ها اعلام کرده‌اند که وارد فاز تحقیقات کاربردی هم شده‌اند؛ به عبارتی، این شرکت‌ها به منظور تعیین راه‌های استفاده از یافته‌های پژوهش بنیادی و یا برای تعیین شیوه‌ها یا روش‌های جدید دستیابی به اهداف مشخص، انجام تحقیقات کاربردی را نیز در دستور کار خود قرار داده‌اند. این یافته‌ها با نتایج آمارگیری از فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش بنیان ایرانی که توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۹ صورت گرفته، همسو است و همخوانی دارد. تفاوت کار مرکز آمار ایران با نتایج این تحقیق این است که در طرح آمارگیری، از شرکت‌های دانش بنیان سؤال شده است که نوع پروژه‌هایی که تحت عنوان تحقیق و توسعه انجام می‌دهند از چه نوعی است (تحقیقات توسعه‌ای، کاربردی و بنیادی)؟ بنابراین یافته‌های طرح آمارگیری براساس خوداظهاری شرکت‌هاست؛ در صورتی که در تحقیق حاضر، براساس یک کار پژوهشی و جمع‌آوری یک سری داده‌ها، نوع تحقیقات انجام شده در شرکت‌های دانش بنیان تشخیص داده می‌شود و نتایج حاصله می‌تواند کاملاً قابل اتکا باشد. محصولات و یا خدمات منتج شده از نتایج تحقیقات بنیادی، محصولات و یا خدمات‌های تک و با پیچیدگی بالای فناوریانه هستند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، محصولات و یا خدمات تعداد بسیار کمی از شرکت‌های دانش بنیان ایرانی از سطح فناوری بالا برخوردارند. این نتیجه با نتایج ارزیابی شرکت‌های دانش بنیان ایرانی مندرج در سایت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری (رویت شده در پنجم اسفند ۱۴۰۱) همسو است و همخوانی دارد. امسدن و چانگ (۲۰۰۳) در پژوهش خود اذعان نمودند که تحقیقاتی که کشورهای عقب‌تر در صنعتی شدن (دیرواردان<sup>۱۳</sup>) انجام می‌دهند، غالباً از نوع توسعه‌ای بوده و برای این کشورها سخت است که به حوزه تحقیقات کاربردی و بنیادی ورود پیدا کنند؛ لذا می‌توان ادعا نمود که یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیق امسدن و چانگ (۲۰۰۳) نیز همسو است و همخوانی دارد. در نهایت، همانطور که پیش‌بینی می‌شد فقط تعداد بسیار اندکی از این شرکت‌ها مدعی شده‌اند که تحقیقات آن‌ها با هدف گسترش علم یا کشف اصول و نظریات علمی از نوع پژوهش‌های بنیادی است. همانطور که در بخش مقدمه پژوهش به منظور تبیین مسئله عنوان شد که به نظر می‌رسد یکی از

برای شناسایی عوامل بیشتری که در تعیین سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه تأثیرگذار هستند و قابلیت اندازه‌گیری و کمی‌سازی دارند. همچنین نسبت به غنی نمودن پرسشنامه اقدام نمایند و جامعه آماری بزرگتری را برای تحقیق خود انتخاب نمایند تا به نتایج جامع‌تری دست یابند. از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به محدودیت در منابع مرتبط با موضوع تحقیق اشاره نمود.

پیچیدگی بالا اقدام نمایند تا بتوانند به خلق محصولات و خدمات با فناوری پیشرفته و قابل رقابت در بازارهای بین‌المللی مبادرت ورزند. شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی می‌توانند با استفاده از یافته‌های پژوهش حاضر، نسبت به تعیین سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه خود اقدام نمایند و با استفاده از نتایج آن نسبت به بهبود فعالیت‌های تحقیق و توسعه خود اقدام نمایند. همچنین محققین

