Journal of Public Administration
Print ISSN: 2008-5877
Online ISSN: 2423-5342

Devising the Structure of a Nanotechnology Innovation Ecosystem (A Focus on the Role of Research and Technology Organizations in Developing the Nanotechnology Innovation Ecosystem)

Mohammad Abooyee Ardakan
Associate Prof., Department of Public Administration, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: abooyee@ut.ac.ir

Mohammad Reza Mehregan
Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mehregan@ut.ac.ir

Neda Soltanmohammadi *
*Corresponding Author, PhD Candidate, Department of Public Administration, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: nsmohammadi@ut.ac.ir

Abstract

Objective

Nanotechnology has begun to operate in Iran since the beginning of the 1980s in line with the attention of the world community towards this technology. This innovation ecosystem has developed and obtained significant achievements, particularly in the field of science in the twenty-year life cycle of nanotechnology. However, the number of patents and the income from the sale of Nano-products have not grown in proportion with the development of scientific indicators. As the optimal activity of an ecosystem is the result of a joint effort of a diverse set of actors and the relationships among them, the purpose of this research is to analyze the current structure of this ecosystem and its communication mechanisms to make proposals for improving the design of ecosystem structure.

Methods

This is an interpretive piece of research, which carried out the Action Research strategy with three cycles of actions. Conducting this research, a conceptual model was outlined as the framework for the structural design of the Nano Ecosystem in Iran, based on the Viable System Model. Then, the actors active in the ecosystem were identified and located in the designed conceptual model to determine the established structure of the ecosystem and its shortcomings. Finally, based on the theoretical foundations and attitudes of experts, proposals for the optimal design of the ecosystem structure were made. The data of the research was collected in a targeted manner by reviewing documents, distributing questionnaires, and forming focus groups to confirm the obtained results.

Results

According to the designed conceptual model by the researchers and the goals of the second ten-year document on nanotechnology development, it is necessary to create an important actor called "Research and Technology Organization" to be responsible for connecting industry and university in the Innovation Ecosystem of Nanotechnology. In addition, the establishment of communication mechanisms such as industry support programs and research and development consortia are crucial for realizing ecosystem goals.

Conclusion

The purposes of the innovation ecosystem are achieved when all the actors are active and the relationships among them are properly established. In order to achieve such goals, the Innovation Ecosystem of Nanotechnology in Iran requires the creation of actors and communication mechanisms that do not currently exist. The major absent player in this ecosystem is an organization called "Research and Technology Organization", which is responsible for facilitating the process of communication between industry and university.

Keywords: Action research, Innovation ecosystem, Research and Technology Organizations (RTOs), Viable System Model (VSM), Nanotechnology.

Citation: Abooyee Ardakan, Mohammad; Mehregan, Mohammad Reza & Soltanmohammadi, Neda (2022). Devising the Structure of a Nanotechnology Innovation Ecosystem (A Focus on the Role of Research and Technology Organizations in Developing the Nanotechnology Innovation Ecosystem). *Journal of Public Administration*, 14(3), 318-345. (*in Persian*)

Journal of Public Administration, 2022, Vol. 14, No.3, pp. 318-345
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/JIPA.2022.342823.3154
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: March 11, 2022
Received in revised form: June 07, 2022
Accepted: June 19, 2022
Published online: October 20, 2022

مدیریت دولتی
شاپا چاپی: ۵۸۷۷-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۴۲-۲۴۲۳

طراحی ساختار اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی با تمرکز بر نقش سازمان‌های پژوهش و فناوری در توسعه آن

محمد ابویی اردکان

دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: abooyee@ut.ac.ir

محمدرضا مهرگان

استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mehregan@ut.ac.ir

ندا سلطان محمدی*

* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: nsmohammadi@ut.ac.ir

چکیده

هدف: نانوتکنولوژی در ایران همگام با توجه جامعه جهانی به این فناوری از ابتدای دهه ۸۰ شروع به فعالیت کرده است. در چرخه عمر ۲۰ساله نانوتکنولوژی، این اکوسیستم نوآوری توسعه یافته و دستاوردهای چشمگیری، به‌خصوص در عرصه علم ارائه کرده است؛ اما متناسب با رشد شاخص‌های علمی، تعداد پتنت‌ها و درآمد حاصل از فروش محصولات نانویی، رشد همگونی نداشته است. از آنجا که فعالیت مطلوب یک اکوسیستم، حاصل تلاش مشترک مجموعه‌ای متنوع از بازیگران و روابط بین آن‌هاست، هدف این پژوهش تحلیل ساختار فعلی این اکوسیستم، سازوکارهای ارتباطی آن و پیشنهادهایی برای بهبود طراحی ساختار اکوسیستم است.

روش: مبنای فلسفی این پژوهش پارادایم تفسیرگرایی و استراتژی پژوهش اقدام‌پژوهی است که با ۳ چرخه کنش انجام شده است. در فرایند اجرای پژوهش، یک مدل مفهومی به‌عنوان مبنای طراحی ساختاری اکوسیستم نانو در ایران ترسیم شد؛ سپس بازیگران فعال در اکوسیستم شناسایی و در مدل مفهومی طراحی شده، جایابی شدند تا ساختار فعلی اکوسیستم و کاستی‌های آن مشخص شود. در نهایت، منطبق بر مبانی نظری و نظرهای خبرگان، پیشنهادهایی برای طراحی مطلوب ساختار اکوسیستم ارائه شده است. داده‌های پژوهش، به‌صورت هدفمند و با استفاده از مرور مستندات، ارسال پرسش‌نامه و تشکیل گروه‌های کانونی برای تأیید نتایج جمع‌آوری شده است.

یافته‌ها: با توجه به مدل مفهومی پژوهش و اهداف سند دوم توسعه نانوتکنولوژی، ایجاد بازیگری مهم به نام «سازمان پژوهش و فناوری» که وظیفه ارتباط صنعت و دانشگاه را برعهده دارد، در اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی ضروری است. علاوه بر آن، ایجاد سازوکارهای ارتباطی، همانند برنامه‌های حمایت از صنعت و کنسرسیوم‌های پژوهش و توسعه برای تحقق اهداف اکوسیستم مهم است.

نتیجه‌گیری: اهداف اکوسیستم نوآوری، هنگامی محقق می‌شود که تمامی بازیگران آن فعال و روابط بین آن‌ها به درستی برقرار شده باشد. اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران، برای تحقق اهداف خود، به ایجاد بازیگران و سازوکارهای ارتباطی نیازمند است که در حال حاضر وجود ندارند. مهم‌ترین بازیگر غایب این اکوسیستم، سازمانی تحت عنوان «سازمان پژوهش و فناوری» است که وظیفه تسهیل فرایند ارتباط صنعت و دانشگاه را برعهده دارد.

کلیدواژه‌ها: اقدام‌پژوهی، اکوسیستم نوآوری، سازمان‌های پژوهش و فناوری، مدل سیستم‌های مانا، نانو تکنولوژی.

استناد: ابویی اردکان، محمد؛ مهرگان، محمدرضا و سلطان محمدی، ندا (۱۴۰۱). طراحی ساختار اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی با تمرکز بر نقش سازمان‌های پژوهش و فناوری در توسعه آن. *مدیریت دولتی*، ۱۴(۳)، ۳۱۸- ۳۴۵.

مدیریت دولتی، ۱۴۰۱، دوره ۱۴، شماره ۳، صص. ۳۱۸- ۳۴۵
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۷/۲۸
doi: https://doi.org/10.22059/JIPA.2022.342823.3154

مقدمه

توسعه ملی و اقتصادی آرمان همه ملت‌ها است. در حالی که تئوری رشد اقتصادی برون‌زا تجارت را موتور رشد اقتصادی می‌داند، تئوری رشد اقتصادی درون‌زا به آموزش، پژوهش و توسعه تکنولوژی‌های جدید تأکید دارد. مطابق این تئوری و اقتصاد مبتنی بر دانش، اقتصاد باید با فعالیت‌های مرتبط با فناوری‌های پیشرفته و شرکت‌های دانش بنیان رشد کند (امیرات و زیدی[1]، ۲۰۱۹). در اهداف کلان جمهوری اسلامی ایران نیز بر نوآوری و تولید دانش‌بنیان تأکید شده است، اما شاخص‌های بین‌المللی از جمله شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان[2]، بلومبرگ[3] و رقابت‌پذیری جهانی[4] سهم نوآوری در اقتصاد ایران را مطلوب گزارش نمی‌کنند. در میان فناوری‌های نوظهور در ایران، نانوتکنولوژی که در سال‌های ۱۳۸۰ با حمایت ریاست جمهوری شروع به فعالیت کرده است (به نقل از زاهدی و احمدی، ۱۳۹۵) دستاوردهای قابل قبولی به خصوص در عرصه علم داشته است. در طی ۲۰ سال فعالیت نانوتکنولوژی در ایران، رتبه تولید مقالات علمی در جهان از ۵۷ در سال ۲۰۰۱ به رتبه ۴ در سال ۲۰۲۰ ارتقا یافته است. به موازات رتبه ۴ در عرصه علم بین‌الملل، ایران در ثبت پتنت[5] نانو در جایگاه بیستم جهان ایستاده است. در جدول ۱ مقایسه بین تعداد مقالات و تعداد پتنت‌های ایران در قیاس با رقبای اصلی آمده است.

جدول ۱. رتبه ایران در ارائه دستاوردهای علم و ثبت پنت در قیاس با رقبا در عرصه بین‌المللی

رتبه ارائه دستاوردهای علمی در جهان	نام کشور	تعداد مقالات در حوزه نانو	رتبه ثبت پتنت نانو در جهان	تعداد پتنت ثبت شده	نسبت تعداد مقاله به تعداد پتنت
۱	چین	۸۳۲۳۰	۳	۷۳۶	۱۱۳/۰۸
۲	آمریکا	۲۶۵۸۳	۱	۴۹۱۳	۵/۴۱
۳	هند	۱۸۵۵۲	۱۸	۴۲	۴۴۱/۷۱
۴	ایران	۱۲۱۹۰	۲۰	۳۷	۳۲۹/۲۵
۵	کره جنوبی	۱۰۳۷۹	۲	۹۴۱	۱۱/۰۳

در پایان سال ۲۰۲۰ میزان فروش محصولات، تجهیزات و خدمات حوزه فناوی نانو ۴۴۴۸۷ میلیارد ریال بوده است که ۶درصد آن مربوط به صادرات و مابقی فروش داخلی است (به نقل از گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو، ۱۳۹۹). مطابق آمار تعداد پتنت‌ها و فروش محصولات نانویی در سال‌های اخیر افزایش یافته است اما همچنان تفاوت معناداری بین رتبه علم ایران در جهان در قیاس با تعداد پتنت‌های ثبت شده و میزان فروش محصولات نانویی وجود دارد. بنابراین چرایی فاصله بین رشد علمی و رشد اقتصادی نانوتکنولوژی می‌تواند موضوع بحث و بررسی باشد. به

1. Amirat and Zaidi
2. Knowledge Economy Index
3. Bloomberg Index
4. World Economic Index

۵. ثبت پتنت‌های نانو، از طریق کانون پتنت ایران در عرصه بین‌المللی امکان‌پذیر است.

