Karafan
Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University
Summer 2023, Vol. 20, No. 2, p. 339-374
Journal Homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en
TVU
doi:10.48301/KSSA.2022.352239.2204

Recognition of Open R&D Ecosystem through Fuzzy Cognitive Mapping (Case Study: Iranian Nanotechnology)

Pourya Abbasi[1], Reza Radfar[2*], Abbas Toloei Eshlaghi[3], Nazanin Pilehvari[4]

[1]PhD Student in Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2]Proffesor, Department of Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[3]Proffesor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[4]Associate Proffesor, Industrial Management, Faculty of Management, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 07.17.2022
Revised: 09.19.2022
Accepted: 09.24.2022

Keyword:
Ecosystem
Open Research and Development
Fuzzy Cognitive Mapping
Nanotechnology

***Corresponding Author:**
Reza Radfar
Email: *radfar@gmail.com*

ABSTRACT

In recent decades, in the face of rapid changes in the business environment, technological fields have increasingly moved towards opening borders and using external resources. However, recognizing the body of the ecosystem, analyzing the interactions, balancing the exploitation of external knowledge and breaking down boundaries is a necessity that have not been addressed or addressed in a scattered manner. Therefore, understanding the components or roots of the open R&D ecosystem in Nano-technology was a necessity in the present study. The present study was descriptive in terms of purpose, applied in terms of use and a survey in terms of data collection; the research was of mixed nature using purposeful-judgmental sampling method. By reviewing the research literature and aggregating the opinions of experts and policymakers in the field of R&D and nanotechnology using the Fuzzy Delphi questionnaire, 6 main components and 17 sub-factors were identified. Then, the causal model of direct and indirect relationships between the components and their intensity was designed through UCINET software. The results showed that the structure of an open R&D ecosystem consists of the flow of activities, the formation of links, the selection of positions, boundary restrictions, actors and time, each of which has its own sub-factors. Next, the causal model of direct and indirect relationships was analyzed using the Fuzzy Cognitive Map, and then the influence intensity of each node in ecosystems was analyzed. The results of the analysis of the causal model using fuzzy cognitive mapping showed that profitability as a sub-factor of activity flow had the greatest effect and time to enter the market as a time sub-factor had the least effect on R&D ecosystems. This research was theoretically a framework with minimum requirements for understanding the components of an open R&D ecosystem in Iran`s nanotechnology and in practice, indicated that it is affected by the policies and attitudes of policymakers in this field.

©2023 the authors. Published by Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In recent decades, technology-based companies have increasingly relied on resources outside of organizational boundaries to increase the profitability of R&D activities. Because the use of external resources can reduce some of the challenges facing companies and create interaction between actors. These interactions create value at the level of an ecosystem and an open approach with multiple relationships. Some researchers believe that the conceptual dimensions of an ecosystem are meaning, model and metaphor. Metaphor is a conceptual process that makes it possible to understand and experience an object or a component in the form of another; in fact, an ecosystem represents one or more concepts or values. Adner (2017) argues that the term "ecosystems" has evolved spontaneously into different meanings and can be constructed or refined based on the distinction (as a boundary) between two general perspectives. The first perspective is the view of ecosystems as a dependency, which is defined as the socialization of actors within networks with dependence on a platform; and the second perspective is the view of ecosystems as a structure, which is defined as the configuration of activities by a value hypothesis. Tsujimoto et al. (2018) believe that the importance of an ecosystem lies in five dimensions. They believe that the five dimensions can provide a basis for understanding and studying of ecosystem issues. Therefore, in this research, the combination of Tsujimoto dimensions with value creation was used in order to deepen understanding. This research provided insights to identify and study root factors that can be easily understandable and evaluated by different actors.

Purpose

This research sought to provide an overview of the structure of ecosystems with activities based on a value. Therefore, the research pursued two goals: the first goal was to identify the components of the open R&D ecosystem in the field of nanotechnology in Iran and the second goal was to analyze the causal components to gain a deep knowledge of how they interact and affect the ecosystem.

Methodology

The present study was descriptive in terms of purpose; in terms of application, the research is applied and in terms of data collection type, the research was a survey. Data type was mixed. The sampling method in this study was purposeful - judgmental. The population of the expert group consisted of 18 managers and experts of nanotechnology companies (licensed by the Nanotechnology Headquarters), professors and policymakers in the field of research and development and nanotechnology. After studying pervious research, a semi-structured questionnaire was designed in four dimensions and twelve sub-factors and at the end of questionnaire, participants were asked to indicate if they had any recommendations. Then, the questionnaires were distributed by e-mail to an expert panel; 10 questionnaires were completed. At the end of the first round of questionnaires, the experts recommended

that time be added to the sub-dimensions of time to market and product life cycle, as well as the product / service and organization differentiation boundary.

Table 1. Average opinions of experts - Defuzzification in 1st round.

	Situations	**Players**	**Links**	**...**	**Activities**	**Time**	**Boundaries**
	S_1	S_2	S_3	S_n	S_{10}	S_{11}	S_{12}
S_1	0.00	0.75	0.88	...	0.79	0.88	0.88
S_2	0.97	0.00	0.88	...	0.75	0.96	0.96
S_n	...	...	...	...	...	...	...
S_{11}	0.96	0.75	0.96	0.75	0.96	0.00	0.88
S_{12}	0.79	0.96	0.79	0.79	0.88	0.96	0.00

Therefore, in the second round, a new questionnaire was designed and provided to an expert panel with previous comments. Since no comments were added in the comments section in the second round and all scores were above 0.7, a third-round was held to decide whether to stop or continue the Delphi rounds. Examination of defuzzification values showed that all values were higher than 0.7 and the questionnaire factors were reliable. After reaching an agreement among the members of the expert panel on the ecosystem components, the causal relationships and the intensity of the relationships between the factors were determined through the fuzzy cognitive mapping method by UCINET software in the next stage.

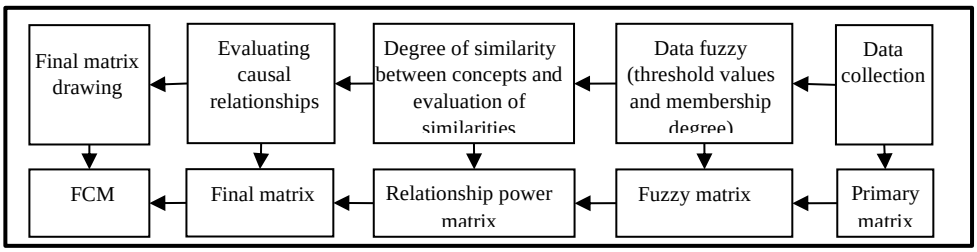


Figure 1. Fuzzy cognitive mapping; Execution steps.

Results

The findings based on the agreement of the expert panel showed that the player component had four sub-dimensions that consisted of financial, human, governance and socio-economic ecosystems; the time component had two sub-dimensions of life cycle and time to market; the boundaries component had two sub-dimensions of product/service and organization borders; the activity component had three sub-dimensions of profitability, performance and value creation; the position component had two sub-dimensions of status and monopoly power; and finally, the link component had three sub-dimensions of industry, university and government. It is noteworthy, that once the relational power matrix is formed, some of the data in the matrix can be misleading because not all relationships in the

matrix are always related and do not have a causal relationship. To form the final matrix, the relationship matrix was examined by five experts and based on their opinions the meaningless relationship between the factors was eliminated.

Table 2. The Matrix of the Power of Relationships in open R&D ecosystems - Research Findings.

	Situations		Players		...	Time	Boundaries
	Situation	***Monopoly power***	***human Ecosystem***	***Financial Ecosystem***	***S_n***	***Organizational***	***Products/ services***
Situation	0.00	0.889	0.746	0.776	...	0.526	0.663
Monopoly power	0.11	0.00	0.792	0.749	...	0.636	0.730
S_n	...		...	...	...	...	...
Organizational	0.36	0.40	0.45	0.47	...	0.00	0.23
Products/ services	0.663	0.730	0.696	0.647	...	0.772	0.00

The graphical representation of the final matrix led to the creation of a fuzzy cognitive map of the ecosystem in the field of nanotechnology. The drawing of the ecosystem network through a valuable two-dimensional matrix using UCNET software is presented in the following diagram.

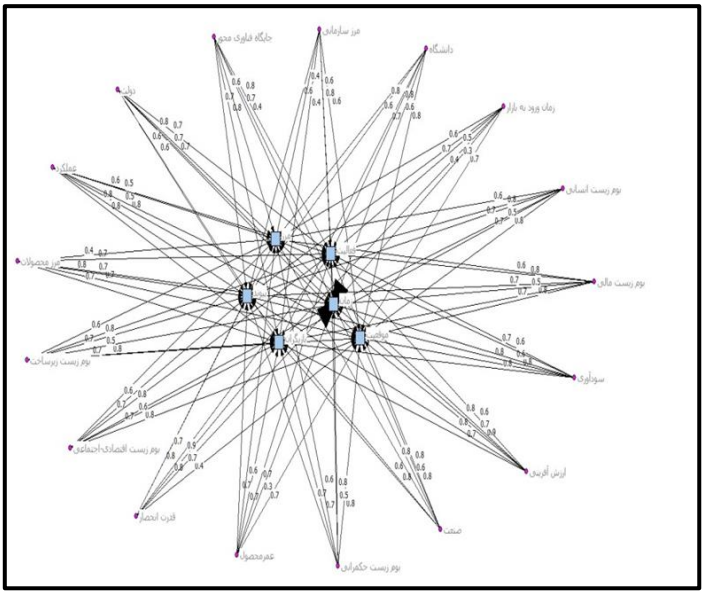


Figure 2. Fuzzy cognitive mapping.

The findings demonstrated that profitability in terms of activity, monopoly power in terms of position and industry in terms of interconnectedness are the top nodes in the ecologists of open research and development in the field of nanotechnology.

Conclusion

The study's initial phase results demonstrate that there are various activities, active participants, and specific timeframes and interconnections in an open R&D ecosystem in the field of nanotechnology. The position and circumstances of firms and research units are also crucial components of this ecosystem, as well as distinct boundaries.

Table 3. Centrality criterion - rank centrality- Research Findings.

Level	Node	Code	In-degree	Out-degree	In-ranking	Out-ranking
Situation	*profitability*	*11*	*78.222*	*78.402*	*12.524*	*12.524*
Situation	*Monopoly power*	2	76.939	77.996	12.310	12.479
Link	*Industry*	9	77.516	77.58	12.403	12.413
S_n	...	...	...	...	...	...
Boundary	*Organizational*	16	63.923	57.461	10.228	9.194
Time	*Time to market*	15	54.826	54.826	0.8.772	8.722

As presented in Table 3, profitability in terms of activity, monopoly power in terms of position and industry in terms of connectivity were the top nodes in the open R&D ecosystem in the field of nanotechnology. One of the important points of the table above is that the overall dimensions of time and boundary are at the lowest level of ranking, while the results of many studies have shown that the time to market and life cycle within an ecosystem are necessary to produce new products/services or processes and leads to the commercialization of research activities and the dissemination of knowledge in ecosystems. Effective knowledge dissemination involves exchanging information with the ecosystem and learning from interactions with other components in R&D and collaborative networks and misunderstandings of boundaries in ecosystems can also make open R&D ecosystems highly inefficient. This issue indicates the weakness of policy in this ecosystem because it is contrary to the goals in the strategic document of Iran. Although in previous studies R&D units have often been studied without considering the origin of ecosystem formation or the independent and simultaneous impact of each component on ecosystems. However, in this research, we presented not only explicit knowledge of the structure but also the reasons for adopting policies and their impact on the existing structure. The use of a spiral process that includes industry, university and government can strengthen this field and bring a deeper understanding of the open ecosystem. What sets apart this study is its unique approach of simultaneously using the perspectives of policymakers and stakeholders, combined with an analysis of the current situation in the study area.

In previous studies, R&D units have often been studied without considering the origin of ecosystem formation or the independent and simultaneous impact of each component on ecosystems. What distinguishes this study from other studies is the simultaneous use of the views of policymakers and stakeholders and its analysis of the current situation in the study area. In this research, in addition to explicit knowledge of the structure, the reasons for adopting policies and its impact on the existing structure were also presented.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
تابستان ۱۴۰۲، دوره ۲۰، شماره ۲، ۳۷۴-۳۳۹
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2022.352239.2204

بوم‌شناسی تحقیق و توسعهٔ باز از طریق نگاشت شناختی فازی مورد مطالعه: نانوفناوری ایران

پوریا عباسی[۱]، رضا رادفر[۲*]، عباس طلوعی اشلقی[۳]، نازنین پیله‌وری[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت واقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۶
بازنگری مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸
پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲

کلید واژگان:
بوم‌سازگان
تحقیق و توسعه
تحقیق و توسعه باز
نگاشت شناختی فازی
نانوفناوری

***نویسنده مسئول:** رضا رادفر
پست الکترونیکی:
radfar@gmail.com

چکیده

طی چند دههٔ اخیر در مواجه با تغییرات سریع در محیط کسب و کار، حوزه‌های فناورانه به‌طور فزاینده‌ای به سمت گشودن مرزها و استفاده از منابع بیرونی قدم برداشته‌اند. اما دراین بین شناخت پیکره بوم‌سازگان، تحلیلِ تعاملات و تعادلِ توأمان در بهره‌برداری از دانش بیرونی و شکستِ مرزها ضرورتی است که بدان توجه نشده است یا اگر شده به‌صورت پراکنده است. از همین روی، شناخت اجزای بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری ضرورت مطالعه پیش روی است. مقاله حاضر ازنظر هدف، توصیفی، از لحاظ استفاده در حیطهٔ پژوهش‌های کاربردی، ازنظر زمان گردآوری پیمایشی و از نظر ماهیت داده‌ها در حیطهٔ تحقیقات ترکیبی است که از روش هدفمند-قضاوتی در نمونه‌گیری استفاده‌شده است. با مرور ادبیات و تجمیع نظرات استادان و خبرگان در حوزهٔ تحقیق و توسعهٔ و نانوفناوری، نتایج نشان می‌دهد، ساختار بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ مورد مطالعه متشکل از جریانِ فعالیت‌ها، تشکیلِ پیوندها، انتخابِ موقعیت‌ها، تحدیداتِ مرزی، بازیگران و زمان است که هرکدام زیر عامل‌هایی مختص به خود دارند. در ادامه مدلِ علّیِ روابطِ مستقیم و غیرمستقیم در نرم افزار ترسیم و سپس شدت تأثیرگذاری هر گره در بوم‌سازگان مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیلِ مدل علّی با استفاده از نگاشت شناختی فازی نشان می‌دهد، سودآوری به عنوان زیر عاملِ جریانِ فعالیت، بیشترین تأثیر و زمانِ ورود به بازار به‌عنوان زیر عاملِ زمانی، کمترین تأثیر را در بوم‌سازگان تحقیق و توسعه باز دارد. نتایج این مقاله به لحاظ نظری یک چارچوب با حداقل‌های مورد نیاز در بوم‌شناسی تحقیق و توسعهٔ باز و به لحاظ عملی دلالت بر نحوهٔ تأثیرپذیریِ حوزهٔ مورد مطالعه را از سیاست‌ها و نگرش‌های سیاست‌گذاران در این حوزه دارد.

شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

©2023 the authors. Published by Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

هر حوزه/بخش دارای یک الگوی اختصاصی، نحوهٔ توسعهٔ متمایز، شیوهٔ عملکردیِ مشخص و بوم‌سازگانی[1] با مرزهای مشخص است که می‌تواند با دیگر حوزه‌ها در تعامل باشد. شناخت سازهِ یک بوم‌سازگان باهدف بررسی تعاملات میان زیر بوم‌ها از منظر مرز، همپوشانی، افزونگی، کاربرد، واحد و کانون تجزیه و تحلیل به‌تنهایی گنگ و گیج‌کننده است؛ حال اگر با مفهوم تحقیق و توسعه درآمیخته شود، دشواری آن نیز دو چندان خواهد شد. زیرا عدم شفافیت ادراکی در مورد این‌که ساختار بوم‌سازگان تحقیق و توسعه از چه اجزایی تشکیل شده و رفتار تعاملی میان اجزا در بوم چگونه تعریف می‌شوند، می‌تواند سرآغاز این پیچیدگی‌ها باشد. در تحقیقات پیشین (جاکوبیدس و همکاران، ۲۰۱۸؛ پاتیاس و گئورگیو، ۲۰۲۱؛ اسپیگل و هریسون، ۲۰۱۸)[2] عمدتاً بر ساختارهای فرایند تحقیق و توسعه و بازخورد عملکرد در استفاده از منابع، فارغ از جایگاه یا محیط استقرار در حوزه/بخش موردمطالعه پرداخته شده است که بسیار پراکنده می باشد. این مهم سبب گردیده تا نیاز به بوم‌شناسی در تحقیق و توسعه بیش از پیش حائز اهمیت شود (رابرتسون و همکاران، ۲۰۲۳)[3]؛ زیرا عدم شناخت کافی از عوامل مؤثر در بوم‌سازگان در هنگام دگردیسی‌های فناورانه مانند کوتاه‌شدن چرخهٔ عمر محصول، زمان توسعهٔ محصول و هزینه‌ها می‌تواند منجر به تعمیق چالش‌های پیش روی بنگاه‌ها و در نهایت منجر به بروز مشکلات در یک حوزه شود. به‌منظور پر نمودن چنین خلأیی، انجام پژوهش پیرامون بوم‌شناسی تحقیق و توسعهٔ باز و نحوهٔ تعامل عناصر در بوم‌سازگان امری اجتناب ناپذیر است.

باتوجه به یافته‌های این پژوهش، تاکنون در ایران پیرامون موضوع مورد مطالعه پژوهشی انجام نشده است و از آنجایی‌که عدم شناخت کافی می‌تواند منجر به شکستِ سیاستی در حوزهٔ نانوفناوری شود، پژوهش حاضر به مطالعه شناختِ مفهوم بوم‌سازگان، ابعاد ساختاری آن و نحوهٔ تعاملات عناصردر بوم‌سازگان پرداخته است تا پاسخی روشن به این سوال دهد که بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری از چه عناصری تشکیل شده‌اند و روابط آنها در این الگو چگونه توصیف می‌شود. چراکه (باربوسا و همکاران، ۲۰۲۱)[4] و (آدنر، ۲۰۱۷)[5] معتقدند مفهوم بوم‌سازگان باعث تحدید و درکی واضح از مرزها ارایه می‌نماید، (کامیسون-هابا و همکاران، ۲۰۱۹)[6] و (ریتالا و آلمپانوپولو، ۲۰۱۷)[7] معتقدند ابعاد ساختاری بوم‌سازگان تبیین ساختار را امکان‌پذیر کرده و دیگر محققین (داش و همکاران، ۲۰۱۸؛ میر و همکاران، ۲۰۲۲؛ سلامی، ۲۰۲۱؛ اسنل و موریس، ۲۰۲۱؛ وی، ۲۰۲۲)[8] براین باور هستند که نحوهٔ تعاملات و نقش آنها در بوم‌سازگان می‌تواند از شکستِ سیاست‌های اتخاذ شده جلوگیری نماید.

نتایج این پژوهش این امکان را به سیاست‌گذاران در حوزه نانوفناوری می‌دهد تا براساس دیدگاه بوم‌سازگانی، نمایی روشن از وضع موجود کسب نمایند و در تحلیل پیرامون اثر سیاست‌های اتخاذشده، شناختی تعمیق‌یافته شکل‌گیرد. دیگر آن‌که، بینشی در قالب عوامل ریشه‌ای از نتایج این پژوهش حاصل می‌شود تا ذی‌نفعان مختلف به راحتی آن را درک نمایند تا با چارچوب ارایه‌شده بتوانند تعاملات بوم‌سازگان بسیاری از ذی‌نفعان را در بوم‌های مختلف که در آن مشغول به فعالیت هستند پشتیبانی و حمایت نمایند. در ادامه به بررسی ریشه‌ای مفهومِ بوم‌سازگان و تعاملات بینابینیِ بازیگران در فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزهٔ نانوفناوری پرداخته می‌شود. در بخش سوم با استفاده از رویکرد پژوهشی

---

[1] Ecosystem
[2] Jacobides; Patias & Georgiev; Spigel & Harison
[3] Robertson
[4] Barbosa
[5] Adner
[6] Camisón-Haba
[7] Ritala & Almpanopoulou
[8] Dash; Meyer; Salami; Snell & Moris; Wei

آمیخته اقدام به شناسایی عوامل تشکیل‌دهنده ساختار و در بخش چهارم یافته‌های حاصل از آن ارائه می‌شود. در بخش پایانی به‌منظور پر نمودن شکاف پژوهشی ذکرشده، نتایج ارائه می‌گردد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اهمیت رویکرد سنتی در نگهداشت هستهٔ اصلیِ فعالیت‌های تحقیق و توسعه در درون/خانه در حال کم‌رنگ شدن است. این رویکرد بسته غالباً در بنگاه‌هایی اتفاق می‌افتد که تصمیم‌گیرندگان آن معتقد به کنترل نوآور برای موفقیت هستند. آنها در خلق و تولید ایده‌ها علاوه بر اعمال کنترل و نظارت سخت‌گیرانه در مورد منابع انسانی (نیروی متخصص) تا آنجایی پیش می‌روند که با تأسیس واحدهای تحقیق و توسعه در درون بنگاه توانایی کنترل و نظارت کافی بر کل فرایند داشته باشند (الفت، ۲۰۰۳). اما در سال‌های اخیر بنگاه‌ها به‌منظور باقی ماندن درصحنه رقابت که از سطح بالایی از پویایی نیز برخوردار هستند، به سمت تداوم در مزیت‌های رقابتی خود (رابرتسون و همکاران، ۲۰۲۳) در فعالیت‌های تحقیق و توسعه قدم برداشته‌اند. آنها، با تلفیق و برون‌سپاری حوزه‌های خاصی از دانش در تحقیق و توسعه در تلاش‌اند تا پایگاه فناوری‌محور خود را گسترش داده و به حوزه‌های فناورانه جدید دست یابند. این بنگاه‌ها غالباً فرایندهای تولید دانش مشترک در زمینه‌های خاصی از تحقیق و توسعه را ترجیح می‌دهند که کاربران نهایی، سیاست‌گذاران، صنایع و مؤسسات دانشگاهی در پیشرفت دانش در راستای توسعه، ارائه راه‌حل‌ها و نمونه‌های اولیه باهم همکاری نمایند؛ زیرا زمانی قابل حصول خواهد بود که دانش‌هایی در درون و بیرون از مرزهای سازمانی (لینگنس و همکاران، ۲۰۲۱)[1] با درجهٔ بالایی از همکاری‌های فرا سازمانی همراه گردد. چسبرو[2] معتقد است الگوی جدید نوآوری باعث شده واحدهای تحقیقاتی پیشرو در بنگاه‌های فناوری‌محور در تقابل با الگوی متداول و سنتی از «تحقیق و توسعهٔ بسته» (نگهداشت فعالیت‌های اصلی در داخل) به سمت «تحقیق و توسعه با مرزهایِ باز» قدم بردارند. در این میان بنگاه‌هایی که شروع به گشودن مرزهای خود به‌صورت هدفمند می‌نمایند، به دنبال پیکربندی فعالیت‌های تحقیق و توسعهٔ منطبق با تعاملات جدید به‌منظور تقویت جریان فعالیت‌ها با طیف متنوعی از شرکا هستند (باربوسا و همکاران، ۲۰۲۱). از این روی، بنگاه‌ها مرزهای سازمانی خود را برای ادغام جریان دانشی یا تولید مشترک با ذی‌نفعان خارجی(دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنعت، دولت، سازمان‌های غیردولتی، نهادهای عمومی) که دارای تعاملات خاصی (روابط سازمانی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی) در فرآیندهای تحقیق و توسعه هستند، بازمی‌نمایند. کشف منابع در بیرون از مرزها علاوه بر نیاز به شناخت بازیگران در بیرون از مرزهای مشخص (جاروی و همکاران، ۲۰۱۸)[3] می‌تواند منجر به بهره‌برداری و شکستِ مرزها به‌طور توأمان شود (خادمی، ۲۰۱۹). این مسئله وظیفه دشواری را بر دوش تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد تا در میان فعالیت‌های خود با بهره‌برداری از منابع، تعادل برقرار نمایند. مسئله‌ای که در پژوهش‌ها غالباً مغفول واقع‌شده است و یا اگر بدان پرداخته‌شده است به‌صورت پراکنده و غیرمتمرکز است (خوراکیان و عطارمقدم، ۲۰۱۸). (کامار، ۲۰۱۵)[4] مفهوم ریشهٔ بوم‌سازگان را در مفاهیم شبکه می‌داند و معتقد است درگذر زمان با افزایش اهمیت روابط متقابل در میان بنگاه‌ها و برجسته‌شدن ویژگی‌های شبکه‌ای، ایجادکننده مفهومی از آن شده است. اما برخلاف استفاده از این مفهوم در پژوهش‌ها، تعریف واضح و پشتوانهٔ نظری مشخصی در تحقیق و توسعه ارائه نشده است (سوجیموتو و همکاران، ۲۰۱۸)[5]. تعارض پیش‌گفته، اکنون در پیش رویِ بنگاه‌های فناوری‌محور همچون بنگاه‌های نانوفناور در ایران نیز پدیدار شده است. حال پرسش مهم این است؛ چه اجزایی تشکیل‌دهنده ساختار بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری است و

[1] Lingens
[1] Chesbrough
[3] Järvi
[4] Camar
[5] Tsujimoto

چگونه می‌توان نسبت به برقراری تعادل در تعاملات فرامرزی در این بوم اقدام نمود. از همین روی ضمن استفاده از دیدگاه بوم‌شناسی، نویسندگان پژوهش می‌کوشند تا به آنها پاسخ دهند.

ابعاد مفهومی یک استعاره؛ بوم‌سازگان

سطح مکانی بوم‌های طبیعی اغلب با تغییرات ساختاری مانند مرزهای یک دریاچه، مرز یک جنگل و یا یک علفزار قابل تحدید است. حتی در درون یک بوم‌سازگان با برجسته نمودن تمایز می‌توان مرزهای جدید قرارداد؛ مانند تمایز در انواع پوشش گیاهی در درون یک بوم‌سازگان یا حتی تفاوت در جنگل‌ها بر اساس تمایز سن یا گونه‌های مختلف گیاهی غالب (بینکلی، ۲۰۱۵)[1]. اگر بوم‌سازگان به همراه تحدیدات مرزی می‌تواند از یک درخت بلوط گرفته تا یک سیاره مفهوم داشته باشد، آیا این مفهوم در تحقیق و توسعه نیز می‌تواند قابل‌درک باشد؟ (بوچر و همکاران، ۱۹۸۲)[2] معتقدند ابعاد مفهومی یک بوم‌سازگان عبارت است از معنا، مدل و استعاره. استعاره به‌عنوان یک فرایندِ مفهومی است و این امکان را مهیا می‌نماید تا یک شیء یا یک جزء را در قالب نوع دیگر فهمید و تجربه کرد؛ در حقیقت بوم‌سازگان نمایانگر یک یا چند مفهوم یا ارزش است (میکلسون و لیبولد، ۱۹۹۵)[3]. لذا، قدرت استفاده از این استعاره بستگی به نحوهٔ تعریف و پرداختن به آن با تبیین مرزهای بوم‌سازگان دارد (آدنر، ۲۰۱۷). تعریف پایه‌ای بوم‌سازگان برای اولین بار در سال ۱۹۳۵ توسط سر آرتور تانسلی[4] و مفهوم و مدل‌سازی آن توسط جیمز اف. مور و از علم زیست‌شناسی به حوزهٔ کسب و کار وارد شده است. رهیافت بوم‌شناسی شاخه‌ای از محیط‌شناسی است که به تعاملات و مناسبات بین انسان، بوم‌سازگان و شیوه‌های ارتباطی میان آنها می‌پردازد (زهیری، ۲۰۱۴). اساساً ارتباط بین اجزای زنده در بوم‌سازگان از طریق سه روش اتفاق می‌افتد: رقابتی، یغماگری[5]، انگلی[6] (بوچر و همکاران، ۱۹۸۲) و هم‌زیستی بین آنها در بوم‌سازگان‌های مختلف به‌منظور دست‌یابی به منافع متقابل با استفاده از توانمندی‌های مکمل (لیق جی آر، ۲۰۱۰)[7] در بخش‌های کلان، تحت روابط علی و چند وجهی (ضرغامی و همکاران، ۲۰۱۶) اتفاق می‌افتد. تاکنون انواع متفاوتی از بوم‌سازگان‌ها مانند: زیست‌بوم طبیعی، زیست‌بوم انسانی (اسنل و موریس، ۲۰۲۱)، زیست‌بوم کسب و کار، زیست‌بوم کارآفرینی و زیست‌بوم نوآوری (گرانسترند و هولگرسون، ۲۰۲۰; طباطبائیان و همکاران، ۲۰۱۸)[8] توسط محققین شناسایی و مورد بررسی قرارگرفته است. آنچه در مطالعات (دسترنج و همکاران، ۲۰۱۹) به چشم می‌خورد وجود مشابهت زیست‌بوم کسب و کار با بوم‌سازگان طبیعی است؛ آنها بر این عقیده هستند که بنگاه‌ها در درون بوم‌سازگان همانند موجودات زنده، ضمن تعامل با یکدیگر قابلیت‌های خود را از طریق رقابت و همکاری با یکدیگر ارتقاء و تکامل می‌بخشند. بر پایهٔ نظرات (ریتالا و آلمپانوپولو، ۲۰۱۷) بستر فعالیت‌های تحقیق و توسعه را می‌توان شبکه‌ای با پیوند از بازیگرانی دانست که تمرکز در توسعهٔ محصول داشته و تحت تأثیر ابعاد مکانی (یعنی اقتضائات هم سرزمینی) و زمانی (یعنی اتصال پیوند شبکه‌ای) است. (آدنر، ۲۰۱۷) معتقد است اصطلاح «بوم‌سازگان» با احاطهٔ معانی بوم‌شناسی، به‌خودی‌خود رشد کرده و می‌تواند بر اساس تمایز (به‌عنوان مرز) بین دو دیدگاه کلی ساخته و پرداخته یا تحدید شود. نخست؛ دیدگاه بوم‌سازگان به‌مثابهٔ وابستگی، که به‌عنوان اجتماعی از بازیگران مرتبط درون شبکه‌ها با وابستگی به یک سکو[9] تعریف می‌شود و دوم؛ دیدگاه بوم‌سازگان به‌مثابه ساختار، که نمایشی از پیکربندی فعالیت‌ها توسط یک فرضیهٔ ارزش است. ازنظر آدنر دیدگاه ساختارگرایانه در

[1] Binkley
[2] Boucher
[3] Mikkelson & Leibold
[4] Sir Arthur Tansley
[5] Predation
[6] Parasitism
[7] Leigh Jr
[8] Granstrand & Holgersson
[9] Platform