## فهرست منابع

- [1] Abdullahi Khoshmardan, S., Manteghi, M., Khamsa, A. (2020); "Presenting a model to identify the complexity dimensions of technological superprojects with metacombination method", *Innovation Management in Defense Organizations*, 5(3).
- [2] Ahmadian Devokti, M. M., Aghajani, H. A., Shirkhodai, M., Tehranchian, A. (2017); "Economic complexity, a new approach to measure the commercialization of scientific and technological products", *Library and Information*, 21(4), pp. 161-124.
- [3] Amiri, S., Rezaei, B. (2022); "Effective factors on technology commercialization in knowledge-based companies (case study: Kermanshah province)", *Karafan Scientific Quarterly*, 19(2), pp. 337-362.
- [4] Amsden, H., Ted Tschang, F. (2003); "A new approach to assessing the technological complexity of different categories of R&D (with examples from Singapore)", *Research Policy*, 32 (2003), pp. 553-572.
- [5] Armaghan, N., Qaedsharafi, H., Agha Beigi, S. (2022); "The role of open innovation in the technology development of knowledge-based companies, case study: Iran Scientific and Industrial Research Organization's Growth Center", *Technology Development Management Quarterly*, 10(1), pp. 37-60.
- [6] Azoulay, P., Graff Zivin, J. S., Li, D., Sampat, B. N. (2019); "Public R&D investments and private-sector patenting: evidence from NIH funding rules", *The Review of economic studies*, 86(1), pp. 117-152.
- [7] Babkin, A. V., Lipatnikov, V. S., Muraveva, S. V. (2015); "Assessing the impact of innovation strategies and R&D costs on the performance of IT companies", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20(7), pp. 749-758.
- [8] Bach, M. (2016); "Technology Acceptance Model for Business Intelligence Systems: Preliminary Research", *Procedia Computer Science*, 100(2), pp. 995-1003.
- [9] Broekel, T. (2018); *Measuring technological complexity – current approaches and a new measure of structural complexity*, arXiv preprint arXiv: 1708.07357.
- [10] Chen, C. P., Hu, J. L., Yang, C. H., et al. (2011); "An international comparison of R&D efficiency of multiple innovative outputs: the role of the national innovation system", *Innovation*, 13(3), pp. 341-360.
- [11] Dehkordi Mobini, A., MohammadKazemi, R., Baghestani, B. (2017); *IT-enabled value co-creation process for product design, Conference: Internet of Things Business Models, Users, and Networks*, pp. 1-8, Publisher: IEEE.
- [12] Keshavarz, S., Yaqoubi, N. M., Deghati, A. (2021); "Evaluation of the success factors of knowledge-based companies of Fars Science and Technology Park with structural equation modeling approach", *Science and Technology Quarterly*, 11(1), pp. 35-50.
- [13] Erasmus, E., Rothmann, S., Van Eeden, C. (2015); "A structural model of technology acceptance", *SA Journal of Industrial Psychology/SA Tydskrif vir Bedryfsielkunde*, 41(1).
- [14] Ferri, L., Spanò, R., Maffei, M., Fiondella, C. (2021); "How risk perception influences CEOs' technological decisions: extending the technology acceptance model to small and medium-sized enterprises technology decision makers", *European Journal of Innovation Management*, 24(3), pp. 777-798.
- [15] Gholizadeh, S., Mohammadkazemi, R. (2022); "International entrepreneurial opportunity: A systematic review, meta-synthesis, and future research agenda", *Journal of International Entrepreneurship*.
- [16] Hashemi, Z. (2019); "Investigation of the behavior of attracting human resources for research and development in knowledge-based companies in response to financial and tax policies: a case study of Iran", *Technology Development*, 7(3), pp. 124-91.
- [17] Jamali, B., Mohammadkazemi, R., Yadollahi farsi, J., Mobini, A. (2018); "Theories of opportunity creation and effective entrepreneurial actions in opportunity creation context", *Journal of Decision Science Letters*, 7(1), pp. 443-454.
- [18] Jarot, S., Astari, R. (2017); Evaluation of knowledge management system using technology acceptance model, proceeding of the electrical engineering computer science and informatics, 4(1).
- [19] Khamsa, A., Farahanifar, F., Forozan Mehr, M. (2020); *Technology transfer process management (a comprehensive view on: concepts, process, models, principles, negotiation and contracting, capabilities and technology transfer process management*, Karaj: Sarafraz, pp. 27-31.