اعتقاد دانشمندانی همچون شومپیتر[۱] در سال ۱۹۴۲، بوش[۲] در سال ۱۹۴۵، سالو[۳] در سال ۱۹۵۶ و آبراماویتز[۴] در سال ۱۹۵۶ دو عامل اصلی منجر به جهش و رشد اقتصادی می‌شوند: ۱. افزایش ظرفیت خلاقیت، نوآوری و ابتکارات از طریق سرمایه‌گذاری در پژوهش‌ها و آموزش نیروی کار به‌صورت پیوسته ۲. ارتباط دادن بین پژوهش‌ها و آموزش‌ها با بازار و نیازهای آن. آرایش این مجموعه ظرفیت سیستم‌های نوآوری را شکل می‌دهد و برآیند آن ابداعات و اختراعات است که عامل جهش اقتصادی است (عبدلی، ۱۳۸۶). بر این اساس، عملکرد نانوتکنولوژی ایران در قیاس با رقبای خود را می‌توان در ظرفیت سیستم‌های نوآوری جست‌وجو کرد. سیستم‌های نوآوری شبکه‌ای از بازیگران[۵] متعددند که در آن‌ها، شرکت‌های کوچک و بزرگ، دانشگاه‌ها و سازمان‌های عمومی به‌منظور تولید دانش و توسعه فناوری‌های جدید در یک منطقه یا کشور با یکدیگر تعامل دارند (مرکن و گوکتس[۶]، ۲۰۱۱). در سیر تکاملی مفاهیم سیستم‌های نوآوری، اکوسیستم نوآوری مفهومی نوین‌تر است. اکوسیستم نوآوری بر همکاری بین بازیگران مختلف متمرکز است. فعالیت و ارتباط متقابل تمامی بازیگران موجب رشد علمی و اقتصادی اکوسیستم است (ژو و دیگران[۷]، ۲۰۲۰). مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد نانوتکنولوژی در ایران تاکنون با رویکرد اکوسیستمی بررسی نشده است و تحلیل ساختاری از بازیگران و نقش آن‌ها وجود ندارد. لذا پژوهش حاضر با در نظر گرفتن سیستم نوآوری نانوتکنولوژی به‌عنوان یک اکوسیستم به دنبال آن است تا به لحاظ ساختاری وجود و یا عدم وجود بازیگران و روابط آن‌ها را در این اکوسیستم تحلیل کند. از این‌روی، سؤال‌های پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

۱. طراحی ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه است؟

۲. طراحی مطلوب ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه باید باشد تا اهداف آن محقق گردد؟

مبانی نظری پژوهش

در این بخش با استناد به منابع اطلاعات علمی مفاهیم نوآوری، سیستم نوآوری و اکوسیستم نوآوری مرور می‌شوند و در انتها سابقه پژوهش‌های انجام شده و تعریف مورد استفاده در این پژوهش ارائه گردیده است.

نوآوری

به نقل از نلسون و روزنبرگ در سال ۱۹۹۳ رایج‌ترین معنای نوآوری «فرایندی است که شرکت‌ها طراحی کالاها و فرایندهای تولیدی را که برایشان تازه است عملی کرده و در آن مهارت می‌یابند» (کوک، ارانگا و اتگسباریا[۸]، ۱۹۹۷).

1. Schumpeter
2. Bush
3. Solow
4. Abramovitz
۵. Actors. بازیگران به افراد، گروه‌ها سازمان‌ها و ... گفته می‌شود که قادر به تصمیم‌گیری و اقدام هستند (برنس، باوم گارتنر و دی‌وایل، ۱۹۸۵).
6. Mercan and Göktaş
7. Xu, Hu, Qiao & Zhou
8. Cooke, Uranga & Etxebarria

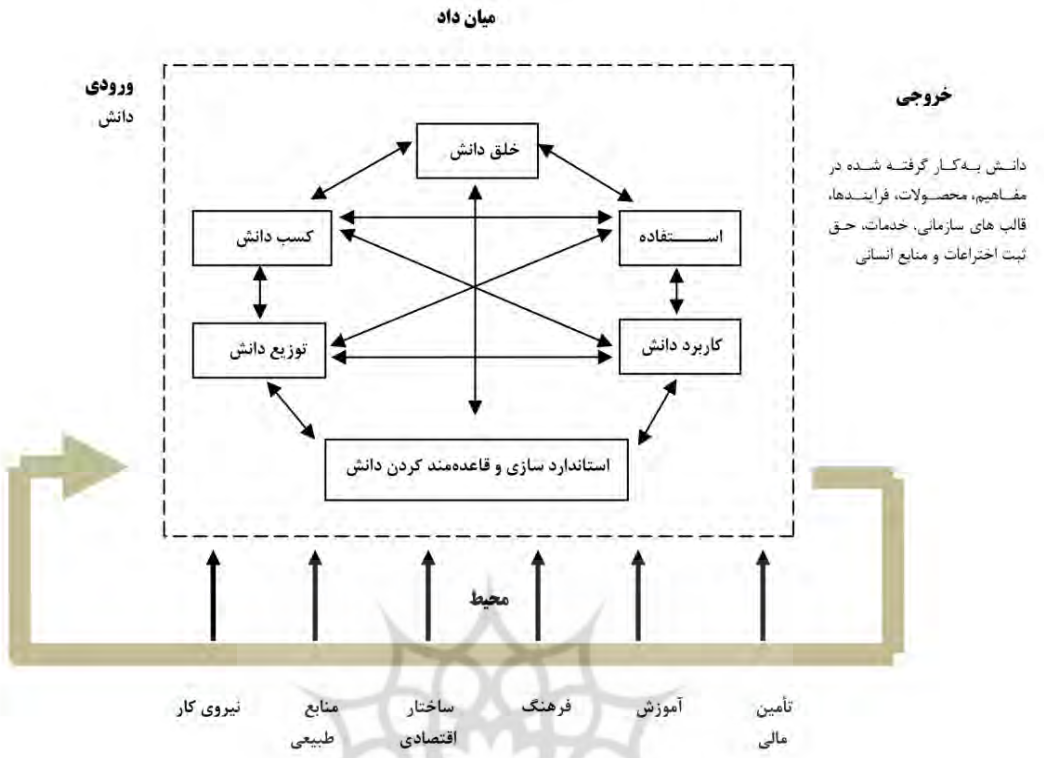
چنانکه کاتلر در سال ۲۰۰۸ اشاره می‌کند، نوآوری معمولاً به‌صورت «پدیدآوردن ارزش از طریق انجام کارها بـه گونـه‌ای متفاوت» یا «خلق ارزش از طریق انجام کار به گونه تازه» توصیف می‌شود. نوآوری معمولاً با ابعاد متنـوعی طبقـه‌بنـدی می‌شود:

- **فرایند در مقابل محصول:** نوآوری‌های مربوط به فرایند، هزینه‌های تولید و ارسال کـالا یـا خـدمت معـین را کاهش می‌دهد، در حالی که نوآوری‌های محصول، کیفیت محصولات موجود را ارتقا می‌دهنـد یـا محصـولات جدیدی را به مشتریان معرفی می‌کند.
- **انقلابی در مقابل تدریجی:** نوآوری‌های انقلابی منجر به تغییرات بنیادین در فرایندها یا محصولات می‌شوند؛ درحالی که نوآوری‌های تدریجی تطبیق یک نوآوری هسته‌ای در کاربردهای خاص را دربرمی‌گیرد.
- **فناورانه در مقابل سازمان‌دهی:** نوآوری‌های فناورانه معمولاً در تجهیزاتی کـه توسـط نیـروی کـار اسـتفاده می‌شوند جای می‌گیرند؛ درحالی که نوآوری‌های سازمان‌دهی شامل سـازمان‌دهـی و یـا سـازمان‌دهـی مجـدد گروه‌های افراد برای تبدیل آن‌ها به تیم‌های مؤثر در تولید و تحویل کالاها و خدمات است.
- **علم‌محور در مقابل مشتری‌محور:** نوآوری‌های علم‌محور، نتیجه پژوهش‌هـای علمـی در بخـش خصوصـی و دولتی است. در حالی که نوآوری‌های مشتری مدارانه، بر پایه پژوهش‌های دقیق بازار و تعامل با مصـرف‌کننـده است.

سیستم نوآوری

مفهوم سیستم نوآوری در اواخر دهه ۱۹۸۰ توسط فریمن[1] مطرح شد. طبق تعریف سازمان همکاری و توسـعه اقتصـادی[2] در سال ۱۹۹۷ دو تعریف از سیستم نوآوری رایج است؛ اولین تعریف سیستم نوآوری را به‌عنوان مجموعـه‌ای از عناصـر و روابطی در نظر می‌گیرد که در تولید، انتشار و استفاده از دانش جدید و از نظر اقتصادی مفید با یکدیگر تعامـل دارنـد و در داخل مرزهای یک دولت ملی قرار یا ریشه دارند (لاندوال[3]، ۱۹۹۲). تعریف دوم می‌گویـد سیسـتم نـوآوری، شـبکه‌ای از نهادهای خصوصی یا عمومی است که فعالیت‌ها و تعاملات آن‌ها باعث ایجاد، وارادات، اصلاح و انتشار فناوری‌های جدید می‌شود (فریمن[4]، ۱۹۸۷). سیستم‌های نوآوری کارکردهای[5] مختص به خود را دارند. به اعتقاد کایال کارکرد یک سیسـتم نوآوری، تولید، انتشار و کاربرد تکنولوژی است (کایال[6]، ۲۰۰۸). همچنین گفته شده است که کارکردهای ویـژه در فراینـد نوآوری شامل خلق دانش، کسب دانش، انتشار دانش، قاعده مند کردن دانش، استانداردسازی، کاربرد دانش و اسـتفاده از آن است (اسپیناستاک و هامالایتن[7]، ۲۰۰۱: ۷۹). این کارکردها به‌صورت شماتیک در شکل زیر نشان داده شده است.

