"Research Article"

10.71737/JPM.2025.306-3549

# Proposing a Model to Examine the level of the Technological Complexity of Research and Development Activities in Knowledge-Based Companies: A Case Study of Companies in Golestan Science and Technology Park

*Gholamali Shahmoradi[1], Tghi Torabi[2*], Reza Radfar[3], Mohammad Hasan Cheraghali[4]*

(Received:2023.06.07 - Accepted:2023.08.07 )

## Abstract

Today, the research activities of knowledge-based companies are considered important sources of transformation in the fields of technology and knowledge production. The more advanced the level of these activities and the higher their technological complexity are, the more innovative and competitive products grow. The present study was conducted with the aim of providing a model for determining the level of technological complexity of research and development in knowledge-based companies. In terms of its purpose, this research is part of applied research, and regarding methodology, it is in the category of mixed research. In the qualitative section, the data was collected from the literature review and semi-structured interviews with 20 experts in the field of research and development. First, seven categories were extracted for the complexity levels of research and development, and the Frascati category (including basic research, applied research, and experimental development) was selected based on the experts' opinions. Then, during three stages of coding (open, central and selective), the influential factors in determining the level of complexity were identified and the research model was formed. In the quantitative part, the data was collected from a sample of 290 people from the target statistical population (Golestan Science & Technology Park) through a researcher-made questionnaire. Then, the data was analyzed and model fit test using structural equation modeling method, was conducted. The data analysis was done using smart pls3 software. The results indicated a suitable fit of the data with the final model, including complexity levels and 91 effective indicators in determining complexity levels. This model can be a suitable tool for research and development departments of knowledge-based companies, in order to improve the level of research and development based on global standards and create transformation in the fields of technology and knowledge production and increase added value.

**Key Words:**complexity,research and development,technology,knowledge base

1. Ph.D. Candidate, Department of Technology Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*. Corresponding Author: t-torabi@srbiau.ac.ir
3. Professor, Department of Technology Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Planning, Administrative Sciences and Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

## 1.Introduction

Today, knowledge-based economy is considered one of the important and influential areas in the economic development and growth of countries. In this regard, knowledge-based companies, which are known as the main engine of economic growth and development, play an important role in the growth of the knowledge-based economy. During the recent decades, industrial developments and innovations have resulted from innovative and creative activities in knowledge-based companies. Research and development activities make it possible for knowledge-based companies to adapt to the changes and fluctuations in the market through efficient methods, offer new products and achieve sustainable competitive advantages. The more innovative and creative the research and development activities in knowledge-based companies are, the more advanced technologies and higher technological capabilities become available, leading to the production of new more competitive products and services., and increased productivity. An important factor that has led developed countries to be the leaders in the knowledge-based economy is the performance of advanced and fundamental research and development activities, which has improved the efficiency and effectiveness of activities and the production of innovative products with advanced technologies. This has resulted in the growing share of knowledge-based economy in these countries.

## 2. Literature Review

Brockel (2018) conducted a study titled “Measuring technological complexity- current approaches and a new measure of structural complexity”. In this research, while examining two existing empirical measures of technological complexity, including the reflection approach (Hidalgo &Hausman, 2009) and the knowledge synthesis difficulty approach (Fleming & Sorenson, 2001), a new approach of structural complexity is presented , and then, using these three approaches, Five indicators are provided to measure the complexity of technology based on the criteria of increasing complexity over time, larger research and development, collaborative research and development, and spatial concentration. Amsden and Tchang (2003) conducted a study titled “A

New Approach to Assess the Technological Complexity of Different Classes of Research and Development" (with examples from Singapore). In this research, a framework for classifying activities that take place in the form of research and development in different countries has been presented. To determine the framework, the five classifications of research and development, including pure science, basic research, applied research, exploratory development and advanced development were used, and eight criteria were used to identify the type of activity class and to determine the level of complexity, including research search, research objective, outputs, performance, time horizon, used techniques, required qualifications and the scope of the work are presented.

## 3. Methodology

The current study is applied research with a mixed-method approach for data collection which was carried out qualitatively and quantitatively. The statistical population of the qualitative part of the research included 20 experts in the field of research and development and specialists of knowledge-based companies who were selected using the snowball sampling method. The desired data was collected through the semi-structured interviews, and the sampling method was theoretical saturation which ended with the interview of the 20th participant. Also, the statistical population of the quantitative part of the research included managers and experts of companies in Golestan Science and Technology Park, and its statistical sample was determined by simple random sampling and sample size table. Library and interview data were used to collect the qualitative data. Also, a researcher-made questionnaire was used to collect the data in the quantitative part of the study, which was designed based on the findings of the qualitative part of the research. To analyze the data of the qualitative section, content analysis and three stages of coding (open, central and selective) were used. Also, for the quantitative data analysis, structural equation modeling method was used with smart pls3 software.

## 4. Result

The results of the present research can be actually a comprehensive solution to solve the problem of the lack of advanced and complex

research and development activities in most Iranian knowledge-based companies. In the proposed model, to determine the level of technological complexity of the research and development activities, 91 criteria in the form of six constructs (causal factors, background factors, intervening factors, central category, strategies and consequences) were identified and approved. These criteria include: 18 causal factors, 15 contextual factors, 11 intervening factors, 11 central factors, 21 strategy items and finally 15 consequence items.

## 5. Discussion

Previously, Amsden and Tchang (2003) identified only eight criteria to determine the level of technological complexity of research and development activities (i.e., research search, research objective, outputs, performance, time horizon, used techniques, required competencies and work size) and were indifferent to the role of other factors. Unlike the current research criteria, these eight criteria are only experimental criteria and do not include theoretical criteria, and due to the small number of produced criteria, they lack the necessary comprehensiveness to determine the level of complexity, and therefore, may produce inaccurate results. Zarei Mahmoudabadi et al. (2013) also identified factors that are effective in evaluating research and development activities in the form of two categories of input factors and output factors. These factors play a role in the level of complexity of research and development activities, but their number is limited to only six factors (including the number of enrollments in science and engineering fields, the number of R&D researchers, R&D costs, the number of scientific and engineering articles, received international patents and export of advanced technology) which is not enough to measure the level of complexity of research and development activities. Mohammadzadeh et al. (2013) have also identified and introduced very limited factors (including human capital, company size, profitability, industry concentration and non-governmental ownership) that are effective on the research and development activities of companies. Therefore, the literature review showed that the studies conducted regarding the research and development activities of knowledge-based companies were not comprehensive enough.

((مقاله پژوهشی))

10.71737/JPM.2025.306-3549

# ارائه مدل تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان (مورد مطالعه: شرکت‌های مستقر در پارک علم و فناوری گلستان)

غلامعلی شهمرادی[۱]، تقی ترابی*[۲]، رضا رادفر[۳]، محمد حسن چراغعلی[۴]

( دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷- پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۵/۱۶)

## چکیده

امروزه فعالیت‌های تحقیقاتی شرکت‌های دانش‌بنیان، از منابع مهم ایجاد تحوّل در حوزه‌های تکنولوژی و تولید دانش محسوب می‌شوند. هر چه سطح این فعالیت‌ها پیشرفته‌تر و میزان پیچیدگی فناورانهٔ آن‌ها بالاتر باشد، امکان عرضه محصولات نوآورانه‌تر و قابل رقابت‌تر بیشتر می‌شود.هدف پژوهش حاضر ارائه مدل تعیین سطح پیچیدگی فناورانهٔ تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان انجام شد. این تحقیق از نظر هدف جزو پژوهش-های کاربردی و از منظر روش‌شناسی در دسته پژوهش‌های آمیخته قرار دارد. در بخش کیفی با رویکرد نظریه داده‌بنیاد، داده‌ها از مرور ادبیات و انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۲۰ نفر از خبرگان حوزه تحقیق و توسعه، گردآوری شد. ابتدا ۷ دسته‌بندی برای سطوح پیچیدگی تحقیق و توسعه استخراج و با نظر خبرگان، دسته‌بندی فراسکاتی( شامل تحقیق بنیادی، تحقیق کاربردی و توسعهٔ تجربی) انتخاب گردید. سپس طی سه مرحله کدگذاری(باز، محوری و انتخابی)، عوامل تأثیرگذار در تعیین سطح پیچیدگی شناسایی شدند و مدل پژوهش شکل گرفت. در بخش کمّی از طریق پرسشنامه محقق‌ساخته، از نمونه ۲۹۰ نفر از جامعه آماری مورد نظر(پارک علم و فناوری گلستان)، داده‌ها گردآوری شد، سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها و نیز آزمون برازش مدل با شیوه مدل‌سازی معادلات ساختاری و با نرم افزار smart pls3 انجام شد. نتایج، حاکی از برازش مناسب داده‌ها با مدل نهایی ( شامل سطوح پیچیدگی و ۹۱ شاخص مؤثر در تعیین سطوح پیچیدگی) داشت. این مدل می‌تواند ابزار مناسبی برای بخش‌های تحقیق و توسعهٔ شرکت‌های دانش‌بنیان، به‌منظور ارتقای سطح تحقیق و توسعه بر اساس استانداردهای جهانی و ایجاد تحول در حوزه‌های تکنولوژی و تولید دانش و افزایش ارزش‌افزوده باشد.

**واژه‌های کلیدی:**پیچیدگی، تحقیق و توسعه، تکنولوژی، دانش‌بنیان

۱.دانشجوی دکتری گروه مدیریت تکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران
gh.shahmoradi2@gmail.Com
۲. دانشیار گرو اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
نویسنده مسؤول:t-torabi@srbiau.ac.ir
۳.استاد گروه مدیریت تکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران r.radfar@srbiau.ac.ir
۴.استادیار گروه برنامه‌ریزی علوم اداری و مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران m_cheraghali@azad.ac.ir

## مقدمه

امروزه، اقتصاد دانش‌بنیان یکی از حوزه های مهم و تأثیرگذار در توسعه و رشد اقتصادی کشورها محسوب می‌شود. در این راستا، شرکت های دانش بنیان که به عنوان موتور اصلی رشد و توسعه اقتصادی شناخته شده‌اند، نقش مهمی در رشد اقتصاد دانش‌بنیان دارند(داسیلوا[1] و همکاران، ۲۰۱۶). طی دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های صنعتی و نوآوری‌ها، ناشی از فعالیت‌های نوآورانه و خلاقانه در شرکت‌های دانش‌بنیان بوده است(هاشمی، ۱۳۹۸). فعالیت‌های تحقیق و توسعه این امکان را فراهم می‌کنند تا شرکت‌های دانش‌بنیان بتوانند خود را از طریق روش‌های کارآمد، با تغییرات و نوسانات موجود در بازار تطبیق دهند و محصولات جدیدی را عرضه نمایند و به مزیت‌های رقابتی پایدار دست یابند(فرری[2] و همکاران، ۲۰۲۱). هر چه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان نوآورانه‌تر و خلاقانه‌تر باشند، امکان دستیابی به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر و قابلیت‌های تکنولوژیکی بالاتر فراهم شده و منجر به تولید محصولات و خدمات جدید رقابتی‌تر و افزایش تولید و بهره‌وری می‌گردد. عامل مهمی که سبب پیشرو بودن کشورهای توسعه یافته در اقتصاد دانش‌بنیان گردیده، انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ پیشرفته و بنیادی است که سبب بهبود کارایی و اثربخشی فعالیت ها و تولید محصولات نوآورانه با تکنولوژی‌های پیشرفته شده و نتیجه آن رشد فزاینده سهم اقتصاد دانش بنیان در این کشورها بوده است(جاروت و استاری[3]، ۲۰۱۷).

