

Designing a Model for Predicting and Evaluating the Innovation Capacity of Knowledge-based Companies with a Neural-Adaptive Fuzzy Inference System (ANFIS).

Aamirhamzehe Alinezhad¹, *Adel Azar²
& Mohammadebrahim PourZarandi³

1-Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran, Islamic Azad University, Tehran Iran.

2-Professor, Tarbiat Modares University, School of Industrial Management, Tehran, Iran. (Corresponding Author).Email:azara@modares.ac.ir

3-Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 22/04/2018; Accepted: 23/10/2019

Extended Abstract

Abstract

Assessing the innovation capacity of knowledge-based companies and predicting their innovation capacity is very important for these companies, and the decision to transfer or expand the company's technology depends on the level of innovation capacity. The main purpose of this study is to design a model for assessing the innovation capacity of knowledge-based companies with a neural-adaptive fuzzy inference approach. Nervous-adaptive fuzzy inference system (ANFIS) is a good way to solve nonlinear problems. ANFIS is a combination of fuzzy inference and neural network that utilizes both. The research and statistical sample population for compiling, implementing and testing the model is all the knowledge-based companies of Pardis Technology Park, and finally 180 items were evaluated, collected by expert evaluators and based on model calculations. To evaluate the performance of the model, the parameters of the average error square (RMSE), relative error percentage (e), absolute error average (MAE) and coefficient of explanation (R2) were calculated, which are 0.0136, 1.3%, and 0.048, respectively. And 0.998 was obtained. which indicates the accuracy and reliability of the model output prediction. This research is descriptive-survey in terms of purpose, application, and data collection method. The output of this study is "ANFIS".

Introduction:

Assessing the innovation capacity of companies is a complex and elusive concept that is difficult to determine. Measuring the capacity for innovation requires

quantitative and qualitative considerations. In both cases, the companies are both. And .. Innovative. Therefore, knowledge-based companies that are leading the new economy in the world need to recognize their innovation capacities and be aware of the level of innovation capacity and formulate specific strategies to reach the desired level.

The knowledge economy has been the mainstay of investment in small and medium-sized enterprises. In Europe, these companies make up 99.8% of the total number of companies in EU member states, numbering 19 million across the EU. (E-Business policy group 2016). Knowledge-based companies that are constantly moving on the edge of knowledge, their products and services are innovative. These companies have the right innovation capacity to make the necessary decisions about the company's technology transfer or development by relying on that capacity. What managers are interested in is the level of innovation capacity of the company and predicting the level of innovation capacity according to the trend of changes in innovation capacity indicators.

Case study:

The statistical population of this study in the process of identifying and extracting the components and dimensions of innovation capacity, includes 19 professors in the field of innovation and experts in knowledge-based companies. The statistical sample for compiling and implementing the model is 241 knowledge-based companies located in Pardis Technology Park.

Research Innovation:

The innovation of this research is in the method of research, because according to some features of the concepts of innovation and capacity measurement, both of which have their own ambiguities and ambiguities, their study was not accurate through binary science (Azar and Faraji, 2017). Therefore, by examining the existing literature (Wang's method) and using the opinions of experts, the researcher has chosen the approach of fuzzy systems that can model the qualitative aspects of human knowledge and reasoning processes without using a little precise analysis using one of the fuzzy rules. Famous fuzzy inference, for modeling, fuzzy-nerve inference method Or the ANFIS is comparative.

Materials and Methods

This research is based on the purpose, applied and developmental type (using the model to measure the amount and predicting the innovation capacity in the company) and according to the method of data collection and complete step-by-step research of descriptive-survey type (which is a method for obtaining information). It can also be explored in terms of the views, beliefs, opinions, behaviors, motivations, or characteristics of a group of members of a community (as well as the discovery of the dimensions and components of innovation capacity). The reason for using ANFIS in both systems is as follows: (Ata & Kocyigit, 2010)

1-Use neural networks to sort data and identify patterns.

2-Creating a clear fuzzy inference system that has fewer problems and fewer errors in computations than neural networks.

3-This system maintains the benefits of a fuzzy expert system, while also reducing the need for an expert.

4-Due to the use of fuzzy logic, the problems of modeling and analyzing complex data in this method are reduced.

5-It is possible to enter the qualitative dimensions of human experience into this system.

6-Finally, the neural fuzzy system has the ability to learn while maintaining the benefits of the fuzzy inference system.

According to the conceptual model, the following can be developed and designed in two ways: neural-adaptive fuzzy inference model:

1) The first way is the direct use of 25 indicators as model inputs (the advantage of this method is the awareness and direct observation of the role of each indicator in the model, but the complexity and length of calculations are its disadvantages).

2) The second way is to use the indicators in the form of 5 dimensions to form smaller and simpler models in order to use the output of these subsets as inputs to the final model (the advantage of this way is the simplicity of the model but no direct knowledge of the role of each indicator in the model). In his research, the researcher has calculated the innovation capacity in both ways. In this paper, the first method that is based on indicators is presented. For this purpose, the data of 180 companies were evaluated by experts based on the above 25 indicators, a 180 * 26 matrix (26 columns and 180 rows, the last column as the score of each company) was prepared. By defining a random data selection function, the data matrix was divided into two separate parts with optional and completely random percentages, 80% of the data was used for system training and 20% for model testing. This fuzzy inference system is able to provide analyzable outputs based on the inputs provided. Analytical output helps the company to assess the sensitivity of the output by changing each of the input variables and make the necessary corrections based on it.

Validation:

The validation of the research was considered from two perspectives; first, validation of data collection tools, which was confirmed by the opinion of narrative experts and SPSS software reliability of the input indicators. Expert evaluation has been used. To evaluate the performance of the model, the parameters of the mean error square error (RMSE), relative error percentage (e), absolute error average (MAE) and explanatory coefficient (R2) were used and the values of 0.0133, 1.3%, 0.048 and 0.998 were obtained, indicating the accuracy and reliability of the model output prediction.

Results and suggestions:

Some aspects of this research are similar to the dimensions of Morel and Bowley's research (2004-2014), such as research and development activities, ideas, creativity

and customer relationship, but the indicators of these dimensions are completely different according to the statistical community and technological differences between the two countries. They are different. Also, compared to Wang's research, although the method used is fuzzy, the method used in this research is the fuzzy neuro-adaptive inference method, which has the greatest advantage for model design.

Compared to Proshch et al.'s (2017) research, indicators such as total scientific and technical staff (S&T), total R&D spending, and risk capital (VC) are common. In Hayata Research (2018), employee quality indicators, research capacity and multiplicity, budget and research grants, and access to the research community are shared. Compared to the research of Arasti et al., There are only common dimensions in the field of dimensions, but the indicators of these dimensions are completely different.

During the research process, many ideas and opinions came to the researcher's mind that there was no opportunity to implement and implement them. Therefore, the following topics are recommended for interested researchers in this field:

- Connect the fuzzy inference system to the organization's management database to receive instantaneous information and provide analytical reports on the status of innovation capacity in the form of intelligent business systems.
- Use simulation algorithms and evolutionary algorithms to analyze and simulate implementation steps and provide effective reports to managers.
- Combining neural networks and genetic algorithms to design the optimal model for implementing an innovation capacity assessment system.
- Combining fuzzy logic, neural network, genetic algorithms, and meta-innovative optimization methods to produce an intelligent system that is continuously able to provide improving suggestions for improving the evaluation system.

Keywords: Knowledge Foundation, Innovation, Adaptive Fuzzy-Neural Conclusion System (ANFIS).

طراحی مدل پیش‌بینی و ارزیابی ظرفیت نوآوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد استنتاج فازی عصبی - تطبیقی (ANFIS)

امیر حمزه عالی‌نژاد* - دکتر عادل آذر** - دکتر محمدابراهیم پورزرندی***

چکیده

ارزیابی ظرفیت نوآوری شرکت‌های دانش‌بنیان و پیش‌بینی میزان ظرفیت نوآوری آن‌ها برای این شرکت‌ها بسیار حائز اهمیت است و تصمیم در خصوص انتقال یا بسط فناوری شرکت تابع میزان ظرفیت نوآوری است. هدف اصلی این تحقیق، طراحی مدل ارزیابی ظرفیت نوآوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد استنتاج فازی عصبی - تطبیقی است. سیستم استنتاج فازی عصبی - تطبیقی (ANFIS¹) روش مناسبی برای حل مسائل غیرخطی است. ANFIS ترکیبی از روش استنتاج فازی و شبکه عصبی است که از توانایی هر دو بهره می‌برد. جامعه تحقیق و نمونه آماری جهت تدوین، اجرا و تست مدل، تمامی شرکت‌های دانش‌بنیان پارک فناوری پردیس است که در نهایت تعداد ۱۸۰ مورد ارزیابی، انجام شده توسط ارزیاب‌های متخصص جمع‌آوری و مبنای محاسبات مدل قرار گرفت. برای ارزیابی عملکرد مدل، از پارامترهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، درصد خطای نسبی (E)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ضریب تبیین (R²) محاسبه گردید که به ترتیب مقادیر ۰/۰۱۳۶، ۱/۳ درصد، ۰/۰۴۸ و ۰/۹۹۸ به دست آمد که نشانگر دقت و قابلیت اعتماد در پیش‌بینی خروجی مدل است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و با توجه به روش گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی - پیمایشی است. خروجی این پژوهش، یک سیستم استنتاج فازی - عصبی هوشمند (ANFIS) است