1. Freeman
2. OECD
3. Lundval
4. Freeman
5. Functions
6. Kayal
7. Schienstock and Hamalainen



شکل ۱. دیدگاه کارکردی سیستم نوآوری

منبع: اسپیناستاک و هامالایتن (۲۰۰۱: ۸۰)

اکوسیستم (زیست بوم) نوآوری

رویکرد اکوسیستم نوآوری یک رویکرد نوظهور است. اکوسیستم یک اصطلاح بیولوژیکی است که به محیطی متشکل از همه موجودات زنده در یک ناحیه خاص و همچنین تمام اجزای فیزیکی و غیرزنده محیطی مانند هوا، آب، خاک و نور خورشید که با آن موجودات زنده در تعامل هستند، اشاره دارد (مرکن و گوکتس، ۲۰۱۱). مفهوم اکوسیستم در حوزه مدیریت اولین بار توسط مور[1] در سال ۱۹۹۳ مطرح شد و تحت عنوان اکوسیستم کسب‌وکار نامیده شد (بیسیس و آرملینی[2]، ۲۰۱۸). متعاقباً این مفهوم اساسی در زمینه مدیریت نوآوری نیز مطرح شد (آندر[3]، ۲۰۰۶). دیدگاه اکوسیستمی بر همکاری بازیگران برای ساخت و ارائه محصولات و خدمات به‌صورتی که مطلوبیت کل مشتریان را افزایش دهد، متمرکز است و به شناخت بازیگران و شیوهٔ ایفای نقش آن‌ها کمک می‌کند. اکوسیستم نوآوری تعاریف متعددی دارد که در جدول ذیل به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

1. Moor
2. Bassis and Armellini
3. Ander

جدول ۲. تعاریف اکوسیستم نوآوری

ردیف	تعریف	منبع
۱	اکوسیستم نوآوری تلاش مشترک مجموعه‌ای متنوع از بازیگران نسبت به نوآوری است.	مور[1] (۱۹۹۶)
۲	اکوسیستم نوآوری شامل عوامل و روابط اقتصادی و بخش‌های غیراقتصادی مانند فناوری، نهادها، تعاملات جامعه شناختی و فرهنگ است. مولفه‌های غیراقتصادی یا ساختار نوآوری می‌تواند ایده پردازی، معرفی نوآوری و انتشار آن‌ها را ممکن سازد. اکوسیستم نوآوری در مقایسه با طبیعت ایستای سیستم‌های نوآوری، دارای ماهیتی پویا است.	مرکن و گوکتس (۲۰۱۱)
۳	اکوسیستم نوآوری مجموعه‌ای در حال تحول از بازیگران، فعالیت‌ها، مصنوعات، نهادها و روابط از جمله روابط مکمل و جانشین است، که برای عملکرد نوآورانه یک بازیگر یا گروهی از بازیگران مهم هستند. در این تعریف مصنوعات شامل محصولات و خدمات ملموس، منابع مشهود، منابع فناورانه و غیرفناورانه و انواع دیگر ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم از جمله نوآوری‌ها هستند	گرنسترند و هولگرسون[2] (۲۰۲۰)
۴	توره و زیمرمن ۲۰۱۵ اکوسیستم نوآوری را به‌عنوان یک محیط اقتصادی تعریف می‌کند که مبادلات متقابل، با انواع مختلف روابطی که به‌عنوان یک سیستم تعاملی عمل می‌کنند، در آن رخ می‌دهد. با این حال یکی از ویژگی‌های بارز نظریه اکوسیستم نوآوری این است که فرض می‌شود به اشتراک گذاری نقش‌ها و مهارت‌ها ممکن است حتی گاهی بدون تسلط رهبر اتفاق بیافتد.	بیسیس و آرملینی (۲۰۱۸)
۵	گومز و همکارانش در ۲۰۱۸ معتقدند که مفهوم اکوسیستم نوآوری بر ایجاد ارزش و همکاری تأکید دارد.	گرنسترند و هولگرسون (۲۰۲۰)
۶	جکسون ۲۰۱۱ اکوسیستم نوآوری را روابطی پیچیده بین بازیگران یا نهادهایی که هدف آن‌ها توسعه فناوری و نوآوری است تعریف می‌کند.	اوه و دیگران[3] (۲۰۱۶)

به اعتقاد مازوکاتو و رابینسون در سال ۲۰۱۷ اکوسیستم نوآوری به دلیل پویایی فرایند توسعه که شامل هم‌تکاملی[4]، خودسازمان‌دهی، فعالیت‌های بالادستی و پایین‌دستی، انطباق و فرهنگ کارآفرینی است با مفاهیم دیگر تفاوت دارد. رویکرد اکوسیستم نوآوری، تکمیل‌کننده دیدگاه نظام نوآوری است و این به دلیل تمرکز آن بر ماهیت روابط بین بایگران است (طباطبائیان و همکاران، ۱۳۹۷).

پیشینهٔ پژوهش‌های تجربی

در بررسی پژوهش‌های بین‌المللی منتشر شده، پژوهشی مشابه که به تحلیل و طراحی ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی بپردازد مشاهده نشد. بررسی پژوهش‌های داخلی نیز نشان می‌دهد تاکنون پژوهش مشابه‌ای در اکوسیستم نانوتکنولوژی انجام نشده است. در جدول ۳ پژوهش‌های داخلی که با پژوهش حاضر قرابت بیشتری دارند بررسی شده است.

1. Moor
2. Granstrand & Holgersson
3. Oh et.al.
4. Coevolution

جدول ۳. سابقه پژوهش‌های انجام شده و تمایز آن با پژوهش حاضر

نویسندگان	عنوان پژوهش	خلاصه پژوهش و تمایز آن با پژوهش حاضر
طباطبائیان و همکاران (۱۳۹۷)	تحلیل اکوسیستم نوآوری داروهای زیستی در ایران	در این پژوهش وضعیت اکوسیستم نوآوری داروهای زیستی کشور مبتنی بر موجودیت‌ها، روابط و ویژگی‌های آن‌ها شناسایی شده است و در نهایت برخی کاستی‌ها و مشکلات موجود در توسعه اکوسیستم نوآوری داروهای زیستی معرفی شده است. این پژوهش در یک شمای کلی بازیگران فعال را در ۳ گروه سیاست‌گذاری، عرضه و تقاضای دارو نشان می‌دهد که رویکرد آن کاملاً متفاوت با پژوهش حاضر است.
وحیدی‌منفرد و علی‌احمدی (۱۳۹۶)	نگاشت نهادی ملی در نظام علم و فناوری ایران با استفاده از مدل سیستم مانا جهت تحقق اهداف بالادستی	در این پژوهش سطح‌بندی نهادهای درگیر در نظام علم و فناوری ایران با استفاده از مدل سیستم‌های مانا برای تحقق اهداف بالادستی بررسی شده است. تمایز پژوهش حاضر با این پژوهش در دو مورد است: سطح تحلیل و مدل مورد استفاده برای تحلیل. پژوهش حاضر در سطح یک اکوسیستم فناورانه و با جزییات بیشتری بازیگران را طبقه‌بندی کرده است و مفهومی جدید به‌عنوان سازمان پژوهش و فناوری را معرفی می‌کند.
ذوالفقارزاده و نوروزی (۱۳۹۱)	نظام علمی مانا: پیشنهادی برای حفظ پایایی روابط صنعت، دولت و ملت در جمهوری اسلامی ایران	این پژوهش با استفاده از مدل سیستم‌های مانا به ارائه پیشنهادهایی برای حفظ پایایی و دوام نظام علمی کشور می‌پردازد. این پژوهش بیان می‌کند نقص در فرایندهای اقتاعی و اجتماعی در دو خرده سیستم هماهنکی و انسجام از مهم‌ترین نقایص سیستم فعلی است. تمایز پژوهش حاضر با این پژوهش در دو مورد است: سطح تحلیل و مدل مورد استفاده برای تحلیل. پژوهش حاضر در سطح یک اکوسیستم فناورانه با ترسیم یک مدل مفهومی بازیگران را طبقه‌بندی کرده است و مفهومی جدید به‌عنوان سازمان پژوهش و فناوری را معرفی می‌کند.

پس از مرور مفاهیم فوق، با توجه به اینکه اکوسیستم نوآوری بر روابط بین بازیگران و نهادهای مختلف در خلق ارزش و توسعه نوآوری تأکید بیشتری دارد، این پژوهش مفهوم اکوسیستم نوآوری را مبنای کار خود قرار داده است و اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران را مجموعه‌ای از بازیگران مختلف و هم‌افزا در نظر می‌گیرد که به‌صورت یک کل منسجم و در تعامل با یکدیگر به فعالیت می‌پردازند. عدم وجود هر یک از بازیگران مورد نیاز اکوسیستم، فعال نبودن و یا عدم تکامل هم‌زمان هر یک از این بازیگران در تعامل با یکدیگر، عملکرد این اکوسیستم را با نقصان مواجه خواهد کرد. بنابراین سؤال‌های اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. طراحی ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه است؟

۲. طراحی مطلوب ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه باید باشد تا اهداف آن محقق گردد؟

روش‌شناسی پژوهش

استراتژی انجام پژوهش

مبنای فلسفی این پژوهش پارادایم تفسیرگرایی است. این پژوهش با رویکرد استقراء و استراتژی اقدام‌پژوهی[1] که از جمله روش‌های کیفی پژوهش است انجام شده است. ایده ایجاد اقدام‌پژوهی را می‌توان به کرت لوین[2] مدرس و روان‌شناس اجتماعی نسبت داد که پژوهش‌های خود را دربارهٔ اقدام‌پژوهی طی دههٔ ۱۹۴۰ در ایالات متحده آمریکا به انجام رسانید (فرنس[3]، ۲۰۰۰). اقدام‌پژوهی در این پژوهش بر مبنای نظرات مکنیف و وایتهد[4] در سال ۲۰۰۹ در قالب ۵ مرحله زیر پیاده‌سازی شده است:

۱. برنامه‌ریزی: در این مرحله افراد، سازمان‌های مشارکت کننده در پژوهش و اصول اخلاقی حاکم بر پژوهش مشخص می‌شوند.
۲. طراحی: در این مرحله به چارچوب‌های مفهومی (ایده و مفاهیم زیربنایی پژوهش) پرداخته می‌شود. زمان، محدوده و چگونگی انجام پژوهش نیز در این مرحله مشخص می‌شود.
۳. اجرا: در این مرحله به مشاهده و جمع‌آوری داده‌ها از کنش و یادگیری خود و دیگران پرداخته می‌شود. جمع‌آوری داده‌ها از طریق یادداشت‌های روزانه، منابع اطلاعاتی دست دوم، مشاهده، مصاحبه و مولتی مدیاها انجام می‌شود. سپس توسط پژوهشگر ذخیره، کدگذاری و بازیابی می‌شود.
۴. تولید دانش و اعتبارسنجی: اعتبارسنجی اقدام‌پژوهی از طرق خودارزیابی، تأیید و اعتبارسنجی خبرگان، گروه‌های کانونی و مشروعیت‌بخشی انجام می‌شود.
۵. انتشار و عمومی‌سازی: دستاوردهای پژوهش منتشر و در اختیار دیگران قرار می‌گیرد.

داده‌های پژوهش و اعتبار یافته‌های آن

داده‌های مورد نیاز این پژوهش به سه روش جمع‌آوری شده است: ۱. مرور پیشینه به روش مطالعات کتابخانه‌ای؛ ۲. مرور مستندات به‌منظور شناسایی بازیگران و نقش‌های آن‌ها در اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران؛ ۳. ارسال پرسش‌نامه به خبرگان و تشکیل گروه کانونی برای تأیید مدل طراحی شده. ارسال پرسش‌نامه‌ها به خبرگان و انتخاب اعضای گروه کانونی به‌صورت هدفمند انجام شد و پس از رسیدن به اشباع در نظرات خاتمه یافت.

در جدول ۴ مشخصات مستندات مرور شده برای شناسایی بازیگران اکوسیستم و در جدول ۵ مشخصات خبرگان به‌منظور تأیید مدل مفهومی طراحی شده در پژوهش و ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران آمده است.