- [20] Konjkav Monfared, A. (2020); "Analysis of the impact of technological innovation acceptance factors and resource commitment on knowledge management capabilities in order to increase competitive advantage (research sample: knowledge-based companies in Yazd province)", *organizational knowledge management*, 3(10), pp. 175-147.
- [21] Lei, L., Yuchen Y., Yuanchang, W. (2020); "The Impact of R&D Input on Technological Innovation: Evidence from South Asian and Southeast Asian Countries", *Discrete Dynamics in Nature and Society (DDNS)*, 2020, Article ID 6408654.
- [22] Luenendonk, M. (2019); "Research and Development (R&D)", overview and process, <https://www.cleverism.com/rd-research-and-development-overview-process>, Last updated on September 18.
- [23] Mansouri, S., Vazifeh, Z., Yousefi, J. (2017); "Prioritization of drivers of effective factors in the direction of the development of knowledge-based companies in Kerman province", *Entrepreneurship Development Scientific Research Quarterly*, (36), pp. 319-338.
- [24] Mc Nerney, J., Doyne Farmer, J., Redner, S., E Trancik, J. (2011); "The role of design complexity in technology improvement", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 108 (22), pp. 9008-9013.
- [25] Miyazaki, K., Kijima, K. (2000); "complexity in technology management", *Technological Forecasting and Social change*, 64(1), 39-54.
- [26] Mohammadzadeh, Parviz; Sojudi, S., Mehdizadeh, Y. (2013); "Study of factors affecting the research and development activities of Iranian industrial enterprises; application of discrete regression models", *Science and Technology Policy Quarterly*, 4(4), pp. 6-94.
- [27] Mohammadkazemi, R. Nikraftar, H. Yadollahi Farsi, J. Ahmadpour, M. (2019); "The Concept of International Entrepreneurial Orientation in Competitive Firms: A Review & A Research Agenda", *International Journal of Entrepreneurship*, 23(3).
- [28] Molepo, P. M., Marnewick, A., Joseph, N. (2019); "Complexity factors affecting research and development projects duration", 2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), Atlanta, GA, USA, pp. 1-6.
- [29] Mubarak, M. F., Shaikh, F. A.; Mubarik, M., Samo, K. A.; Mastoi, S. (2019); "The Impact of Digital Transformation on Business Performance, A Study of Pakistani SMEs", *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(2).
- [30] Nafisi, F., MohammadKazemi, R. (2023); "Providing an open innovation model for high-tech startups in the unit of industries related to information technology", *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*. Doi: 10.22075/ijnaa.2023.29764.4339.
- [31] Nepelski, D., De Prato, G. (2020); "Technological complexity and economic development", *Review of Development Economics*. 24(2), pp. 448-470.
- [32] OECD. (2015); *Frascati manual 2015: guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*.
- [33] Ostadi, B., Sadri, M. (2020); "Identification and prioritization of performance evaluation indicators of knowledge-based companies", *Innovation and Value Creation Quarterly*, 9(18), pp. 69-80.
- [34] Pakniat, M., Ansari, R., Shahin, A. (2016); "Analysis of the impact of technological innovation capabilities on technology commercialization and the performance of knowledge-based companies in Isfahan province", *Innovation Management*, 5(3), pp. 59-84.
- [35] Qazi Nouri, S. S., Bamdad Sufi, J., Radaei, N. (2016); "Investigating the behavior and performance of Iranian knowledge-based companies with a taxonomy approach", *Technology Development Management Quarterly*, 4(3), pp. 9-32.
- [36] Radfar, R., Khamsa, A. (2017); *Technology management: a comprehensive view on technology, innovation and commercialization*, second edition. Tehran: Scientific and Cultural Publishing Company.
- [37] Rannikko, H. (2012); *Early Development of New Technology-Based Firms, Longitudinal Analysis on New Technology- Based Firms' Development from Population Level and Firm Level Perspectives*, Hanken School of Economics.
- [38] Shirazi, H., Hashemzadeh Khorasgani, G. R., Radfar, R., Tarabi, T. (2019); "The role of organizational resources and innovation capability in creating competitive advantage of new knowledge-based companies by moderating technology commercialization performance", *Innovation Management*, 7(4), pp. 115-134.
- [39] Su, Y., Li, M. (2021); "Applying Technology Acceptance Model in Online", *Entrepreneurship Education for New Entrepreneurs, Front, Psychol*, 2(9), pp. 34-66.
- [40] Torabzadeh, M. S., Sajjadih, A., Hijazi Fard, S. (2018); "Identifying Organizational Factors Affecting Research and Technology Management of Knowledge-Based Organizations in Iran", *Public Administration Perspective*, 9(35), pp. 56-88.
- [41] Vaesen, K., Houkes, H. (2017); "complexity and technological evolution: what everybody knows", *springer, Biology & Philosophy*, 32(3), pp. 1245-1268.

- [42] Yahyai, M., Hassanzadeh, A. (2018); "*Presenting the technology commercialization model in knowledge-based companies in the field of ICT*", Investment Knowledg, 7(26), pp. 63-82.
- [43] Zarei Mahmoudabadi, M., Tahari Mehrjardi, M. H., Mahdovian, A. (2014); "*Evaluation of research and development activities in Iran data coverage analysis approach*", Industrial Management, 6, pp. 55-74.