واژه‌های کلیدی: شرکت دانش‌بنیان، نوآوری، سیستم استنتاج فازی عصبی - تطبیقی (ANFIS)

* دکترای مدیریت تکنولوژی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

** نویسنده مسئول - استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

azara@modares.ac.ir

*** گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

ارزیابی ظرفیت نوآوری شرکت‌ها یک مفهوم پیچیده و گریزان است که تعیین آن دشوار است. اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری به ملاحظات کمی و کیفی نیاز دارد در دنیای رقابتی کنونی، بقای شرکت‌ها مستلزم توجه ویژه به مقوله نوآوری است؛ بنابراین شرکت‌های دانش‌بنیان که پیشرو اقتصاد جدید در دنیا هستند لازم است ظرفیت‌های نوآوری خود را شناخته و از سطح ظرفیت نوآوری خود آگاه بوده و برای رسیدن به سطح مطلوب، استراتژی‌های مشخص تدوین نمایند. ما بر این باوریم که علی‌رغم ماهیت غیرقابل پیش‌بینی و پیچیده نوآوری، امکان یافتن یک الگوی اساسی مناسب جهت ارزیابی سطح ظرفیت نوآوری وجود دارد چراکه نوآوری، خود نیز یک مسئله مدیریتی است.

امروزه جوامع علمی و صنعتی به این نتیجه رسیده‌اند که سازمان‌ها با تکیه بر نوآوری و تقویت و ترویج نوآوری و فعالیت‌های نوآورانه در درون خود می‌توانند برتری‌های بلندمدت خود را در عرصه‌های رقابتی حفظ کنند. دو عامل در اهمیت روزافزون نوآوری بیش‌ترین نقش را دارند، تغییرات سریع تکنولوژی در صنایع مختلف و در نتیجه کوتاه شدن دوره عمر محصولات و فشرده شدن رقابت (Boly & Morel, 2004). در این تحقیق با توجه به فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان منظور از نوآوری، نوآوری در محصول / خدمت است. به عقیده صاحب‌نظران چندان مرز مشخصی بین این دو وجود ندارد. باید توجه کرد که در ادبیات، مفهوم ظرفیت نوآوری از مفهوم توانمندی نوآوری کاملاً قابل تفکیک و جداسازی نیست (Alegre, Lapiedra & Chiva, 2006).

شرکت‌های دانش‌بنیان پیشرو اقتصاد جدید در دنیا هستند. اقتصاد در دنیا با تحولی اساسی مواجه شده است. دلیل این تحول سرعت گرفتن استفاده از پیشرفت‌های جدید علمی در زندگی بشر است. امروز فاصله یک اکتشاف علمی تا تبدیل شدن آن به کالا و محصول و رسیدنش به دست مردم بسیار کم شده است، امروزه معنی کارگر در حال تغییر است. در صنایع مدرن حضور کارگری که اطلاعات کمی دارد و کار فیزیکی می‌کند، هر روز کمتر می‌شود.

بیان مسئله

یکی از مهم‌ترین مسائل هر کشوری، چه توسعه‌یافته و چه در حال توسعه، مسئله اقتصاد و لزوم توجه و حرکت یا ارتقاء بیشتر از اقتصاد سنتی به اقتصاد نوین و دانش‌بنیان است. از سال ۱۳۸۸ تاکنون، همواره اقتصاد مقاومتی که بر اساس اقتصاد دانش بنیان است یکی از محورهای اصلی در پیام‌های ابتدای هر سال از سوی عالی‌ترین مقام کشور بوده است (مجموعه بیانات رهبری در مورد اقتصاد و شرکت‌های دانش بنیان) همچنین در کشور ایران سالانه، بیش از ۹۰۰ هزار فارغ‌التحصیل دانشگاهی داریم لذا ضرورت دارد که در ایجاد بنگاه‌ها و تولیداتی سرمایه‌گذاری کرد که ضمن داشتن بیش‌ترین ارزش افزوده و سرریز اقتصادی، ظرفیت به‌کارگیری این پتانسیل عظیم بالقوه (فارغ‌التحصیلان دانشگاهی) را نیز داشته باشد. با توجه به سرمایه عظیم اولیه و مشکلات فراوان تأسیس و ایجاد شرکت‌های بزرگ نسبت به شرکت‌های کوچک و متوسط، یکی از راهگشایترین راه‌حل‌های ممکن تأسیس و حرکت به سمت این‌گونه شرکت‌های دانش‌بنیان و اقتصاد دانش‌بنیان است. در شرایط کنونی با توجه به شدت تحریم‌ها، مسئله اقتصاد و دانش‌بنیان نمودن آن با بهره‌برداری از ظرفیت‌های نوآورانه شرکت‌های دانش بنیان همواره مورد تأکید مسئولان (در گزارش‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و تبلیغات نامزدهای ریاست جمهوری) بوده است. از طرف دیگر صاحب‌نظران از تغییرات بنیادی (در این عصر فناوری) خبر می‌دهند که می‌تواند دوره زمانی حاضر را به اساسی‌ترین دوره گذار در تاریخ بشری تبدیل کند (Movahedi & Abbasi, 2003). برخی تخمین‌ها نشان می‌دهد که از ابتدای دهه ۱۹۸۰، حدود نیمی از کل سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در سازمان‌ها در زمینه‌ی دانش و فناوری بوده است (Westland and Clark, 2000) اقتصاد دانش‌بنیان رکن اصلی سرمایه‌گذاری در شرکت‌های کوچک و متوسط بوده است. در اروپا این شرکت‌ها تشکیل دهنده ۹۹٫۸ درصد از کل شرکت‌های کشورهای عضو اتحادیه اروپا بوده که تعداد آن‌ها ۱۹ میلیون در سرتاسر اتحادیه اروپا است (E-Business policy group, 2016). طبق تعریف سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD¹)، اقتصاد دانش‌بنیان، اقتصادی است که بر اساس "تولید، توزیع و کاربرد دانش و اطلاعات" شکل گرفته و سطح بالایی از سرمایه‌گذاری در آن به

1-Organization for Economic Cooperation and Development

"ابداع" و "نوآوری" اختصاص می‌یابد. در دو دهه اخیر حرکت به سمت اقتصاد دانش بنیان با بهره‌گیری از نوآوری به عنوان بک راهبر اصلی سازمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (Rajabi, 2017). در این اقتصاد فناوری‌های کسب‌شده با شدت بالایی مصرف می‌شوند و نیروی کار از تحصیلات عالی برخوردار است. در اقتصاد نوین مورد نظر شرکت‌های دانش بنیان نقش بسیار مؤثری دارند ولی شرکت‌های دانش بنیانی که همواره در لبه‌ی دانش حرکت می‌کنند محصولات و خدمات آنان دارای نوآوری است. این شرکت‌ها از ظرفیت نوآوری مناسبی برخوردارند به گونه‌ای که با اتکای به این ظرفیت در مورد انتقال یا توسعه فناوری شرکت تصمیمات لازم را اتخاذ می‌کنند. آنچه مورد توجه مدیران است سطح ظرفیت نوآوری شرکت و پیش‌بینی میزان ظرفیت نوآوری با توجه به روند تغییرات شاخص‌های نوآوری شرکت است لذا طراحی مدلی که تا حد قابل قبول مدیران بتواند میزان ظرفیت نوآوری را ارزیابی و پیش‌بینی نماید از مسائلی است که همواره مورد توجه مدیران شرکت‌های دانش بنیان و حتی سازمان‌هایی که به دنبال شرکت‌های مستعد و دارای ظرفیت نوآوری بالایی هستند، بوده و هست.

نوآوری تحقیق

نوآوری این تحقیق در روش اجرای پژوهش است، چراکه با توجه به برخی ویژگی مفاهیم نوآوری و اندازه‌گیری ظرفیت که هر دو از مفاهیم انتزاعی، دارای ابهام و پیچیدگی‌های خاص خود هستند. بررسی این‌گونه از طریق علم باینری دقیق نبوده (Azar & Faraji, 2017:95)؛ لذا محقق با بررسی ادبیات موجود (روش وانگ^۱) و بهره‌گیری از نظرات خبرگان رویکرد سیستم‌های فازی را که با بهره‌گیری از مجموعه قوانین فازی می‌توانند یک سیستم واقعی را بهتر تقریب کنند (Azar, Jongani, Ahamadinik, 2015: 243) جنبه‌های کیفی دانش انسان و فرآیندهای استدلالی را بدون کاربرد آنالیز کمی دقیق، مدل کنند انتخاب نموده است یکی از روش‌های معروف استنتاج فازی، برای مدل‌سازی، روش استنتاج فازی-عصبی تطبیقی یا همان ANFIS است.