در ایران علیرغم این‌که شرکت‌های دانش‌بنیان زیادی در حوزه‌های مختلف مشغول فعالیت هستند، ولی شواهد متعددی وجود دارد که اثبات می‌کند فقدان فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ پیشرفته و پیچیده در اکثر این شرکت‌ها، یک مسئله جدّی است. یکی از این شواهد این است که سهم اقتصاد دانش‌بنیان از اقتصاد کشور بسیار پایین بوده و ایران در شاخص اقتصاد داشن‌بنیان در بین کشورهای جهان جایگاه مناسبی ندارد( فلاح و سلامی، ۱۳۹۵). از جمله شواهد دیگر می‌توان به نتایج ارزیابی شرکت‌های دانش‌بنیان مندرج در سایت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری(رویت شده در پنجم اسفند ۱۴۰۱)، اشاره کرد. بر اساس نتایج این ارزیابی، از مجموع ۸۱۲۶ شرکت دانش‌بنیان ثبت شده در سطح کشور، فقط ۹۷۷ شرکت (یعنی ۱۲ درصد کل شرکت‌های دانش‌بنیان کشور) دارای محصولات و یا خدمات سطح یک تکنولوژی(دارای سطح پیچیدگی فنی بالا) هستند. همچنین بر اساس نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های دارای فعالیت تحقیق و توسعه که در سال ۱۳۹۹ توسط مرکز آمار ایران انجام شد، تنها ۸/۷۲ درصد از پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده

1. Da silva
2. Ferri
3. Jarot & Astari

توسط شرکت‌های دانش‌بنیان، تحقیقات بنیادی و پیشرفته بوده است. بنابراین می‌توان فقدان فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ پیشرفته و پیچیده در اکثر شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی را یک مسئله در نظر گرفت. پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج در مورد شرکت‌های دانش‌بنیان صورت گرفته که می‌توان آن‌ها را هم‌مسئله با پژوهش حاضر در نظر گرفت. مطالعات صورت گرفته، از جامعیت لازم برای حل مسئله عنوان‌شده برخوردار نبوده و خلأ مطالعاتی در خصوص شناسایی مجموعهٔ جامع‌تری از ویژگی‌ها و معیارها با رویکردهای نظری‌تر یا کار تجربی‌تر مشاهده شد. ادبیات پژوهش عمدتاً متمرکز بر محورهای مدل ارزیابی و بررسی عملکرد، عوامل کلیدی موفقیت، مدل مدیریت دانش، مدل ایجاد و توسعه، مدیریت منابع انسانی، مدیریت تکنولوژی، تجاری سازی تکنولوژی، توانمندی ها و ظرفیت نوآوری، نوآوری سازمانی و مدیریتی، مدل اکتساب و ادغام شرکت های دانش بنیان، هزینه های تحقیق و توسعه، فرهنگ سازمانی، مدل کسب و کار، انتقال تکنولوژی، مدل‌های پذیرش تکنولوژی و... در شرکت‌های دانش‌بنیان بوده و ادبیات پیرامون موضوع فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ پیشرفته و با پیچیدگی بالا از غنای لازم برخوردار نیستند. پژوهش حاضر با هدف ارائه مدلی برای تعیین سطح پیچیدگی فناورانه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان می‌تواند خلأ غنی‌بودن ادبیات پژوهش را پر کرده و راه‌حل مناسبی برای حل مسئله پژوهش باشد. مدل ارائه شده در پژوهش حاضر، امکان مقایسه و تطبیق فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ شرکت‌های دانش‌بنیان را با استانداردهای جهانی، به‌منظور توسعه و بهبود این فعالیت ها فراهم نموده تا شرایط ارتقای سطح تکنولوژی‌ها و تنوع آن‌ها و افزایش ارزش افزودهٔ حاصل از نتایج تحقیق و توسعه، فراهم گردد. مدل پژوهش حاضر، کمک می‌کند شرکت‌های دانش‌بنیان بتوانند با تعیین سطح پیچیدگی فناورانهٔ فعالیت‌های تحقیق و توسعه، شاخص‌های قابل بهبود خود را شناسایی نموده و با ارتقای آن‌ها به انجام فعالیت‌های تحقیق وتوسعه پیشرفته و پیچیده، به منظور دستیابی به محصولات و یا خدمات نوآورانه‌تر و رقابتی‌تر و نهایتاً افزایش سهم اقتصاد دانش‌بنیان مبادرت ورزند. بنابراین سئوال اصلی پژوهش حاضر این است که چه نوع مدلی برای تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک فعالیت های تحقیق و توسعه در شرکت های دانش‌بنیان مورد تأیید است؟

شرکت‌های دانش‌بنیان: به شرکت‌هایی اطلاق می‌شود که دانش و تکنولوژی، جزئی جدایی‌ناپذیر از دارایی آن‌ها محسوب می‌شود(جاروت و استاری، ۲۰۱۷). تعریفی که سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اروپا از شرکت‌های دانش‌بنیان ارائه داده عبارت است از: مجموعه‌ای از گروه‌های انسانی تحصیل کرده در مراکز علمی و تحقیقاتی که علاوه بر فراگرفتن علوم نظری و نظریه‌های علمی بتوانند علوم فراگرفته شده را به فعالیت‌های خالق ارزش و درآمدزا در قالب فعالیت‌های تجاری‌سازی تبدیل نمایند (قلیچ‌لی و مکانی، ۱۳۹۵). امروزه شرط بقای شرکت‌های دانش‌بنیان،

نوآوری مستمر در محصولات و فرآیندهای کاری است که در نتیجهٔ فعالیت‌های تحقیق و توسعه حادث می‌شود تا بتوانند پاسخگوی نیازهای روزافزون مشتریان باشند. نوآوری به‌عنوان پیشران و محرک کلیدی موفقیت در شرکت‌های دانش‌بنیان شناخته شده است. نوآوری که به‌طور گسترده به‌عنوان اختراع، توسعه و پیاده‌سازی ایده‌های جدید تعریف می‌شود، با مزیت‌های رقابتی شرکت‌ها و عملکرد مالی آن‌ها ارتباط نزدیکی دارد( شاکری و همکاران، ۱۴۰۱).

تحقیق و توسعه: تحقیق و توسعه به کار بدیع و خلاقانه‌ای گفته می‌شود که به طور نظام‌مند انجام شده 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 استفاده می‌شود(لوئندونک[1]، ۲۰۱۹). طبقه‌بندی‌های گوناگونی درباره سطوح پیچیدگی فناورانهٔ 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، توسعه تجربی طبقه‌بندی کرد.

پژوهش بنیادی کار و فعالیتی نظری یا تجربی است که اساساً برای دستیابی به دانش جدید صورت می گیرد ، بدون اینکه منظور از آن کاربرد یا استفاده خاصی باشد؛ این نوع پژوهش به منظور تدوین فرضیه ها، نظریه ها، قوانین و آزمودن آنها ، به تحلیل ویژگیها، ساختارها و روابط می پردازد.

پژوهش کاربردی نوعی تحقیق بدیع است که ضمن اینکه برای دستیابی به دانش جدید صورت می گیرد ، عمدتاً معطوف به یک هدف یا منظور عملی و مشخص است. پژوهش کاربردی یا به منظور تعیین راه های استفاده از یافته های پژوهش بنیادی اجرا می شود یا برای تعیین شیوه ها یا روش های جدید دستیابی به هدف های مشخص و از پیش معلوم صورت می گیرد.

توسعهٔ تجربی، کار و فعالیتی نظام مند است که با استفاده از دانش ناشی از پژوهش و تجربه عملی، خود نیز دانش افزون‌تری تولید می کند؛ دانشی که یا در مسیر تولید فرآیندها و فرآورده های جدید است یا فرآیندها و فرآورده‌های موجود را بهبود می بخشد(سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اروپا[2]، ۲۰۱۵).

پیچیدگی تکنولوژی: تکنولوژی یکی از ریشه‌های انواع پیچیدگی در سازمان‌ها محسوب می‌شود (یوگ و ماکسیمیانو[3]، ۲۰۱۳). پیچیدگی تکنولوژی در واقع به‌عنوان ویژگی بنیادین تکنولوژی است که بازتاب‌کننده ضمنی بودن و دستیابی نه چندان آسان به دانش تکنولوژیک می‌باشد. توسعهٔ

1. Luenendonk
2. OECD
3. Yugue & Maximiano

سریع تکنولوژی و عمر کوتاه تکنولوژی‌ها، عامل مؤثر در پیچیدگی تکنولوژی است. سطوح پیچیده تکنولوژی در واقع مدل مفهومی پایه‌ای است که به کمک آن می‌توان به ذهنیت نسبتاً شفافی از چگونگی تعمیق و توسعه تکنولوژی و یا به بیان روشن تر به مفهوم پیچیدگی در تکنولوژی دست یافت. پیچیدگی تکنولوژی‌ها به‌عنوان بعد حیاتی توسعه تکنولوژی و موفقیت اقتصادی محسوب می‌شود. توسعه اقتصادی کشور با توانایی آن در مشارکت موفقیت آمیز در فعالیت ها و تکنولوژی‌های پیچیده اقتصادی شکل می گیرد(بروکل[1]، ۲۰۱۸). اگر فعالیت‌های تحقیق و توسعه منجر به خلق محصولات نوآورانه و تکنولوژی‌های پیشرفته گردد، می‌توان گفت این فعالیت‌ها از سطح تکنولوژی و پیچیدگی علمی بالایی برخوردار بوده است. پیچیدگی زیاد و طول عمر کوتاه تکنولوژی که از ویژگی‌های مهم صنایع متکی به تکنولوژی‌های پیشرفته به حساب می‌آید، ناشی از تحقیق و توسعه است( رادفر و خمسه، ۱۳۹۶).

در جدول ۱ خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام شده پیرامون پژوهش حاضر، ارائه شده است.