1. Action Research
2. Kurt Lewin
3. Ferrance
4. Mcniff and Whitehead

جدول ٤. اسناد استفاده شده برای شناسایی بازیگران فعال در اکوسیستم نانوتکنولوژی

ردیف	عنوان سند	سال انتشار	سازمان منتشر کننده سند
۱	گزارش فعالیت‌های ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	۱۳۸۶	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۲	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۸۷	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۳	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۸۸	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۴	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۸۹	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۵	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۹۰	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۶	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۹۱	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۷	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۹۲	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۸	گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)	۱۳۹۳	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۹	گزارش عملکرد اجرایی برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران ۱۴۰۴ (راهبرد ده ساله دوم توسعه فناوری نانو)	۱۳۹۴	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۰	گزارش عملکرد برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران (سند ملی ده ساله دوم)	۱۳۹۵	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۱	گزارش عملکرد برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران (سند ملی ده ساله دوم)	۱۳۹۶	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۲	گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران	۱۳۹۷	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۳	گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران	۱۳۹۸	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۴	گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران	۱۳۹۹	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۱۵	وب سایت ستاد ویژه فناوری نانو در ایران[۱]	---	دسترسی در https://nano.ir/

جدول ۵. مشخصات خبرگان برای تأیید یافته‌ها (مدل طراحی شده) و تکمیل مفاهیم پژوهش

ردیف	تخصص	تعداد افراد	میانگین سابقه کار مرتبط
۱	عضو هئیت علمی دانشگاه / فعال در حوزه نانوتکنولوژی	۱	۱۵
۲	دکتری خط مشی‌گذاری عمومی / فعال در حوزه سیستم‌های نوآوری	۱	۱۲
۳	دکتری سیاست‌گذاری / فعال در حوزه نانوتکنولوژی	۱	۱۰
۴	عضو هیئت علمی دانشگاه / فعال در حوزه مدیریت	۱	۱۵
۵	دکتری مدیریت / فعال در حوزه علم و فناوری	۱	۱۱

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش با استفاده از روش‌های تحلیل محتوا برای بررسی مستندات و مدل سیستم‌های مانا برای تحلیل و طراحی سیستم‌های پیچیده انجام شده است. روش‌های ذکر شده در ادامه مرور شده‌اند.

۱. وب سایت ستاد ویژه فناوری نانو در ایران دسترسی در/https://nano.ir

تحلیل محتوا

تحلیل محتوا[1] تکنیکی پژوهشی است برای استنباط تکرارپذیر و معتبر از داده‌ها در مورد متن آن‌ها. تحلیل محتوا به مثابه تکنیکی پژوهشی شامل شیوه‌های تخصصی در پردازش داده‌های علمی است. هدف تحلیل محتوا مانند همه تکنیک‌های پژوهشی فراهم آوردن شناخت، بینشی نو، تصویر واقعیت و راهنمای عمل است. تحلیل محتوا فقط ابزار است و بس (نائبی، ۱۳۷۸).

مدل سیستم‌های مانا

مدل سیستم‌های مانا[2] یک ابزار قدرتمند برای توصیف، طراحی و کنترل مسائل سیستم‌های پیچیده است. این مدل، سیستم‌ها را قادر می‌سازد تا انعطاف‌پذیر باشند و بتوانند هنگام انطباق با تغییرات منتظره و غیرمنتظره محیط زنده بمانند (رزک و گمل[3]، ۲۰۱۹). این مدل بر اساس اصول سایبرنتیک[4] و با هدف طراحی سازمان‌های هدف‌جو[5]، پاسخ‌گو و انطباقی که تمام ویژگی‌های مانایی را دارند شکل گرفته است (توپارک و تورلاک[6]، ۲۰۱۸). چرا نیازمند مدل سیستم مانا هستیم؟ چون مدل سیستم‌های مانا شکلی کل‌گرا برای مشاهده رفتارهای جمعی در جوامع امروزی را ارائه می‌کند. این مدل توسط نظریه‌پرداز پژوهش در عملیات و سایبرنتیک سازمان استافورد بی‌یر[7] در کتاب *مغز شرکت*[8] در سال ۱۹۷۲ ایجاد شد (اسپجو[9]، ۲۰۰۳). مانایی یا زنده ماندن در محیطی خاص رکن اساسی در مدل سیستم‌های مانا است. مانایی بر ارتباطات ساختاری ضروری میان مؤلفه‌ها تأکید می‌کند که به سیستم امکان انطباق با محیطش را می‌دهد. قلب مدل سیستم‌های مانا تشریح پنج زیرسیستم است (مینگرز و روزنهد[10]، ۲۰۰۹، ۲۶۹– ۲۷۰) که اگر هر گونه اختلالی در کارکردهای اصلی آن‌ها رخ دهد، مانایی در معرض خطر قرار می‌گیرد. این پنج زیرسیستم اصلی عبارت‌اند از:

سیستم ۵: این سیستم نقش فرماندهی اصلی را بازی می‌کند. در واقع، جهت‌گیری کلی و سیاست‌گذاری به معنای تعیین قواعد کلان تصمیم‌گیری، به عهده این زیرسیستم است.

سیستم ۴: این زیرسیستم وظیفه توسعه را بر عهده دارد. سیستم ۴ از طریق تعامل مداوم با محیط خارجی، نیازمندی‌های سیستم اصلی برای رشد و توسعه را مشخص می‌کند، از این رو تمرکز آن بر آینده است و ماهیت فعالیت این سیستم از جنس برنامه‌ریزی استراتژیک است.

---

1. Content Analysis
2. Viable System Model (VSM)
3. Rezk and Gamal
4. Cybernetic

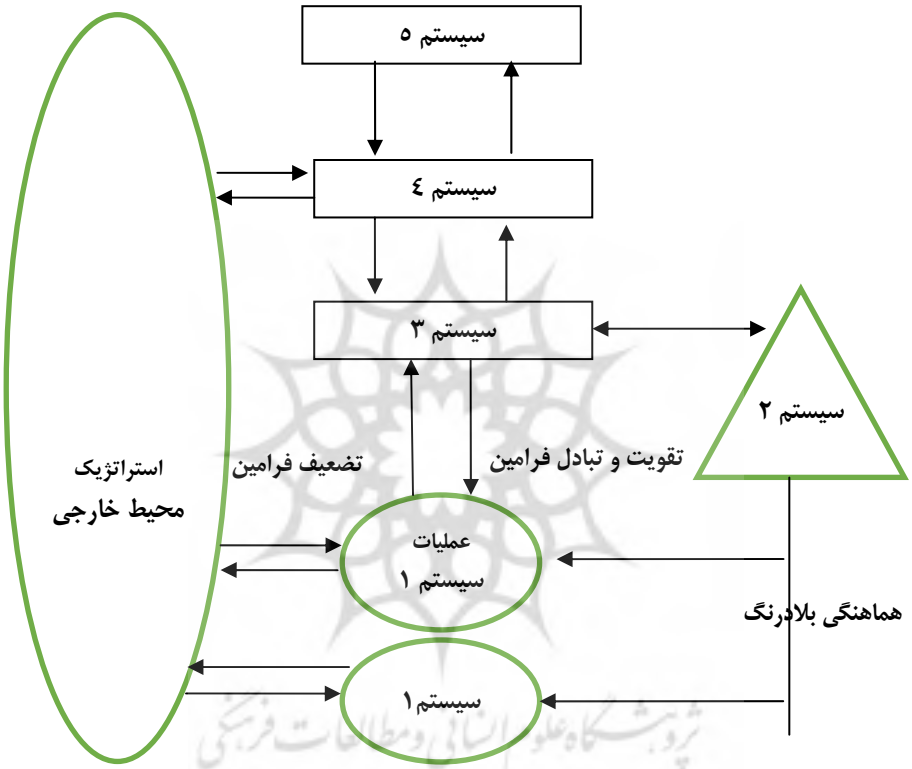
سایبرنتیک اصطلاحی است که توسط نوربرت وینر(۱۹۸۴) به علم ارتباطات و کنترل در حیوانات و ماشین اطلاق شد این علم بیان می‌کند، سیستم‌های پیچیده چگونه می‌توانند خودشان را از طریق فرایندهای بازخوردی مبتنی بر اطلاعات و ارتباطات، کنترل و تنظیم(تعدیل) کنند

5. Goal – Seeking Organizations
6. Toprak and Torlak
7. Stafford Beer
8. Brain of the Firm
9. Espejo
10. Mingers and Rosenhead

سیستم ۳: این سیستم نمایشگر بخش مدیریت تاکتیکی است و نقش آن مدیریت عملیات سیستم ۱ است.

سیستم ۲: سیستم ۲ نقش سرپرستی و نظارت مستقیم بر عملکرد سیستم‌های عملیاتی (سیستم ۱) را بر عهده دارد و فعالیت‌های این سیستم‌ها را با یکدیگر هماهنگ می‌کند.

سیستم ۱: سیستم‌های عملیاتی که فعالیت‌های اولیه مورد نیاز سیستم را برای به انجام رساندن اهداف خود، انجام می‌دهند. در شکل زیر شمایی از کلیت مدل سیستم‌های مانا نشان داده شده است.



شکل ۲. زیر سیستم‌های پنج‌گانه یک سیستم مانا

یافته‌های پژوهش

این پژوهش با طی کردن ۳ چرخه اقدام‌پژوهی در قالب مراحل ۵ گانه اقدام پژوهشی ارائه شده توسط مک نیف و وایتهد در سال ۲۰۰۹ انجام شده است. هر کدام از چرخه‌ها با ایجاد حلقه‌های بازخور و یادگیری، پژوهشگر را به سمت نتیجه که همان تحلیل و طراحی ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران است نزدیک می‌کنند. سومین چرخه اقدام‌پژوهی با رسیدن به اشباع در نظرها پایان یافت. در ادامه جزئیات هر کدام از این ۳ چرخه اقدام‌پژوهی به تفصیل بیان شده است.

چرخه اول اقدام‌پژوهی

فعالیت‌های انجام شده در چرخه اول اقدام پژوهشی (طراحی و تأیید اولیه) در این پژوهش در هر یک از مراحل ۵گانه به شرح زیر است:

مرحله اول- برنامه‌ریزی: با توجه به موضوع پژوهش مستندات مورد نیاز برای انجام پژوهش تهیه شد. علاوه بر آن، افراد مشارکت‌کننده در پژوهش خبرگان دانشگاهی، حوزه علم و فناوری و حوزه نانوتکنولوژی هستند که در بخش تأیید و اعتبارسنجی پژوهش مشارکت کردند. ملاحظات اخلاق پژوهشی مبنی بر رعایت اصل امانت‌داری نیز رعایت شده است.