یک بوم‌سازگان رویکردی مکمل همراه باارزش آفرینی است. این رویکرد، زیربنای بسیاری از کارهای او درزمینهٔ بوم‌سازگان است و با یک موضوع ارزشی شروع می‌شود و در پی شناسایی مجموعهٔ بازیگران است که در ایجاد آن موضوع نیاز به تعامل دارند. او بوم‌سازگان را مجموعه‌ای چندجانبه از شرکا با ساختار همسو تعریف می‌کند که برای تحقق موضوع ارزش کانونی نیاز به تعامل دارند و توجه را فراتر از رقابت با رقبا در لبهٔ مرزها گسترش می‌دهد (آدنر، ۲۰۱۷). این دیدگاه بوم‌سازگانی، یک بخش یا صنعت را در سطحی فراتر از یک کسب و کار واحد یا منفرد و در قالب عضوی از یک شبکه به‌هم‌پیوسته از واحدها و نهادهای مرتبط در نظر می‌گیرد (پاترا و کریشنا، ۲۰۱۵)[1]. مانند مفهوم بوم‌سازگان کسب و کار (خادمی، ۲۰۲۰) که سرچشمه از یک استعارهٔ زیستی دارد. سیمون مارکسون[2] از معدود دانشمندانی است که تأثیر محیط (بوم‌سازگان) را در واحدهای تحقیق و توسعه در نظر گرفته و برخورد او با این واحدها بر اساس تحدید مالکیت در بوم‌سازگان بوده است. او بر اساس فرضیات قدیمی مرز بوم‌سازگان را بر اساس تفاوت بین سازمان‌های دولتی و خصوصی استوار نمود. این محقق در پژوهش خود استدلال می‌کند وضعیت تملک، از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین موضوع در پیش‌بینی و تحلیل رفتاری واحدهای تحقیق و توسعه است و تمایز سنتی مالکیت بر پایهٔ جایگاه حقوقی سازمان، نشان‌های ناقص و به‌نوعی گمراه‌کننده از بوم‌سازگان است. چراکه نوع مالکیت به‌طور یک‌جانبه نوع تحقیق و توسعه، محصول، ساختار مدیریت، اثربخشی و کارایی را تعیین نمی‌کند. این باور شکل‌گرفته بر پایهٔ جزءنگری است و در مقابل برخی محققین معتقدند پدیده‌ها متشکل از اجزای متعددی است که هیچ خاصیتی را در هیچ مجموعه‌ای به‌تنهایی نمی‌توان یافت، مگر آن‌که آن خاصیت (ارزش) به‌گونه‌ای در اجزاء یک مجموعه وجود داشته باشد (کامیسون-هابا و همکاران، ۲۰۱۹). این باور بیشتر بر نوعی بوم‌سازگان تأکید دارد که بازیگران فقط حول یک کانون (به‌مثابه ارزش) شکل نگرفته باشند و تحت تأثیر تمامی بازیگران (به‌مثابهٔ ساختار) با نقش‌های مختلف (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹) باشند. در راستای تأیید این موضوع، سوجیموتو و همکاران معتقدند اهمیت یک بوم‌سازگان در پنج بُعد نهفته است:

- **بُعد نگرش:** تأکید بر آن دارد که بوم‌سازگان همانند یک شبکه زیستی/طبیعی[3] هم جنبه‌های مثبت و هم جنبه‌های منفی مانند رقابتی، یغماگری، انگلی و تخریب‌گری را در درون خود دارد.
- **بُعد بازیگران:** یک بازیگر در بوم‌سازگان با خصوصیات، قوانین، تصمیم‌گیری و اهداف متفاوتی به حیات خود ادامه می‌دهد. تنوع رفتاری بازیگران بر بوم‌سازگان تأثیر دارد که مختص به یک‌زمان مشخص است.
- **بُعد مرزها:** مرز تحلیلی نظام در یک بوم‌سازگان بر پایهٔ محصول و خدمات تعریف می‌شود. مرزهایی مانند: ملی، بخش، صنعت، خوشه و ... که بازیگران تجاری و غیرتجاری در آن نقش دارند.
- **بُعد زمان:** تجزیه و تحلیل در بوم‌سازگان مستلزم مشاهدهٔ تکامل پویای محصولات/خدمات در میان مرزها دریک بازهٔ زمانی مشخص است.
- **بُعد هدف:** در بوم‌سازگان هدف یافتن الگوهای تصمیم‌گیری و زنجیره‌های رفتاری است که بر رشد و زوال تحت شرایط مرزیِ مشخص به‌شدت تأثیر می‌گذارد.

این ابعاد را می‌توان به حوزهٔ نانوفناوری تعمیم داد که یکی از نوآوری‌های این پژوهش، تلفیق ابعاد اشاره شده با رویکرد ارزش محوری مفهوم بوم‌سازگان در حوزهٔ نانوفناوری به‌منظور تعمیق شناخت است.

نانوفناوری ایران؛ شناخت یک حوزه در بوم‌سازگان

اولین جرقه‌های توجه به نانوفناوری در سال ۱۹۸۹(۱۳۶۸) زده شد و تا پیش از آن فقط در برخی مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی جهان به‌صورت پراکنده تحقیقاتی انجام می‌شد. ایران در دست‌یابی به دانش نانو، این فناوری را متفاوت

[1] Patra & Krishna
[2] Simon Marcson
[3] Organic

از علوم و فنون نوظهوری که معمولاً با یک فاصله زمانی ده‌ها ساله وارد کشور شده بود، پیگیری کرد. این بوم‌سازگان دارای مسیر تکوین و تحولی است که ترسیم آن نیاز به‌مرور اجمالی دارد که به دلیل محدودیت صفحات در جدول (۱) به‌طور خلاصه ارایه می‌شود. صنعت نانوفناوری در ایران ابتدای سال ۱۳۷۹ معرفی و پس از تشکیل کمیته مطالعات سیاست نانوفناوری با راه‌اندازی یک سایت اینترنتی و چاپ یک خبرنامه به‌منظور فعالیت‌های ترویجی، نهایتاً در سال ۱۳۸۲ تصمیم بر تشکیل ستاد ویژهٔ توسعهٔ فناوری نانو گرفته می‌شود. در سال ۱۳۸۴، اولین سند ده‌ساله توسعهٔ فناوری با عنوان راهبرد آینده تدوین و در سال ۱۳۸۵ علاوه بر تأیید سیاست‌ها و راهبردهای توسعهٔ این فناوری در کشور، با تشکیل معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ستاد توسعهٔ فناوری نانو ذیل این معاونت قرار می‌گیرد. در برنامهٔ نخست ۱۰ ساله، اقدامات اجرایی پیرامون ترویج، آگاه‌سازی، تحقیقات دانشگاهی و ایجاد زیرساخت‌ها متمرکز بوده که بازخوردهای حاصله از اجرای آن زمینه‌ساز تدوین سند ده‌سالهٔ دوم تحت عنوان سند گسترش کاربرد فناوری نانو در افق ۱۴۰۴ می‌شود که با توجه به جهت‌گیری سند اول عمدهٔ پژوهش‌های قبلی پیرامون نقش بازیگران در بوم‌سازگان است. مانند نتایج پژوهش (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹) که نشان‌می‌دهد بنگاه‌ها و مراکز نانویی به‌طور مستقیم با یکدیگر همکاری تحقیق و توسعه ندارند و علی‌رغم آنکه ارتباط بسیار کمی با گروه‌های صنعتی برقرار می‌نمایند اغلب با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی همکاری می‌کنند و یا پژوهش اشتریان و همکاران یک شبکه مطلوب را به شکلی پیشنهاد می‌دهد که علی‌رغم حضور ستاد نانو در جایگاه مرکزی، تعداد بیشتری از بازیگران در قطاع میانی جای‌گیرند. چنان‌که بیشترین تبادل اطلاعات انجمن‌های غیردولتی با دانشگاه‌ها و بنگاه‌های تولید محصولات نانو (تقریباً به‌طور مشترک) و سپس با نهادهای سیاست‌گذار باشد. همان‌طوری‌که در سند ده ساله مشخص است، به ابعاد نگرش، هدف و بازیگران پرداخته شده است؛ درحالی‌که برنامه ده سالهٔ دوم تلاش دارد تا مرزهای ساختاری را نیز تغییر دهد و انتقال فناوری از بنگاه‌های کوچک و دانشگاه‌ها به‌سوی صنعت را شکل دهد. تدوین و اجرای سیاست‌ها، ایجاد و گسترش شبکه‌های همکاری، تولید و عرضهٔ انتشارات علمی، ساخت شبکهٔ کانونی در بازاریابی و تجاری‌سازی، توسعهٔ منابع متخصص با هدف ارتقای اقتدار علمی کشور و نقش‌آفرینی اجتماعی تلاش‌های سیاست‌گذاری و اجرایی حکمران طی دوره‌های زمانی مختلف در این صنعت است.

جدول ۱. سیر تاریخی نانوفناوری بر اساس ابعاد پنج‌گانه سوجیموتو و همکاران – یافته‌های پژوهش.

ابعاد بوم‌سازگان نانوفناوری					
دوره	زمان	مرز/محور	بازیگران	نگرشی	هدف
اول	۱۳۸۴-۱۳۷۹	• **خدمات محور؛** تحقیق و توسعه • **انتشار تولیدات علمی؛** مقاله، پایان‌نامه و..	• **بازیگران دانشی؛** (متخصصین، دانشجویان، اساتید و...) • **بازیگران دولتی؛** (نهادهای ذینفع مانند دستگاه‌های اجرایی)	• شبکه آزمایشگاهی • خوشه‌های علمی	• عرضه علم نانو • ایجاد کمیته فناوری نانو • ایجاد پایگاه داده‌ای • تولید محتوا

ابعاد بوم‌سازگان نانوفناوری					
دوره	زمان	مرز/محور	بازیگران	نگرشی	هدف
دوم	۱۳۸۴-۱۳۹۴	• **محصول محور؛** تولید نانو مواد، ساخت تجهیزات بر پایه نانوفناوری	• **بازیگران تجاری؛** بنگاه‌های کوچک و متوسط • **بازیگران دولتی؛** فعال‌سازی راهبرد دانشگاه، صنعت و دولت مانند پارک‌های علم و فناوری • **بازیگران دانشی؛** ایجاد شبکه‌های پژوهشی با همکاری شبکه‌های بین‌المللی	• شبکه‌های تبادل علمی • تمایز در نهادهای سیاست‌گذار و اجرایی • توسعه اهداف علمی در بیرون از مرزها، تسهیل مسیر بنگاه‌های فناوری‌محور به سمت بازار	• دستیابی به جایگاه علمی در میانِ ۱۵ کشور اول • تأمین و تربیت نیروی انسانی • تأمین زیرساخت‌ها در توسعه فناوری نانو
سوم	۱۳۹۴-۱۴۰۴	• **توسعه محور؛** سند ۱۰ ساله دوم؛ گسترش کاربرد فناوری • **محصول محور؛** تولید و صادرات محصولات مهندسی، تولید نانو مواد، ساخت تجهیزات بر پایه نانوفناوری	• **بازیگران تجاری؛** بنگاه‌های بزرگ و صنعتی • **بازیگران دولتی؛** حوزه‌های خودروسازی، فلزی، برق، آب وآبفا، کشاورزی، غذایی، پزشکی، نفت، عمرانی و شهرسازی، محیط‌زیست، آموزش • **بازیگران دانشی؛** برآمده از دانشگاه و بنگاه‌های تحقیقاتی	• شبکه‌های تبادل فناوری • کیفیت گرایی با کمک استانداردهای ملی و بین‌المللی • گسترش محیط‌های تحقیق و توسعه • محوریت در گسترش علم نانو به کمک مشوق‌ها	• تقاضامحوری در علم نانو • ارتقاء جایگاه بین‌المللی • گسترش همکاری‌های تحقیقاتی با بازیگران بین‌المللی • توانمندسازی شبکه متخصصین • ارائه مشوق‌ها به‌منظور صادرات خدمات و محصولات

دیدگاهی ساختارگرایانه؛ بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز

یکی از کلیدهای تسریع در ترجمهٔ علم به دانش[1] در فعالیت‌های تحقیق و توسعه، همکاری‌های مستمر، عمیق و قوی است. بنگاه‌های فناوری‌محور همچون فایزر در توصیف زیست‌بوم تحقیق و توسعهٔ خود عیان می‌کنند که «ما می‌دانیم که به‌تنهایی نمی‌توانیم به تحقیق و توسعه بپردازیم» لذا به‌طور فعالانه از توسعهٔ یک بوم‌سازگان نوظهور و به‌شدت شبکه‌ای پشتیبانی می‌کنیم تا تسریع‌کننده در فعالیت‌ها باشد. بنگاه‌های این‌چنینی تلاش می‌کنند تا الگوهای منحصر به‌فردی از مشارکت را به همراه خلاقیت، انعطاف‌پذیری و گشودگی مرزها در ارائه سریع محصولات/خدمات با استفاده از دانش و منابع انجام دهند. (جکسون، ۲۰۱۱)[2] معتقد است یک بوم‌سازگان روابط اقتصادی پیچیده را در روابط پیچیده بین بازیگران یا نهادهایی که هدف عملکردی آنها *نوآوری فناورانه* است، مدل‌سازی می‌کند (رابرتسون و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج پژوهش او نشان‌می‌دهد بوم‌سازگان دارای ویژگی‌های عملکردی خاصی است که به‌طور ویژه یا تغییراتِ

[1] علم فقط برای علوم تجربی به کار می‌رود و مرز قاطع و روشنی با سایر معارف مثل ادبیات، فلسفه و کلام دارد. اما دانش، وسیع به‌کار می‌رود و شامل همه نوع معلومات می‌شود (از فیزیک و شیمی تا فقه، ادبیات، فلسفه و تاریخ).

[2] Jackson

درونی را تنظیم می‌کند و یا ثباتِ تعادل را حفظ می‌کند. بر اساس این الگو، بازیگران شامل منابع مادی (به‌عنوان‌مثال: بودجه، تجهیزات، امکانات و غیره) و سرمایهٔ انسانی (به‌عنوان‌مثال: دانشجویان، اعضای هیئت‌علمی، کارمندان، محققان در صنعت، نمایندگان صنایع و غیره) هستند که دلیل وجود نهادها (به‌عنوان‌مثال دانشگاه‌ها، بنگاه‌های تجاری، سرمایه‌گذاران خطرپذیر، مؤسسات تحقیقاتی دانشگاهی، صنعت، مراکز تعالیِ پشتیبانی شده توسط انجمن‌ها یا صنایع و سازمان‌های اقتصادی و توسعهٔ اقتصادی محلی و کمک به تجارت، سازمان‌های تأمین مالی، سیاست‌گذاران و غیره) در بوم‌سازگان را بیان می‌کنند. اما تمام این تلاش‌ها بدون در نظر گرفتن بازخورد محیطی بر واحد (بوم‌سازگان بر بنگاه) و تأثیر واحد بر محیط (بنگاه بر بوم‌سازگان) است. آدنر معتقد است بوم‌سازگان موفق، بوم‌سازگانی است که در آن همهٔ بازیگران از موقعیت خود راضی باشند (به‌عنوان‌مثال، بوم‌سازگانی که حداقل به‌طور موقت به تعادل پارتو[1] برسد). بازیگران در یک گروه مانند واحدهای تحقیق و توسعه دارای موقعیت‌ها و فعالیت‌هایی هستند که در آن، میزان توافق متقابل میان اعضاء با رعایت اصل هم‌ترازی است. اما در مقابل دیگر بازیگرانی هم در گروه‌ها وجود دارند که اهداف متنوعی را دنبال می‌کنند و در چنین مواردی تفاوت بین مشارکت و همسویی میان آنها ایجاد می‌شود. توصیف جریان دانش، به معنای نگریستن به دانش به‌عنوان ترکیبی سیال از قواعد تجربی، ارزش‌ها، اطلاعات زمینه (محیطی) و بینشِ خبرگی است که چارچوبی برای ارزیابی و ترکیب تجربیات و اطلاعات جدید را فراهم می‌کند. *بوم‌سازگان تحقیق و توسعه دارای مفهوم چهارگانه بر اساس دیدگاه ساختارگرایانه آدنر دارد*. تأکید بر این دیدگاه به دلیل تفاوت در فرایند حرکت شروع-پایان در دیدگاه‌های وابستگی و ساختارگرا است؛ در رویکرد وابستگی در مرحلهٔ نخست با بازیگران آغاز می‌شود (معمولاً توسط تعامل با یک بازیگر اصلی تعریف می‌شود)، سپس پیوندهای میان آنها شکل می‌گیرد و با تبیین ارزشی (مانند: توسعهٔ محصول جدید) که بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز توانایی انجام آن را دارد (توانمندی‌های شکل‌گرفته) به پایان می‌رسد. اما در دیدگاه ساختارگرا، مرحلهٔ نخست با پیشنهاد یک ارزش (مانند یک ایده یا نیاز فناورانه) آغاز می‌شود، فعالیت‌های لازم (مانند: توانمندی‌های تحقیق و توسعه، عملکرد نوآوری فناورانه، ظرفیت جذب و...) در تحقق آن در نظر گرفته می‌شود و با بازیگرانی که باید همسو شوند (در سطح یک بوم‌سازگان، بخش یا بنگاه) پایان می‌یابد. با توجه به نکات اشاره‌شده، بوم‌سازگان تحقیق و توسعه دارای چهارعنصر بنیادین است؛

عنصر فعالیت: نشان از اقدامات متمایز و مشخص‌کننده تحقق ارزش در بوم‌سازگان دارد.