پیشینه‌ی پژوهش

ارزیابی ظرفیت نوآوری در ادبیات با اسامی مختلفی همچون ارزیابی توانمندی تکنولوژی (Panda, 1996)، ممیزی تکنولوژی (Khalil, 2000)، قابلیت‌های نوآوری (Freeman, 1986)، ارزیابی ظرفیت علم و فناوری (Wegner, 2004)، ارزیابی ظرفیت نوآوری (Porter and Stern, 2002)، ارزیابی نمایه فناوری (نشست جهانی اقتصاد^۱، 2001-2003) آمده است.

مدل‌های متفاوتی برای ارزیابی ظرفیت یا قابلیت نوآوری کشورها و مقایسه بین آن‌ها تدوین و مورداستفاده قرار گرفته است که از میان آن‌ها ۷ مدل زیر بیشتر معروف است:

۱- مدل نمایه دستیابی به فناوری (برنامه توسعه ملل متحد)^۲ (Desai, et al., 2002, UNDP, 2001, 2003)

۲- مدل نشانگر توسعه صنعتی (سازمان توسعه صنعتی ملل متحد)^۳ (UNIDO, 2002)

۳- مدل نمایه ظرفیت علم و فناوری (موسسه رند)^۴ (Wegner, 2004)

۴- مدل ظرفیت ملی نوآوری^۵ (Porter & Stern, 2002)

۵- مدل نمایه فناوری نشست جهانی اقتصاد (WEF)

۶- مدل نظام ملی یادگیری^۶ (Votti, 2002)

۷- مدل سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD, 2009).

این مدل‌ها، به معرفی عوامل و مؤلفه‌های تأثیرگذار ظرفیت نوآوری کشور پرداختند و از طریق شاخص‌های کمی اقدام به ارزیابی قابلیت نوآوری کشورها نموده‌اند. در این تحقیق ضمن بهره‌گیری از مدل‌های بالا، به ارزیابی ظرفیت نوآوری در سطح شرکت‌ها و به ویژه شرکت‌های دانش‌بنیان توجه شده است.

1-World Economic Forum(WEF)

2-United Nations Development Program

3-UNIDO Industrial Development Scoreboard

4-Science and Technology Capacity Index

5-National Innovative Capacity Index

6-National Learning System

الف) تحقیقات انجام‌شده در خارج از کشور:

ماسائو اورا^۱ در تحقیق خود درخصوص ظرفیت نوآوری به استناد محققین قبلی عنوان می‌کند اکثر تحقیقات انجام‌شده در مورد ظرفیت نوآوری در کشورهای توسعه‌یافته متمرکز شده است (Massao Oura, 2016). لذا با مراجعه به پایگاه اطلاعات علمی معتبر بین‌المللی به شرح زیر ظرفیت نوآوری موردبررسی قرار گرفت:

وانگ و همکاران (Wang et al., 2008) تحقیقی با عنوان ارزیابی ظرفیت نوآوری تکنولوژیکی شرکت تحت عدم قطعیت، انجام دادند. آن‌ها پس از مرور ادبیات موجود عوامل زیر را به‌عنوان ابعاد ارزیابی ظرفیت نوآوری مدنظر قرار دادند:

۱- ظرفیت تحقیق و توسعه ۲- ابزارهای کمک به تصمیم‌گیری ۳- بازار یابی ۴- ظرفیت تولید ۵- سرمایه مرکزی (اصلی)

این محققین معتقدند قابلیت نوآوری فناوری (TIC) یک مفهوم پیچیده، گریزناپذیر بوده که همواره در شرایط عدم اطمینان، تعیین آن دشوار است. اندازه‌گیری این قابلیت‌ها نیاز به بررسی هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی چندگانه دارد. آن‌ها ارزیابی قابلیت نوآوری را از طریق روش فازی (با توابع عضویت مثلثی با توجه به هم‌پوشانی آن‌ها) اندازه‌گیری نموده و معتقدند، رویکرد فازی، یک روش مؤثر، ساده و مناسب برای شناسایی معیارهای اصلی تأثیرگذاری بر قابلیت نوآوری در تکنولوژی است. از نظر آن‌ها، نوآوری در فناوری شامل سه عدم قطعیت؛ عدم اطمینان مبتنی بر تکنولوژی، بازار و سازمان است و پنج عنصر تعاملی اولیه در ارزیابی قابلیت نوآوری فناوری، شامل: ۱- قابلیت تحقیق و توسعه؛ ۲- توانایی تصمیم‌گیری نوآوری؛ ۳- قابلیت بازار یابی؛ ۴- قابلیت تولید توانایی؛ و ۵- قابلیت سرمایه مطرح می‌کنند. آن‌ها مدل تحلیلی سلسله مراتبی زیر را برای ارزیابی قابلیت نوآوری فناوری ارائه نموده‌اند.



شکل ۱: مؤلفه‌ها و شاخص‌های ارزیابی قابلیت نوآوری وانگ و همکاران (۲۰۰۸)

مارکوس و فریرا (۲۰۰۹) به مطالعه و شناسایی عواملی که منجر به افزایش ظرفیت نوآورانه بنگاه‌های کوچک و متوسط کشور پرتغال در جهت بهبود عملکرد و ایجاد مزیت رقابتی آن‌ها پرداخته است. مدل مفهومی ارائه شده آن‌ها شامل ۵ بعد: ویژگی‌های بنگاه، کارآفرین بودن بنگاه، محیط کسب و کار خارجی، ظرفیت نوآورانه و عملکرد بنگاه استوار است. آن‌ها برای سنجش ظرفیت نوآوری از متغیرهای نوآوری در محصول، فرآیند، کانال‌های توزیع جدید و همچنین سرمایه‌گذاری در R&D استفاده کردند. نتایج تحقیق حاکی از اثر مثبت عوامل تعیین کننده، ظرفیت نوآوری بنگاه برافزایش ظرفیت نوآوری بنگاه‌ها و در نتیجه بهبود عملکرد و مزیت رقابتی در بین بنگاه‌های دیگر است (Marques & Ferreira, 2009).

گیبسون و ناکوین (۲۰۱۱) در تحقیقی به بررسی سرمایه‌گذاری در نوآوری و ارتباط با توانایی رقابت‌پذیری در کشور پرتغال پرداختند که نتایج تحقیق بدین صورت بود که مفهوم نوآوری، اهرمی برای ایجاد ثروت در مناطق، کشورها و اقتصاد یک ضرورت است رقابت‌پذیری در اقتصاد جهانی، در حال حاضر نه تنها نیاز به نوآوری در اقتصاد منطقه‌ای

دارد بلکه نیاز به سازوکاری دارد که به‌طور مؤثر نوآوری‌های توسعه‌یافته از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی را به بازار انتقال دهد. این گمان وجود دارد که افزایش نوآوری و انتقال این نوآوری، می‌تواند منجر به افزایش رفاه مناطق شود (پورتر). به این ترتیب، بسیاری از کشورهای در حال توسعه در سراسر جهان به دنبال سرمایه‌گذاری در نوآوری به‌عنوان وسیله‌ای برای برانگیختن توسعه منطقه‌ای اقتصادی و ایجاد ثروت در شرایط حفظ رقابت ملی خود هستند (Gibson & Naquin, 2011).

مارک ترلا و همکاران (۲۰۱۴) در سال ۲۰۱۴ با بررسی مدل ارزیابی بورگین، بر پایه ارزیابی^۱ TRIZ به بسط و تدوین مدل ارزیابی ظرفیت نوآوری مذکور پرداخته‌اند. آن‌ها پس از بررسی ادبیات ۲۷ واحد اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری را برابر جدول زیر ارائه نمودند (Trela et al., 2014).

جدول ۱: فهرست واحدهای اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری (Trela et al., 2014)

ردیف	نوع واحد اندازه‌گیری	نام واحد
۱	استراتژی	۱. استراتژی شرکت و استراتژی نوآوری ۲. استراتژی فناوری ۳. استراتژی بازاریابی
۲	سازمان	۴. مسئولیت تصمیم‌گیری ۵. سازمان نوآوری گرا ۶. همکاری برای نوآوری ۷. همکاری با مشتری
۳	فرایند	۸. مدیریت پروژه و ممیزی ۹. روند نوآوری ۱۰. مدیریت ایده ۱۱. فیلترهای نوآوری ۱۲. استفاده از روش ۱۳. برنامه‌ریزی معرفی بازار ۱۴. برنامه‌ریزی تولید
۴	منابع	۱۵. منابع مالی ۱۶. منابع توسعه ۱۷. منابع فناوری ۱۸. منابع تولید
۵	ابزار	۱۹. ابزار مهندسی ۲۰. ادغام داده‌ها

۱-سرواژه‌های یک عبارت روسی است که برابر فارسی آن به معنی «الگوریتم حل مسئله ابداعی» است.