مرحله دوم - طراحی: محدوده انجام این پژوهش اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران است و بازه زمانی که این پژوهش در بستر آن شکل گرفته است، از سال ۱۳۸۰ تا بهار ۱۴۰۱ می‌باشد. در این مرحله پژوهشگر با طراحی مدل مفهومی پژوهش (که در ادامه به تفصیل تشریح خواهد شد) به دنبال پاسخ‌گویی به سؤالات ذیل است:

۱. طراحی ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران در حال حاضر چگونه است؟

۲. طراحی مطلوب ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه باید باشد؟

برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های فوق، مدل مفهومی پژوهش برمبنای مدل سیستم‌های مانا، مدل ماقه و سینرسا[1] برای طبقه‌بندی بازیگران سطح عملیاتی سیستم‌های نوآوری و مدل کایال برای توسعه سیستم‌های نوآوری کشورهای در حال توسعه ترسیم شد[2]. شاکله اصلی مدل مفهومی طراحی شده، مدل سیستم‌های مانا است[3] که اکوسیستم نانوتکنولوژی ایران را در ۵ سطح اصلی طبقه‌بندی می‌کند. به‌منظور ایجاد تصویر واضح‌تر و منسجم‌تر از بازیگران فعال در لایه علمیاتی مدل (سیستم ۱) از مدل ماقه و سینرسا استفاده شده است. مطابق این مدل در سطح عملیاتی می‌توان ۴ گروه اصلی بازیگران را در نظر گرفت. این ۴ گروه عبارت‌اند از:

جدول ٦. چهار گروه اصلی بازیگران در سیستم نوآوری در سطح عملیاتی (سیستم ۱)

	گروه سازمان‌های کسب‌وکار[4]
شرکت‌های بزرگ	شرکت‌های دولتی یا خصوصی (بیش از ۲۵۰ کارمند) که فعالیت اصلی آن‌ها در زمینه تولید کالاها و خدمات بازار (به غیر از آموزش عالی) است تا محصولات و خدمات را با قیمتی مقرون به‌صرفه به عموم افراد بفروشند.
شرکت‌های کوچک و متوسط[5]	شرکت‌های خصوصی (کمتر از ۲۵۰ کارمند) که فعالیت اصلی آن‌ها تولید کالاها و خدمات بازار (به غیر از آموزش عالی) است تا محصولات و خدمات را با قیمتی مقرون به‌صرفه به عموم افراد بفروشند.
شرکت‌های مبتنی بر فناوری جدید	یعنی شرکت‌هایی مشابه با گروه بالا، اما شرکت‌های کوچک و متوسطی که در مرحله اولیه رشد خود هستند (استارتاپ‌ها و اسپین‌آف‌ها[6]).

1. Maghe and Cincera

۲. انتخاب این مدل‌ها بر اساس مفاهیم تئوریک مرور شده در حوزه سیستم‌های ملی نوآوری، سیستم‌های نوآوری فناورانه، اکوسیستم نوآوری و مدل‌سازی سیستم‌ها بوده است.

۳. مثال‌های متعددی برای استفاده از VSM فراتر از یک سازمان و در سیستم‌های پیچیده وجود دارد. استفاده از رویکرد VSM در نظام ملی حفاظت از محیط زیست کلمبیا نمونه‌ای از این مثال‌ها است.

4. Business Organizations
5. SMEs
6. Spin - Off

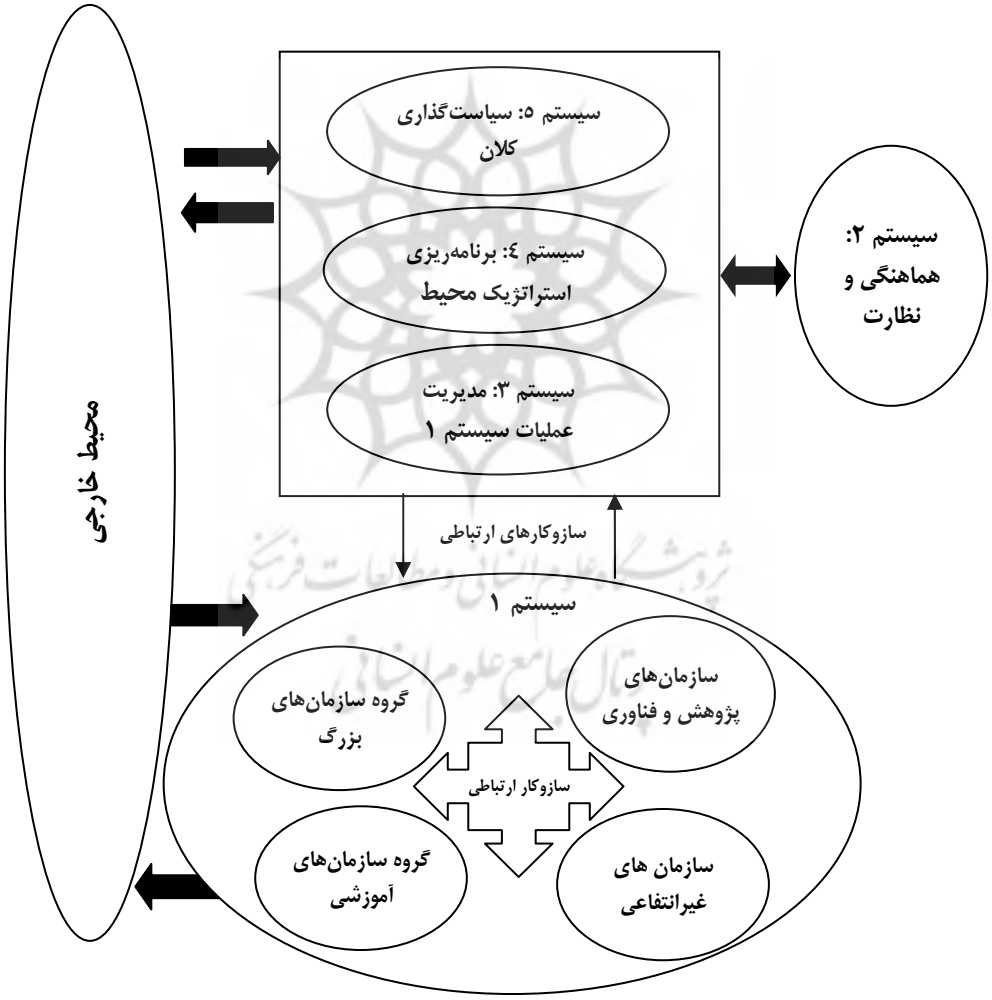
ادامه جدول ٦

گروه سازمان‌های کسب‌وکار[1]	
مراکز پژوهشی خصوصی و قطب‌های شایستگی[2]	سازمان‌های کسب‌وکار ممکن است فعالیت‌های پژوهش و توسعه[3] را با هدف تجاری‌سازی سودمند از نتایج پژوهش و توسعه انجام دهند. قطب‌های شایستگی به گروه‌بندی زیرساخت پژوهش و توسعه چندین شرکت می‌پردازند تا اقتصادهای مقیاس را در تولید، توزیع و سایر خدمات مرتبط با فعالیت‌های پژوهش و توسعه به‌دست آورند.
ارائه‌دهندگان سرمایه خطرپذیر	ارائه‌دهندگان خدمات که هدف آن‌ها اطمینان از دسترسی تامین مالی برای شرکت‌ها در مرحله اولیه توسعه خود است. این گروه شامل: بانک‌های تجاری، بازار سرمایه، سرمایه‌گذاری خطرپذیر، سرمایه‌گذاری جسورانه می‌شوند.
ارائه‌دهندگان مشاوره و سایر خدمات	هدف اصلی آن‌ها ارائه مهارت فنی، خدمات مشاوره‌ای، کارگزاری فناوری و... است.
گروه سازمان‌های آموزشی[4]	
مؤسسه‌های آموزش عالی	این سازمان‌ها متشکل از تمام دانشگاه‌ها، کالج‌های تکنولوژی و سایر مؤسسه‌های تحصیلات دانشگاهی است. همچنین این مؤسسه‌ها شامل تمامی مؤسسه‌های پژوهشی، ایستگاه‌های تجربی و کلینیک‌های فعال تحت کنترل مستقیم و با مدیریت مؤسسه‌های آموزش عالی است (فراسکاتی مانول ۲۰۱۵).
سایر مؤسسه‌های آموزش دولتی	سایر مؤسسه‌هایی که آموزش اولیه و متوسطه را ارائه می‌دهند. این سطح در فعالیت‌های آگا علم و فناوری درنظر گرفته می‌شود.
مؤسسه‌های آموزشی ارائه‌دهنده خدمات یادگیری مادام العمر[5]	یادگیری مادام‌العمر شامل تمام فعالیت یادگیری هدفمند، چه رسمی و غیررسمی است، که به‌طور مداوم با هدف بهبود دانش، مهارت‌ها و شایستگی‌ها انجام می‌شود. در حوزه یادگیری مادام‌العمر: – آموزش رسمی، آموزش سیستم منظم مدارس، دانشگاه‌ها و کالج‌ها را پوشش می‌دهد. – آموزش غیررسمی شامل تمام فعالیت‌های یادگیری است که بخشی از برنامه آموزش رسمی نمی‌باشد (یورواستات ۲۰۱۶).
گروه سازمان‌های پژوهش و فناوری[6]	
واحدهای پژوهش مؤسسه‌های آموزش عالی	در اصل دانشگاه‌هایی که فعالیت پژوهشی می‌کنند که از فعالیت‌های آموزشی مجزا هستند. این واحدها محققان و دانشجویان دکتری فعال در یک پروژه منتخب را پوشش می‌دهند.
مراکز دولتی و خصوصی نوآوری و فناوری غیرانتفاعی	مراکزی که تحت مدیریت دولت نبوده و فعالیت‌های غیرانتفاعی را دنبال می‌کنند.
سایر سازمان‌ها	
دانشمندان و افراد محقق (افراد)	این گروه شامل شهروندان، دانشجویان، محققان انفرادی و کارآفرینان، مصرف‌کنندگان و ... است.
سازمان های غیرانتفاعی و مردم نهاد	سازمان‌هایی که بخشی از مؤسسه انتفاعی یا دولتی نیستند، و معمولاً توسط افراد بنا شده‌اند و منافع اجتماعی– اقتصادی یا خیریه را دنبال می‌کنند. این سازمان‌ها باید با سازمان‌های غیرانتفاعی دولتی متمایز باشند.
سایر سازمان‌ها	------

1. Business Organizations
2. Competence poles
3. R & D
4. Education Organizations
5. Lifelong learning institutions
6. Research and Technology Organizations (RTOs)

و در نهایت برای تکمیل شدن مدل مفهومی پژوهش از مدل کایال استفاده شده است. کایال چارچوبی برای نظام ملی نوآوری در کشورهای در حال توسعه پیشنهاد کرده است که در آن برای ارتباط بین عرضه‌کنندگان و تقاضاکنندگان تکنولوژی وجود سازوکارهای ارتباطی ضروری است تا ارتباط و تعامل میان بازیگران مختلف به‌طور کامل برقرار شود. این سازوکارهای ارتباطی عبارت‌اند از: حفاظت از سرمایه‌های فکری، پارک‌های علم و فناوری، انجمن‌های صنعت، کنسرسیوم‌های پژوهش و توسعه ، سازمان‌های انتقال تکنولوژی، زیر ساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و برنامه‌های حمایت از صنعت در سطح ملی (کایال، ۲۰۰۸).