عنصر بازیگری: بیانگر فعالیت‌های *اعضای بوم‌سازگان* است. یک بازیگر امکان دارد چندین فعالیت را انجام دهد و یا امکان دارد چندین بازیگر یک فعالیت واحد را انجام دهند. در *بوم‌سازگان حکمرانی*، تلاش قابل توجهی برای درک ماهیت پیوندهای علی بین اجزای بوم‌سازگان می‌شود و ممکن است، بازیگران را در درون و بیرون تحریک نماید. در تأیید این موضوع، (وی، ۲۰۲۲) معتقد است عملکرد *بوم‌سازگان حکمرانی* تأثیرگذار بر بوم‌سازگان کارآفرینی است و منجر به رشد آن می‌شود. (اسنل و موریس، ۲۰۲۱) معتقدند دیدگاه بوم‌سازگانی می‌تواند علاوه‌بر به تصویر کشیدن تعاملات بین عناصر، *بوم‌سازگان انسانی* را نیز تحریک کند. نتایج بررسی مقالات مروری پیرامون بوم‌سازگان مالی (میر و همکاران، ۲۰۲۲) نشان می‌دهد نظام مالی متمرکز به سمت نظام مالی غیر متمرکز[2] تغییر مسیر داده که رشدِ مقالات چاپ شده از سوی متخصصین مؤید آن است. (سلامی، ۲۰۲۱) معتقد است این نظام، بوم‌سازگانی است که به دنبال ایجاد جریان مالیِ منبع باز است تا با شفافیت و بدون هیچ مرجع مرکزی عمل کند. بوم‌سازگان مالی با نظام مالی باز، محرک مناسبی در بازگشایی مرزهای اقتصادی، سرمایه‌گذاری خارجی، توسعهٔ زیرساخت‌های اصلی و رونق اقتصادی است (داش و همکاران، ۲۰۱۸).

[1] این مفهوم حالتی از تخصیص منابع است که امکان بهترکردن وضعیت یک فرد بدون بدترکردن وضعیت فردی دیگر وجود ندارد.
[2] DeFi

عنصر موقعیت و جایگاه: علاوه بر تشخیص جریانِ فعالیت‌ها در کل بوم‌سازگان، *جایگاه و موقعیت بازیگران* و نحوهٔ تعامل آنها را نیز مشخص می‌کند.

عنصر پیوند: نشان‌دهندهٔ انتقال و تبادل جریان فعالیت‌ها بین بازیگران است. محتوای این نقل و انتقالات می‌تواند متفاوت باشد؛ مواد، اطلاعات، تأثیر و یا بودجه. این پیوندها نیز می‌توانند نیازی به برقراری ارتباط مستقیم با بازیگر کانونی نداشته باشد. لازمهٔ تعامل میان دانشگاه، صنعت و دولت همکاری، همفکری و هم‌بینشی فرابخشی با رویکرد شبکه‌ای و سیستمی است. از این‌رو، تعاملات مؤثر با بوم، دولت و صنعت یکی از مسئولیت‌ها، کارکردها، ارزش‌ها و الزامات شکوفایی دانشگاه‌هاست (مهدی و شفیعی، ۲۰۲۱)). این ابعاد می‌تواند پایه‌ای از شناخت و مطالعه در موضوعات بوم‌سازگان را فراهم آورد.

جدول ۲. مقایسهٔ عناصر بر اساس دیدگاه‌های ساختارگرا و وابستگی-برگرفته‌از یافته‌های (آدنر، ۲۰۱۷).

عناصر در بوم‌سازگان تحقیق و توسعه	دیدگاه ساختاری به بوم‌سازگان	دیدگاه وابستگی به بوم‌سازگان
فعالیت	اقدامات گسسته به‌منظور ایجاد ارزش انجام می‌شود.	غیرکاربردی
بازیگران	عضوها/عوامل انجام دهنده فعالیت‌ها هستند	عضوها/عوامل به بازیگر کانونی گره‌خورده‌اند
موقعیت	در جریان فعالیت‌ها، موقعیت بازیگران در تمام سیستم مشخص است.	از پیوندهایی به دیگر بازیگران موقعیت یا جایگاه مشخص می‌شود
پیوند	انتقال ارزش از طریق موقعیت‌ها، با یا بدون بازیگر کانونی است	روابط بین بازیگر کانونی و سایر بازیگران است

جدول ۳. پیشینه پژوهش.

زیر عنصر	عنصر	روش پژوهش	نتایج پژوهش	عنوان پژوهش	محقق
ارزش آفرینی	فعالیت	روش کیفی	توانمندی‌های پویا مبتنی بر بوم‌سازگان: توانمندی پایش محیط، توانمندی مشارکت و توانمندی یکپارچه‌سازی ارزش	سازماندهی یک بوم‌سازگان نوآورانه: نقش بنگاه، قطب علمی و بوم‌سازگان براساس توانمندی‌های پویا	(چن و همکاران، ۲۰۱۹)[1]
سودآوری و		روش کی، سیستم پویا	سودآوری بنگاه‌های مبتنی بر فناوری بالا و ارتباط آن با پایداری بنگاه در تحقیق و توسعه	مدل پویایی سیستم برای مدیریت پورتفولیو تحقیق و توسعه	(وانگ، ۲۰۱۹)[2]
عملکرد نوآوری فناورانه		روش کیفی	رابطهٔ مثبت میان فعالیت‌های تحققیق و توسعه با عملکرد نوآوری فنارانه	آیا عامل اعضاء، عملکرد نوآوری فناورانه را بهبود می بخشد؟	(جیانمین و لی، ۲۰۲۰)[3]
بوم‌سازگان حکمرانی	بازیگران	روش کمی، پانل دیتا	نقش بازیگران مانند حاکمیت و تعامل آنها با سایر عناصر کلیدی در بوم‌سازگان	دولت‌های منطقه‌ای و کارآفرینی فرصت در محیط‌های نهادی توسعه نیافته: دیدگاه بوم‌سازگان کارآفرینی	(وی، ۲۰۲۲)

[1] Chen
[2] Wang
[3] Jianmin & Li

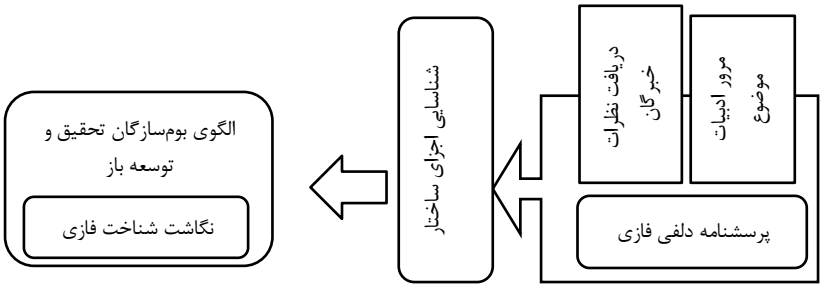
زیر عنصر	عنصر	روش پژوهش	نتایج پژوهش	عنوان پژوهش	محقق
بوم‌سازگان مالی		روش کیفی	نظام مالی منبع باز، بدون مرجع مرکزی و بوم‌سازگانی از برنامه‌های شبکه‌ای	چالش‌ها و رویکردهای تنظیم امور مالی غیرمتمرکز	(سلامی، ۲۰۲۱)
بوم‌سازگان زیرساخت		روش کیفی	توجه کشورهای به بوم‌سازگان زیرساخت در سه دهه گذشته، تسریع توسعه زیرساخت‌های سبز	پژوهشی پیرامون زیرساخت‌های زیست محیطی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸: تجزیه و تحلیل کتاب سنجی	(سان و همکاران، ۲۰۲۰)[1]
بوم‌سازگان انسانی		روش کیفی	دیدگاه بوم‌سازگانی منجر به فرآیندهای هم ترازی و پویایی بوم‌سازگان منابع انسانی	زمان همسویی مجدد: بوم‌سازگان منابع انسانی	(اسنل و موریس، ۲۰۲۱)
جایگاه حوزه و قدرت انحصار	موقعیت	روش کمی، حداقل مربعات جزئی	تثبیت موقعیت فراتر از مرزهای خود با ایجاد ارزش، عملکرد فناورانه در ثبت جایگاه بنگاه	عملکرد نوآورانه: تأثیر قابلیت‌های پویا مبتنی بر دانش در بوم‌سازگان نوآوری بین کشوری	(رابرتسون و همکاران، ۲۰۲۳)
صنعت، دانشگاه و دولت	پیوند	روش کمی، تحلیل محتوا	پیوند سخت و هم‌افزای دانشگاه با محیط پیرامون و صنعت؛	ریشه‌یابی سست‌پیوندی دانشگاه ایرانی با صنعت از دیدگاه خبرگان آموزش‌عالی	(مهدی و شفیعی، ۲۰۲۱)
		روش کیفی	پیشرفت فناوری متأثر از تعامل و روابط متقابل بنگاه‌ها با دانشگاه‌ها و دولت	ارتباط دانشگاه، صنعت و دولت با تکیه بر نقش نهادهای میانجی (موردپژوهی:کانون‌های هماهنگی دانش، صنعت و بازار)	(محمدهاشمی، ۲۰۱۷)

آنچه در این پژوهش برای تحدید مرزهای حوزهٔ نانوفناوری استفاده شده است، دیدگاه سوجیموتو و همکاران و آنچه در تحدید مرزهای بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز استفاده شده است، دیدگاه آدنر می‌باشد؛ زیرا در بسیاری از پژوهش‌ها (خادمی، ۲۰۲۰; سان و همکاران، ۲۰۲۰; وانگ و ژای، ۲۰۱۹)[2] می‌توان ردپای استفاده از مفهوم بوم‌سازگان را بدون تحدید مرزها و صرفاً در خصوص نحوهٔ تعاملات، تمایز نقش بازیگران و ... پیدا نمود که به دلیل عدم وجود پژوهش‌های منسجم و یا پراکنده پیرامون عناصر یا ریشه‌های ساختاری بوم‌سازگان (آدنر، ۲۰۱۷; خوراکیان و عطارمقدم، ۲۰۱۸; لینگنس و همکاران، ۲۰۲۱; رادبرگ و لوفستن، ۲۰۲۳)[3] تنها به قسمت‌هایی از آن پرداخته شده است. اما در این پژوهش، مفهوم بوم‌سازگان و تحقیق و توسعهٔ باز باهم ترکیب شده و یک مفهوم اصلی با عنوان بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز معرفی شده است.

[1] Sun
[2] Wang & Zhai
[3] Rådberg & Löfsten

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر رویکرد، ترکیبی؛ از نظر روش تحقیق، پیمایشی، از نظر افق زمانی، مقطعی و گردآوری داده‌های میدانی از طریق پرسش‌نامه نیمه ساختاریافتهِ باز و جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای است. همان‌طوری‌که فرایند پژوهش در شکل (۱) نشان داده شده است، پس از استخراج متغیرهای پژوهش و طراحی پرسش‌نامه، نظرات خبرگان دریافت می‌شود و پس از وفاق نظری حاصل شده پیرامون عناصر یا ریشه‌های تشکیل دهنده بوم‌سازگان، با استفاده از نگاشت شناخت فازی به تحلیل آن پرداخته می‌شود.



شکل ۱. مراحل پژوهش.

روش نمونه‌گیری در این پژوهش هدف‌دار یا قضاوتی[1] است. (دو پلسیس و سابرامانین، ۲۰۱۴)[2] معتقدند، در روش پرسش‌نامه دلفی فازی افزون بر آنکه اندازه نمونه با توجه به دامنهٔ مسئله و منابع متغیر است، اندازهٔ نمونه نیز (تعدادِ جمعیت) ازنظر آماری، ملاک نمایندگی جمعیت مورد مطالعه نبوده و ملاک اصلی خبره بودن اعضاء است که بیان‌کنندهٔ مفهوم نمایندگی جمعیت مورد مطالعه است (بهمنی و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به این نکته، جمعیت خبرگان در این پژوهش متشکل از ۱۸ خبره است که شامل: مدیران و کارشناسان بنگاه‌های نانوفناوری (دارای پروانه از ستاد ویژه نانوفناوری)، اساتید، سیاست‌گذاران و خبرگان حوزهٔ تحقیق و توسعه و نانوفناوری (مشغول به فعالیت) است که بر مبنای جدول ۴ انتخاب شدند.

جدول ۴. جمعیت‌شناختی اعضای خبرگان در هیئت نمایندگی.

جایگاه سازمانی	حوزهٔ فعالیت	تحصیلات	سابقهٔ کار	تعداد منتخبین
مدیر اجرایی خبره در بخش	ستاد ویژهٔ نانوفناوری، کمیته نانوفناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	دکتری	بیش از ۱۸ سال	۴
مدیر و کارآفرین خبره در بنگاه	اجرایی: بنگاه تولیدکنندهٔ نانو مواد، تولیدکنندهٔ تجهیزات	کارشناس ارشد	بیش از ۱۲ سال	۴
استاد تمام	مدرس سیاست‌های تحقیق و توسعه	دکتری	بیش از ۱۸ سال	۴
دانشیار پژوهشگر ارشد	پژوهشی: در حوزه نانو مواد در سازمان‌های وابسته به وزارت دفاع و علوم پزشکی	دکتری	بیش از ۱۵ سال	۴
دانشیار	پژوهشی: مدرس روش تحقیق و پژوهشگر در حوزه آینده‌پژوهی	دکتری	بیش از ۱۲ سال	۲

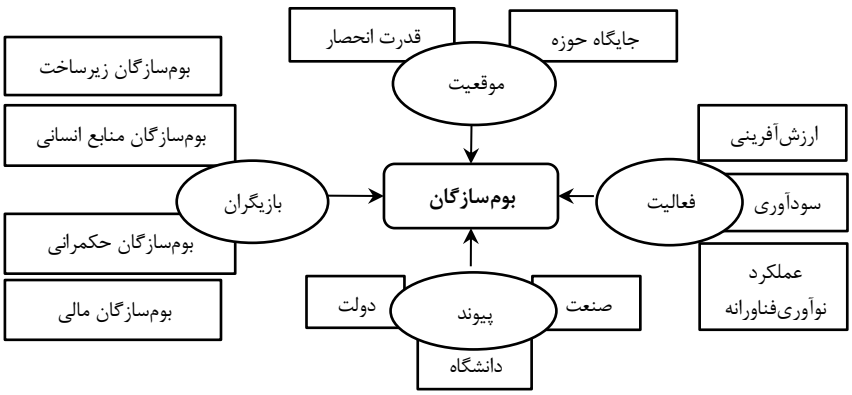
[1] Purposive/Judgmental Sampling
[2] Du Plessis & Subramanien

پس از استخراج متغیرهای موردنظر از پیشینه پژوهش (جدول۳) و انتخاب اعضای خبرگان اقدام به طراحی پرسش‌نامه نیمه ساختاریافته باز گردید. پرسش‌نامه طراحی‌شده پیش از برگزاری دورهای نگرش سنجی، در اختیار استادان قرارگرفته تا روایی محتوایی و صوری آن را مورد بازبین قرار دهند. لذا پس از بررسی آن و حذف پاره‌ای از عوامل مبهم، روایی محتوایی و صوری آن تأیید گردید، تا در مرحلهٔ بعد با انجام پیش‌سنجی، پایایی آن نیز مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۵. مراحل اجرای پرسش‌نامه به روش دلفی فازی.