ردیف	نوع واحد اندازه‌گیری	نام واحد
		۲۱. ابزار ارتباطی
۶	فرهنگ	۲۲. فرهنگ عمومی نوآوری
		۲۳. هماهنگی مدیریت بر نوآوری
		۲۴. مقاومت نوآورانه
		۲۵. آموزش مداوم
		۲۶. سبک ارتباطی
		۲۷. پاداش و انگیزه

مورل و بولی (۲۰۱۴) دو محقق برجسته فرانسوی طی یک دهه تحقیق و پژوهش (۲۰۰۴-۲۰۱۴) در زمینه اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری در شرکت‌های منتخب، مقالات و پژوهش‌های ارزشمندی را در ژورنال‌های معتبر جهان ارائه نموده‌اند. یکی از منابع اصلی مورد استناد این محققین، پژوهش‌های وانگ بوده است. آنان ۱۵ بعد اصلی ظرفیت نوآوری را به شرح زیر معرفی نموده‌اند:

- P1- طراحی
- P2- مدیریت پروژه
- P3- استراتژی یکپارچه
- P4- مدیریت نمونه کارهای پروژه
- P5- سازمان مناسب
- P6- بهبود فرایند نوآوری
- P7- مدیریت صلاحیت
- P8- حمایت اخلاقی
- P9- مدیریت دانش
- P10- فعالیتهای اطلاعاتی رقابتی فناوری اطلاعات
- P11- مدیریت شبکه
- P12- یادگیری جمعی
- P13- تحقیقات ایده‌ها / خلاقیت
- P14- فعالیتهای تحقیق و توسعه
- P15- مدیریت ارتباط با مشتری (CRM)

ماسائو اورا و همکاران (۲۰۱۵) در مورد ظرفیت نوآوری شرکت‌های کوچک و متوسط در برزیل با اشاره به تعاریف مختلف ظرفیت نوآوری ضمن اشاره به توافق سخت در مورد اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری ادبیات موجود در این زمینه را به سه دسته زیر تقسیم می‌کند:

- رویکرد آسان اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری (CI) که نسبت فروش محصول جدید را به کل فروش را پایه اندازه‌گیری دانستند.

- رویکرد دوم (کمی پیچیده‌تر)؛ هزینه عملیات تحقیق و توسعه را محور و پایه اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری دانسته است.

- اما رویکرد سوم، اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری را بسیار پیچیده دانسته و اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری در قالب ابعادی همچون: (۱) ظرفیت تحقیق و توسعه؛ (۲) ظرفیت بازاریابی؛ (۳) ظرفیت تولید؛ (۴) یادگیری ظرفیت؛ (۵) ظرفیت سازمانی؛ (۶) بهره‌برداری از منابع ظرفیت؛ و (۷) ظرفیت استراتژیک بررسی گردیده است. در نهایت این محققین مؤلفه‌های زیر را برای اندازه‌گیری ظرفیت نوآوری مطرح می‌کند:

- منابع تکنولوژیکی

- توانایی توسعه محصول

- شدت تحقیق و توسعه

- توانایی نوآورانه

- منابع مبتنی بر دانش

- ظرفیت تحقیق و توسعه

- ظرفیت بازاریابی

- ظرفیت تولید

- ظرفیت یادگیری

- ظرفیت سازمانی

- ظرفیت بهره‌برداری از منابع

- ظرفیت استراتژیک (Massao Oura et al, 2015).

رامزی و سالا (۲۰۱۵) در مورد عوامل مؤثر بر ظرفیت نوآوری با مطالعه ۱۱ کشور (توسعه‌یافته) اروپایی حوزه مدیترانه به این نتیجه رسیدند که سه عامل زیر سبب تأثیر مثبت بر ظرفیت نوآوری می‌شوند:

❖ رشد اقتصادی

❖ سرمایه‌گذاری خارجی (FDI)

❖ تحقیق و توسعه

در حالی که برابر نتایج به دست آمده در همان کشورها عوامل زیر بر روی ظرفیت نوآوری تأثیر منفی داشته‌اند:

❖ نیروی کار با تحصیلات عالی

❖ دستمزد

❖ بودجه اختصاصی تحقیق و توسعه

❖ زیرساخت‌های تکنولوژیکی و توسعه مالی (Ramzi & Salah, 2015).

پروسچ و همکاران (۲۰۱۷) طی تحقیق خود در مورد افزایش ظرفیت نوآوری ملی، عنوان می‌کنند که ظرفیت نوآوری یکی از اصلی‌ترین عوامل رشد اقتصادی درازمدت است. آن‌ها معتقدند شرکت‌های کوچک و متوسط نقش مهم و اصلی در ظرفیت نوآوری ملی به عهد دارند آن‌ها پس از بررسی ادبیات موجود، اطلاعات ۱۷ کشور عضو اتحادیه اروپا را طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ جمع‌آوری نمود و بر اساس آن با رویکرد مقایسه‌ای ۱۲ متغیر زیر را برای ظرفیت نوآوری معرفی و مورد بررسی قرار داده‌اند:

❖ مجموع کارکنان علمی و فنی (S & T)

❖ کل مخارج تحقیق و توسعه

❖ سرمایه ریسک (VC)

❖ قدرت حفاظت از IP (حقوق مالکیت بین‌المللی)

❖ درجه تخصص

❖ کسب‌وکار جدید ثبت شده

❖ سرمایه اصلی

❖ اختراعات بین‌المللی در هر میلیون نفر

❖ تولید ناخالص داخلی سرانه

❖ سهام ثبت اختراعات بین‌المللی

❖ هزینه‌های دولت در آموزش عالی

❖ سیاست ضد انحصار (Proksch et al., 2017).

هایاتا و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود به موضوع " توسعه شاخص‌های پژوهشی و ظرفیت‌های نوآوری مؤسسات آموزش عالی در حوزه مربوط به انعطاف‌پذیری بحران " در

کشورهای آسیایی پرداختند. آن‌ها ۱۲ شاخص عملکرد کلیدی (KPI) را به‌عنوان ابزاری برای سنجش ظرفیت تحقیق و ظرفیت نوآوری مؤسسات آموزش عالی در قالب سه بعد کلی: ۱- ساختار، سیستم و سیاست ۲- مهارت‌ها و آموزش ۳- کارکنان، برابر جدول زیر با شاخص‌های مربوطه ارائه کرده‌اند (Hayata et al., 2018).

جدول ۲: شاخص‌های عملکرد کلیدی ظرفیت نوآوری و تحقیق‌ها یاتا (۲۰۱۸)

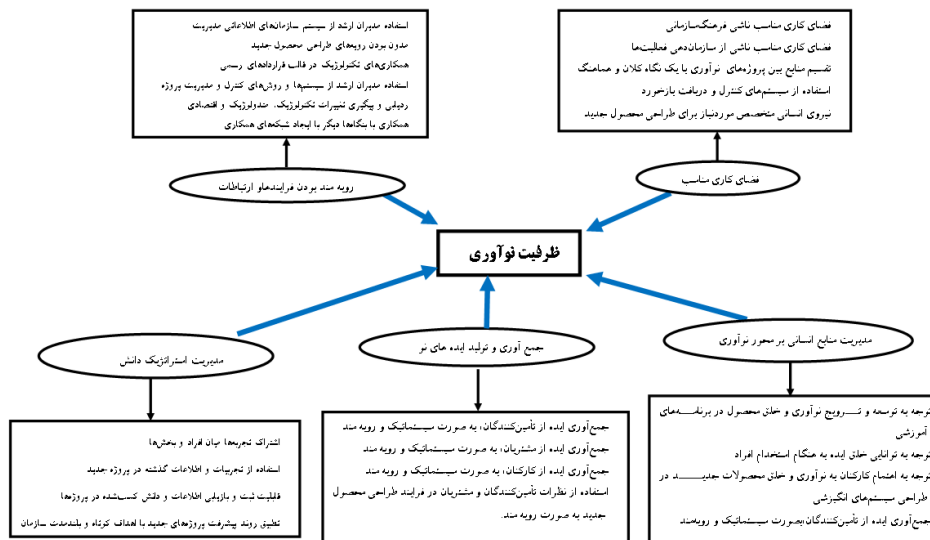
عوامل کلیدی ظرفیت در حوزه ساختار، سیستم و سیاست	عوامل کلیدی ظرفیت در حوزه مهارت‌ها و آموزش	عوامل کلیدی ظرفیت در حوزه کارکنان
دسترسی به زیرساخت‌ها دسترسی به جامعه پژوهش بین‌المللی انگیزه‌های نهادی تحقیق و نوآوری توانمندساز محیط ظرفیت و کثرت تحقیق بودجه و کمک‌های پژوهشی پژوهش در مشارکت با صاحبان سهام خارجی زیرساخت‌های پژوهشی نوآوری فعالیت‌های دانشگاه	دسترسی به زیرساخت‌ها دسترسی به جامعه پژوهش بین‌المللی کیفیت و کثرت انتشار ظرفیت و کثرت تحقیق بودجه و کمک‌های پژوهشی تحقیق در مشارکت با صاحبان سهام خارجی آموزش تحقیقاتی و تحصیلات دکترا نوآوری در فعالیت‌ها دانشگاه	نوآوری در فعالیت‌ها دانشگاه ظرفیت و کثرت تحقیقات توسعه شغل تحقیقاتی و نوسازی کارکنان پژوهش در مشارکت با صاحبان سهام خارجی کیفیت کارکنان