با توجه به آنچه گفته شد، مدل مفهومی پژوهش به‌منظور تحلیل و طراحی ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران مطابق شکل ذیل طراحی شده است:



شکل۳. مدل مفهومی اکوسیستم نوآوری نانو تکنولوژی در ایران

مرحله سوم – اجرا: پس از طراحی مدل مفهومی پژوهش، بازیگرانی که از آغاز فعالیت نانوتکنولوژی تا به امروز مشغول به فعالیت بودند شناسایی شدند. برای شناسایی این بازیگران، مستندات مندرج در جدول ۴ مرور شدند و با تحلیل

محتوای انجام شده بازیگران این اکوسیستم در گذر زمان شناسایی و در مدل مفهومی طراحی شده جایابی شدند. بدین ترتیب طراحی ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در حال حاضر مشخص می‌گردد. بازیگران شناسایی شده در اکوسیستم نانوتکنولوژی به ترتیب زمانی آغاز فعالیت (از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۴۰۰) عبارت‌اند از:

۱. کمیته مطالعات سیاست فناوری نانو؛
۲. هئیت وزیران؛
۳. ستاد ویژه فناوری نانو؛
۴. مجلس شورای اسلامی؛
۵. شورای عالی انقلاب فرهنگی؛
۶. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری؛
۷. وزارت آموزش و پرورش؛
۸. دانشگاه‌ها؛
۹. پژوهشگاه‌ها؛
۱۰. آزمایشگاه‌های تخصصی؛
۱۱. شرکت کارآفرینی و فناوری ایران (کفا) ؛
۱۲. واحد مالکیت فکری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو؛
۱۳. کمیته استانداردسازی فناوری نانو؛
۱۴. مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری؛
۱۵. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نفت (دستگاه‌های عضو ستاد به‌منظور فرهنگ‌سازی و آموزش نانو) ؛
۱۶. کارگروه ویژه برای پیش‌بینی و تدوین پیش‌نویس مقررات مورد نیاز برای توسعه فناوری نانو؛
۱۷. شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی فعال در حوزه نانو تکنولوژی؛
۱۸. مرکز بین المللی فناوری نانو با همکاری یونیدو در ایران؛
۱۹. شبکه منطقه‌ای فناوری نانواکو توسط ستاد؛
۲۰. مؤسسه خدمات توسعه فناوری تا بازار؛
۲۱. شبکه‌های سرآمدی فناوری نانو؛
۲۲. ایجاد کارگروه‌های تخصصی (صنعت و بازار، SPM، Xray و...)؛
۲۳. صندوق توسعه فناوری نانو؛
۲۴. شبکه ایمنی فناوری نانو کشور متشکل از متخصصان دانشگاهی، مراکز پژوهشی و صنعتی؛
۲۵. انجمن‌های علمی دانشجویی؛
۲۶. آزمایشگاه‌های دانش آموزی؛

۲۷. مؤسسه توسعه فناوری نخبگان؛
۲۸. مؤسسه سامان سرمایه نانو؛
۲۹. سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور؛
۳۰. صندوق توسعه فناوری ایرانیان؛
۳۱. صنایع و شرکت‌های بزرگ صنعتی؛
۳۲. کانون پتنت ایران؛
۳۳. سازمان برنامه و بودجه؛
۳۴. شهرک‌های صنعتی؛
۳۵. مرکز صنعتی سازی نانوفناوری کاربردی[1]؛
۳۶. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (استفاده از ظرفیت‌های استقرار و رشد شرکت‌های دانش بنیان) ؛
۳۷. بازار سرمایه و شرکت فرابورس؛
۳۸. ستاد اجرایی فرمان امام؛
۳۹. مراکز شتاب‌دهی توسعه فناوری نانو؛
۴۰. وزارت نیرو، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، وزرات راه و شهرسازی، وزرات صنعت، معدن و تجارت، سازمان حفاظت از محیط زیست، گمرک جمهوری اسلامی ایران (دستگاه‌های عضو ستاد به‌منظور فرهنگ‌سازی، آموزش و به کارگیری نانو)؛
۴۱. کمپ اشتغال کارنو؛
۴۲. نمایشگاه دائمی محصولات ایران در شانگهای چین؛
۴۳. دفتر صادرات محصولات دانش بنیان ایران در کشور عراق.

با انجام یک بررسی اولیه مشخص شد که برخی از بازیگران فوق به‌عنوان بخشی از بازیگر بزرگ‌تر، فعالیت می‌کنند یا بعضی از بازیگران فوق، در حال حاضر فعالیتی در اکوسیستم نانوتکنولوژی ندارند. از این روی، بازیگران فعال در اکوسیستم نانو به شرح زیر گروه‌بندی و منظم شدند:

۱. مقام معظم رهبری؛
۲. شورای عالی انقلاب فرهنگی؛
۳. مجمع تشخیص مصلحت نظام؛
۴. هئیت وزیران؛
۵. مجلس شورای اسلامی؛
۶. وزارت علوم تحقیقات و فناوری؛
۷. معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری؛

1. ICAN

۸. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (کارگروه‌های تخصصی، نمایشگاه دائمی محصولات ایران در شانگهای چین، دفتر صادرات محصولات دانش بنیان ایران در کشور عراق، مرکز صنعتی‌سازی نانوفناوری کاربردی، شبکه‌های سرآمدی فناوری نانو، شبکه فناوری نانواکو، مرکز بین المللی فناوری نانو با همکاری یونیدو در ایران، کمپ اشتغال نانو ذیل ستاد نانو قرار دارند)؛

۹. ستاد وزارت خانه‌های (به‌منظور فرهنگ‌سازی، آموزش و به کارگیری نانو): نیرو، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت نفت، وزارت جهاد کشاورزی، تعاون، کار و رفاه اجتماعی، وزارت راه و شهرسازی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزرات آموزش و پرورش؛

۱۰. سازمان حفاظت از محیط زیست؛

۱۱. گمرک جمهوری اسلامی ایران؛

۱۲. سازمان استاندارد؛

۱۳. صنایع و شرکت‌های بزرگ صنعتی؛

۱۴. صنایع و شرکت‌های متوسط؛

۱۵. شرکت‌های دانش بنیان و ارائه دهنده فناوری نانو؛

۱۶. صندوق پژوهش و فناوری توسعه فناوری نانو؛

۱۷. شرکت فرابورس ایران؛

۱۸. شرکت کارآفرینی و فناوری ایران(کفا)؛

۱۹. صندوق توسعه فناوری ایرانیان؛

۲۰. مؤسسه سامان سرمایه نانو؛

۲۱. ستاد اجرایی فرمان امام (سرمایه گذاری در نانو داروها)؛

۲۲. دانشگاه‌ها؛

۲۳. پژوهشگاه‌ها؛

۲۴. آزمایشگاه‌های تخصصی؛

۲۵. آموزش و پرورش (آزمایشگاه‌های دانش آموزی، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور و...)؛

۲۶. دانشجویان؛

۲۷. محققان؛

۲۸. مراکز شتاب‌دهی توسعه فناوری نانو؛

۲۹. کانون پنتنت ایران؛

۳۰. انجمن‌های فعال در حوزه نانو[۱].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. انجمن‌های فعال در حوزه نانو پس از اعلام نظر خبرگان به این فهرست اضافه شد.

پس از نهایی‌شدن فهرست بازیگران فعال در اکوسیستم، بازیگران فعال در مدل مفهومی طراحی شده جایابی شدند تا طراحی ساختار فعلی اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران مشخص شود.

جدول ۷. نمایش ساختار فعلی اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران با تکیه بر مدل مفهومی پژوهش

نگاشت نهادی اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران			
سیستم ۵: سیاست‌گذاری کلان	– مقام معظم رهبری – شورای عالی انقلاب فرهنگی – مجمع تشخیص مصلحت نظام – مجلس شورای اسلامی		
سیستم ۴: برنامه‌ریزی	– هیئت وزیران – وزارت علوم، تحقیقات و فناوری – معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری – ستاد ویژه توسعه فناوری نانو		
سیستم ۳: مدیریت عملیات	– ستاد وزارت خانه‌های (به‌منظور فرهنگ‌سازی، آموزش و به کارگیری نانو): نیرو، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت نفت، وزارت جهاد کشاورزی، تعاون، کار و رفاه اجتماعی، وزارت راه و شهرسازی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت آموزش و پرورش، سازمان حفاظت از محیط زیست، و گمرک جمهوری اسلامی ایران، سازمان استاندارد، سازمان برنامه و بودجه		
سیستم ۲: هماهنگی و نظارت	– ستاد ویژه توسعه فناوری نانو		
سیستم ۱: اجرا	گروه سازمان‌های کسب‌وکار	شرکت‌های بزرگ	صنایع و شرکت‌های بزرگ صنعتی (مانند صنایع پتروشیمی، برق و...)
		شرکت‌های کوچک و متوسط	صنایع و شرکت‌های متوسط (مانند شرکت‌های بهران فیلتر، داروسازی فارمد، لوله‌سازی وحید و...)
		شرکت‌های مبتنی بر فناوری جدید	شرکت‌های دانش بنیان و ارائه دهنده فناوری نانو (مانند شرکت‌های نانو دارو پژوهان، شرکت پارسا پلیمر و ...)
		مراکز پژوهشی خصوصی و قطب‌های شایستگی	بازیگری برای انجام این نقش شناسایی نشد.
		ارائه‌دهندگان سرمایه خطرپذیر	– صندوق پژوهش و فناوری توسعه فناوری نانو – شرکت فرابورس ایران – شرکت کارآفرینی و فناوری ایران(کفا) – صندوق توسعه فناوری ایرانیان – مؤسسه سامان سرمایه نانو – ستاد اجرایی فرمان امام (سرمایه گذاری در نانو داروها)
		ارائه‌دهندگان مشاوره و سایر خدمات	– مؤسسه خدمات فناوری تا بازار – مراکز شتاب‌دهی توسعه فناوری
	گروه سازمان‌های آموزشی	مؤسسه‌های آموزش عالی	– دانشگاه‌ها – پژوهشگاه‌ها – آزمایشگاه‌های تخصصی

نگاشت نهادی اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران			
		سایر مؤسسه‌های آموزش دولتی	آموزش و پرورش (آزمایشگاه‌های دانش آموزی، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور و ...)
		مؤسسه‌های آموزشی ارائه دهنده خدمات یادگیری مادام العمر	بازیگری برای انجام این نقش شناسایی نشد.
	گروه سازمان‌های پژوهش و فناوری	واحدهای پژوهشی مؤسسه‌های آموزش عالی	بازیگری برای انجام این نقش شناسایی نشد.
		مراکز دولتی و خصوصی نوآوری و فناوری غیرانتفاعی	بازیگری برای انجام این نقش شناسایی نشد.
	سایر سازمان‌ها	دانشمندان و افراد محقق	– دانشجویان – محققان
		سازمان‌های غیرانتفاعی و مردم نهاد	انجمن نانو، انجمن نانوپزشکی، انجمن صنفی شرکت‌ها