گام	اقدامات	توضیحات
۱	ارسال پرسش‌نامه	تهیه پرسش‌نامه به همراه طیف ۵ تابی لیکرت، درخواست گنجاندن نظرات در انتهای پرسشنامه در صورت نیاز
۲	تبدیل نظرات	تبدیل متغیرهای کلامی به اعداد فازی مثلثی $\tilde{A}^{(i)}=(a_1^{(i)},a_2^{(i)},a_3^{(i)})$ i=1,2,3,…,n
۳	اندازه‌گیری مجموعها	اندازه‌گیری تجمیعی پاسخهای خبرگان به پرسش‌نامه با استفاده از رابطه $\tilde{A}_m = (a_{m^1}, a_{m^2}, a_{m^3}) = (\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^i, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^i, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^i)$
۴	فازی زدایی	فازی زدایی از روش مرکز ثقل با استفاده از رابطه $S_j = \frac{u_j+4m_j+l_j}{6}$
۵	بررسی وفاق خبرگان	تکرار مراحل دلفی تا آنجا پیش رود که اختلاف‌نظر خبرگان بین دو مرحله نظرسنجی به کمتر از حد آستانه خیلی کم (۰.۲) با استفاده از رابطهٔ زیر برسد. $S(\tilde{B}_m, \tilde{A}_m) = \left\|\frac{1}{6}[(a_{m^1}, a_{m^2}, a_{m^3}) - (b_{m^1}, b_{m^2}, b_{m^3})]\right\|$
۶	توقف یا ادامه فرایند	تصمیم‌گیری در خصوص توقف یا ادامهٔ دورهای دلفی

با توجه به توضیحات ارایه شده در جدول (۵)، پس از حصول وفاق نظری میان اعضای خبرگان (مولائی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۱) در خصوص عوامل ساخت دهندهٔ بوم‌سازگان، به بررسی روابط علّی و شدت روابط میان عوامل از طریق روش نگاشت شناختی فازی با استفاده از نرم‌افزاری یو سی آی نت در مرحلهٔ بعد اقدام می‌گردد. در این مرحله عوامل مورد نظر به صورت پرسش‌نامه طراحی و در اختیار اعضای خبرگان قرار می‌گیرد تا از ۰ تا ۱ به آن پاسخ دهند. سپس نظرات جمع‌آوری‌شده و گام‌های نگاشت شناختی فازی انجام می‌شود.



شکل ۲. شکل مفهومی از متغیرهای استخراج‌شده (براساس پیشینهٔ پژوهش - جدول۳).

یافته‌ها

پرسش‌نامهٔ دلفی فازی

پس از مطالعهٔ ادبیات، پرسش‌نامه نیمه ساختاریافته در چهار بُعد و دوازده زیر عامل طراحی و در انتهای آن درخواست گردید تا در صورت داشتن پیشنهاد، آن را اعلام نمایند. سپس پرسش‌نامه با پست الکترونیکی میان ۱۸ نفر (اعضای خبرگان) توزیع گردید که ۱۰ پرسش‌نامه به همراه پاسخ‌ها عودت داده شد. بررسی مقادیر فازی زدایی شده نشان‌می‌دهد که تمامی مقادیر بالاتر از ۰/۷ است و عوامل مندرج در پرسش‌نامه قابل اتکا است.

جدول ۶. میانگین نظرات خبرگان فازی‌زدایی شده – دور اول.

	S_1	S_2	S_3	S_n	S_{10}	S_{11}	S_{12}
	جایگاه	قدرت انحصار	بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	...	سودآوری	ارزش‌آفرینی	عملکرد
S_1	۰/۰۰	۰/۷۵	۰/۸۸	...	۰/۷۹	۰/۸۸	۰/۸۸
S_2	۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۸۸	...	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۹۶
S_n	...	...	...	...	...	...	...
S_{11}	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۰۰	۰/۸۸
S_{12}	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۰۰

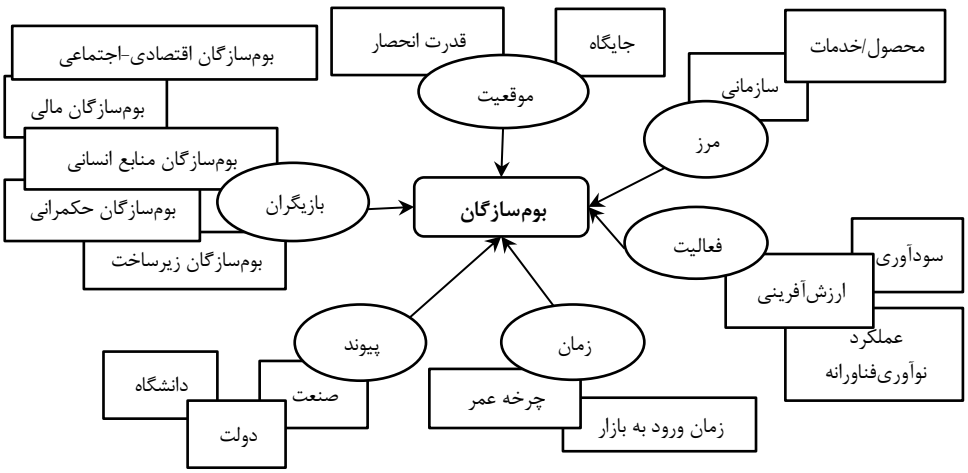
اما در انتهای پرسش‌نامه‌ها در دور اول، اعضای خبرگان پیشنهاد نمودند تا بُعد زمان به همراه زیر عامل‌های زمان ورود و عمر محصول و همچنین مرز تمایز محصول/خدماتی و سازمانی اضافه شود. از همین روی در دور دوم، پرسش‌نامه جدید طراحی و به همراه نظرات قبلی در اختیار خبرگان گرفت. پس از دریافت پاسخ‌ها مراحل فازی زدایی انجام و به دلیل آنکه مقدار میانگین نظرات خبرگان بیش از ۰/۷ است، عوامل درج‌شده در پرسش‌نامه قابل‌اتکا است. نکته‌ای که در استفاده از پرسش‌نامه به روش دلفی فازی وجود دارد آن است که اختلاف میانگین نظرات در دورهای برگزاری باید در نظر گرفته شود. از آنجائی که هیچ‌گونه پیشنهادی در قسمت نظرات در دور دوم اضافه نشده بود، دور سوم به‌منظور تصمیم‌گیری در توقف یا ادامه دورها برگزار و در ادامه با توجه به گام پنجم در جدول (۳)، پس از احصای میانگین اختلاف نظرات خبرگان تصمیم‌گیری انجام پذیرفت.

جدول ۷. محاسبه اختلاف نظرات خبرگان.

	$\lvert S_{1\,second} - S_{1\,thirth}\rvert$	$\lvert S_{2\,second} - S_{2\,thirth}\rvert$	$\lvert S_{n\,second} - S_{n-m\,thirth}\rvert$	$\lvert S_{16\,second} - S_{16\,thirth}\rvert$	$\lvert S_{17\,second} - S_{17\,thirth}\rvert$
S_1	۰/۰۰	۰/۰۰	...	۰/۱۷	۰/۱۳
S_2	۰/۱۷	۰/۰۰	...	۰/۰۴	۰/۰۰
...	...	...	...	...	...
S_{15}	۰/۰۰	۰/۱۷	...	۰/۰۴	۰/۰۰
S_{16}	۰/۱۷	۰/۱۷	...	۰/۰۰	۰/۱۳
S_{17}	۰/۰۰	۰/۱۰	...	۰/۰۰	۰/۰۰

(لطیفی و همکاران، ۲۰۱۸) معتقدند تکرار مراحل دلفی تا آنجا باید پیش رود که اختلاف‌نظر خبرگان بین دو مرحلهٔ نظرسنجی به کمتر از حد آستانهٔ خیلی کم (۰/۲) برسد. اما (بوجادزیو و بوجادزیو، ۲۰۰۲)[1] معیار انتخاب حد آستانه را بر پایهٔ نزدیکی معقول[2] تعریف نموده است که خود مفهومی فازی دارد و کمترین مقدار (۰/۱) را در نظر می‌گیرد. لذا در این پژوهش جهت حفظ حساسیت معیارها، حد آستانهٔ خیلی کم انتخاب شد تا از حذف شاخص‌های مهم با بیشترین تناسب جلوگیری شود (مهرگان و سیدکلالی، ۲۰۱۳).

با بررسی جدول اختلاف میانگین نظرات خبرگان در دور سوم نهایتاً ۶ بُعد اصلی و ۱۷زیرعامل شناسایی شد.



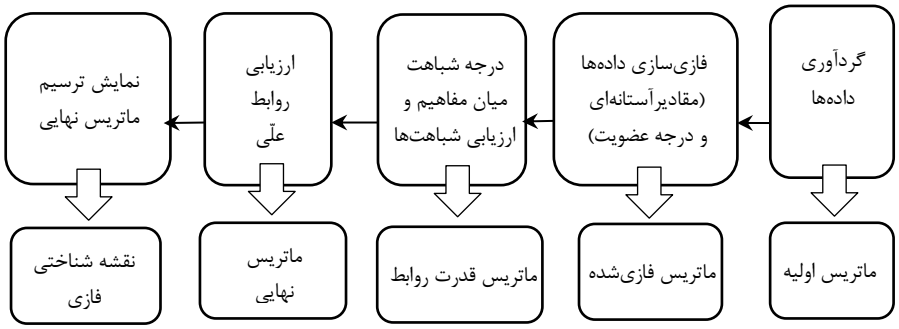
شکل ۳. عوامل ساختاری در الگوی بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز براساس وفاق نظری خبرگان.

بُعد بازیگران دارای چهار بوم‌سازگان مالی، انسانی، حکمرانی و اقتصادی- اجتماعی؛ بُعد زمان دارای دو زیر بخش چرخهٔ عمر و زمان ورود به بازار، بُعد مرز دارای دو زیر بخش محصول/خدمات و سازمان؛ بُعد فعالیت با سه زیر بخش سودآوری، عملکرد و ارزش‌آفرینی، بُعد موقعیت دارای دو زیر بخش جایگاه و قدرت انحصار و بُعد پیوند دارای سه زیر بخش صنعت، دانشگاه و دولت مورد وفاق نظری هیئت خبرگان است. در ادامه به‌منظور بررسی روابط علّی و شدت روابط عوامل از روش نگاشت شناختی فازی استفاده گردید.

نگاشت شناختی فازی[3]

در بخش دومِ پژوهش، پرسش‌نامه دیگری طراحی گردید که ۶ معیار/عامل اصلی و حاوی ۱۷ زیرمعیار/زیرعامل است و اعضای خبرگان در بازه ۰ و ۱ به آن پاسخ دادند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، گام‌های نگاشت شناختی فازی که در شکل ۴ ارائه‌شده است به ترتیب انجام شد.

[1] Bojadziev & Bojadziev
[2] Reasonably close
[3] Fuzzy Cognitive Maps



شکل ۴. گام‌های ساخت و ترسیم نقشهٔ شناخت فازی.

- **گام نخست محاسبهٔ ماتریس اولیه**[1]: ماتریس اولیه یک ماتریس $[n \times m]$ است که در این پژوهش ماتریس به‌صورت ۱۰*۱۷ است. در این ماتریس n تعداد اجزای بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز (۱۷ جزء یا متغیر نهایی) که به آنها مفاهیم یا متغیرها نیز اطلاق می‌شود و m تعداد خبرگان (۱۰ خبره) شرکت‌کننده در کسب داده‌ها را نشان‌می‌دهد (اخوان انوری و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۸. محاسبهٔ اختلاف نظرات خبرگان.

متغیر زبانی	اعداد فازی			طیف	میانگین فازی
خیلی کم	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰/۰۸۳۴
کم	۰/۵	۰/۲۵	۰	۱	۰/۲۵
متوسط	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۲	۰/۵۰
زیاد	۱	۰/۷۵	۰/۵	۳	۰/۷۵
خیلی زیاد	۱	۱	۰/۷۵	۴	۰/۹۱۶۷

هر عنصر O_{ij} ماتریس، نشان‌دهنده میزان اهمیتی است که خبره j برای مفهوم یا متغیر i در نظر می‌گیرد؛ مانند جزء جایگاه یا عنصر O_{11} که با عنوان جایگاه فناوری است بر اساس نظرات خبره اول که همان j_1 است مقدار زبانی زیاد (یا انتخاب طیف۳) را بیان نموده است. عناصر O_{im} ،O_{i1} ،O_{i2} عناصر برداری V_i مرتبط با عوامل ساخت دهنده بوم‌سازگان تحقیق و توسعه متعلق به‌ردیف i ماتریس هستند (اخوان انوری و همکاران، ۲۰۱۷؛ مهرگان و سیدکلالی، ۲۰۱۳).

- **گام دوم محاسبهٔ ماتریس فازی شده**[2]: بردارهای عددی V_i به مجموعه‌های فازی تغییریافته و هر مجموعهٔ فازی بیان‌کننده درجهٔ عضویت عنصر O_{ij} از بردار V_i به خودِ بردار V_i است. بردارهای عددی باارزش‌های بین صفر و یک، به شکل مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند. ارزش حداکثری و حداقلی در V_i رایافته و به ترتیب $X_i = 1$ و $X_i = 0$ برای آن در نظر گرفته می‌شود:

$$\left[Max(O_{iq}) \rightarrow X_i(O_{iq}) = 1\right], \left[Min(O_{iq}) \rightarrow X_i(O_{iq}) = 0\right]$$ رابطه (۱)

[1] Initial Matrix
[2] Fuzzified Matrix (FZM)

نسبت تمامی دیگر عناصر بردار V_iدر بازه صفر و یک مشخص می‌شود که در آن$X_i(O_{ij})$ درجهٔ عضویت عنصر O_{ij} در بردارV_i است:

$$X_i(O_{ij}) = \frac{O_{ij} - Min(O_{ip})}{Max(O_{ip}) - Min(O_{ip})}$$

رابطه (۲)

برآورد مستقیم مقادیر در بازهٔ صفر و یک امکان دارد درجهٔ عضویت را به‌گونه‌ای تعیین کند که منعکس‌کنندهٔ دنیای واقعی نبوده و به لحاظ منطقی مستدل نباشد. در چنین مواردی، مقادیر آستانه‌ای بالا و پایین از طریق تحلیل داده‌های خبرگان تعریف می‌شود. از همین روی، اگر V_i بردار عددی عنصر m به مفهوم i مرتبط و $O_{ij}(j = 1,2, \dots m)$ متشکل از بردار V_i باشد از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\forall_j = 1 - mO_{ij}(O_{ij} \gg \propto_u) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 1$$

رابطه (۳)

$$\forall_j = 1 - mO_{ij}(O_{ij} \ll \propto_u) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 0$$

رابطه (۴)

همچنین عناصر باقی‌مانده بردار، در بازه صفر و یک برآورد شده است (سعیدی و عندلیبی، ۲۰۱۹).

- **گام سوم ماتریس قدرت [شدت روابط]**[1]: این ماتریس روابط یک ماتریس $n \times n$ را نشان‌می‌دهد که در این پژوهش ماتریس ۱۷ × ۱۷ است. سطرها و ستون‌های این ماتریس نشان‌دهنده مفاهیم یا متغیرها یعنی اجزای ساختار بوم‌سازگان است و هریک از عناصر که باS_{ij} در این ماتریس نشان داده می‌شود، معرف رابطهٔ میان متغیر i ام با متغیر jام است که می‌تواند ارزش‌ها را در بازه[۱،۱-]بپذیرد.

سه رابطهٔ احتمالی میان دو مفهوم(S_{ij}) i و j وجود دارد:

$S_{ij} > 0$ نشان‌دهندهٔ علیت مستقیم (مثبت) میان مفاهیم i و j است؛ یعنی، افزایش ارزش مفهوم i باعث افزایش ارزش مفهوم jاست.

$S_{ij} < 0$ نشان‌دهندهٔ علیت معکوس (منفی) میان مفاهیم i و j است؛ یعنی، افزایش ارزش مفهوم i باعث کاهش ارزش مفهوم jمی‌شود.

$S_{ij} = 0$ نشان‌دهندهٔ آن است که میان مفاهیم i و j *هیچ رابطه‌ای وجود ندارد*. لذا در تعیین ارزش‌های S_{ij} باید سه پارامتر در نظر گرفته شود. علامت S_{ij} که بیانگر وجود رابطهٔ میان مفاهیم i و j است، قدرت S_{ij} که بیانگر مفهوم i یا چه قدرتی بر مفهوم j اثر می‌گذارد، و مسیر علت که نشان‌می‌دهد مفهوم i باعث jمی‌شود و بالعکس. برای بردارهایی که با یکدیگر رابطهٔ مستقیم دارند و بردارهایی که رابطهٔ معکوس برقرار می‌کنند فاصله میان عنصر d_j اُم بردارهایV_1 وV_2 به ترتیب از طریق رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$d_j = |x_1(v_j) - x_2(v_j)|$$

رابطه (۵)

$$d_j = |x_1(v_j) - (1 - x_2(v_j))|$$

رابطه (۶)

میانگین فاصله[2] میان بردارهایV_1 وV_2 برابر است با:

[1] Strength of Relationships Matrix (SRM)
[2] Average Distance (AD)

رابطه (۷)

$$AD = \frac{\sum_{j=1}^{m} |d_j|}{m}$$

جدول ۹. ماتریس AD-یافته‌های پژوهش.