**جدول شماره ۱: خلاصه پیشینه پژوهش**

**Table 1: Summary of the background of the research**

| محققین Researchers | انتشار Publication | نتایج Results |
|---|---|---|
| ارمغان، قائد شرفی و آقابیگی | ۱۴۰۱ | نوآوری باز یکی از عواملی اســت که در توسعه و ارتقای تکنولوژی نقش داشته و در بروز عواملی نظیر انعطاف در برابر تغییرات، بقا، رقابت پذیری و کاهش هزینه‌های مربوط به توسعه تکنولوژی و ایده پردازی تأثیرگذار می‌باشد. |
| عبداللهی، منطقی و خمسه | ۱۴۰۱ | شناسایی چهار بعد فناوری، ساختار، محیط و عدم قطعیت به‌عنوان ابعاد پیچیدگی ابرپروژه‌های فناورانه با ۱۴ مقوله و ۴۳ شاخص |
| شاکری، حسنی وعبدالملکی | ۱۴۰۱ | شناسایی ۱۱۰ عامل متمایز برای تعیین عملکرد نوآوری شرکت های دانش بنیان در قالب ۱۳ مفهوم |
| حاجی غلام سریزدی | ۱۳۹۹ | رصد تکنولوژی نه‌تنها شکاف تکنولوژی را کاهش نمی‌دهد بلکه با افزایش نرخ خروج شرکت‌ها، سبب افزایش شکاف می‌گردد و همچنین وجود ارتباطات بین‌الملل قوی به‌همراه رصد فناوری، شکاف فناوری را از طریق نوآوری بنیادین کاهش می‌دهد. |
| استادی و صدری | ۱۳۹۹ | شناسایی ۲۲ شاخص برای ارزیابی و سنجش عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان. شاخص‌های تعداد کارکنان، سطح تحصیلات کارکنان و ارزش‌افزوده ناشی از تکنولوژی به کار رفته در محصول دارای بیشترین اهمیت هستند. |
| سو و لی[2] | ۲۰۲۱ | سودمندی درک شده، سهولت استفاده درک شده و اعتبار درک شده تأثیر مثبتی بر قصد رفتاری کاربران دارد. مدل پذیرش فناوری پیشنهادی، برخی از پشتیبانی های فنی و نظری را برای کاربرد مدل پذیرش فناوری در تحقیق و توسعه فراهم می‌کند. |
| فرری و همکاران | ۲۰۲۱ | ادراک ریسک تأثیر منفی قوی بر قصد معرفی فناوری ابر در شرکت‌های دانش‌بنیان دارد. |

1. Broekel
2. Su & Li

| | | |
|---|---|---|
| | | این تأثیر تا حدی با سهولت درک شده استفاده از فناوری جبران می شود. |
| نپل‌اسکی و دپراتو[1] | ۲۰۲۰ | دو معیار تنوع تکنولوژی و فراگیربودن تکنولوژی‌های موجود، به‌عنوان معیارهای پیچیدگی تکنولوژی، به‌ترتیب تأثیر مثبت و منفی بر درآمد و رشد اقتصادی دارند. |
| لی[2] و همکاران | ۲۰۲۰ | هزینه‌های تحقیق و توسعه و ورودی نیروی انسانی در آسیای جنوبی و آسیای جنوب شرقی به طور قابل توجهی نوآوری تکنولوژی را ارتقا می‌دهند، امّا کارایی مخارج تحقیق و توسعه و ورودی نیروی انسانی که نوآوری های تکنولوژیکی را ترویج می کند پایین است و نیاز به بهبود دارد. |
| مولپو، مارنویک و جوزف[3] | ۲۰۱۹ | عوامل مختلفی در پیچیدگی پروژه تحقیق و توسعه نقش دارند. مدیریت ناکارآمد فرآیند مدیریت پروژه تحقیق و توسعه سبب تأخیر در پروژه‌های تحقیق و توسعه شده است. |
| بروکل | ۲۰۱۸ | ارائه پنج شاخص برای اندازه‌گیری پیچیدگی تکنولوژی بر اساس معیارهای افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق و توسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی و تمرکز فضایی با استفاده از سه رویکرد انعکاس، دشواری ترکیب دانش و پیچیدگی ساختاری . |
| جاروت و استاری | ۲۰۱۷ | سهولت استفاده از فناوری، کاربردی بودن فناوری و نگرش کاربران نقش مهمی در پذیرش فناوری در بخش تحقیق و توسعه دارند. |
| ویسن، هوکس[4] | ۲۰۱۷ | پیچیدگی ویژگی‌های فرهنگی، به‌ویژه ویژگی‌های فناوری، در طول نسل‌ها افزایش می‌یابند. نویسنده در این تحقیق استدلال نموده که شواهد معتبر کافی به نفع یا علیه نظریه پیچیدگی تکنولوژیک وجود ندارد |
| بچ[5] | ۲۰۱۶ | پیشنهاد یک چارچوب تحقیقاتی مبتنی بر مدل پذیرش فناوری برای سیستم‌های هوش تجاری در شرکت‌های دانش‌بنیان که با استفاده از مفاهیم مدیریت پروژه، کیفیت اطلاعات و استراتژی مبتنی بر تکنولوژی در شرکت‌ها گسترش می‌یابد. |
| اراسموس، روثمن و ون ادن[6] | ۲۰۱۵ | مدل ساختاری پیشنهادی برای پذیرش فناوری در شرکت‌های دانش‌بنیان، مسیرهای معناداری را از سودمندی ادراک شده سیستم اطلاعاتی تا نگرش نسبت به نیات رفتاری استفاده از آن را تأیید کرد. علاوه بر این، قصد رفتاری برای استفاده از سیستم، استفاده واقعی از آن را پیش‌بینی کرد. سهولت استفاده درک شده به طور غیرمستقیم بر نگرش‌ها و نیات رفتاری استفاده از طریق سودمندی درک شده از سیستم اطلاعاتی تأثیر می‌گذارد. |
| بابکین، لیپاتنیکو و موراویوا[7] | ۲۰۱۵ | رابطه مثبت و معناداری بین استراتژی نوآوری و عادت‌واره‌های کسب و کار وجود دارد؛ به عبارتی در این تحقیق همبستگی مثبت بین استراتژی‌های نوآوری و عملکرد شرکت به‌دست آمد. |
| رانیکو | ۲۰۱۲ | شناسایی و طبقه‌بندی سه گروه عامل که در رشد شرکت‌های جدید دانش‌بنیان تأثیرگذار هستند: ۱- عوامل فردی ( شامل سن، جنسیت، سابقه کار، سطح تحصیلات، تجربه مدیریتی، آموزش، مهارت‌های عملیاتی و تجربه‌های موفق و ناموفق) ۲- عوامل شرکتی( شامل سن شرکت، اندازه، وضعیت قانونی، مالکیت و ویژگی‌های مدیریتی) ۳- عوامل محیطی ( شامل عدم تجانس، آشفتگی، ساختار مشتری، پویایی محیطی، موقعیت مکانی شرکت، رقابت و انحصاری بودن) |

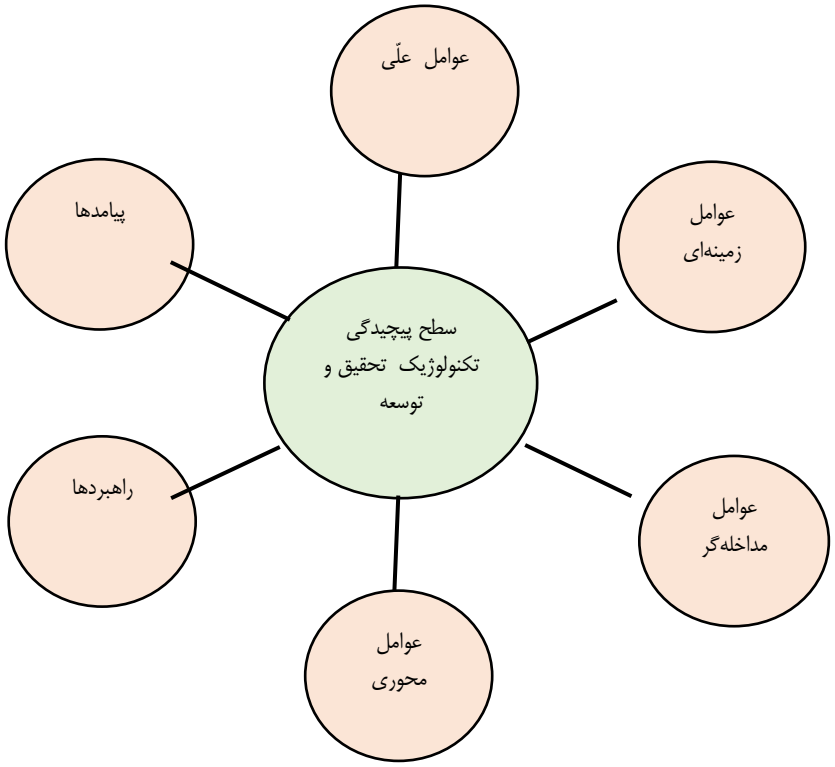
1. Nepelski & De Prato
2. Lei
3. Molepo, Marnewick & Joseph
4. Vaesen & Houkes
5. Bach
6. Erasmus, Rothmann & Van Eeden
7. Babkin, Lipatnikov & Muraveva

| | | |
|---|---|---|
| ام سی نرنی[1] و همکاران | ۲۰۱۱ | هرچه طراحی پیچیده تر باشد، سرعت بهبود فناوری آهسته‌تر است. همچنین نشان می‌دهد که رابطه بین هزینه کل فناوری و تعداد تلاش‌های نوآوری به طور مجانبی یک قانون قدرت است که با شکل عملکردی که اغلب برای داده های تجربی مشاهده می شود مطابقت دارد. |
| چن[2] و همکاران | ۲۰۱۱ | اثرات مثبت شاخص‌های پتنت و حق امتیاز، شدّت تحقیق و توسعه، حفاظت از حقوق مالکیت معنوی، ذخیره دانش و انباشت سرمایه انسانی بر کارایی تحقیق و توسعه. |
| امسدن و تچانگ[3] | ۲۰۰۳ | ارائه ۸ معیار( شامل جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، خروجی‌ها، عملکرد، افق زمانی، تکنیک‌های بکار رفته، صلاحیت‌های مورد نیاز و اندازه‌ی کار) برای ارزیابی پیچیدگی تکنولوژیک طبقه های مختلف تحقیق و توسعه |
| مایازاکی و کیجیما[4] | ۲۰۰۰ | بخش خودرو به دلیل رشد پیچیدگی داخلی و خارجی دستخوش تغییرات اساسی شده است. همچنین تجزیه و تحلیل نرخ و جهت ایجاد شایستگی بر اساس 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. |

با مطالعه ادبیات و استخراج متغیرهای مدل، شناخت اولیه‌ای از ابعاد پژوهش حاصل شد. هدف پژوهش حاضر ارائه مدل تعیین سطح پیچیدگی فناورانهٔ تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان انجام شد. لذا به‌منظور پیشنهاد مدل مفهومی پژوهش، روی شاخص‌های استخراجی از مرور ادبیات و روابط بین آن‌ها بررسی‌های لازم به عمل آمد و چندین مورد مقوله‌بندی مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً با عنایت به سؤالات پژوهش و با مشورت استادان، سطح پیچیدگی تکنولوژیک تحقیق و توسعه به‌عنوان مقوله کلان و عوامل علّی، عوامل مداخله‌گر، عوامل زمینه‌ای، مقوله محوری، راهبردها و پیامدها به‌عنوان ابعاد مدل(سازه‌ها) و عوامل استخراجی تأثیرگذار بر سطح پیچیدگی تحقیق و توسعه به‌عنوان متغییرهای آشکار مدل در نظر گرفته شدند.

بنابراین مدل مفهومی مناسب برای پژوهش حاضر در شکل ۲-۱ ارائه شده است.