ب) تحقیقات انجام‌شده در داخل کشور:

کرباسی (۲۰۰۸) در تحقیق خود به بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد ظرفیت نوآوری ملی که شامل: مخارج تحقیق و توسعه، انباشت دانش، درجه باز بودن اقتصاد و سرمایه‌گذاری در آموزش عمومی و عالی، تعداد پژوهشگران و دانشمندان، ساختار صنعت و ارتباط بین زیرساخت‌های عمومی و اختراعات پرداخته است. بر اساس نتایج وی، هزینه‌های تحقیق و توسعه نقش مسلط در نوآوری داشته درحالی‌که دیگر متغیرها تأثیر ضعیفی برای تقویت ظرفیت نوآوری ملی داشته‌اند (karbasi, 2008).

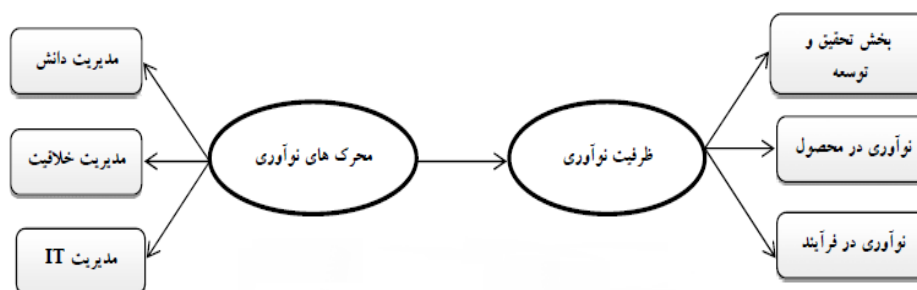
آراستی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود بر اساس مقاله دو محقق فرانسوی (Boly & Morel, 2004) به ارزیابی ظرفیت نوآوری بنگاه‌های اقتصادی (شرکت‌های اتوماسیون صنعتی) پرداختند. آن‌ها عوامل شکل‌دهنده ظرفیت نوآوری را در قالب پنج شاخص کلی که عبارت‌اند از: "ایجاد فضای کاری مناسب از طریق رهبری فعالیت‌های نوآوری"، "رویه‌مند بودن فرایندها و ارتباطات درون و برون‌سازمانی"، "مدیریت استراتژیک دانش"، "جمع‌آوری و تولید ایده‌های نو"، "مدیریت منابع انسانی بر محور نوآوری" تقسیم‌بندی کردند. نتایج حاصل از تحلیل عامل اکتشافی امکان به‌کارگیری آن را در شرایط کسب‌وکار

ایران نشان می‌دهد. این محقق و همکارانش در نهایت با ارائه الگوی زیر به معرفی مؤلفه‌ها و شاخص‌های مؤثر بر ظرفیت نوآوری پرداخته‌اند. آن‌ها با بومی‌سازی مدل فرانسوی در نهایت، ۱۳ شاخص را در قالب به ۵ بعد اصلی ارائه کردند (Arasti et al., 2009).



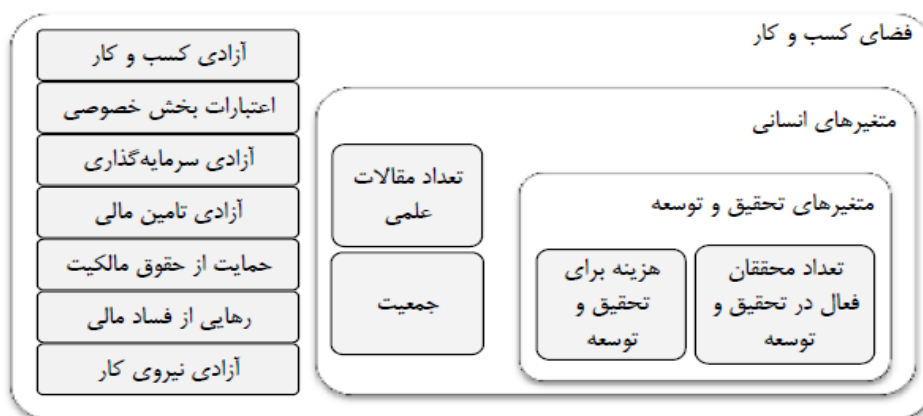
شکل ۲: ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر ظرفیت نوآوری بنگاه آراستی و همکاران (۲۰۰۹)

سنوبر و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر محرک‌های نوآوری بر ظرفیت نوآوری شرکت‌های دانش‌بنیان به بررسی میزان تأثیر هر یک از محرک‌های نوآوری (برابر مدل ارائه‌شده زیر) شامل؛ مدیریت دانش، مدیریت خلاقیت و نوآوری و مدیریت فناوری اطلاعات در بنگاه بر ظرفیت نوآوری پرداختند آن‌ها برای سنجش ظرفیت نوآوری و تعیین ضرایب هریک از متغیرهای ذکر شده از مدل یابی معادلات ساختاری استفاده نموده‌اند هر سه متغیر یادشده تأثیر مثبت بر ظرفیت نوآوری داشته و از بین متغیرها مدیریت فناوری اطلاعات و مدیریت دانش بیش‌ترین ضریب را به خود اختصاص داده‌اند (Senobar et al., 2012).



شکل ۳: مدل تأثیر محرک‌های نوآوری بر ظرفیت نوآوری صنوبر و همکاران (۲۰۱۲)

فقیه و عسکری فر (۲۰۱۴) به رتبه‌بندی کشورهای منتخب در خصوص بهبود ظرفیت نوآوری ملی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، بر اساس عوامل ورودی (شامل سه گروه اصلی: ۱- فضای کسب و کار ۲- سرمایه‌های انسانی ۳- تحقیق و توسعه) و خروجی سیستم نوآوری کشورها پرداختند. آن‌ها بر اساس ۱۱ متغیر نهایی مورد تأیید خبرگان، مطابق مدل زیر، ارزیابی خود را انجام و به این نتیجه رسیدند که کشورهای توسعه‌یافته دارای رتبه‌های بالاتری در تحلیل نسبت به کشورهای در حال توسعه‌اند که دلیل آن زیرساخت‌ها و اختراعات ثبت شده مناسب ذکر شده است. همچنین متغیرهای مربوط به بودجه و تعداد متخصصین تحقیق و توسعه در بخش‌های دولتی و خصوصی از اهمیت نسبی بالاتری در بهبود ظرفیت نوآوری برخوردار است (Faqih & Askarifar, 2014).



شکل ۴: مدل متغیرهای مؤثر بر ظرفیت ملی نوآوری فقیه و عسکری فر (۲۰۱۴)

معنوی تأثیر معنادار و مثبتی در نوآوری فرآیند در سطح سازمان دارد (Amirkhani et al., 2017).