	جایگاه		بازیگران						زمان		مرز
	جایگاه	قدرت انحصار	بوم‌سازگان انسانی	بوم‌سازگان مالی	بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	بوم‌سازگان حکمرانی	بوم‌سازگان زیرساخت	...	عمر محصول	زمان ورود به بازار	مرز سازمانی	مرز محصول-خدمات
جایگاه	۰/۰	۱۱/۰	۵۲/۰	۲۲/۰	۶۱/۰	۲۲/۰	۵۲/۰	...	۰۳/۰	۶۸/۰	۶۳/۰	۴۳/۰
قدرت انحصار	۱۱/۰	۰۰/۰	۱۲/۰	۵۲/۰	۶۱/۰	۱۲/۰	۱۲/۰	...	۴۲/۰	۲۴/۰	۶۳/۰	۷۲/۰
بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	۲۵/۰	۲۱/۰	۰۰/۰	۶۱/۰	۴۱/۰	۶۱/۰	۲۱/۰	...	۳۱/۰	۳۵/۰	۰۴/۰	۰۳/۰
بوم‌سازگان مالی	۲۲/۰	۲۵/۰	۶۱/۰	۰۰/۰	۱۱/۰	۲۱/۰	۲۱/۰	...	۲۸/۰	۲۶/۰	۲۵/۰	۲۵/۰
بوم‌سازگان انسانی	۶۱/۰	۱۹/۰	۱۱/۰	۱۱/۰	۰۰/۰	۲۱/۰	۰۹/۰	...	۳۹/۰	۲۶/۰	۴۷/۰	۳۴/۰
بوم‌سازگان حکمرانی	۲۲/۰	۲۲/۰	۱۹/۰	۲۱/۰	۲۱/۰	۰۰/۰	۰۱/۰	...	۳۶/۰	۶۳/۰	۴۴/۰	۳۶/۰
بوم‌سازگان زیرساخت	۲۵/۰	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۱/۰	۹۰/۰	۰۱/۰	۰۰/۰	...	۳۴/۰	۲۶/۰	۴۳/۰	۲۸/۰
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
چرخه عمر	۳۰/۰	۲۴/۰	۳۱/۰	۲۸/۰	۳۹/۰	۳۶/۰	۴۳/۰	...	۰۰/۰	۳۸/۰	۳۷/۰	۳۶/۰
زمان ورود به بازار	۲۶/۰	۴۲/۰	۵۳/۰	۶۳/۰	۶۲/۰	۶۳/۰	۶۲/۰	...	۳۸/۰	۰۰/۰	۴۰/۰	۳۳/۰
مرز سازمانی	۳۶/۰	۴۰/۰	۴۵/۰	۴۷/۰	۴۴/۰	۴۳/۰	۶۲/۰	...	۴۰/	۴۰/۰	۰۰/۰	۲۳/۰
مرز محصول-خدمات	۳۴/۰	۲۷/۰	۳۰/۰	۳۵/۰	۳۴/۰	۳۶/۰	۳۸/۰	...	۳۶/۰	۳۳/۰	۲۳/۰	۰۰/۰

نزدیکی یا شباهت[1] میان دو بردار نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = 1 - AD$$

رابطه (۸)

در بردارهای با رابطه مستقیم اگر درجه شباهت میان دو مفهوم برابر با ۱ باشد *(S=1)*، شان‌دهنده بیشترین و چنانچه درجه شباهت میان دو مفهوم صفر باشد *(S=0)*، کمترین درجه شباهت را نشان‌می‌دهد (اخوان انوری و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۱۰. ماتریس قدرت روابط در بوم‌سازگان تحقیق و توسعه-یافته‌های پژوهش.

	جایگاه		بازیگران			زمان		مرز	
	جایگاه	قدرت انحصار	بوم‌سازگان انسانی	بوم‌سازگان مالی	بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	...	عمر محصول	زمان ورود به بازار	مرز سازمانی	مرز محصول-خدمات
جایگاه	۰/۰۰	۰/۹۷۲	۰/۶۴۸	۰/۶۴۸	۰/۶۸۲	...	۰/۳۰۸	۰/۱۹۸	۰/۶۲۵	۰/۶۴۶
قدرت انحصار	۰/۹۷۲	۰/۰۰	۰/۲۷۸	۰/۶۹۸	۰/۰۱۷	...	۰/۱۶۸	۰/۵۲۵	۰/۶۴۶	۰/۰۳۸
بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	۰/۶۴۶	۰/۷۹۲	۰/۰۰	۰/۸۴۲	۰/۳۶۷	...	۰/۰۹۶	۰/۶۴۲	۰/۵۹۲	۰/۶۹۶
بوم‌سازگان مالی	۰/۷۷۶	۰/۷۴۹	۰/۸۴۲	۰/۰۰	۰/۷۷۲	...	۰/۷۱۹	۰/۳۸۳	۰/۵۴۷	۰/۷۴۶
بوم‌سازگان انسانی	۰/۸۳۹	۰/۸۱۰	۰/۸۶۳	۰/۸۸۸	۰/۰۰	...	۰/۶۰۹	۰/۳۷۵	۰/۵۳۰	۰/۶۶۰
بوم‌سازگان حکمرانی	۰/۷۸۵	۰/۷۹۱	۰/۸۱۴	۰/۸۸۵	۰/۷۸۵	...	۰/۶۳۶	۰/۷۶۳	۰/۵۴۵	۰/۴۴۶
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
چرخهٔ عمر	۰/۳۰۸	۰/۷۶۱	۰/۶۹۰	۰/۷۱۹	۰/۹۰۶	...	۰/۰۰	۰/۴۲۶	۰/۲۲۶	۰/۴۴۶
زمان ورود به بازار	۰/۱۹۸	۰/۵۲۵	۰/۴۱۰	۰/۳۸۳	۰/۵۳۸	...	۰/۴۲۶	۰/۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۶۰
مرز سازمانی	۰/۶۲۵	۰/۵۹۲	۰/۵۴۷	۰/۵۳۰	۰/۶۵۰	...	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۰۰	۰/۲۲۸
مرز محصول-خدمات	۰/۶۶۳	۰/۷۸۰	۰/۶۶۰	۰/۶۲۷	۰/۶۶۰	...	۰/۴۴۶	۰/۸۶	۰/۲۲۸	۰/۰۰

- **گام چهارم تشکیل ماتریس نهایی:** پس از تشکیل ماتریس قدرت روابط، پاره‌ای از داده‌های موجود در ماتریس می‌توانند گمراه‌کننده باشند؛ چراکه تمامی روابط در ماتریس علاوه بر آن‌که همیشه برقرار نیست، دارای رابطه علی هم ندارند. برای تشکیل ماتریس پایانی، ماتریس ارتباطات توسط گروهی متشکل از پنج خبره در

[1] Similarity

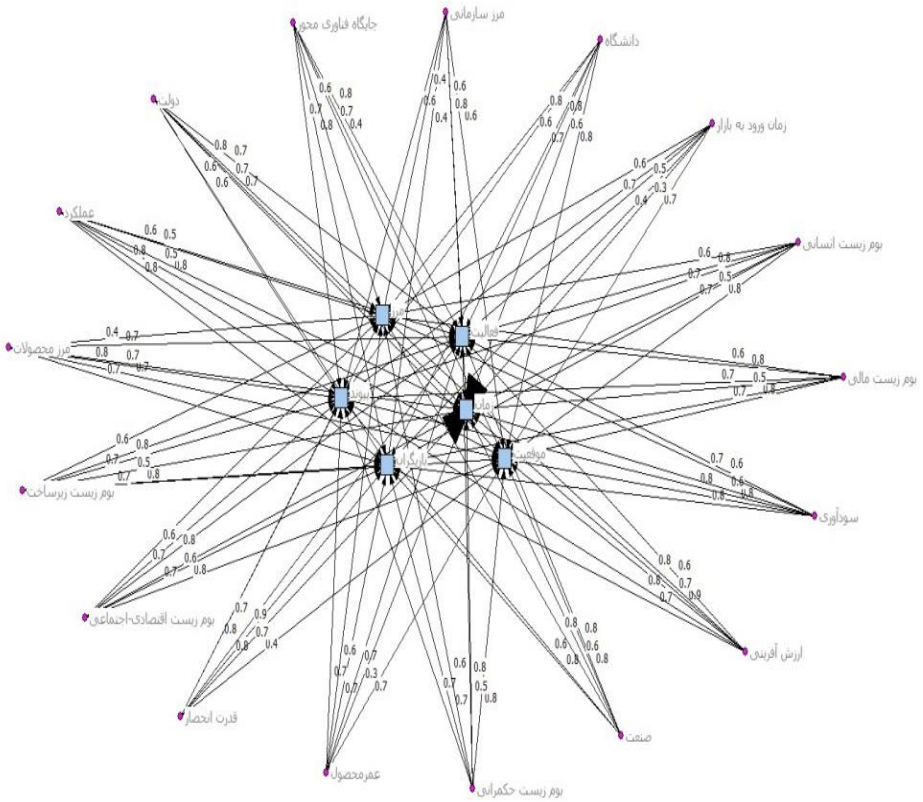
حوزهٔ تحقیق و توسعه و نانوفناوری مورد بازنگری قرارگرفت. بر اساس نظر آنان ارتباطات بی‌معنا میان عوامل این پژوهش حذف گردید که در جدول (۹) نتیجهٔ نهایی نشان داده‌شده است.

جدول ۱۱. ماتریس نهایی در بوم‌سازگان-یافته‌های پژوهش.

	جایگاه		بازیگران			زمان		مرز	
	جایگاه	قدرت انحصار	بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	بوم‌سازگان مالی	بوم‌سازگان انسانی	...	عمر محصول	زمان ورود به بازار	مرز سازمانی	مرز محصول-خدمات
جایگاه	۰.۰/۰	۹۷۷/۰	۶۴۸/۰	۶۷۷/۰	۹۳۷/۰	...	۳۰۱/۰	۱۴۸/۰	۶۲۵/۰	۳۶۶/۰
قدرت انحصار	۹۸۷/۰	۰.۰/۰	۲۶۸/۰	۹۶۸/۰	۰۱۷/۰	...	۱۶۸/۰	۵۵۲/۰	۶۶۲/۰	۰۸۷/۰
بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	۶۴۸/۰	۷۹۲/۰	۰.۰/۰	۸۴۲/۰	۳۶۳/۰	...	۹۰۶/۰	۴۶۷/۰	۵۹۶/۰	۶۹۶/۰
بوم‌سازگان مالی	۷۷۶/۰	۷۴۹/۰	۸۴۲/۰	۰.۰/۰	۸۸۷/۰	...	۷۱۹/۰	۳۷۳/۰	۵۴۷/۰	۸۶۷/۰
بوم‌سازگان انسانی	۸۳۹/۰	۸۱۰/۰	۶۳۸/۰	۸۸۰/۰	۰.۰/۰	...	۶۰۹/۰	۳۸۵/۰	۵۳۰/۰	۶۶۰/۰
بوم‌سازگان حکمرانی	۷۸۵/۰	۷۹۱/۰	۱۱۴/۰	۸۸۵/۰	۸۸۵/۰	...	۶۳۶/۰	۳۶۷/۰	۵۴۰/۰	۶۴۴/۰
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
چرخهٔ عمر	۷۰۳/۰	۷۶۱/۰	۶۹۰/۰	۷۱۹/۰	۶۰۹/۰	...	۰.۰/۰	۶۲۴/۰	۲۵۲/۰	۶۶۴/۰
زمان ورود به بازار	۷۴۱/۰	۵۷۵/۰	۷۶۴/۰	۳۷۳/۰	۳۸۵/۰	...	۶۲۴/۰	۰.۰/۰	۱۰۶/۰	۰۶۷/۰
مرز سازمانی	۶۳۶/۰	۵۹۸/۰	۴۴۷/۰	۵۳۰/۰	۵۶۰/۰	...	۱۰۶/۰	۱۰۶/۰	۰.۰/۰	۲۲۸/۰
مرز محصول-خدمات	۶۶۳/۰	۷۳۰/۰	۶۹۶/۰	۷۴۷/۰	۶۶۰/۰	...	۴۴۴/۰	۶۷۰	۲۸۲/۰	۰.۰/۰

- **گام پنجم نمایش تصویری نقشهٔ شناختی فازی:** نمایش ترسیمیِ ماتریس نهایی به ایجاد نقشهٔ شناختی فازی از بوم‌سازگان در حوزهٔ نانوفناوری منجر می‌شود. در نمایش نهایی نقشه، هر پیکان که عوامل i و j را به هم متصل می‌کند، وزنی دارد که با $\pm w_{ij}$ نشان داده‌شده است. این مقادیر که در ماتریس نهایی و در محل تلاقی سطر با ستون قرار می‌گیرند، بیانگر شدت یا قدرت رابطهٔ علی مستقیم یا معکوس میان عوامل ساخت دهنده بوم‌سازگان است. ترسیم شبکهٔ بوم‌سازگان از طریق ماتریس دو وجهی ارزش‌دار و با استفاده از نرم‌افزار

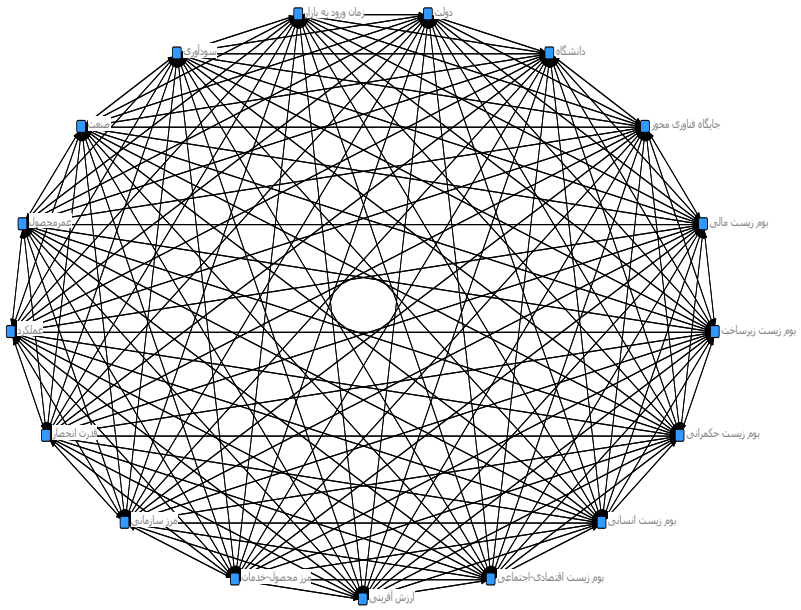
یوسی آی نت[1] در شکل بعدی ارائه‌شده است که دوایر نشان‌دهنده زیر عوامل مانند مرزهای سازمانی یا محصولی/خدماتی و مربعات نشان‌دهندهٔ عوامل یا ابعاد اصلی مانند بُعد مرزی یا فعالیتی است.



شکل ۵. شبکهٔ دووجهی ابعاد و زیر عامل‌های سطحی- بدون پردازش.

تفسیر شبکه‌های دو وجهی بسیار دشوارتر نسبت به شبکه‌های دو وجهی است. با توجه به خروجی ماتریس نهایی پژوهش از طریق گام‌های انجام‌شده، می‌توان از شبکه تک‌وجهی با هفده گویه/عامل به‌منظور توصیف و تحلیل بوم‌سازگان استفاده نمود. همان‌طوری‌که شکل ۵ نشان‌می‌دهد، هرچه تراکم ارتباطات میان گویه‌ها مانند بوم‌سازگان مالی، حکمرانی و ... بیشتر باشد تصویر کلی از آن در یک شبکه تیره‌تر به نظرمی‌رسد.

[1] UCINET 6



شکل ۶. شبکه تک‌وجهی بوم‌سازگان با نمایش دایره‌ای.