1. McNerney
2. Chen
3. Amsden & Tschang
4. Miyazaki & Kijima




**شکل شماره ۱: مدل مفهومی پژوهش**
**Figure 1: Conceptual model of research**

## ابزار و روش

پژوهش حاضر یک پژوهش کاربردی است و از نظر جمع‌آوری داده از نوع ترکیبی بوده و به‌صورت کیفی و کمّی انجام شد. به طور کلی فرآیند انجام این پژوهش دارای سه فاز مختلف است: ۱– مرور ادبیات به‌منظور شناسایی ابعاد و مؤلفه های مدل و ارائه مدل مفهومی اولیه پژوهش. ۲– انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختارمند با خبرگان و تجزیه و تحلیل کیفی داده‌ها با استفاده از رویکرد نظریه داده‌بنیاد به‌منظور تکمیل و استخراج مؤلفه های مدل ۳– طراحی پرسشنامه، توزیع و جمع‌آوری آن‌ها، بررسی و تحلیل داده‌ها با روش مدل سازی معادلات ساختاری و نهایتاً ارائه مدل نهایی. جامعه آماری بخش کیفی پژوهش، شامل ۲۰ نفر از خبرگان حوزه تحقیق و توسعه و متخصصین شرکت‌های دانش‌بنیان است که با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند. خبرگان مذکور دارای تحصیلات کارشناسی و بالاتر و نیز سابقه کاری بیش از پنج سال در حوزه تحقیق و

توسعه هستند. با روش مصاحبه نیمه‌ساختارمند اطلاعات مورد نظر گردآوری شد و روش نمونه گیری نیز اشباع نظری است که مصاحبه تا نفر بیستم ادامه یافت. همچنین جامعه آماری بخش کمّی پژوهش، شامل مدیران و کارشناسان شرکت های مستقر در پارک علم و فناوری گلستان هستند که با روش نمونه گیری ساده تصادفی و جدول حجم نمونه تعیین شد. طبق فرمول کوکران حداقل حجم نمونه از جامعه آماری ۲۱۵ نفر استخراج شد، امّا برای اطمینان بیشتر ۳۰۰ پرسشنامه توزیع شد که در نهایت تعداد ۲۹۰ پرسشنامه تکمیل و جمع آوری گردید.

برای گردآوری داده‌های کیفی از ابزار کتابخانه و مصاحبه استفاده شد؛ در ابتدا، حدود ۲۰۰ سند شامل کتب، مقالات و پایان نامه‌های مرتبط، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند؛ بدین منظور برای دستیابی به اسناد قابل استفاده، ابتدا از پایگاه‌های داده معتبر پژوهش‌هایی که مرتبط بودند، استخراج گردیدند. سپس در چند نوبت غربالگری بر روی آنها صورت گرفت و اسناد نهایی انتخاب شدند. در مرحله دوّم، برای استخراج عوامل مؤثر در تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان، با ۲۰ نفر از خبرگان تحقیق و توسعه و متخصصان حوزه‌های دانش‌بنیان مصاحبه انجام شد؛ مصاحبه از نوع مصاحبه های نیمه‌ساختارمند بود که سؤالات مصاحبه از قبل مشخص شده از تمام پاسخ‌دهندگان پرسیده شد. برای اطمینان از دستیابی به اشباع نظری، سه مصاحبه دیگر نیز انجام شد و داده‌های مربوط به آنها مورد تحلیل قرار گرفت که به کشف مفاهیم و مقوله‌های جدیدی منجر نشد.

همچنین ابزار مورد استفاده برای گردآوری داده های بخش کمّی، پرسشنامه محقق‌ساخته بود که بر اساس یافته های بخش کیفی پژوهش طراحی شد. برای ارزش‌گذاری سئوالات پرسشنامه از طیف لیکرت استفاده شد. برای اعتبارسنجی بخش کیفی پژوهش، روش بازبینی توسط مصاحبه شوندگان و بررسی خبرگان غیر شرکت کننده در مصاحبه ( ۳ نفر از افراد خبره حوزهٔ دانش بنیان و ۳ نفر از متخصصان حوزه تحقیق و توسعه) به‌کار گرفته شد و پس از دریافت نظرات خبرگان، اصلاحات لازم انجام شد. برای سنجش پایایی بخش کمّی پژوهش، از شاخص‌های پایایی ترکیبی و آلفای کرونباخ استفاده شد. در مورد این دو معیار مقادیر بالاتر از ۰/۷ نشانگر پایایی قابل قبول در نظر گرفته شد. همچنین برای سنجش روایی بخش کمّی پژوهش، معیارهای روایی همگرا و روایی واگرا به کار گرفته شد. معیار رایج برای سنجش روایی همگرا در سطح سازه، میانگین واریانس استخراج شده[1] است. اگر این معیار برابر ۰/۵ یا بالاتر باشد، مفهومش این است که به طور متوسط، سازه بیش از نیمی از واریانس معرف‌های متناظر را تبیین می‌کند. برای سنجش روایی واگرای مدل اندازه

1. AVE: Average variance extracted

گیری، معیار فورنل و لارکر به‌کار شد. بر اساس این معیار، مقدار روایی واگرا وقتی قابل قبول است که میزان میانگین واریانس استخراج شده برای هر سازه در مدل بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن سازه و سایر سازه‌ها باشد.

برای تجزیه و تحلیل داده های بخش کیفی از روش تحلیل محتوای کیفی و انجام مراحل سه‌گانه کدگذاری(باز، محوری و انتخابی) استفاده شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده های کمّی، روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با نرم افزار smart pls3 به کار گرفته شد.

## یافته‌ها

در بخش کیفی پژوهش، ابتدا برای تعیین سطوح پیچیدگی تکنولوژیک تحقیق و توسعه، دسته–بندی‌های مختلف بررسی شدند و نهایتاً با نظر خبرگان، دسته‌بندی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اروپا( دسته‌بندی فراسکاتی)، برای پژوهش حاضر انتخاب شد. دلیل این انتخاب این بود که این دسته‌بندی یک دسته‌بندی استاندارد و فراگیر بوده و تعاریف آن به صورت شفاف در راهنمای فراسکاتی آورده شده و در خیلی از کشورها از جمله ایران برای انواع تحقیق و توسعه استفاده می‌شود. بر اساس این دسته‌بندی، انواع فعالیت‌های تحقیق و توسعه از حیث پیچیدگی فناورانه به سه دسته تحقیق بنیادی، تحقیق کاربردی و توسعهٔ تجربی تقسیم می‌شوند. بعد از تعیین سطوح پیچیدگی، داده‌های گردآوری شده از مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و طی مراحل سه‌گانه کدگذاری، نتایج مورد نظر حاصل گردید.

کدگذاری باز: در این مرحله ابتدا متن هر مصاحبه و اسناد نهایی شده از مرور ادبیات خوانده شد و برای هر نکته کلیدی یک کد باز تخصیص یافت. جمعاً در این مرحله ۱۶۸ کد ( شامل ۷۳ کد باز از بررسی و مطالعه اسناد و ۹۵ کد از مصاحبه با خبرگان ) استخراج شد. در جدول شماره ۳ کدهای مذکور ارائه شده است.

**جدول شماره ۳: کدهای باز استخراج شده از مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان**

**Table 3: Open codes extracted from literature review and expert interviews**

| منابع کد<br>Code sources | کدهای باز<br>Open codes | تعداد کد<br>Number of codes |
|---|---|---|
| (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۱۵) | بدیع بودن فعالیت، خلاقانه بودن فعالیت، عدم قطعیت نتیجه، نظام مندی، انتقال پذیری نتایج | 5 |
| (امسدن و تچانگ، ۲۰۰۳) | جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، خروجی ها، عملکرد، افق زمانی، تکنیک های بکار رفته، صلاحیت های مورد نیاز، اندازه کار | 8 |
| (بروکل، ۲۰۱۸) | پیچیدگی ساختاری، دشواری ترکیب دانش، افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق وتوسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی، تمرکز فضایی | 6 |
| (خمسه و عصاری، ۱۳۹۸) ، (اصغری و همکاران، ۱۳۹۹)، (جاروت و استاری، ۲۰۱۷)،(سو و لی ۲۰۲۱) ، (مبارک و همکاران، ۲۰۱۹)،( ویسن و هوکس، ۲۰۱۷) | سطح ریسک، هزینه اکتساب، فرهنگ بنگاه ، اعتبار حاصل از تکنولوژی، آشنایی با تکنولوژی و بازار، اندازه/ قدرت شرکت، چرخه عمر تکنولوژی، پیچیدگی تکنولوژی، توانایی نسبی سازمان در تکنولوژی مورد نظر، کدپذیری تکنولوژی ، نحوه ارتباط با شرکت | 11 |
| (تراب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷)، (کنجکارمنفرد، ۱۳۹۹) ، (هاشمی ، ۱۳۹۸) ، (کشاورز و همکاران، ۱۴۰۰) ، (فرری و همکاران، ۲۰۲۱)، (یحیایی و حسن‌زاده، ۱۳۹۷) | هدف از همکاری، کشور مرجع(از نظر فرهنگی)، تمایل و توانایی گیرنده تکنولوژی نسبت به تأمین الزامات دارنده تکنولوژی، ثبت اختراع و مالکیت فکری، کنترل دارنده تکنولوژی بر نحوه استفاده از تکنولوژی توسط گیرنده، اثر رقابتی (استراتژیک) تکنولوژی، سیاست‌های پشتیبانی دولت، زیرساخت، سطح بلوغ تکنولوژیکی | 9 |
| (پاک‌نیت و همکاران، ۱۳۹۵) ، (منصوری و همکاران، ۱۳۹۶) ، (قاضی‌نوری و همکاران، ۱۳۹۵) ، (بج، ۲۰۱۶) | قابلیت تعریف مفاد همکاری، قابلیت تقسیم سرمایه، ضرورت دستیابی سریع به تکنولوژی موردنظر،نوع دوره زمانی،قابلیت حفاظت ازتکنولوژی، کیفیت نیروی کار، پتانسیل یادگیری، استراتژی بنگاه، راحتی مدیریت | 9 |
| (اراسموس و همکاران، ۲۰۱۵)، (ویسن و هوکس، ۲۰۱۷)، ( اَمسی‌نرنی و همکاران، ۲۰۱۱)، (حاجی‌غلام سریزدی، ۱۳۹۹ )، (عبدالهی، منطقی و خمسه، ۱۴۰۱) | ایمنی، محیط زیست، نوآوری، بستر سازی فرهنگی، وابستگی به تکنولوژی، سطح تعهدات، دسترسی به بازار، نشت دانش، رصد تکنولوژی، در دسترس بودن اطلاعات، تعداد و تنوع تکنولوژی | 11 |
| (نپل‌اسکی و دپراتو، ۲۰۲۰)، (رانیکو، ۲۰۱۲ )، (چن و همکاران، ۲۰۱۱) | تنوع تکنولوژی ، فراگیربودن تکنولوژی‌های موجود، انحصاری بودن، شدّت تحقیق و توسعه، حقوق مالکیت معنوی، ذخیره دانش و انباشت، سرمایه انسانی | 7 |
| (زارعی محمودآبادی و همکاران، ۱۳۹۲)،(استادی و صدری، ۱۳۹۹) | سطح تحصیلات کارکنان R&D،تعداد ثبت‌نام در رشته‌های علوم و مهندسی، تعداد محققان تحقیق و توسعه، هزینه تحقیق و توسعه، تعداد مقاله‌های علمی ومهندسی، پتنت‌های دریافتی بین‌المللی و صادرات تکنولوژی پیشرفته | 7 |
| مصاحبه ۱ | سرعت تحول، ارزش افزوده فناوری، متمایز بودن از رقبا، قدرت رقابت پذیری فناوری، ظرفیت انتقال دانش جدید | 5 |
| مصاحبه ۲ | همسویی تحقیق و توسعه با استراتژی سازمان، فرآیندهای کاری، کاربردی بودن تحقیقات، محدودیت های تحقیق و توسعه | 4 |
| مصاحبه ۳ | منابع مالی و سرمایه ای، منابع فیزیکی و ساختاری ، تضمین آینده شغلی، دستیابی به فناوری پیشرفته، تجاری‌سازی نتایج تحقیق و توسعه، هوشمندی تکنولوژی | 6 |