انجمن مدیریت فناوری ایران (۲۰۱۹) با حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، صندوق نوآوری و شکوفایی و سایر نهادهای مرتبط اقدام به طراحی و اجرای جایزه ملی مدیریت فناوری و نوآوری نموده که اساس این جایزه مدلی مبتنی بر ظرفیت نوآوری است. اصول و ارزش‌های کلیدی این مدل شامل ۷ ارزش بنیادی به شرح زیر است:

(۱) رقابت‌پذیری، خلق ثروت و تأمین نیاز

(۲) مدیریت هم‌زمان فرایندها و نتایج

(۳) توجه هم‌زمان به کشش بازار و فشار تکنولوژی

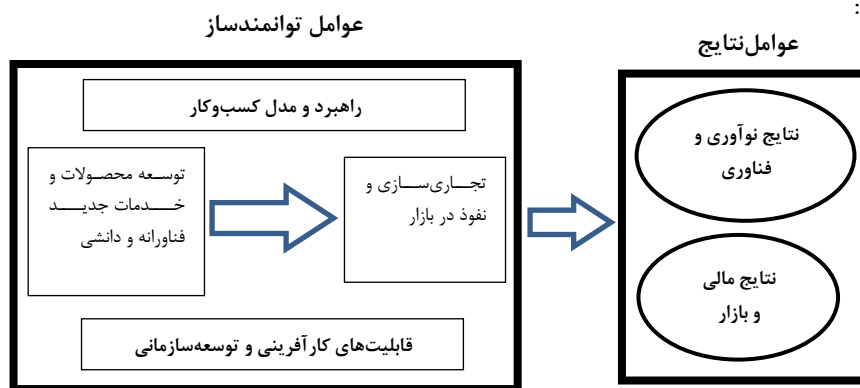
(۴) همکاری‌ها و شبکه دانشی و فناوری

(۵) توسعه نیروی انسانی دانشی و فناوری

(۶) استراتژی رهبری تکنولوژی و نوآوری

(۷) یادگیری و نوآوری مبتنی بر تکنولوژی

این مدل در سه سطح کلان (ملی)، شرکت‌های بزرگ (هلدینگ) و شرکت‌های دانش بنیان و فناور محور ارائه شده است. این مدل برای شرکت‌های دانش بنیان به صورت شکل زیر است:



شکل ۶: مدل جایزه نوآوری و فناوری برای شرکت‌های دانش بنیان و فناوری محور (۲۰۱۹)

چارچوب مفهومی

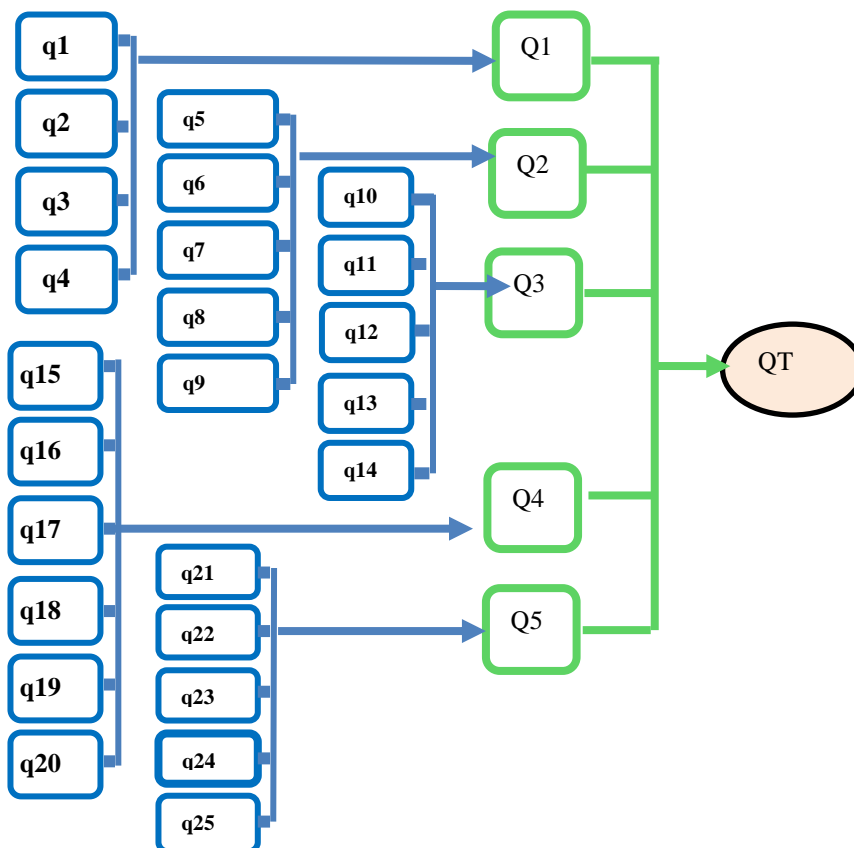
به منظور تهیه چارچوب مفهومی کلیه شاخص‌ها، ابعاد و مؤلفه‌های شناسایی شده در ادبیات موجود استخراج و به منظور غنای هرچه بیشتر، با خبرگان صاحب‌نظر در این خصوص مصاحبه و مطالب جمع‌بندی گردید، در مجموع تعداد ۱۲۲ شاخص / مؤلفه، شناسایی گردید. در گام بعدی طی پرسشنامه‌ای تمامی این ابعاد و شاخص‌ها جهت ارزیابی و نمره‌دهی به روش دلفی در اختیار جامعه خبرگان تحقیق (شامل تعداد ۱۹ نفر از اساتید صاحب‌نظر در زمینه نوآوری و شرکت‌های دانش بنیان) قرار گرفت. در نهایت تعداد ۲۵ شاخص در قالب ۵ بعد کلی، به شرح زیر حائز بالاترین امتیاز جهت به‌کارگیری در مدل انتخاب گردید.

جدول ۳: ابعاد و شاخص‌های ظرفیت نوآوری

کد	شاخص	بعد
q1	تعداد ایده جمع‌آوری شده (از کارکنان، مشتریان و تأمین‌کنندگان)	ایده‌یابی و تولید ایده‌های نو Q1
q2	تعداد نوآوری در محصول و فرایند طی ۵ سال اخیر	
q3	تعداد نوآوری در محصول و فرایند در طول سال	
q4	تعداد ساعات آموزش ایده‌یابی و نوآوری	
q5	فضای کاری مناسب ناشی از روش‌های اداره و رهبری	ایجاد ساختار، سازمان و فضای کاری مناسب بر محور نوآوری Q2
q6	همکار با بنگاه‌های دیگر با ایجاد شبکه‌های همکاری	
q7	فضای کاری ناشی از فرهنگ‌سازمانی	
q8	ساختار منعطف و رویه‌های مدون	
q9	هوشمندی کسب‌وکار (BI)	مدیریت دانش Q3
q10	قابلیت ثبت و بازیابی دانش (تبدیل دانش ضمنی به آشکار)	
q11	دسترسی به زیرساخت‌های مدیریت دانش	
q12	دسترسی به تخصص و دانش موردنیاز	
q13	اشتراک تجربه‌ها میان افراد و بخش‌ها	
q14	تولیدات مبتنی بر دانش	مدیریت منابع (انسانی و مالی) بر محور نوآوری Q4
q15	سرمایه ریسک (VC) و سرمایه اصلی در امر نوآوری	
q16	دسترسی به جامعه پژوهش و متخصصان موردنیاز	
q17	توجه به توانایی خلق ایده به هنگام استخدام افراد	
q18	درآمد حاصل از فروش محصولات دانشی	
q19	مجموع کارکنان علمی و فنی (T & S)	
q20	مخارج تحقیق و توسعه	فرایندها و ارتباطات درون و برون‌سازمانی Q5
q21	فرایند ردیابی و پیگیری تغییرات تکنولوژیکی، بازار و اقتصاد	
q22	استفاده از سیستم‌های کنترل و دریافت بازخور	
q23	مدیریت ارتباط با مشتری (CRM)	
q24	فرایند نظام مالکیت فکری (IPR)	
q25	تولید محصول قابل‌رقابت	

مدل مفهومی

براساس ۲۵ شاخص تعیین‌شده برای ارزیابی شرکت‌های دانش‌بنیان، مدل مفهومی زیر مبنای طراحی مدل فازی عصبی - تطبیقی در نرم‌افزار MATLAB قرار گرفت.



شکل ۷: مدل مفهومی تحقیق برای محاسبات فازی عصبی - تطبیقی

روش پژوهش

این پژوهش باتوجه به هدف، از نوع کاربردی-توسعه‌ای (به کار بردن مدل برای سنجش میزان و پیش بینی ظرفیت نوآوری در شرکت) و باتوجه به روش جمع‌آوری داده‌ها و تکمیل گام به گام تحقیق از نوع توصیفی-پیمایشی (که روشی برای به دست آوردن اطلاعاتی درباره دیدگاه‌ها، باورها، نظرات، رفتارها، انگیزه‌ها یا مشخصات گروهی از اعضای یک جامعه است) و همچنین باتوجه به کشف ابعاد و مؤلفه‌های ظرفیت نوآوری، می‌توان آن را اکتشافی نیز در نظر گرفت. سیستم استنتاج فازی یک چارچوب محاسبات رایج مبتنی بر مفهوم تئوری مجموعه فازی، قوانین فازی و سپس استدلال فازی است. مزایای ترکیب

شبکه‌های عصبی و سیستم‌های استنتاج فازی آشکار است (Abraham, 2005). دلیل استفاده از روش سیستم استنتاج فازی - عصبی انطباقی (ANFIS) در برابر سیستم‌های دیگر مزایای اساسی آن به شرح زیر است (Ata & Kocyigit, 2010):