نتیجه‌گیری

در دهه‌های گذشته گام‌هایی در شناسایی ساختاری تحقیق و توسعهٔ باز و جریان‌های بوم‌سازگانی برداشته شده است؛ اما این تلاش‌ها غالباً به‌صورت پراکنده یا متمرکز بر قسمتی از یک مسئله بوده است (برچیسی، ۲۰۱۳)[1]. پژوهش پیش روی تلاش نمود تا از تمرکز صرف بر کانون به‌عنوان ایجاد وابستگی میان عوامل دوری جسته و چارچوبی کلی‌تر از نقش ساختار در تحقق بوم‌سازگان تحقیق و توسعه باز در حوزهٔ نانوفناوری ارائه نماید. بدین منظور، ضمن مطالعه و استخراج متغیرهای پژوهش (مستند در جدول ۳) و کلیدی، از طریق پرسش‌نامه دلفی فازی و با وفاق نظری میان گروه خبرگان، اجزای بوم‌سازگان مشخص و سپس با استفاده از روش نگاشت شناخت فازی، روابط علی آنها تعیین شد. با توجه به احصای روابط، مرکزیت درجه‌ها مورد بررسی قرارگرفت که نشان‌دهنده میزان فعالیت یا ارتباطات یک گره با سایر گره‌های موجود در یک شبکه است؛ زیرا تعداد اتصالاتی که بر روی یک گره اتفاق می‌افتد می‌تواند مرکزیت درجه را مشخص نماید. مرکزیت رتبه، متشکل از دو رتبه بیرونی (تعداد ارتباط‌های ارسال‌شده به بیرون به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در شکل‌دهی ساختار بوم‌سازگان) و رتبهٔ درونی (تعداد ارتباط‌های دریافت شده یعنی متأثر از دیگر عوامل بوم‌سازگان) است. تحلیل رتبه‌های بیرونی و درونی در گره‌ها بیانگر آن است که امتیاز بالا در رتبهٔ بیرونی به دلیل نفوذ و تأثیر بالای آن در کلِ بوم‌سازگان، یک عامل ساختاری یا جزء تشکیل‌دهنده است و گره با امتیاز بالا در رتبهٔ درونی حاکی از اعتبار و اهمیت آن عامل در تعامل عناصر بوم‌سازگانی می‌باشد (مهرگان و سیدکلالی، ۲۰۱۳). آنچه از یافته‌های بخش نخست می‌توان نتیجه گرفت آن است که ساختار بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری متشکل از جریان فعالیت‌ها، مرزهای مشخص، بازیگران پویا، موقعیت وجایگاه بنگاه و واحدهای تحقیقاتی، زمان مشخص و همچنین برقراری پیوندهای بینابینی است.

[1] Berchicci

شکل ۷. الگوی بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری .

همان‌طوری‌که در جدول (۱۰) مشخص است، سودآوری از بُعد فعالیت، قدرت انحصار از بُعد موقعیت و صنعت از بُعد پیوندی گره‌های برتر در بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری هستند. یافته‌های این بخش نشان می‌دهد بوم‌سازگان موردمطالعه، هدف محور و نتیجه‌جو است. درتأیید این موضوع شومپیتر معتقد است، فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌تواند بر سود اثرگذار باشد (لی، ۲۰۱۳; میرعسکری، ۲۰۲۲; سوئت و ترویل، ۱۹۹۹)[1] زیرا بنگاه با قدرت انحصار بیشتر با افزایش هزینه، نوآوری با ریسک کم‌تری را متحمل شده که نهایتاً تأثیر بر سود می‌گذارد. یافته‌های (پیترز و مارتین، ۲۰۱۷)[2] نیز نشان می‌دهد، سودآوری ناشی از فعالیت تحقیق و توسعه تنها به‌دلیل قدرت انحصار اتفاق نمی‌افتد بلکه با عرضهٔ کالاهای جدید، سود بنگاه نیز افزایش می‌یابد. بسیاری از محققین (گئو و همکاران، ۲۰۲۰; رابرتسون و همکاران، ۲۰۲۳; سان و همکاران، ۲۰۲۰)[3] بر این باور هستند که نوآوری فناورانه در رقابت‌پذیری بوم‌ها نقش مهمی را ایفا می‌نماید که دارای دو بُعد است؛ نوآوری محصولی و نوآوری فرایندی. آنچه در جدول (۱۰) می‌تواند حائز اهمیت باشد قرار گرفتن ابعاد کلی زمانی و مرزی در پایین‌ترین سطح است. درحالی‌که نتایج بسیاری از تحقیقات (شاه‌بندرزاده و همکاران، ۲۰۲۰; یو و همکاران، ۲۰۲۱)[4] نشان داده است که زمان ورود و چرخهٔ عمر در داخل یک بوم به‌منظور تولید محصولات، خدمات یا فرایندهای جدید ضروری است و منجر به تجاری‌سازی فعالیت‌های تحقیقاتی و انتشار دانش در بوم سازگان می‌شود. انتشار دانش، دلالت بر تبادل اطلاعات در بوم‌سازگان و یادگیری از طریق تعامل با دیگر اجزاء در بوم‌سازگان تحقیق و توسعه و شبکه‌های دیگر از همکاری دارد.

[1] Lee; Soete & Ter Weel
[2] Peeters & Martin
[3] Guo
[4] Yu

جدول ۱۲. معیار مرکزیت- مرکزیت رتبه.

سطح	گویه	شماره کد	رتبه درونی نرمال	رتبه بیرونی نرمال	رتبه درونی	رتبه بیرونی
فعالیت	سودآوری	۱۱	۷۸/۲۷۲	۷۸/۴۰۲	۱۲/۵۲۴	**۱۲/۵۴۵**
موقعیت	قدرت انحصار	۲	۷۶/۹۳۹	۷۷/۹۹۶	۱۲/۳۱۰	**۱۲/۴۷۹**
پیوند	صنعت	۹	۷۷/۵۱۶	۷۷/۵۸	۱۲/۴۰۳	**۱۲/۴۱۳**
پیوند	دانشگاه	۸	۷۶/۵۱۶	۷۷/۳۶	۱۲/۲۴۳	**۱۲/۳۷۸**
فعالیت	ارزش‌آفرینی	۱۲	۷۵/۳۲۶	۷۷/۱۶۳	۱۲/۰۵۲	**۱۲/۳۴۶**
فعالیت	عملکرد نوآوری فناورانه	۱۳	۷۵/۴۵۷	۷۷/۳۳۰	۱۲/۰۷۳	**۱۲/۰۵۳**
موقعیت	جایگاه	۱	۷۵/۵۳۹	۷۴/۸۵۴	۱۲/۰۸۶	**۱۱/۹۷۷**
بازیگران	بوم‌سازگان اقتصادی-اجتماعی	۳	۷۳/۰۰۴	۷۴/۴۰۷	۱۱/۶۸۱	**۱۱/۹۰۵**
بازیگران	بوم‌سازگان انسانی	۵	۷۳/۲۶۶	۷۴/۲۸۸	۱۱/۷۲۳	**۱۱/۸۸۶**
بازیگران	بوم‌سازگان زیرساخت	۷	۷۴/۰۸۲	۷۳/۷۰۵	۱۱/۸۵۳	**۱۱/۷۹۳**
بازیگران	بوم‌سازگان مالی	۴	۷۴/۰۸۲	۷۳/۶۹۹	۱۱/۶۲۹	**۱۱/۷۹۲**
بازیگران	بوم‌سازگان حکمرانی	۶	۷۲/۳۶۱	۷۳/۴۹۶	۱۱/۵۷۸	**۱۱/۷۵۹**
پیوند	دولت	۱۰	۷۱/۲۶۰	۷۲/۶۹۹	۱۱/۴۰۲	**۱۱/۶۳۲**
مرز	مرز محصول-خدمات	۱۷	۷۱/۶۴۳	۷۱/۶۴۳	۱۱/۴۶۳	**۱۱/۴۶۳**
زمان	عمر محصول	۱۴	۶۹/۸۹۲	۶۷/۵۹۲	۱۱/۱۸۳	**۱۰/۸۱۵**
مرز	مرز سازمانی	۱۶	۶۳/۹۲۳	۵۷/۴۶۱	۱۰/۲۲۸	**۹/۱۹۴**
زمان	زمان ورود به بازار	۱۵	۵۴/۸۲۶	۵۴/۸۲۶	۸/۷۷۲	**۸/۷۷۲**

اما نتایج اعضای خبرگان که متشکل از سیاست‌گذاران درحوزهٔ نانوفناوری است برای دوجزء ذکر شده، رتبهٔ پایین را درنظر گرفته است که برخلاف هدف‌گذاری در سند راهبردی است. در سند مورد اشاره دولت به دنبال توسعه و دست‌یابی به فناوری‌های لبهٔ مرز در این حوزه است که خود در تضاد با یکدیگر هستند.

دیگر نتایج برآمده از پژوهش نشان‌می‌دهد، بُعد مرزی در بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در پایین‌ترین رتبه قرارگرفته است که نشان‌دهنده ضعف سیاستگذاری در بوم‌سازگان نانوفناوری است. چراکه مفهوم مرز، نقشی اساسی در شکل دادن به بوم‌سازگان دارد. (چانگ، ۲۰۱۰)[1] معتقداست مرزبندی یک بوم، پیامدهای قابل توجهی دارد؛ زیرا مرزبندی علاوه بر آن‌که می‌تواند تجسمی از نقش جغرافیا داشته باشد، می‌تواند تجسمی از نقش سیاستی نیز داشته باشد. سیاست یا مختصات مرزبندی را می‌توان از دو سوی ترسیم نمود؛ از یک سوی در اطراف یا لبه مرز فناوری[2] در یک حوزه که به همراه مشوق‌های توسعه درحوزهٔ موردنظر (مانند نانو الیاف) است و از سوی دیگر بر اساس مرزهای جغرافیایی که می‌تواند یا در راستای تحول محلی (به دور از مرزهای جغرافیا و به منظور درونی سازی فناوری در مناطق محلی مانند: پارک‌های علم و فناوری) و یا در راستای تحول فرامرزی (در مناطق حاشیه مرزهای جغرافیا و در تعامل با عوامل خارجی مانند ژئوپارک تحقیقاتی خلیج فارس) باشد. بوم‌های شکل‌گرفته در لبهٔ مرز فناوری، علاوه بر وجود تعاملات پویا (بُعد جریان فعالیت‌ها)، تحرک و اثرگذاری (بُعد بازیگران) بیشتری نسبت به بوم‌های طراحی‌شده براساس مناطق محلی دارند و نهادها

[1] Chang
[2] Edge of technology boundary

در آنها نسبت به شبکه‌های بیرونی (تعاملات فرامرزی) دیدِ بسیط‌تری دارند. آنچه از استفاده هم‌زمان استعاره بوم‌سازگان و تحقیق و توسعهٔ باز حاصل می‌شود، انتخاب صفر و یک نیست؛ بلکه بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز مانند بوم‌سازگان نوآوری باز، می‌تواند در دو سوی این طیف قرارگیرد و بنگاه‌های نانوفناور می‌بایست برای اتخاذ جایگاهی بین درجهٔ باز بودن در تحقیق و توسعه، انتخاب خود را انجام دهند. تعریف نقوش مرزی، نحوهٔ برقراری پیوند، پایش میزان جریان فعالیت‌ها، انتخاب جایگاه، زمان مورد نظر و سهم بازیگران در بوم‌سازگان می‌تواند در این انتخاب نقش مهمی را ایفا نماید؛ چراکه ریشه و ساختار اصلی بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز در حوزهٔ نانوفناوری متشکل از همین عوامل است (فارغ از وجود فیزیکی و تجسمی). همان‌طوری‌که در سند راهبردی توسعهٔ نانوفناوری (جدول۱) نیز اشاره شده است، در موج سوم، سیاست‌گذار به دنبال توسعه در نانوفناوری است تا از طریق سیاست‌های حمایتی بوم‌سازگان تحقیق و توسعه را در این حوزه توسعه دهد. نتایج مطالعات (خواجه نایینی و همکاران، ۲۰۲۱) دراین خصوص نشان‌می‌دهد سه وازرتخانه علوم، تحقیقات و فناوری، صمت و بهداشت براساس شبکه نگاشت شناخت فازی، سازمان‌های برشی در شبکه نانوفناوری هستند که رابطهٔ نامتوازنی با اجزای شبکه دارد و درصورت حذف هریک از پیوندها (سه دستگاه عضو) شبکه نگاشت شناخت فازی به سه بلوک بدون ارتباط تبدیل می‌شوند. درحقیقت عدم درک صحیح از مرزبندی در حوزهٔ نانوفناوری عملاً بوم‌سازگان تحقیق و توسعهٔ باز را می‌تواند این‌چنین ناکارآمد نماید. از دیگر نتایجی که می‌توان به آن اشاره نمود آن است که پیوند میان دانشگاه، صنعت و دولت هنوز به مفهوم واقعی کلمه حاصل نشده است و برون‌داد این حوزه عمدتاً متبلور در مقالات علمی و همچنین گواهی‌ثبت اختراع است؛ زیرا نتایج نشان می‌دهد در تحقیق و توسعه مشترک، بنگاه‌های فناوری محور تمایل به همکاری به‌طور مستقیم ندارند و بیشتر تمایل به همکاری با دانشگاه‌ها و سپس با واحدهای صنعتی دارند. در تأیید این موضوع، (ضرغامی و همکاران، ۲۰۱۶) با استفاده از مارپیچ سه‌گانه و روش‌های آماری درپژوهش خود بیان داشته‌اند که تفاوت زیادی در ساختار تولید علم و پژوهش‌های علمی ایران با کشورهای مورد مطالعه وجود دارد که علی‌رغم توجه بالای دولت ایران به توسعهٔ فناوری نانو، مشارکت صنایع در این حوزه به صفر میل می‌کند. در پژوهش‌های قبلی (آدنر، ۲۰۱۷; دفتر اطلاعات مطبوعات دهلی، ۲۰۱۹; انکل و همکاران، ۲۰۰۹; وانگ، ۲۰۱۹; وانگ و ژای، ۲۰۱۹)[1] ، غالباً بررسی واحدهای تحقیق و توسعه بدون در نظرگرفتن ریشه‌های شکل‌گیری بوم‌سازگان بوده است و تأثیر هریک از اجزاء ساخت‌دهنده به صورت مستقل و هم‌زمان در بوم‌سازگان مورد بررسی قرار نگرفته است. اما در این پژوهش علاوه بر بررسی ساختار بوم‌سازگان تحقیق و توسعه به بررسی ریشه‌های تشکیل‌دهندهٔ آن در حوزهٔ نانوفناوری پرداخته شده است. آنچه این پژوهش را از پژوهش‌های دیگر متمایز کرده است، استفاده هم‌زمان از نظرات سیاست‌گذاران و دست‌اندرکاران و تحلیل آن با وضعیت موجود در حوزهٔ مورد مطالعه است. در این پژوهش سعی شد تا علاوه بر شناخت صریح از ساختار، بررسی سیاست‌های اتخاذشده و همچنین تأثیر آن بر وضع موجود ارایه شود. این پژوهش را می‌توان از ابعاد دیگری نیز ادامه داد؛ در مرحلهٔ نخست این نتایج را با پیمایش متخصصان دیگر آزمود و تعمیم پذیری آن را به محک آزمون گذاشت؛ ضمن آن که می‌توان از روش‌های کمی، کیفی یا آمیختهٔ دیگر نیز استفاده کرد. به منزلهٔ پیشنهاد آخر، می‌توان نتایج تحقیق حاضر را در حوزه‌های دیگر مانند زیست‌فناوری بررسی وریشه‌های آنها را با هم مطابقت داد.