| | | |
|---|---|---|
| مصاحبه ۴ | حس تعلق، علاقمندی سازمان به فناوری، پایبندی به سازمان، نیاز به فناوری انتخاب شغلی مناسب | 5 |
| مصاحبه ۵ | آموزش و توانمندسازی پرسنل، تبادل اطلاعات، کارا نمودن سازمان تحقیق و توسعه، طراحی و بودجه گذاری مناسب | 4 |
| مصاحبه ۶ | زیرساخت فنی، عوامل پشتیبانی، دستورالعمل‌ها و قوانین، آموزش شغلی، مهارت‌های فناوری، منبع نوآوری | 6 |
| مصاحبه ۷ | دانش و اطلاعات شغلی، ارتقاء شغلی، مهارت‌های حل مساله ، فضای خلاق | 4 |
| مصاحبه ۸ | شناخت سازمانی، مشارکت در جلسات کارکنان، تبادل اطلاعات، سازگاری محیطی با فناوری، نگرش شغلی به فناوری | 5 |
| مصاحبه ۹ | نیروی انسانی متخصص، دانش کارکنان از چشم انداز سازمانی، آمادگی جهت بکارگیری فناوری | 3 |
| مصاحبه ۱۰ | اهمیت شغلی، تناسب اهداف فناوری با سازمان، رسالت و مأموریت‌های سازمانی | 3 |
| مصاحبه ۱۱ | ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، اثرات زیست محیطی، منبع نوآوری، زیرساخت های فناورانه، نوآوری باز | 5 |
| مصاحبه ۱۲ | نوع دوره زمانی، کیفیت محصولات و پایایی آنها، خلق فرصت های جدید، موفقیت کسب و کار | 4 |
| مصاحبه ۱۳ | غیرتکراری بودن تکنولوژی، کاربران ماهر و متخصص، رشد سریع، ظرفیت جذب، پیچیدگی و گستردگی دانش تولیدی | 5 |
| مصاحبه ۱۴ | گستردگی کاربرد فناوری، توانمندسازی سازمان، شدّت تحقیق و توسعه، جهانی سازی فعالیت تحقیق و توسعه | 4 |
| مصاحبه ۱۵ | سیاست های حمایتی، میزان سرمایه گذاری تحقیق و توسعه، مدیریت ریسک، مهارت و تخصص استفاده کنندگان | 4 |
| مصاحبه ۱۶ | برگزاری کارگاه‌ها، دوره‌های آموزشی ، همسوسازی استراتژی‌ها، مزیت رقابتی ، اقتصاد مقاومتی | 5 |
| مصاحبه ۱۷ | سبک مدیریت و رهبری، تمرکز در تصمیم گیری، سطح تخصص و مهارت کارکنان، تفکر سیستمی، مهندسی معکوس | 5 |
| مصاحبه ۱۸ | تسهیم اطلاعات، بهبود توانایی، بازخورد، کاهش طبقاتی شغلی، خلاقیت سازمانی، اعتماد سازمانی، رضایت شغلی، توجه به استعدادها، تشویق به ایده سازی | 9 |
| مصاحبه ۱۹ | مشاوره به کارکنان، توانمند سازی، کاربران توانمند، بهبود مستمر، انعطاف پذیری | 5 |
| مصاحبه ۲۰ | انگیزه و تعهد کارکنان، سهولت استفاده از فناوری، سودمندی فناوری، نیروی کار متخصص و کیفی | 4 |
| | جمع کدها | 168 |

کد گذاری محوری: این کدگذاری بر اساس مدل پارادایمی استراووس و کوربین(۲۰۰۸) انجام شد. در جدول شماره ۴ نتایج کدگذاری محوری برای هر یک از سازه‌های مدل ارائه گردیده است.

**جدول شماره ۴: نتایج کدگذاری محوری**

**Table 4: Axial coding results**

| مقوله category | کد محوری Axial code |
|---|---|
| عوامل علّی Causal factors | تسهیم اطلاعات، بهبود توانایی، کاهش طبقاتی شغلی، خلاقیت سازمانی، اعتماد سازمانی، رضایت شغلی، توجه به استعدادها، تشویق به ایده سازی، مشاوره به کارکنان، توانمندسازی سازمان، کاربران ماهر و توانمند، سیاست های حمایتی، شدّت تحقیق و توسعه، ظرفیت جذب، طراحی و بودجه گذاری مناسب، میزان سرمایه گذاری تحقیق و توسعه، مهارت و تخصص استفاده‌کنندگان، عوامل پشتیبانی، منابع فیزیکی و ساختاری، منابع مالی و سرمایه‌ای، انگیزه و تعهد کارکنان، نیروی کار متخصص و کیفی، مهارت‌های حل مسأله، کیفیت نیروی کار، دانش کارکنان از چشم انداز سازمانی، اهمیت شغلی، ذخیره دانش، انباشت سرمایه انسانی، سطح تحصیلات کارکنان R&D، تعداد ثبت نام در رشته‌های علوم و مهندسی، تعداد محققان R&D، هزینه R&D، سیاست‌های پشتیبانی دولت و در دسترس بودن اطلاعات |
| عوامل زمینه‌ای Background factors | نوع دوره زمانی، استراتژی بنگاه، فرهنگ بنگاه، راحتی مدیریت، پیچیدگی تکنولوژی، افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق و توسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی، تمرکز فضایی، ایمنی، محیط زیست، راحتی، نوآوری، ایمنی و بهداشت حرفه ای، اثرات زیست محیطی، منبع نوآوری، بستر سازی فرهنگی، تمایل و توانایی گیرنده فناوری نسبت به تأمین الزامات دارنده فناوری، کنترل دارنده فناوری بر نحوه استفاده از فناوری توسط گیرنده، هدف از همکاری، قابلیت تعریف مفاد همکاری، قابلیت تقسیم سرمایه، ضرورت دستیابی سریع به فناوری مورد نظر، پیچیدگی ساختاری، دشواری ترکیب دانش، مدیریت ریسک، سبک مدیریت و رهبری، تمرکز در تصمیم گیری، تفکر سیستمی، رسالت و مأموریت‌های سازمانی |
| عوامل مداخله‌گر interfering factors | محدودیت‌های تحقیق و توسعه، زیر ساخت‌های فناورانه، دستورالعمل‌ها و قوانین، مهارت‌های فناوری، دانش و اطلاعات شغلی، شناخت سازمانی، مشارکت در جلسات کارکنان، سازگاری محیطی با فناوری، نگرش شغلی به فناوری، آشنائی با تکنولوژی و بازار، اندازه/ قدرت شرکت، سطح تخصص و مهارت کارکنان، کشور مرجع(از نظر فرهنگی)، زیرساخت فنی، بازخورد، دسترسی به بازار، فرآیندهای کاری، هزینه اکتساب، زیرساخت |
| پدیده محوری central phenomenon | دستیابی به فناوری پیشرفته (بدیع بودن فعالیت، خلاقانه بودن فعالیت، عدم قطعیت نتیجه، نظام مندی، انتقال پذیری نتایج تحقیق و توسعه، سرعت تحول، ارزش افزوده فناوری، متمایز بودن از رقبا، اعتبار حاصل از تکنولوژی، پتانسیل یادگیری، گستردگی کاربرد تکنولوژی، مزیت رقابتی، کدپذیری تکنولوژی، ظرفیت انتقال دانش جدید، غیرتکراری بودن تکنولوژی، رشد سریع، انحصاری بودن، تنوع تکنولوژی و فراگیربودن تکنولوژی‌های موجود) |
| راهبردها Strategies | نحوه ارتباط با شرکت، وابستگی به تکنولوژی، سطح تعهدات، نشت دانش، جستجوی تحقیق ، هدف از تحقیق، عملکرد، خروجی ها، تکنیک های بکار رفته، صلاحیت های مورد نیاز، اندازه ی کار، افق زمانی، منابع مالی، تضمین آینده شغلی ، حس تعلق، علاقمندی سازمان به فناوری، پایبندی به سازمان، نیاز به فناوری، کارا نمودن سازمان تحقیق و توسعه، انتخاب شغلی مناسب، برگزاری کارگاه‌ها، نوآوری، دوره‌های آموزشی، آموزش و توانمندسازی پرسنل، آموزش شغلی، ارتقاء شغلی، تبادل اطلاعات، مهندسی معکوس، بهبود مستمر، انعطاف پذیری، نوآوری باز، فضای خلاق، رصد تکنولوژی |
| پیامدها consequences | قابلیت حفاظت از فناوری، سطح ریسک، توانایی نسبی سازمان در فناوری مورد نظر، اثر رقابتی(استراتژیک) تکنولوژی، چرخه عمر فناوری، سهولت استفاده از فناوری، سودمندی فناوری، همسویی تحقیق و توسعه با استراتژی سازمان، آمادگی جهت بکارگیری فناوری، تناسب اهداف فناوری با سازمان، ثبت اختراع و مالکیت فکری، تجاری‌سازی نتایج تحقیق و توسعه، هوشمندی تکنولوژی، قدرت رقابت پذیری فناوری، کاربردی شدن تحقیقات، کیفیت محصولات و پایایی آنها، خلق فرصت¬های جدید، پیچیدگی و گستردگی دانش تولیدی، جهانی‌سازی فعالیت تحقیق و توسعه، همسوسازی استراتژی‌ها، اقتصاد مقاومتی، موفقیت کسب و کار، سطح بلوغ تکنولوژیکی، تعداد مقالات علمی و پژوهشی، پتنت‌های دریافتی بین‌المللی، صادرات تکنولوژی‌های پیشرفته |

کد گذاری انتخابی: در این مرحله با استفاده از یافته‌های مرحله کدگذاری محوری، مقوله‌هایی را که به بهبود و توسعه بیشتری نیاز داشت، تکمیل شد و عملیات حذف و ادغام کدهای تکراری و

کدهای دارای معانی یکسان انجام و نهایتاً ۹۷ کد نهایی استخراج شد. در جدول شماره ۵ نتایج این مرحله ارائه شده است.