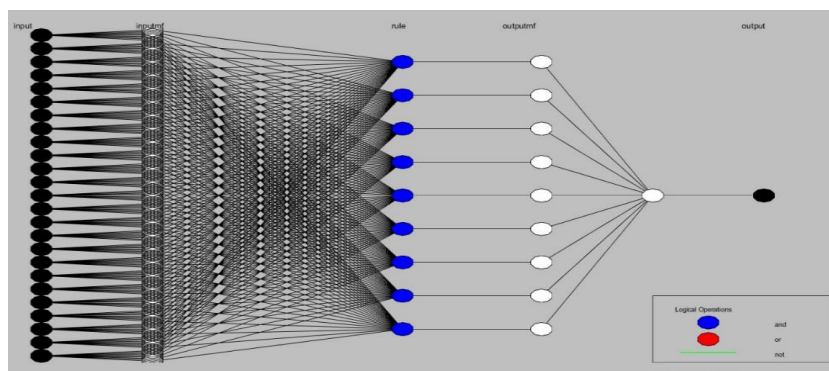
- استفاده از شبکه‌های عصبی برای مرتب‌سازی داده و شناسایی الگوها.
- ایجاد یک سیستم استنتاج فازی شفاف که دارای اشکالات کمی بوده و نسبت به شبکه‌های عصبی، خطای کمتری را در محاسبات نشان می‌دهد.
- این سیستم مزایای یک سیستم خبره‌ی فازی را حفظ می‌کند، درحالی‌که نیاز به وجود خبره را نیز کاهش می‌دهد.
- به واسطه‌ی استفاده از منطق فازی، مشکلات مدل‌سازی و تحلیل داده‌های پیچیده در این روش کاهش می‌یابد.
- امکان وارد کردن ابعاد کیفی تجارب انسانی به این سیستم وجود دارد.
- درنهایت، سیستم فازی - عصبی قابلیت یادگیری را با حفظ مزایای سیستم استنتاج فازی دارد.

باتوجه به مدل مفهومی از ۲ طریق زیر می‌توان به تدوین و طراحی مدل استنتاج فازی عصبی-تطبیقی پرداخت:

۱) راه اول بهره‌برداری مستقیم از ۲۵ شاخص به عنوان ورودی‌های مدل (مزیت این روش آگاهی و مشاهده مستقیم نقش هر شاخص در مدل است ولی پیچیدگی و طولانی شدن محاسبات از معایب آن است).

۲) راه دوم بهره‌برداری از شاخص‌ها در قالب ۵ بعد برای تشکیل مدل‌های کوچک و ساده‌تر به منظور استفاده از خروجی این زیرمجموعه‌ها به عنوان ورودی‌های مدل نهایی (مزیت این راه سادگی مدل اما عدم اطلاع مستقیم از نقش هر شاخص در مدل است).

در این مقاله روش نخست که مبتنی بر شاخص‌هاست ارائه شده است. بدین منظور داده‌های تعداد ۱۸۰ مورد ارزیابی شرکت‌ها توسط خبرگان مبتنی بر ۲۵ شاخص یادشده، یک ماتریس ۱۸۰*۲۶ (۲۶ ستون و ۱۸۰ سطر، ستون آخر به عنوان نمره دریافتی هر شرکت) تهیه گردید. با تعریف یک تابع برای انتخاب تصادفی داده‌ها، ۸۰ درصد آن‌ها برای آموزش سیستم و ۲۰ درصد برای تست مدل مورداستفاده قرار گرفت.

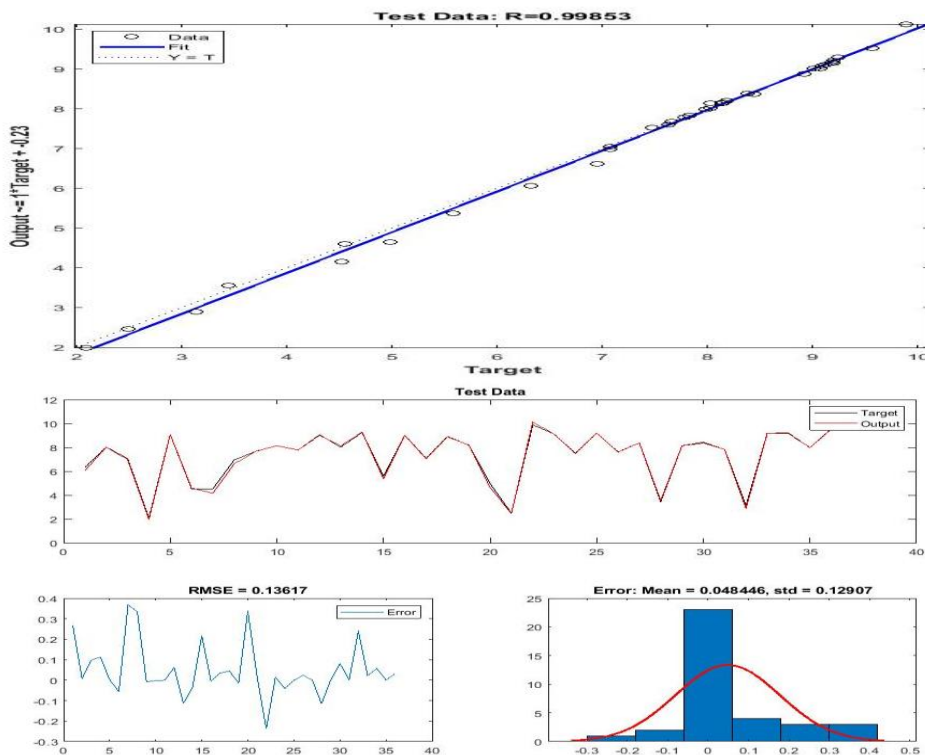


شکل ۸: ساختار کلی مدل تدوین شده در نرم‌افزار MATLAB

اعتبارسنجی: اعتبارسنجی تحقیق از دو منظر مورد توجه بوده است؛ ابتدا اعتبارسنجی ابزار گردآوری داده‌ها که میزان پایایی آن با نرم‌افزار SPSS22 و روایی آن نیز که توسط خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. در وهله دوم برای اعتبارسنجی و ارزیابی مدل، بر اساس اختلاف بین خروجی‌های مدل و داده‌های واقعی اقدام گردیده است. برای ارزیابی عملکرد مدل، از پارامترهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، درصد خطای نسبی (ϵ)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شده است (Jacovides, 1997). نتایج این محاسبات مطابق شکل ۱۰ محاسبه و مقدار هر یک در جدول ۴ درج شده است. مقادیر به دست آمده نشان‌دهنده دقت و قابلیت اعتماد مدل را در پیش‌بینی میزان ظرفیت نوآوری نشان می‌دهد.

جدول ۴: سنجش اعتبار مدل استنتاج فاز عصبی - تطبیقی

مقدار در مدل	مقدار بهینه	بازه مقادیر	معادل انگلیسی	معیار اعتبارسنجی
0.0136	هرچه کمتر باشد بهتر است (کمتر از ۰,۱ عالی است)	از صفر تا بی‌نهایت	RMSE	مجذور میانگین مربعات خطا
1.3 درصد	هرچه کمتر باشد بهتر است	از صفر تا بی‌نهایت	ϵ	درصد خطای نسبی
0.048	هر چه کمتر باشد بهتر است	از صفر تا بی‌نهایت	MAE	میانگین خطای مطلق
0.998	۰,۸ - ۰,۸ مناسب و ۱ - عالی	از صفر تا یک	R^2	ضریب تبیین (تشخیص)



شکل ۹: محاسبات اعتبارسنجی مدل

یافته‌ها، نتایج و پیشنهادهای

- از مهم‌ترین یافته‌های این تحقیق در واقع همان هدف اصلی تحقیق یعنی طراحی و ارائه مدلی جهت ارزیابی ظرفیت نوآوری شرکت‌های دانش بنیان بود که این مدل با استفاده از ANFIS با اعتبار مناسب تهیه گردید. طی بررسی مدل و تست حساسیت مدل، شاخص‌های زیر از میان ۲۵ شاخص شناسایی شده از حساسیت بیشتری برخوردار بودند.
- ۱- تعداد نوآوری در محصول و فرایند در طول سال به ویژه در طی ۵ سال اخیر
 - ۲- تغییرات در شاخص ورودی (ساختار منعطف و رویه‌های مدون)
 - ۳- قابلیت ثبت و بازیابی اطلاعات و دانش کسب‌شده (تبدیل دانش ضمنی به آشکار)
 - ۴- توجه به توانایی خلق ایده به هنگام استخدام افراد
 - ۵- مجموع کارکنان علمی و فنی (S & T)
 - ۶- مخارج تحقیق و توسعه

۷-فرایند نظام مالکیت فکری (IPR)

در مقایسه با نتایج سایر تحقیقات، اشتراکات و تفاوت‌هایی به شرح زیر قابل مشاهده است: برخی ابعاد این تحقیق با ابعاد تحقیقات مورل و بولی (۲۰۰۴-۲۰۱۴) مانند فعالیت‌های تحقیق و توسعه، ایده‌ها- خلاقیت و ارتباط با مشتری مشترک است ولی شاخص‌های این ابعاد با توجه به جامعه آماری و تفاوت‌های تکنولوژی میان دو کشور کاملاً باهم متفاوت هستند. همچنین با مقایسه با تحقیق وانگ هرچند که روش مورد استفاده آن‌ها فازی است اما روش مورد استفاده در این تحقیق روش استنتاج فازی عصبی - تطبیقی است که دارای بیشترین مزیت برای طراحی مدل است.