تحلیل و بررسی مستندات عنوان شده در جدول ۴ و روند شکل‌گیری بازیگران در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران مؤید این است که برخی از سازوکارهای ارتباطی ذکر شده در مدل مفهومی پژوهش در اکوسیستم نانوتکنولوژی شکل گرفته است. در جدول زیر سازوکارهای ارتباطی در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران نشان داده شده است:

جدول ۸. سازوکارهای ارتباطی پیشنهادی کایل در نظام‌های نوآوری استفاده‌شده در مدل مفهومی پژوهش

ردیف	سازوکارهای ارتباطی پیشنهاد شده توسط کایال	سازوکارهای ارتباطی شناسایی شده در اکوسیتم نانوتکنولوژی در ایران
۱	حفاظت از سرمایه‌های فکری	واحد مالکیت فکری ستاد ویژه فناوری نانو در سال ۱۳۸۴ تشکیل شد و در از سال ۱۳۹۳ با موافقت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در قالب کانون پتنت ایران امور مربوط به مالکیت فکری را انجام می دهد.
۲	پارک‌های علم و فناوری	پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد در اکوسیستم نانو فعال هستند.
۳	انجمن‌های صنعت	شناسایی نشد.
۴	کنسرسیوم‌های پژوهش و توسعه	شناسایی نشد.
۶	سازمان‌های انتقال تکنولوژی	شناسایی نشد.
۷	زیر ساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات وجود دارند.
۸	برنامه‌های حمایت از صنعت در سطح ملی	قوانین مرتبط با حمایت از شرکت‌ها و مؤسسه‌های دانش‌بنیان و تجاری‌سازی نوآوری‌ها و اختراعات وجود دارد. اما قوانینی که بر استفاده ار فناوری‌های نوین در صنایع بزرگ تأکید کند شناسایی نشد.

مرحله چهارم - تولید دانش و اعتبارسنجی: در این مرحله مدل مفهومی طراحی شده و بازیگران مرتبط با آن به تأیید خبرگان رسید و اصلاحات مورد نظر آن‌ها انجام شد. یافته‌های چرخه اول کنش از طریق پرسش‌نامه در اختیار ۳ نفر از خبرگان مندرج در جدول ۵ قرار گرفته و نظر آن‌ها گردآوری شده است. مدل مفهومی پژوهش مورد تأیید خبرگان بود. در مورد طراحی ساختار فعلی و جایابی بازیگران اصلاحات مورد نظر خبرگان به شرح زیر اعمال شد:

۱. مجمع تشخیص مصلحت نظام در سیستم ۴ (برنامه‌ریزی) جایابی شده بود که با نظر خبرگان به سیستم ۵ (سیاست‌گذاری کلان) منتقل شد.
۲. مجلس شورای اسلامی در سیستم ۴ (برنامه‌ریزی) جایابی شده بود که با نظر خبرگان به سیستم ۵ (سیاست‌گذاری کلان) منتقل شد.
۳. در ساختار اولیه ارسالی توسط پژوهشگر برای سازمان‌های غیرانتفاعی و مردم نهاد در سیستم ۱ (اجرا) بازیگری شناسایی نشده بود که با نظر خبرگان انجمن نانو، انجمن نانوپزشکی و انجمن صنفی شرکت‌ها به این بخش اضافه شدند.

تمامی اصلاحات مدنظر خبرگان در طراحی ساختار فعلی اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران (جدول ۷) اعمال شده است.

مرحله پنجم - انتشار و عمومی‌سازی: یافته‌های پژوهش از طریق انتشار در مجلات معتبر علمی ارائه خواهد شد.

چرخه دوم اقدام‌پژوهی

فعالیت‌های انجام شده در چرخه دوم اقدام‌پژوهی (تأیید مدل پس از اصلاحات اولیه مورد نظر خبرگان) در این پژوهش در هر یک از مراحل ۵گانه به شرح زیر است:

مرحله اول - برنامه‌ریزی: در این مرحله افراد مشارکت‌کننده در پژوهش خبرگان دانشگاهی، حوزه علم و فناوری و حوزه نانوتکنولوژی هستند که در گروه‌های کانونی پژوهش مشارکت کردند. ملاحظات اخلاق پژوهشی مبنی بر رعایت اصل امانت‌داری نیز رعایت شده است.

مرحله دوم - طراحی: محدوده انجام این پژوهش اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران است و بازه زمانی که این پژوهش در بستر آن شکل گرفته است از سال ۱۳۸۰ تا بهار ۱۴۰۱ می‌باشد. در این مرحله پژوهشگر پس از تأیید اولیه مدل طراحی شده به دنبال پاسخ‌گویی به سؤال ذیل است:

آیا ساختار فعلی طراحی شده برای اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران به اصلاح نیاز دارد؟

مرحله سوم - اجرا: در این مرحله ساختار فعلی اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران که اصلاحات مدنظر خبرگان چرخه اول کنش روی آن اعمال شده بود، از طریق پرسش‌نامه در اختیار ۲ نفر از خبرگان ذکر شده در جدول ۴ قرار گرفت. پس از جمع‌آوری نظر آن‌ها، اصلاحاتی به شرح زیر انجام شد:

۱. مطابق با نظر خبرگان وزرات علوم، تحقیقات و فناوری در سیستم ۴ (برنامه‌ریزی) قرار گرفت؛
۲. سازمان استاندارد و سازمان برنامه و بودجه مطابق با نظر خبرگان در سیستم ۳ (مدیریت عملیات) قرار گرفتند.

تمامی اصلاحات مورد نظر خبرگان در طراحی ساختار فعلی اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران (جدول ۶) اعمال شده است.

مرحله چهارم – تولید دانش و اعتبارسنجی: در این مرحله طراحی ساختار فعلی اکوسیستم از طریق ارسال پرسش‌نامه به خبرگان تأیید شد و اصلاحات مدنظر آن‌ها روی مدل انجام شد.

مرحله پنجم – انتشار و عمومی‌سازی: یافته‌های پژوهش از طریق انتشار در مجلات معتبر علمی ارائه خواهد شد.

چرخه سوم اقدام‌پژوهی

فعالیت‌های انجام شده در چرخه سوم اقدام پژوهشی (تأیید نهایی و ارائه پیشنهادهای بهبود) در این پژوهش در هر یک از مراحل ۵گانه به شرح زیر است:

مرحله اول– برنامه‌ریزی: در این مرحله افراد مشارکت‌کننده در پژوهش خبرگان دانشگاهی، حوزه علم و فناوری و حوزه نانوتکنولوژی هستند که در گروه‌های کانونی پژوهش مشارکت کردند. ملاحظات اخلاق پژوهشی مبنی بر رعایت اصل امانت‌داری نیز رعایت شده است.

مرحله دوم – طراحی: محدوده انجام این پژوهش اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران است و بازه زمانی که این پژوهش در بستر آن شکل گرفته است، از سال ۱۳۸۰ تا بهار ۱۴۰۱ می‌باشد. در این مرحله پژوهشگر پس از تأیید مدل طراحی شده به دنبال پاسخ‌گویی به سؤال ذیل است:

چگونه می‌توان طراحی ساختار اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران را با نظر کارشناسان و خبرگان این حوزه بهبود بخشید؟

مرحله سوم – اجرا: در این مرحله ابتدا گروه کانونی متشکل از ۳ نفر از خبرگان نام برده شده در جدول ۴ تشکیل شد. طی ۳۰ روز ۲ جلسه گروه کانونی برگزار شد. بحث‌های صورت گرفته در جلسات گروه کانونی از طریق یادداشت و ضبط صوت، ثبت و ضبط شد و توسط پژوهشگر اصلاحات مورد نیاز انجام شد.

در اولین جلسه گروه کانونی با بررسی ساختار فعلی اکوسیستم نانوتکنولوژی کلیات مدل تأیید شد و اصلاحاتی در مورد واژگان فارسی انتخاب شده مد نظر قرار گرفت. در این جلسه اینگونه در مورد ساختار فعلی بحث شد[1]: برخی از بازیگران مهم برای انجام منسجم فعالیت‌های اکوسیستم همانند سازمان‌های پژوهش و فناوری، مؤسسه‌های پژوهشی خصوصی و مؤسسه‌های آموزشی ارائه دهنده خدمات یادگیری مادام العمر در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران وجود ندارد. علاوه بر آن، مطابق آنچه گفته شد، برخی از سازوکارهای ارتباطی مانند: برنامه‌های حمایت از صنعت در سطح ملی، انجمن‌های صنعت، کنسرسیوم‌های پژوهش‌و توسعه و سازمان‌های انتقال تکنولوژی هم در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران وجود ندارند یا به‌طور کامل شکل نگرفته‌اند. در این جلسه، نقش ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به بحث گذاشته شد. وظیفه اصلی این ستاد، تعیین مسیر حرکت و اولویت‌های ملی کشور، رفع موانع در زمان اجرا و خدمت‌رسانی به بخش‌های اجرایی (خصوصی و دولتی) برای توسعه فناوری نانو می‌باشد. در این جلسه با توجه به اصول سازمان‌دهی و

۱. پژوهشگر در این مرحله نقش تسهیلگر را برعهده داشت و اطلاعات لازم در خصوص اهداف و... را در اختیار اعضای گروه کانونی قرار می‌داد.

آنچه که در طراحی ساختار موجود اکوسیستم آمده بود تأکید شد که ستاد ویژه توسعه فناوری نانو نبایستی هم‌زمان نقش برنامه‌ریزی و نقش نظارت را بر عهده داشته باشد (هم‌زمان نقش سیستم ۲ و سیستم ۴ را نبایستی بر عهده داشته باشد). به‌منظور هدفمندتر شدن مباحث، اهداف سند ده ساله دوم توسعه نانوتکنولوژی در ایران توسط پژوهشگر در جلسه مرور شد. مطابق «سند گسترش کاربرد فناوری نانو در افق ۱۴۰۴ (محصولات جدید، بازارهای نو)» مصوب سال ۱۳۹۶، هیئت وزیران اهداف زیر را برای توسعهٔ اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران در نظر گرفته‌اند:

۱. ارتقای اثرگذاری فناوری نانو در بهبود کیفیت زندگی؛
۲. دستیابی کشور به جایگاه مناسب در علم و فناوری نانو در بین کشورهای جهان (پنجم جهان در تولید علم نانو و جایگاه پانزدهم در ثبت اختراعات نانو در دفاتر معتبر جهانی)؛
۳. کسب سهم مناسبی (سهم یک تا دو درصدی) از بازار جهانی فناوری نانو.