**جدول شماره ۵: نتایج کدگذاری انتخابی**

**Table 5: Selective coding results**

| | |
|---|---|
| **عوامل علّی Causal factors** | تسهیم اطلاعات، بهبود توانایی، خلاقیت سازمانی، اعتماد سازمانی، توجه به استعدادها، تشویق به ایده‌سازی، مشاوره به کارکنان، توانمندسازی سازمان، کاربران ماهر و توانمند، سیاست‌های حمایتی، شدّت تحقیق و توسعه ، ظرفیت جذب، عوامل پشتیبانی، منابع فیزیکی و ساختاری، منابع مالی و سرمایه‌ای، انگیزه و تعهد کارکنان، نیروی کار متخصص و کیفی، تعداد محققان R&D، مهارت‌های حل مسأله |
| **عوامل زمینه‌ای Background factors** | استراتژی بنگاه، فرهنگ بنگاه، افزایش پیچیدگی در طول زمان، تحقیق و توسعه بزرگتر، تحقیق و توسعه مشارکتی، تمرکز فضایی، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، اثرات زیست محیطی، منبع نوآوری، بستر سازی فرهنگی، پیچیدگی ساختاری، دشواری ترکیب دانش، مدیریت ریسک، سبک مدیریت و رهبری، تمرکز در تصمیم‌گیری، تفکر سیستمی |
| **عوامل مداخله‌گر interfering factors** | محدویت‌های تحقیق و توسعه، دستورالعمل‌ها و قوانین، فرآیندهای کاری، دانش و اطلاعات شغلی، سازگاری محیطی با فناوری، آشنائی با تکنولوژی و بازار، اندازه/ قدرت شرکت، سطح تخصص و مهارت کارکنان، بازخورد، دسترسی به بازار، زیرساختهای فناورانه، مهارت‌های فناوری |
| **پدیده محوری central phenomenon** | دستیابی به فناوری پیشرفته ( بدیع بودن فعالیت، خلاقانه بودن فعالیت، عدم قطعیت نتیجه، نظام مندی، انتقال‌پذیری نتایج، سرعت تحوّل،گستردگی کاربرد فناوری، ارزش‌افزوده فناوری، متمایز بودن از رقبا، اعتبار حاصل از فناوری، تنوع تکنولوژی) |
| **راهبردها Strategies** | بهبود مستمر، انعطاف پذیری، نوآوری باز، فضای خلاق، وابستگی به تکنولوژی، رصد تکنولوژی، نشت دانش، تبادل اطلاعات، جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، عملکرد، خروجی ها، تکنیک های بکار رفته، صلاحیت‌های مورد نیاز، اندازه ی کار، افق زمانی، تضمین آینده شغلی، حس تعلق، نیاز به فناوری، کارا نمودن سازمان تحقیق و توسعه ، آموزش وتوانمندسازی پرسنل، ارتقاء شغلی، مهندسی معکوس |
| **پیامدها consequences** | جهانی شدن فعالیت R&D ، سطح ریسک، چرخه عمر تکنولوژی، سودمندی فناوری، همسویی استراتژی سازمان با تحقیق و توسعه، ثبت اختراع و مالکیت فکری، تجاری سازی نتایج R&D، هوشمندی تکنولوژی، قدرت رقابت‌پذیری فناوری، تعداد مقالات علمی و پژوهشی، کاربردی‌شدن تحقیقات،کیفیت محصولات و پایایی آنها، خلق فرصت‌های جدید، پیچیدگی و گستردگی دانش تولیدی، اقتصاد مقاومتی، موفقیت کسب و کار |

با توجه به ۹۷ عامل شناسایی شده در بخش کیفی پژوهش، پرسشنامه اصلی طراحی و بین جامعه آماری توزیع گردید. داده های ۲۹۰ پرسشنامه‌ی جمع‌آوری شده از جامعه آماری، با روش معادلات ساختاری و با کمک نرم افزارهای SPSS22 و Smart PLS3 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ارزیابی مدل های اندازه گیری

مدل اندازه‌گیری مشخص می‌کند که آیا سازه مورد نظر را به درستی می‌توان با گویه‌های شناسایی شده مورد سنجش قرار داد یا خیر. سه معیار پایایی، روایی واگرا و روایی همگرا برای ارزیابی مدل‌های اندازه‌گیری بررسی شد. معیار پایایی باید بالای ۰/۴ باشد تا مورد تأیید قرار گیرد

(گلاغیر[1] و دیگران، ۲۰۰۸). بارهای عاملی حاصل از اجرای مدل نشان داد که شش سنجهٔ ظرفیت جذب، دشواری ترکیب دانش، سازگاری محیطی با فناوری، تضمین آینده شغلی، ارتقای شغلی و سطح ریسک دارای بار عاملی کمتر از ۰/۴ هستند و بنابراین از مدل حذف شدند و مدل مجدد برازش داده شد. در مدل اصلاح شده، تمامی ۹۱ سنجه دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۴ بوده و بنابراین این ضرایب دارای مقدار مناسب و مورد تأیید هستند. معیارهای آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز برای سنجش پایایی به کار گرفته شد. در مورد این دو معیار مقادیر بالاتر از ۰/۷ نشان می‌دهد که پایایی مدل های اندازه گیری قابل قبول است. برای سنجش روایی همگرا از شاخص متوسط واریانس استخراج شده که نشان‌دهنده میزان همبستگی یک سازه با شاخص های خود است استفاده شد. مقادیر درج شده آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی و متوسط واریانس استخراج شده در جدول ۶، نشان داد که پایایی و روایی همگرا مدل اندازه گیری این پژوهش مورد تأیید است.

**جدول شماره ۶: مقادیر آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی و متوسط واریانس استخراج شده**

**Table6: Cronbach's alpha values and composite reliability and average variance extracted**

| معیار Criterion | مقوله محوری central phenomenon | عوامل علّی Causal factors | عوامل زمینه ای Background factors | عوامل مداخله‌گر interfering factors | راهبردها Strategies | پیامدها consequences |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alpha≥0.7 | 0.923 | 0.954 | 0.944 | 0.926 | 0.952 | 0.936 |
| CR≥0.7 | 0.935 | 0.958 | 0.951 | 0.937 | 0.957 | 0.944 |
| AVE≥0.5 | 0.568 | 0.562 | 0.564 | 0.578 | 0.516 | 0.531 |

معیار دیگری که برای سنجش برازش مدل های اندازه گیری استفاده شد، معیار روایی واگرا است. این معیار وقتی قابل قبول است که مقدار ریشه دوم واریانس استخراج شده برای هر سازه از واریانس اشتراکی بین آن سازه و سازه های دیگر در مدل بیشتر باشد. مقادیر معیار روایی واگرای درج شده در جدول شماره ۷، نشان داد که مدل در سطح سازه از روایی واگرا برخوردار است.

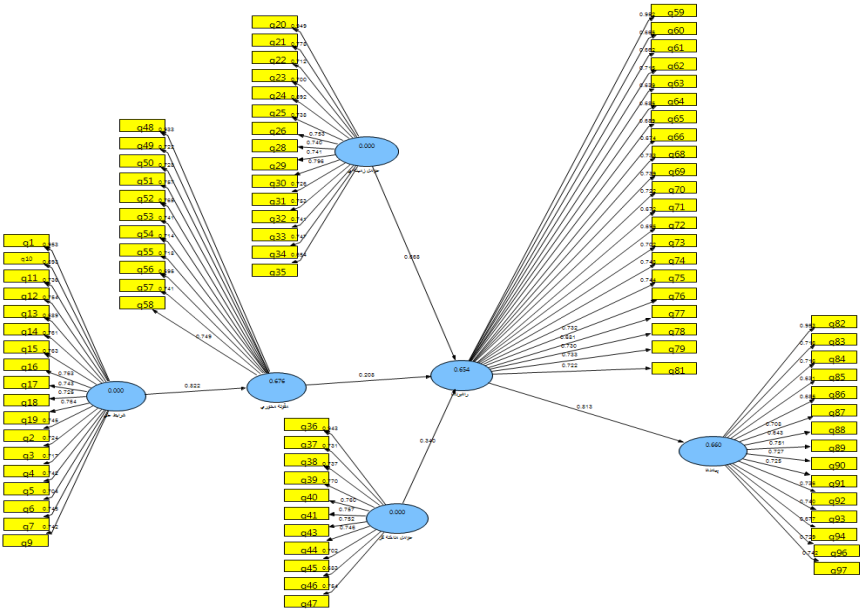
1. Gallagher

**جدول شماره ۷: شاخص روایی واگرا با استفاده از ماتریس فورنل لارکر**
**Table 7: Divergent validity index using Fornell Larcker matrix**

| سازه Structure | عوامل علّی Causal factors | عوامل زمینه ای Background factors | عوامل مداخله‌گر interfering factors | پدیده محوری central phenomenon | راهبردها Strategies | پیامدها consequences |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عوامل علّی Causal factors | 0.719 | | | | | |
| عوامل زمینه ای Background factors | 0.182 | 0.750 | | | | |
| عوامل مداخله‌گر interfering factors | 0.701 | 0.055 | 0.751 | | | |
| پدیده محوری central phenomenon | 0.383 | -0.029 | 0.053 | 0.760 | | |
| راهبردها Strategies | 0.266 | 0.722 | 0.070 | 0.033 | 0.754 | |
| پیامدها consequences | 0.713 | 0.168 | 0.067 | 0.330 | 0.247 | 0.729 |

ارزیابی مدل ساختاری

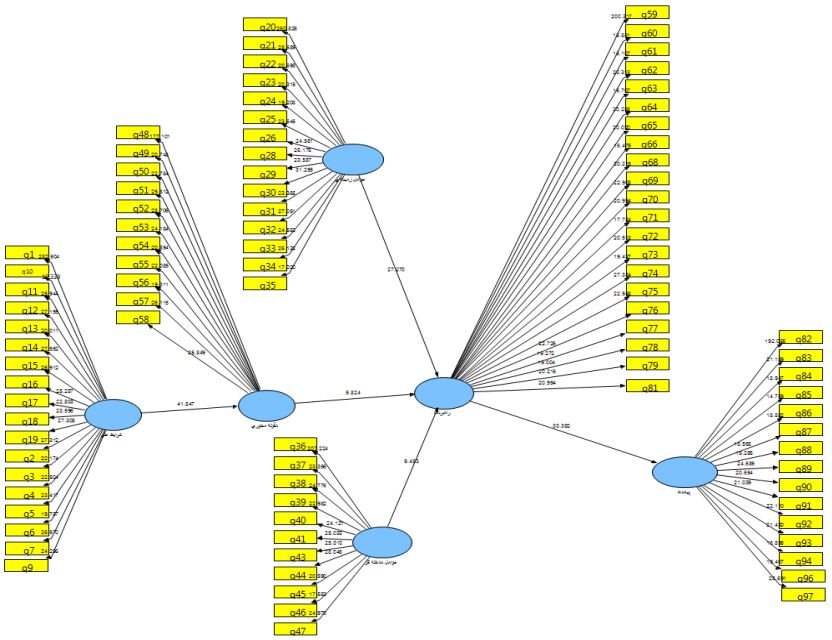
بر خلاف مدل‌های اندازه‌گیری، بخش مدل ساختاری به متغیرهای آشکار کاری ندارد. در این بخش تنها متغیرهای پنهان همراه با روابط میان آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. برای ارزیابی مدل ساختاری از معیارهای ضریب تعیین، ضریب مسیر و ضرایب معنی‌داری تی(t) استفاده می‌شود. اعدادی که بر روی مسیر ارتباطی سازه ها نمایش داده شده است، ضریب مسیر نام دارد. این معیار برای بررسی میزان تأثیر مستقیم یک متغیر بر متغیر دیگر استفاده می‌شود. اعداد داخل هر دایره ضریب تعیین سازه اصلی را نشان می‌دهد و مقدار آن همیشه بین صفر و یک است. در شکل شماره ۲ مدل ساختاری نهایی تحقیق همراه با ضرایب بارهای عاملی نمایش داده شده است.