همچنین با مقایسه با تحقیق پروسچ و همکاران (۲۰۱۷) شاخص‌هایی همچون، مجموع کارکنان علمی و فنی (S & T)، کل مخارج تحقیق و توسعه و سرمایه ریسک (VC) مشترک است. در تحقیق هایاتا (۲۰۱۸) نیز شاخص‌های کیفیت کارکنان، ظرفیت و کثرت تحقیق، بودجه و کمک‌های پژوهشی و دسترسی به جامعه پژوهشی به‌نوعی مشترک می‌باشند. در مقایسه با تحقیق آراستی و همکاران، فقط در حوزه ابعاد اشتراکاتی وجود دارد اما شاخص‌های این ابعاد به کلی متفاوت است.

طی فرایند پژوهش ایده‌ها و نظرات بسیاری به ذهن محقق رسید که برای پیاده‌سازی و اجرای آن‌ها مجال نبود. از این رو، عناوین زیر برای پژوهشگران علاقه‌مند در این عرصه پیشنهاد می‌گردد:

- اتصال سیستم استنتاج فازی به پایگاه داده‌های مدیریت سازمان برای دریافت اطلاعات لحظه‌ای و ارائه گزارش‌های تحلیلی از وضعیت ظرفیت نوآوری در قالب سیستم‌های هوشمند کسب‌وکار.
- استفاده از الگوریتم‌های شبیه‌سازی و الگوریتم‌های تکاملی برای تحلیل و شبیه‌سازی گام‌های پیاده‌سازی و ارائه گزارش‌های اثربخش به مدیران.
- ترکیب شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک برای طراحی الگوی بهینه‌ی پیاده‌سازی سیستم ارزیابی ظرفیت نوآوری.
- ترکیب منطق فازی، شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و روش‌های فرا ابتکاری بهینه‌سازی برای تولید سیستمی هوشمند که به‌طور مستمر قادر به ارائه پیشنهاد‌های بهبوددهنده برای ارتقاء سیستم ارزیابی باشد.

References

- 1-Abraham, A. (2005). Adaptation of Fuzzy Inference System Using Neural Learning, *Studies in Fuzziness and Soft Computing, Journal of Fuzzy Systems Engineering*, vol 181. 53–83.
- 2-Alegre, J., Lapiedra, R. & Chiva, R. (2006). A measurement scale for product innovation performance, *European Journal of Innovation Management*, 6(4), 333-346.
- 3-Amirkhani, A., Lotfi; A, Derakhshan, S. (2017). A Study of Spiritual Leadership and Its Impact on Employee Innovation Capacity with the Role of Innovation Empowerment Mediation (Case Study: Shahid Beheshti University), *Annual Conference of New Management Paradigms in Smart, Tehran, Permanent Secretariat Conference, University of Tehran.*(In Persian)
- 4-Arasti, M., Azita, K, Qureshi, B. (2009). Identifying Factors Affecting the Innovation Capacity of Economic Enterprises: A Case Study of Iranian Industrial Automation Companies, *Iranian Journal of Management Sciences*, Fourth Year, No. 15, pp. 30-30. (In Persian)
- 5-Azar, A., Faraji, H. (2017). *Fuzzy Management Science*, Theran, Mehraban Nashr, Fifth Edition, p 95.
- 6-Azar, A., Jongani, S.H., Ahamadinik, P. (2015). *Fuzzy theory and its application in decision making*, Theran, Safar, p 243.
- 7-Boly V , Morel L , Assielou N , Camargo M. (2014). Evaluating innovative processes in french firms: Methodological proposition for firm innovation capacity evaluation, *ScienceDirect, Elsevier*, 43, 608– 622.
- 8-Boly, V., Morel, L. (2004). *Innovation Process Evaluation: From Self Assessment to Detailed Technological Audit*, *Proceeding of IAMOT 16th, Miami-USA, May 13-17, 2004.*
- 9-Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson, C., & Sagasti, F. (2002). Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age, *Journal of Human Development*, 3(1), 95-122.
- 10-E-Business policy group, (2016). *Bench marketing national and regional e palicis for MEs*, [http:// www. ec. europa. ev/ enterprise/ ict/ policy/ benchmarking](http://www.ec.europa.eu/enterprise/ict/policy/benchmarking) (accessed March 24, 2008).
- 11-Faqih, N., Askarifar, K. (2014), *Ranking of selected countries on improving national capacity for innovation using data envelopment analysis*, *Journal of Entrepreneurship Development*, Volume 7, 1-16, (In Persian)
- 12-Freeman, C., (1995). *The National System of Innovation in historical perspective*, *Cambridge, Journal of economics*, 19(1), 5-24.

- 13-Gibson, V., & Naquin, H. (2011). investing in innovation to enable global Competitiveness: The case of Portugal, *Technological Forecasting & Social Change*, 114-125.
- 14-Haji Hosseini, R., Hashemzadeh, H., Radfar, R & Malekzadeh, K. (2014). Factors affecting the creation of innovation capabilities, *Innovation Management*, 3 (1), 75-100, (In Persian).
- 15-Hayata, E., Liyangeb, C., Haigha, R., Amaratungaa, D. (2018). Development of Research and Innovation Capacity Index of current context and gaps in the lit (HEIs) on Disaster Resilience Related Studies, *ScienceDirect Procedia Engineering*, 212, 1249–1256.
- 16-Jacovides, C. P., (1997). Reply to comment on Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models, *Agricultural Water anagement* 3: 95-97.
- 17-Khalil, T., (2000). Management of Technology The key to Competitiveness and wealth creation, (Translated by Aarabi, S.M., & Izadi, D.) Theran: Office of Cultural Research.
- 18-Marques, C., & Ferreira, J. (2009). SME Innovative Capacity Competitive Advantage and Performance in a Traditional Industrial Region of Portugal, *Journal of Technology Management & Innovation*, 4 (4), 53-68.
- 19-Massao Oura, M., Novaes Zilber, S., Luiz Lopes, E., (2016). Innovation capacity, international experience and export performance.of SMEs in Brazil, elsevier, *International Business Review*, 25, 921–932.
- 20-Movahedi, M., Abbasi, M. (2003). Introducing reviewing and modifying the technology acceptance model, *International Management Conference*, Tehran, 2003, (In Persian).
- 21-Porter, M. E., Stern, S., Furman, J. L., (2002). The determinants of national innovative capacity, *Research policy*, 31(6), 899-933.
- 22-Proksch, D., Haberstroh, M., Pinkwart, A. (2017). Increasing the national innovative capacity: Identifying the pathways to success using a comparative method, *Technological Forecasting & Social Change* 116, 256–270.
- 23-Rajabi, F. (2017). Investigating the mediating role of knowledge management capabilities in the relationship between human resource management measures and innovation, *Human Resource Management Research*, 8 (3), 239-265.(In Persian)
- 24-Ramzi, T., & Salah, A. (2015). The Determinants of Innovation Capacity in the Less Innovative Countries in the Euro-Mediterranean Region, *Springer Science*, 9(2), 526-543.
- 25-Singh, D. A. (2009). Export performance of emerging market firms, *International Business Review*, 18(4), 321–330.

- 26-Technology and Innovation Management Association, (2019), <http://www.conference.iramot.ir/>
- 27-Trela, M., Gazo, C., Omhover, J., Aoussat, A. (2015). Assessment of TRIZ potential on companies Innovation Capacity Illustration with the Hybrid Boiler designed at BoschThermotechnology, *Procedia Engineering*, 131, 303 – 311.
- 28-Viotti, E. B. (2002). National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea, *Technological Forecasting and Social Change*, 69(7), 653-680.
- 29-Wagner, C.S., Brahmakulam, I., Jackson, B., Wong, A., & Yoda, T., (2001). Science and Technology collaboration: Building capacity in developing countries?" RAND Science and Technology, Santa Monica, CA, it's a report for the World Bank, available from: <http://www.rand.org/pubs/monograph-reports/2005/MR1357>
- 30-Wang, L. (2010). *Fuzzy Systems and Fuzzy Control The Thirsty* (Translated by Khajeh, M), University Press, Nasir al-Din Tusi, 2-17. (In Persian).
- 31-Westland, J.C., & Clark, T.H.K., (2000). *Theory and Case Studies*, Cambridge, MIT Press.
- 32-World Economic Forum (WEF), (2001). *The Global Competitiveness Report*, Oxford University Press, New York 2001.
- 33-World Economic Forum (WEF), (2002). *The Global Competitiveness Report*, Oxford University Press, New York 2002.