[1] Press Information Bureau Delhi; Enkel

References

Adner, R. (2017). Ecosystem as Structure:An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*, *43*(1), 39-58. https://doi.org/10.1177/0149206316678451

Akhavan Anvari, M. R., Mehrgan, M. R., Zandieh, M., & Kazemi, A. (2017). Modeling Factors Affecting Residential Natural Gas Consumption Using Fuzzy Cognitive Map. *Industrial Management Journal*, *9*(3), 515-538. https://doi.org/10.22059/imj.2017.240128.1007296

Bahmani, M., Pourzarandi, M. E., & Minoei, M. (2022). Factors Affecting the Forecast of Stock Returns using Delphi-Fuzzy Knowledge Analysis and Technique. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *19*(2), 431-453. https://doi.org/10.48301/kssa.2022.327544.1982

Barbosa, A. P. F. P. L., Salerno, M. S., Nascimento, P. T. d. S., Albala, A., Maranzato, F. P., & Tamoschus, D. (2021). Configurations of project management practices to enhance the performance of open innovation R&D projects. *International Journal of Project Management*, *39*(2), 128-138. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.06.005

Berchicci, L. (2013). Towards an open R&D system: Internal R&D investment, external knowledge acquisition and innovative performance. *Research Policy*, *42*(1), 117-127. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.017

Binkley, D. (2015). Ecosystems in four dimensions. *New Phytologist*, *206*(3), 883-885. https://doi.org/10.1111/nph.13379

Bojadziev, G., & Bojadziev, M. (2002). *Fuzzy logic and its applications in management: (With an introduction by Lotfizadeh)* (M. R. Hosseini, Trans.). Ishiq. https://www.gisoom.com/book/1246095/

Boucher, D., James, S., & Keeler, K. (1982). The Ecology of Mutualism. *Annual review of ecology and systematics*, *13*(1), 315-347. https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001531

Camar, O. (2015). Community-Based Participatory Action Research in Mental Health: A Special Focus on Photovoice: Ozge Carta. *European Journal of Public Health*, *25*(suppl_3), 78. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckv169.056

Camisón-Haba, S., Clemente-Almendros, J. A., & Gonzalez-Cruz, T. (2019). How technology-based firms become also highly innovative firms? The role of knowledge, technological and managerial capabilities, and entrepreneurs' background. *Journal of Innovation & Knowledge*, *4*(3), 162-170. https://doi.org/10.1016/j.jik.2018.12.001

Chang, B. W. (2010). *The power of geographical boundaries: Cultural, political, and economic border effects in a unitary nation* [Master, Iowa State University]. Ames, Iowa. https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/81192cf4-b9e4-4d8a-bbab-6a0df866e785/content

Chen, J., Hu, Y., Gao, Y., Wang, Q., & Liu, Z. (2019, October 28-29). *Orchestrating an innovation ecosystem: the role of hub firms and ecosystem based on dynamic capabilities.* 2019 International Conference on Strategic Management Proceedings, Milan, Italy. https://doi.org/10.25236/icsm.2019.043

Dash, S., Rath, S. S., & Pati, U. (2018). Financial globalization and its impact on human development: A comparative analysis of India, Singapore and Japan. *Revista Espacios*, *39*(14), 1-20. https://www.revistaespacios.com/a18v39n14/18391420.html

Dastranj, R., Ghazinoory, S., Dastranj, N., & Shayan, A. (2019). Assessment of Big Data Ecosystem in Iran with Metaphor of Millennium Ecosystem Assessment Model. *Iranian Journal of Information Processing and Management*, *34*(4), 1613-1642. https://doi.org/10.35050/jipm010.2019.016

Du Plessis, A., & Subramanien, B. (2014). Voices of despair: Challenges for multigrade teachers in a rural district in South Africa. *Educational research for social change*, *3*(1), 20-36. https://www.researchgate.net/publication/262874976_Du_Plessis_A_Subramanien_B_2014_Voices_of_despair_Challenges_of_multi-grade_teachers_in_a_rural_district_in_South_Africa_Educational_Research_for_Social_Change_31_20-36

Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon. *Research & Development Management*, *39*(4), 311-316. https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2009.00570.x

Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, *90-91*, 102098. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098

Guo, W., Yang, J., Li, D., & Lyu, C. (2020). Knowledge sharing and knowledge protection in strategic alliances: the effects of trust and formal contracts. *Technology Analysis & Strategic Management*, *32*(11), 1366-1378. https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1769840

Jackson, D. (2011). *What is an innovation ecosystem*. National Science Foundation. https://erc-assoc.org/sites/default/files/topics/policy_studies/DJackson_Innovation%20Ecosystem_03-15-11.pdf

Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, *39*(8), 2255-2276. https://doi.org/10.1002/smj.2904

Järvi, K., Almpanopoulou, A., & Ritala, P. (2018). Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and partial forms. *Research Policy*, *47*(8), 1523-1537. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.05.007

Jianmin, W., & Li, Y. (2020). Does factor endowment allocation improve technological innovation performance? An empirical study on the Yangtze River Delta region. *Science of The Total Environment*, *716*(1), 137107. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137107

Khademi, B. (2019). The Ecosystem Knowledge Explorer: A Tool to Systematically Discover External Knowledge. *Technology Innovation Management Review*, *9*(7), 28-40. https://doi.org/10.22215/timreview/1253

Khademi, B. (2020). Ecosystem Value Creation and Capture: A Systematic Review of Literature and Potential Research Opportunities. *Technology Innovation Management Review*, *10*(1), 16-34. https://doi.org/10.22215/timreview/1311

Khajenaieni, A., Ashtarian, K., Mohammadi Kangarani, H., & Ghonchepour, D. (2021). Identification of Information Network in Iran's Nanotechnology Domain Using Network. *Management Research in Iran*, *19*(3), 107-133. https://mri.modares.ac.ir/article_369.html?lang=en

Khorakian, A., & Atarmoghadam, N. (2018). Investigating the Factors affecting on the Incubation Phase of New Product Development Process in Knowledge-based Companies by employing DEMATEL and System dynamics approaches. *Journal of Technology Development Management*, *6*(1), 73-101. https://doi.org/10.22104/jtdm.2018.2895.1977

Latifi, S., Raheli, H., Yadavar, H., Saadi, H., & Shahrestani, S. A. (2018). Identification and explanation of executive steps of conservation agriculture development in Iran using Fuzzy Delphi Method. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *49*(1), 107-120. https://doi.org/10.22059/ijbse.2017.227813.664910

Lee, K. (2013). *Schumpeterian analysis of economic catch-up: Knowledge, path-creation, and the middle-income trap*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107337244

Leigh Jr, E. G. (2010). The evolution of mutualism. *Journal of Evolutionary Biology*, *23*(12), 2507-2528. https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.02114.x

Lingens, B., Miehé, L., & Gassmann, O. (2021). The ecosystem blueprint: How firms shape the design of an ecosystem according to the surrounding conditions. *Long Range Planning*, *54*(2), 102043. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2020.102043

Mahdi, R., & Shafiee, M. (2021). Rooting of Loose Engagement of Iranian Universities with Industry from the Higher Education Informants. *Journal of Innovation and Value Creation*, *19*(10), 39-54. http://rimag.ricest.ac.ir/fa/Article/24294

Mehregan, M. R., & Seyed Kolali, N. (2013). A Study of the Relationship between the Factors Affecting ICT Knowledge Workers' Turnover in Iranian Mobile Telecommunication Industry Using Fuzzy Cognitive Maps Methodology. *Public Management Researches*, *5*(18), 25-44. https://doi.org/10.22111/jmr.2013.999

Meyer, E. A., Welpe, I. M., & Sandner, P. G. (2022, June 18-24). *Decentralized finance—A systematic literature review and research directions.* 30th European Conference on Information Systems, Timisoara, Romania. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4016497

Mikkelson, G. M., & Leibold, M. A. (1995). A History of the Ecosystem Concept in Ecology: More Than the Sum of the Parts. *Perspectives in Biology and Medicine*, *38*(2), 297-299. https://doi.org/10.1353/pbm.1995.0034

Miraskari, S. R. (2022). Schumpeterian Growth. *Encyclopedia of Economics*, *5*(1), -. https://enceco.ihcs.ac.ir/article_7054.html?lang=en

Mohammad Hashemi, Z. (2017). The relationship among university, industry and government with emphasis on the role of intermediary institutions) Case Study: Coordination centers of Knowledge, Industry and Markets. *Rahyaft*, *27*(66), 75-88. https://rahyaft.nrisp.ac.ir/article_13625.html

Mohammadi, M., Yazdani, H., & Ojaghi, H. (2019). Identification of the main actors and key roles of the startups innovation ecosystem: A Case Study in Hamedan Province. *Innovation Management Journal*, *8*(1), 21-56. https://www.nowavari.ir/article_81027_en.html?lang=en

Molaeinejad, A., Majedi, N., & Nobakht Ramezani, Z. (2021). Evaluating the Performance of Physical Education Departments of Higher Education Institutions Based on Hierarchical Analysis (AHP) and Structural Equation Modeling (SEM) - Case Study: Technical and Vocational University. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *18*(2), 211-227. https://doi.org/10.48301/kssa.2021.131717

olfat, l. (2003). Some of the factors affecting the employment of graduates in jobs related industries Management. *Industrial Management Studies*, *1*(1), 11-32. https://doi.org/10.22054/jims.2003.7343

Patias, I., & Georgiev, V. (2021). R&D Ecosystems Success Factors. In V. Dimitrov & V. Georgiev (Eds.), *Proceedings of the Information Systems and Grid Technologies*. Central Europe Workshop. https://ceur-ws.org/Vol-2933/paper24.pdf

Patra, S. K., & Krishna, V. V. (2015). Globalization of R&D and open innovation: linkages of foreign R&D centers in India. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *1*(1), 7. https://doi.org/10.1186/s40852-015-0008-6

Peeters, T., & Martin, X. (2017). Strategies for knowledge use in R&D and their implications for innovative performance. *Research & Development Management*, *47*(1), 47-60. https://doi.org/10.1111/radm.12144

Press Information Bureau Delhi. (2019, July 24). *Release of India's R&D expenditure eco-system report*. Pib. https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1580049

Rådberg, K. K., & Löfsten, H. (2023). Developing a knowledge ecosystem for large-scale research infrastructure. *The Journal of Technology Transfer*, *48*(1), 441-467. https://doi.org/10.1007/s10961-022-09945-x

Ritala, P., & Almpanopoulou, A. (2017). In defense of 'eco' in innovation ecosystem. *Technovation*, *60-61*, 39-42. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.01.004

Robertson, J., Caruana, A., & Ferreira, C. (2023). Innovation performance: The effect of knowledge-based dynamic capabilities in cross-country innovation ecosystems. *International Business Review*, *32*(2), 101866. https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2021.101866

Saeidi, H., & Andalib, D. (2019). Identifying and Analyzing the Factors Affecting the Strategic Planning success in Urban Management with the Fuzzy Cognitive Mapping Approach. *Urban Management*, *17*(53), 221-234. https://www.magiran.com/paper/1965738

Salami, I. (2021). Challenges and Approaches to Regulating Decentralized Finance. *American Journal of International Law Unbound*, *115*, 425-429. https://doi.org/10.1017/aju.2021.66

Shahbandarzadeh, H., Nabavizadeh, F., Aslami, S., & Khajeh, F. (2020). Application of Fuzzy Cognitive Mapping in Identifying Effective Indicators in the Field of Global Marketing. *New Marketing Research Journal*, *10*(2), 85-104. https://doi.org/10.22108/nmrj.2020.119978.1939

Snell, S. A., & Morris, S. S. (2021). Time for realignment: The HR ecosystem. *Academy of Management Perspectives*, *35*(2), 219-236. https://doi.org/10.5465/amp.2018.0069

Soete, L. L. G., & Ter Weel, B. J. (1999). Innovation, Knowledge Creation and Technology Policy: The Case of the Netherlands. *De Economist*, *147*(3), 293-310. https://doi.org/10.1023/A:1003797027548

Spigel, B., & Harrison, R. (2018). Toward a process theory of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, *12*(1), 151-168. https://doi.org/10.1002/sej.1268

Sun, S., Jiang, Y., & Zheng, S. (2020). Research on Ecological Infrastructure from 1990 to 2018: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, *12*(6), 2304. https://doi.org/10.3390/su12062304

Tabatabaeian, S. H. A., Tahoori, H., Taghva, M. R., & Taghavi Fard, S. M. T. (2018). Analysis of innovation ecosystem of Iranian biopharmaceuticals. *Journal of Technology Development Management*, *6*(1), 9-45. https://doi.org/10.22104/jtdm.2018.2582.1874

Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., & Matsumoto, Y. (2018). A review of the ecosystem concept — Towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting and Social Change*, *136*(1), 49-58. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.032

Wang, J. (2019, May 8-10). *A System Dynamics Model for R&D Portfolio Management*. Proceedings of International Conference on Technology and Social Science 2019 Kiryu City, Japan. http://conf.e-jikei.org/ICTSS/2019/proceedings/materials/proc_files/GS/ICTSS2019_GS_A004/CameraReadyManuscript_ICTSS2019_GS_A004.pdf

Wang, K., & Zhai, X. (2019). The creation of "Ecosystem Core" hypothesis to explain ecosystem evolution. *BioMed Central Ecology*, *19*(1), 33. https://doi.org/10.1186/s12898-019-0251-y

Wei, Y. (2022). Regional governments and opportunity entrepreneurship in underdeveloped institutional environments: An entrepreneurial ecosystem perspective. *Research Policy*, *51*(1), 104380. https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104380

Yu, A., Shi, Y., You, J., & Zhu, J. (2021). Innovation performance evaluation for high-tech companies using a dynamic network data envelopment analysis approach. *European Journal of Operational Research*, *292*(1), 199-212. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.011

Zahiri, A. (2014). Ecological Measurement of a Fine Governing Model. *Political Science*, *17*(2), 87-112. https://www.magiran.com/paper/1433093

Zarghami, H. R., Jafari, M., & Akhavan, P. (2016). A comparison study of synergic effect of the triple helix relationship between Iran and Switzerland. *Journal of Technology Development Management*, *4*(3), 97-126. https://doi.org/10.22104/jtdm.2017.1951.1678

پیوست

پرسشنامه ۱. به روش دلفی فازی: طراحی براساس پیشینه پژوهش (جدول۳).

		فعالیت			موقعیت		پیوند			بازیگران		
		ارزش آفرینی	سودآوری	عملکرد نوآوری	جایگاه حوزه	قدرت انحصار	صنعت	دانشگاه	دولت	بوم‌سازگانزیرساخت	بوم‌سازگان انسانی	بوم‌سازگان مالی
فعالیت	ارزش آفرینی											
	سودآوری											
	عملکرد نوآوری فناورانه											
موقعیت	جایگاه حوزه											
	قدرت انحصار											
پیوند	صنعت											
	دانشگاه											
	دولت											
بازیگران	بوم‌سازگانزیرساخت											
	بوم‌سازگان حکمرانی											
	بوم‌سازگان انسانی											
	بوم‌سازگان مالی											

جدول ۱. طیف ۵ مقیاسی-کلامی.

اعداد فازی مثلثی متناظر با متغیرهای کلامی	
متغیرهای کلامی	عدد فازی مثلثی *(l,m,u)*
کاملاً تأثیرگذار، خیلی زیاد	(۰/۷۵ ، ۱ ، ۱)
واحدی تأثیرگذار،زیاد	(۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱)
ممتنع، بی‌تأثیر	(۰/۲۵ ،۰/۵ ، ۰/۷۵)
واحدی بازدارنده، کم	(۰ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵)
کاملاً بازدارنده، خیلی کم	(۰ ، ۰، ۰/۲۵)

جدول ۲. طیف ۵ مقیاسی-کلامی.

متغیر زبانی	اعداد فازی			طیف	میانگین فازی
خیلی کم	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰/۰۸۳۴
کم	۰/۵	۰/۲۵	۰	۱	۰/۲۵
متوسط	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۲	۰/۵۰
زیاد	۱	۰/۷۵	۰/۵	۳	۰/۷۵
خیلی زیاد	۱	۱	۰/۷۵	۴	۰/۹۱۶۷

پرسشنامه ۲. طراحی براساس وفاق نظری خبرگان و مورد استفاده در مرحله روش نگاشت شناختی فازی.

		فعالیت			موقعیت		پیوند			بازیگران			زمان		مرز	
		ارزش آفرینی	سودآوری	عملکرد نوآوری فناورانه	جایگاه حوزه	قدرت انحصار	صنعت	دانشگاه	دولت	بوم‌سازگان زیرساخت	بوم‌سازگان اق-اج	بوم‌سازگان حکمرانی	بوم‌سازگان انسانی	بوم‌سازگان مالی	زمان ورود به بازار	چرخه عمر	محصول/خدمات	سازمانی
فعالیت	ارزش آفرینی																	
	سودآوری																	
	عملکرد نوآوری فناورانه																	
موقعیت	جایگاه حوزه																	
	قدرت انحصار																	
پیوند	صنعت																	
	دانشگاه																	
	دولت																	
بازیگران	بوم‌سازگان زیرساخت																	
	بوم‌سازگان اق-اج																	
	بوم‌سازگان حکمرانی																	
	بوم‌سازگان انسانی																	
	بوم‌سازگان مالی																	
زمان	زمان ورود به بازار																	
	چرخه عمر																	
مرز	محصول/ خدمات																	
	سازمانی																	