**شکل شماره ۲: مدل نهایی ضرایب استاندارد**

**Figure 2: The final model of standard coefficient**

برای آزمون معناداری فرضیه ها، آزمون بوت استراپ استفاده شد و شاخص جزئی مقدار آماره تی به‌کار گرفته شد. اگر مقدار تی بیشتر از ۱/۹۶ باشد، نشان می‌دهد که رابطه بین سازه ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد صحیح بوده و نشان‌دهنده شرایط مطلوب بخش ساختاری مدل است. در شکل ۳ مدل ساختاری نهایی تحقیق با ضرایب معنی‌داری نمایش داده شده است.



**شکل شماره ۳: مدل نهایی ضرایب معناداری**

**Figure 3: The final model of significant coefficients**

به منظور آزمون مدل ساختاری از شاخص‌های نیکویی برازش، شامل ضریب تعیین $R^2$ و شاخص $Q^2$ استفاده شد. برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش مدل ساختاری از معیار $R^2$ استفاده می‌شود. این معیار نشان می‌دهد یک عامل برون زا یا مستقل بر یک عامل درون زا یا وابسته چه مقدار تأثیر می‌گذارد. مقدار $R^2$ برای عامل‌های مستقل یا برون زا صفر است. مقادیر $R^2$ برای عامل‌های وابسته مدل (شامل راهبردها، مقوله محوری و پیامدها) به ترتیب عبارتند از: ۰/۶۵۴، ۰/۶۷۶ و ۰/۶۶۰ که این مقادیر در حد متوسط و قوی است، بنابراین برازش مدل ساختاری تأیید می‌شود. شاخص $Q^2$ مشخص‌کننده قدرت پیش‌بینی مدل است. در صورتی که مقدار این شاخص در مورد یکی از عامل‌های درون زا مقادیر ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۲ باشد، به ترتیب نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی ضعیف، متوسط و قوی عامل یا عامل‌های برون‌زای مربوط به آن است. مقادیر شاخص $Q^2$ برای همه عوامل درون زا (شامل راهبردها، مقوله محوری و پیامدها) به ترتیب عبارتند از:

۰/۳۳۳، ۰/۳۸۱ و ۰/۳۴۸ که به معنی مناسب بودن عامل‌های مستقل در پیش‌بینی عامل‌های وابسته است و بار دیگر برازش مناسب مدل ساختاری را تایید می‌نماید.

## آزمون مدل کلی

مدل کلی، هر دو بخش مدل‌های ساختاری و اندازه‌گیری را شامل می‌شود؛ برای برازش کلی مدل از معیار GOF استفاده می‌شود. این معیار، در واقع شاخصی برای بررسی برازش مدل جهت پیش بینی متغیرهای درون زا است. در این پژوهش، شاخص GOF، ۰/۶ به دست آمد که چون بزرگ‌تر از ۰/۳۶ است، نشان از برازش مناسب مدل پژوهش دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر، درواقع راه‌حلی جامع برای حل مسئله فقدان فعالیت‌های تحقیق و توسعه پیشرفته و پیچیده در اکثر شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی می‌باشد. در مدل ارائه‌شده، برای تعیین سطح پیچیدگی فناورانه فعایت‌های تحقیق و توسعه، ۹۱ معیار در قالب شش سازه(عوامل علّی، عوامل زمینه‌ای، عوامل مداخله‌گر، مقوله محوری، راهبردها و پیامدها) شناسایی شدند و مورد تأیید قرار گرفتند. جنبه‌های نوآوری پژوهش حاضر عبارتند از: ۱- مدل هم شامل معیارهای تجربی است و هم شامل معیارهای نظری. ۲- در مدل معیارهایی که قابلیت کمّی‌سازی و اندازه‌گیری دارند، گنجانده شده تا امکان ارزیابی سطوح پیچیدگی تحقیق و توسعه با دقت لازم فراهم گردد. ۳- مدل از جامعیت بالایی برخوردار بوده و معیارهای مدل همه جنبه‌های مرتبط با تحقیق و توسعه اعم از ورودی‌ها و خروجی‌های تحقیق و توسعه و محیط‌های داخلی و خارجی و ... را پوشش می‌دهند. ۴- مدل پژوهش حاضر تلفیقی از مدل‌های پارادایمی و ماهیتی( چیستی) طراحی شده تا خروجی آن هم معیارهایی برای تعیین سطح پیچیدگی باشد و هم روابط منطقی بین معیارها قابل بررسی باشد و امکان توسعه معیارها به‌راحتی فراهم گردد. ۵- بومی‌سازی مدل برای شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی.

ادبیات پژوهش نشان داد که مطالعاتی پیرامون موضوع پژوهش حاضر صورت گرفته، امّا در خصوص مدل تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک فعالیت های تحقیق و توسعه در شرکت‌های دانش‌بنیان خلأ مطالعاتی مشاهده شد. پیش‌تر امسدن و تچانگ(۲۰۰۳) برای تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک فعالیت‌های تحقیق و توسعه، صرفاً ۸ معیار(جستجوی تحقیق، هدف از تحقیق، خروجی‌ها، عملکرد، افق زمانی، تکنیک‌های به کار رفته، صلاحیت‌های مورد نیاز و اندازه کار) را شناسایی نموده و نسبت به نقش عوامل دیگر بی‌تفاوت بوده است. این ۸ معیار بر خلاف معیارهای

پژوهش حاضر، صرفاً معیارهای تجربی بوده و معیارهای نظری را شامل نمی‌شود و به دلیل تعداد کم معیارهای تولیدشده، فاقد جامعیت لازم برای تعیین سطح پیچیدگی است و ممکن است نتایج آن دقیق نباشد. زارعی‌محمودآبادی و همکاران(۱۳۹۳) نیز عواملی را که در ارزیابی فعالیت‌های تحقیق و توسعه مؤثر هستند در قالب دو دسته عوامل ورودی و عوامل خروجی شناسایی کرده‌اند. این عوامل در سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه نقش دارند ولی تعداد آنها فقط محدود به شش عامل(شامل تعداد ثبت‌نام در رشته‌های علوم و مهندسی، تعداد محققان R&D، هزینه‌های R&D، تعداد مقالات علمی و مهندسی، پتنت‌های دریافتی بین‌المللی و صادرات فناوری پیشرفته) هستند که برای سنجش سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه کافی نیست. محمدزاده و همکاران (۱۳۹۱) نیز عوامل بسیار محدودی (شامل سرمایه انسانی، اندازه بنگاه، سودآوری، تمرکز صنعت و مالکیت غیردولتی) را که بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه بنگاه‌ها مؤثر هستند شناسایی و معرفی نموده‌اند. بنابراین بررسی ادبیات نشان داد که مطالعات صورت گرفته در خصوص فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ شرکت‌های دانش‌بنیان از جامعیت کافی برخوردار نبوده است.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، متغیر تسهیم اطلاعات در مجموعه عوامل علّی، بیشترین تأثیر را در تعیین سطح پیچیدگی تکنولوژیک دارد؛ این نتیجه با نتایج پژوهش رمضانیان و همکاران(۱۳۹۱)، تحت عنوان تأثیر فرآیند تسهیم دانش و توانایی جذب دانش بر قابلیت نوآوری، همسو است. نتایج تحقیق رمضانیان و همکاران(۱۳۹۱) نشان داد که تسهیم دانش بر قابلیت نوآوری تأثیر مستقیم مثبت داشته و به شرکت‌های دانش‌بنیان پیشنهاد شده است که اگر به‌دنبال بهبود قابلیت نوآوری در سازمان خود هستند، باید انگیزه و توانایی کارکنان در جذب و نشت دانش را افزایش دهند. تسهیم دانش کارکنان بیشتر به دلیل دانش اهدا شده توسط کارکنان به همکاران خودشان است تا نسبت به دانش جمع‌آوری شده کارکنان از دیگران. همچنین بر اساس نتایج پژوهش حاضر، متغیر استراتژی بنگاه در مجموعه عوامل زمینه‌ای بیشترین تأثیر را در تعیین سطح پیچیدگی دارد. این نتیجه با نتایج تحقیق مجیدی کلیبر و همکاران(۱۳۹۴) مطابقت دارد؛ مجیدی کلیبر و همکاران(۱۳۹۴) در پژوهشی تحت عنوان عوامل مؤثر بر نوآوری در بنگاه‌های کوچک و متوسط به این نتیجه رسیده‌اند که استراتژی بنگاه جزو عواملی است که بیشترین تأثیر را بر نوآوری فناورانه دارد و استراتژی بنگاه، به‌عنوان عامل تعیین کننده نوع و جهت حرکت سازمان در حوزه نوآوری محسوب می‌شود. پورتر(۱۹۸۹) معتقد است استراتژی نوآوری پیشرو، مستلزم تعهد شدید سازمان به خلاقیت، ارتباط نزدیک با منابع دانش و مشتریان و قبول مخاطرات است و استراتژی نوآوری پیرو، مستلزم توانایی مهندسی معکوس، تحلیل رقبا و کاهش هزینه است. در پژوهش حاضر، محدودیت‌های تحقیق و توسعه در مجموعه عوامل زمینه‌ای بیشترین تأثیر را در تعیین سطح

پیچیدگی تکنولوژیک فعالیتهای تحقیق و توسعه دارد. این نتیجه با نتایج پژوهش سایمسک و ییلدیریم[1](۲۰۱۶)، تحت عنوان محدودیت و موانع برای اجرای نوآوری باز در پارک های علم و فناوری، مطابقت دارد. بر اساس نتایج پژوهش سایمسک و ییلدیریم(۲۰۱۶)، محدودیت‌ها و موانع متعددی از جمله تأمین منابع لازم برای نوآوری، بروکراسی اداری و قوانین و مقررات متضاد، چالش‌های مرتبط با حقوق مالکیت فکری و... سبب شده شرکت‌های دانش‌بنیان با مشکلات عدیده‌ای مواجه شوند و این محدودیت‌ها، موانع جدی بر راه توسعه نوآوری از سوی این شرکت‌ها محسوب می‌شوند. همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش، جهانی شدن فعالیت تحقیق و توسعه مهمترین پیامد ناشی از به کارگیری راهبردهای تعیین سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ شرکت‌های دانش‌بنیان محسوب می‌شود. این نتیجه با نتایج تحقیق رادفر و خمسه(۱۳۸۷)، تحت عنوان بررسی تأثیرات جهانی شدن تحقیق و توسعه بر توسعه و تکنولوژی مطابقت دارد؛ بر اساس نتایج پژوهش رادفر و خمسه (۱۳۸۷)، فرآیند جهانی شدن و تغییرات سریع و عدم اطمینان محیط و همچنین تقاضاهای روزافزون بازار و رقابت باعث توسعه مستمر توانمندی‌های تحقیق و توسعه از طریق افزایش خلاقیت و ایجاد نوآوری شده است. جهانی‌شدن تحقیق و توسعه یک راه بسیار مناسب جهت استفاده از ظرفیت‌های منابع و دانش جهانی و نیز استفاده از حمایت‌های ناشی از رشد کسب و کار در جهان است.

به مدیران شرکت‌های دانش‌بنیان پیشنهاد می‌شود، از شاخص‌های ۹۱گانه مدل پژوهش حاضر، برای بهبود و ارتقای سطح تحقیق و توسعهٔ شرکت‌های خود استفاده نمایند. برای این کار پیشنهاد می‌شود، وضعیت موجود هر یک از این شاخص‌ها را در شرکت‌های خود مورد بررسی قرار دهند و نسبت به بهبود این شاخص‌ها اقدام نمایند تا امکان ارتقای سطح تحقیق و توسعه و دستیابی به فناوری‌های پیشرفته فراهم گردد. به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود نسبت به شناسایی آن دسته از معیارهایی که قابلیت کمّی‌سازی و اندازه‌گیری دارند، اقدام نموده و نسبت به پیاده‌سازی مدل در شرکت‌های مختلف اقدام نمایند. همچنین می‌توان به‌عنوان یک کار پژوهشی با توسعهٔ این مدل، نسبت به ارزیابی و تعیین سطح پیچیدگی فناورانهٔ فعالیت‌های تحقیق و توسعه کشور( شامل فعالیت‌های تحقیقاتی دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، مراکز صنعتی و...) اقدام نمود. همچنین به نظر می رسد جا برای تحقیق پیرامون موضوع پژوهش حاضر، بسیار است و جوانب زیادی وجود دارد که برای آن خلأ مطالعاتی وجود دارد. در این راستا با استفاده از نتایج پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌گردد کار تحقیقاتی روی موضوعاتی از قبیل ارائه مدل پویای ارزیابی سطح پیچیدگی فعالیت‌های تحقیق و

1. Simsek & Yildirim

توسعهٔ شرکت‌های مختلف و همچنین بررسی رابطه شاخص‌های پیچیدگی تحقیق و توسعه با عملکرد بازار شرکت‌های دانش‌بنیان، صورت پذیرد.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافع ندارند.

## References


Abdulahi Khoshmardan, S., Manteghi, M., & Khamseh, A. (2022). Presenting a model to identify the complexity dimensions of technological superprojects with metacombination method. Innovation Management in Defense Organizations, 5(3), 1-26. [In Persian]. **doi:10.22034/qjimdo.2022.323737.1476**

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) 553–572. **doi:10.1016/S0048-7333(02)00080-X**

Armaghan, N., Ghaed Sharfi, H., & Agha beigi, S. (2022). The role of open innovation in the technology development of knowledge-based companies, case study: Incubator of Iranian Research Organization for science and Technology. Journal of Technology Development Management, 10(1), 37-60. [In Persian]. **doi:10.22104/jtdm.2022.5132.2863**

Asghari, M., Khamseh, A., & Pilevari, N. (2021). A model for improving R&D abilities with a qualitative approach in the power plant equipment manufacturing and energy supply industries. Journal of Innovation Management In Defensive Organizations, 3(10), 125-150. [In Persian]. **doi:10.22034/qjimdo.2020.220525.1275**

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), 749-758. **doi:10.1016/j.sbspro.2015.10.153**

Bach, M. (2016). Technology Acceptance Model for Business Intelligence Systems: Preliminary Research. Procedia Computer Science, 100(2), 995-1003. **doi:10.1016/j.procs.2016.09.270**

Broekel, T. (2018). Measuring technological complexity – current approaches and a new measure of structural complexity. arXiv preprint arXiv:1708.07357, 1-38. **arXiv:1708.07357v3 [stat.AP] 9 Mar 2018**

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), 341–360. **doi:10.5172/impp.2011.13.3.341**

Da silva, F., De Araujo Querido Oliveira, E., & de Moraes, M. (2016). Innovation development process in small and medium technology-based companies. Journal of Innovation and management review, 13(3) 176-189. **doi:10.1016/j.rai.2016.04.005**

Erasmus, E., Rothmann, S., & Van Eeden, C. (2015). A structural model of technology acceptance. SA Journal of Industrial Psychology/SATydskrif vir Bedryfsielkunde, 41(1), Art. 1222, 12. **doi:10.4102/sajip.v41i1.1222**

Fallah, E., & Salami, R. (2016). A comparative study of the knowledge-based economy of Iran with selected Asian countries and providing a road map to improve Iran's situation. Alzahra University Economic Development Policy Quarterly, 4(4), 145-169. [In Persian]. **doi:10.22051/edp.2018.15842.1097**

Ferri, R., Spanò, M., & Maffei, 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), 777-798. **doi:10.1108/EJIM-09-2019-0253**

Gallagher, D., Ting, L., Palmer, A. (2008). A Journey into the Unknown: Taking the Fear out of Structural Equation Modeling with AMOS for the First-Timer User. The Marketing Review, 8(3), 255-275. **doi:10.1362/146934708X337672**

Ghazi Nouri, 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), 9-32. [In Persian]. **DOI: 10.22104/jtdm.2017.1660.1587**

Ghelichli, B., & Makani, A. (2016). Entrepreneurial competencies, innovation and performance of knowledge-based companies. Strategic management studies. 7(27), 89-106. [In Persian]. **dor:20.1001.1.22286853.1395.7.27.4.7**

Haji Gholam Saryazdi, A. (2020). The dynamics of technology level changes of technology companies in Yazd Science and Technology Park. Innovation Management, 9(2), 63-93. [In Persian]. **dor:20.1001.1.23225386.1399.9.2.3.3**

Hashemi, Z. (2019). Investigating the behavior of human resource attraction for research and development in knowledge-based companies in response to financial and tax policies: a case study of Iran. Technology Development, 7(3), 124-91. [In Persian]. **doi:10.22104/jtdm.2020.4004.2414**

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). **dor:10.1109/EECSI.2017.8239158**

Keshavarz, S., Yaghoubi, N. M., & Deghati, A. (2021). Evaluating the success factors of knowledge-based companies in Fars Science and Technology Park with structural equation modeling approach. Science and Technology Policy Quarterly, 11(1), 35-50. [In Persian]. **dor:20.1001.1.24767220.1400.11.1.10.8**

Khamseh, A., & Asari, M. H. (2019). Research and development management (an integrated approach to the concepts, structure and organization, capabilities and management of research and development projects). Karaj: Sarafraz. 1-506. [In Persian]

Kongkav Monfared, A. (2020). Analyzing the impact of technological innovation adoption 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), 175-147. [In Persian]. **dor:20.1001.1.26454262.1399.3.3.5.9**

Majidi Kalibar, M., Samei Nasr, M., & Mohammadkhani, K. (2015). Factors affecting innovation in small and medium enterprises. Science and Technology Policy, 5(2), 35-49. [In Persian]. **dor:20.1001.1.24767220.1394.05.2.3.1**

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. Scientific Research Quarterly of Entrepreneurship

Development, 10(2), 319-338. [In Persian]. **doi:10.22059/jed.2017.230257.652181**

McNerney, 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) 9008-9013. **doi:10.1073/pnas.1017298108**

Miyazaki, K., & Kijima, K. (2000). complexity in technology management. Technological Forecasting and Social change, 64(1), 39-54. **doi:10.1016/S0040-1625(99)00072-4**

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, 2019, pp. 1-6. **doi:10.1109/TEMSCON.2019.8813667**

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(6), 5056-5061 **doi:10.48084/etasr.3201**

Nepelski, D., & De Prato, G. (2020). Technological complexity and economic development. Review of Development Economics, 24(2). 448-470. **doi:10.1111/rode.12650**

Lei Lv, 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(5):1-11, Article ID 6408654. **doi10.1155/2020/6408654**

OECD, (2015). Frascati manual 2015: guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development, 52-60.

Ostadi, B., & Sadri, M. (2020). Identifying and prioritizing performance evaluation indicators of knowledge-based companies. Quarterly Journal of Innovation and Entrepreneurship, 9(18), 69-80. [In Persian]. **http://journalie.ir/Article/19766**

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), 59-84. [In Persian]. **https://www.nowavari.ir/ article_44425. html? lang=fa**

Radfar, R., & Khamseh, A. (2017). Technology management: a comprehensive view on technology, innovation and commercialization. second edition. Tehran: Scientific and Cultural Publishing Company, 1-532. [In Persian]

Radfar, R., & Khamseh, A. (2008). Investigating the effects of globalization of research and development on technology development and innovation. Technology Growth Quarterly, Volume 4(16), 1-10. [In Persian]. **http://www.roshdefanavari.ir/Article/1393060911021836**

Ramezanian, M. R., Moradi, M., & Basaghzadeh, N. (2012). The effect of the knowledge sharing process and the ability to absorb knowledge on the ability to innovate. Public Management Perspective, 3(11), 91-111. [In Persian]. **https://jpap.sbu.ac.ir/article_94700.html**

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.

Shakeri, R., Hasani, R., Abdul Maleki, M., & Ajang, M. R. (2022). Presenting the innovation performance model of knowledge-based companies: a meta-composite approach. Public Management Research, 15(55), 125-154. [In Persian]. **doi:10.22111/jmr.2021.34686.5113**

Simsek, K., & Yildirim, N. (2016). Constraints to Open Innovation in Science and Technology Parks. Social and Behavioral Sciences, vol. 35 ,719 – 728. **doi:10.1016/j.sbspro.2016.11.073**

Strauss, A., & Corbin, J. (2008). Basic of qualitative research: Techniques and procedures for developing Grounded Theory. third edition, Los Angeles: stage publication, 1-333. **doi:10.1177/1094428108324514**

Su, Y., & Li, M. (2021). Applying Technology Acceptance Model in Online. Entrepreneurship Education for New Entrepreneurs, Front, Psychol,2(9), 34-66. **doi:10.3389/fpsyg.2021.713239**

Torabzadeh, M. S., Sajjadieh, A., & Hejazi Fard, S. (2018). Identifying organizational factors affecting research and technology management of knowledge-based organizations in Iran. Public Management Perspective, 9(35), 56-88. [In Persian]. **dor:20.1001.1.22516069.1397.9.3.3.2**

Vaesen, K., & Houkes, H. (2017). Complexity and technological evolution: what everybody knows? springer, Biology & Philosophy 32(3),1245-1268. **doi:10.1007/s10539-017-9603-1**

Yahyaei, M., & Hassanzadeh, A. (2018). Presenting the technology commercialization model in knowledge-based companies in the field of ICT. Investment Knowledge, 7(26), 63-82. [In Persian]. **https://jik.srbiau.ac.ir/article_12601.html**

Yugue, R. T., & Maximiano, A. C. A. (2013). Understanding and Managing Project Complexity. Revista de Gestão e Projetos-GeP, 4(1), 01-22. **doi:10.5585/gep.v4i1.109**

Zarei Mahmoudabadi, M., Tahari Mehrjordi, M. H., & Mahdavian, A. (2013). Evaluation of research and development activities in Iran: data envelopment analysis approach. Industrial Management, 6(1), 55-74. [In Persian]. **doi:10.22059/imj.2014.523**