با در نظر گرفتن اهداف این سند که رویکرد اصلی آن صنعتی‌سازی و توسعه بازار محصولات نانویی است و مدل مفهومی پژوهش، وجود سازمان‌های پژوهش و فناوری به مانند پلی بین پژوهش‌های پایه‌ای و تجاری‌سازی فناوری، در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران ضروری است. لذا از پژوهشگر خواسته شد مطالبی را در خصوص مفاهیم سازمان‌های پژوهش و فناوری و نقش آن‌ها در اکوسیستم‌های نوآوری در جلسه بعدی گروه کانونی ارائه کند. در جلسه دوم گروه کانونی ابتدا مفاهیم زیر در مورد سازمان‌های پژوهش و فناوری در اختیار اعضای گروه کانونی قرار گرفت:

فعالیت سازمان‌های پژوهش و فناوری، انجام پژوهش و توسعه، ارائه خدمات فناوری و نوآوری برای سازمان‌ها، دولت‌ها و مشتریان آن‌ها هستند. این تعریف آن‌ها را از دانشگاه‌ها که چشم‌انداز اصلی آن‌ها آموزش است و از سازمان‌های تولیدکننده کالا و خدمات متمایز می‌کند (اراتو[1]، ۲۰۱۵). سازمان‌های پژوهش و فناوری به‌عنوان تسهیل‌کننده دسترسی به بازارهای بین‌المللی و ارتقادهنده مزیت رقابتی سازمان‌های کوچک و متوسط از طریق ایجاد نظام نوآوری کارا، تمرکز بر استانداردهای نوآوری و روش‌های توسعه شاخص‌های نوآوری، اجرای آینده‌نگاری فناوری و پیشران‌های نوآوری باز ایفای نقش می‌کنند (ژو، ژنگ و هو[2]، ۲۰۱۷). چشم‌انداز اصلی سازمان‌های پژوهش و فناوری ارتقای سطح علم و فناوری در خدمات نوآوری جهت ارتقای کیفیت زندگی و ساخت مزایای رقابتی اقتصادی است (اراتو، ۲۰۱۵). به دلیل نقشی که سازمان‌های پژوهش و فناوری در برقراری ارتباط میان دانش ایجاد شده از پژوهش‌های پایه‌ای و بازار ایفا می‌کنند اغلب کشورها از ایجاد و فعالیت آن‌ها حمایت می‌کنند. از لحاظ سیاست نوآوری، ایجاد و تقویت سازمان‌های پژوهش و فناوری پاسخی به سه هدف است:

۱. فعالیت‌های سازمان‌های پژوهش و فناوری به‌عنوان ابزاری برای تبدیل خروجی‌های پژوهش و توسعه به نوآوری هستند. از این طریق، فوائد حاصل از سرمایه‌گذاری بخش عمومی در پژوهش حاصل می‌شود.
۲. سازمان‌های پژوهش و فناوری از شکل‌گیری کسب‌وکارهای نوین و نوآوری‌های صنعتی حمایت می‌کنند. این سازمان‌ها مانند یک پل و به مثابهٔ مبدلی بین جوامع پژوهشی در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها با صنعت (و تا حدی

1. Earto
2. Zho, Zhang & Hu

با کارآفرینانی که اجراکنندگان طرح‌های پژوهش و توسعه‌ای که از ابتدا زمینهٔ کاربردهای صنعتی و تجاری دارند)، عمل می‌کنند.

۳. هدف سوم سیاستی، ارتقای رقابت‌پذیری اقتصاد از طریق نوآوری است (بیتیتچی و دیگران[1]، ۲۰۰۳).

پس از ارائه مفاهیم فوق خبرگان بر لزوم شکل‌گیری سازمان‌های پژوهش و فناوری و ایجاد سازوکارهای ارتباطی از جمله برنامه‌های حمایت از صنعت در سطح ملی، انجمن‌های صنعت، کنسرسیوم‌های پژوهش و فناوری تأکید کردند.

مرحله چهارم – تولید دانش و اعتبارسنجی: اعتبار این مرحله در جلسات گروه کانونی تأیید شد. اصلاحات مورد نظر این مرحله اصلاح واژگان انتخاب شده فارسی برای برخی از مفاهیم بود که به شرح زیر این اصلاحات انجام شد:

- برای واژه Competence poles واژه قطب‌های صلاحیت انتخاب شده بود که به قطب شایستگی تغییر یافت.
- برای واژه Lifelong Learning Organization، واژه مؤسسه‌های یادگیری مادام‌العمر انتخاب شده بود که به مؤسسه‌های آموزشی ارائه‌دهنده خدمات یادگیری مادام‌العمر تغییر یافت.
- برای واژه Technology Brokers معادل کارگزاران فناوری پیشنهاد شد.

مرحله پنجم – انتشار و عمومی‌سازی: یافته‌های پژوهش از طریق انتشار در مجلات معتبر علمی ارائه خواهد شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فناوری نانوی ایران در مراحل چرخه عمر خود عملکرد قابل توجهی در ارائه دستاوردهای علمی در عرصه بین المللی داشته است. اما آمارها و نظرات خبرگان این حوزه حاکی از آن است که نانو در فرایند تجاری‌سازی و فروش محصولات نانویی هم‌تراز ارائه مقاله‌های بین‌المللی عمل نکرده است. از آنجا که اهداف علمی و اقتصادی اکوسیستم‌های نوآوری هنگامی محقق می‌شود که بازیگران فعال در آن هم‌زمان تکامل یابند و به‌صورت یک کل منسجم عمل کنند، پژوهش حاضر به دنبال پاسخ‌گویی به ۲ سؤال اصلی بود:

۱. طراحی ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه است؟

۲. طراحی مطلوب ساختاری اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران چگونه باید باشد تا اهداف آن محقق گردد؟

به‌منظور پاسخ‌گویی به سؤال‌های پژوهش و با استفاده از استراتژی اقدام‌پژوهی، یک مدل مفهومی به‌عنوان مبنای طراحی ساختاری اکوسیستم نانو در ایران ترسیم شد. سپس بازیگران شناسایی شده در این اکوسیستم در مدل مفهومی طراحی شده جایابی شدند و جزئیات آن به تأیید خبرگان رسید. در طراحی ساختاری فعلی اکوسیستم نانو در ایران نبود یک بازیگر مهم تحت عنوان «سازمان‌های پژوهش و فناوری» مشهود است. این سازمان‌ها در ارتباط مستقیم با صنعت قرار دارند و نقش مهمی در تجاری‌سازی دانش دارند. سازمان‌های پژوهش و فناوری دو هدف اصلی را در اکوسیستم نوآوری دنبال می‌کنند: ۱. پاسخ‌گویی به نیاز صنعت برای ارائه خدمات دانش‌محور ۲. تمرکز بر پژوهش مسئله‌محور برای منفعت جامعه.

1. Bititchi et.al.

علاوه برآن، برخی سازوکارهای ارتباطی از جمله برنامه‌های حمایت از صنعت در سطح ملی، انجمن‌های صنعت، کنسرسیوم‌های پژوهش و توسعه و سازمان‌های انتقال تکنولوژی هم در اکوسیستم نانوتکنولوژی در ایران وجود ندارند و یا به‌طور کامل شکل نگرفته‌اند.

با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. تشکیل سازمان پژوهش و فناوری برای کم کردن فاصله دانشگاه و صنعت و کمک به فرایند تجاری‌سازی در اکوسیستم نانو؛
۲. تفکیک انجام هم‌زمان دو نقش برنامه‌ریزی و نظارت بر فعالیت‌ها توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو؛
۳. تدوین و اجرای برنامه‌های حمایت از صنعت برای به کارگیری فناوری نانو در سطح ملی؛
۴. تشکیل انجمن‌های صنعت؛
۵. تشکیل کنسرسیوم‌های تحقیق و توسعه نانو به‌عنوان سازوکارهای ارتباطی به سیاست‌گذاران اکوسیستم نوآوری نانوتکنولوژی در ایران پیشنهاد می‌شود.

پیشنهادهای پژوهش‌های آتی عبارت‌اند از:

۱. انجام مطالعه تطبیقی جهت بررسی کارکردها و ترسیم زنجیره ارزش سازمان‌های پژوهش و فناوری
۲. طراحی یک سازمان در اکوسیستم نانو تکنولوژی ایران به‌عنوان سازمان پژوهش و فناوری و تدوین اساسنامه آن
۳. انجام مطالعه تطبیقی جهت بررسی کارکردها و نحوه فعالیت انجمن‌های صنعت و کنسرسیوم‌های تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی.

تشکیل گروه‌های کانونی در زمان اپیدمی کرونا محدودیت اصلی پژوهش ارائه شده بود. در نتیجه مراحل تأیید پژوهش از طریق ارسال پرسش‌نامه به خبرگان و تشکیل گروه‌های کانونی با جمعیت کمتر انجام شد.

منابع

ذوالفقارزاده، محمد مهدی و نوروزی، خلیل (۱۳۹۱). نظام علمی مانا: پیشنهادی برای حفظ پایایی روابط صنعت، دولت و ملت در جمهوری اسلامی ایران. *مدیریت در دانشگاه آزاد اسلامی*، ۳(۱)، ۳۷۹ – ۴۰۰.

زاهدی، حسین و رحمتی، فاطمه‌سادات (۱۳۹۵). *الف تا ی: روایتی از ورود ایران به سیاست‌گذاری فناوری نانو*. تهران: بنیاد توسعه فردا.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۶). *گزارش فعالیت‌های ستاد ویژه توسعه فناوری نانو*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۷). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۸). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۹). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۰). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۱). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۲). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۳). *گزارش عملکرد اجرایی سند راهبردی آینده (راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۴). *گزارش عملکرد اجرایی برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران ۱۴۰۴ (راهبرد ده ساله دوم توسعه فناوری نانو)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۵). *گزارش عملکرد برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران (سند ملی ده ساله دوم)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۶). *گزارش عملکرد برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران (سند ملی ده ساله دوم)*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۷). *گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران*. تهران.

ستاد ویژه فناوری نانو (۱۳۹۸). *گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران*. تهران.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۹). *گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در ایران*. تهران.

طباطبائیان، سید حبیب الله؛ طهوری، حمیدرضا؛ تقوا، محمدرضا و تقوی فرد، محمدتقی (۱۳۹۷). تحلیل اکوسیستم داروهای زیستی در ایران. *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*. ۵(۴): ۹- ۴۵.

عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶). نظام ملی نوآوری، ابداعات و جهش اقتصادی. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۹(۳۱)، ۱۰۲- ۱۲۶.

کریپندورف، کلوس (۱۳۷۸). *تحلیل محتوا: مبانی روش‌شناسی*. (هوشنگ نائبی، مترجم). تهران: انتشارات روش.

وحیدی منفرد، امین و علی احمدی، علیرضا (۱۳۹۶). نگاشت نهادی ملی در نظام علم و فناوری ایران با استفاده از مدل سیستم مانا جهت تحقق اهداف بالادستی . *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، ۲۱(۴)، ۲۹ – ۴۹.

References

Abdoli, Gh. (2007). National Innovative System, Innovation and Catch-up. *Iranian Journal of Economic Research*, *9*(31): 103 – 126. (*in Persian*)

Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 148, 98-107.

Amirat, A., Zaidi, M. (2019). Estimating GDP growth in Saudi Arabia under the government's vision 2030: a knowledge-based economy approach. *Journal of the Knowledge Economy*, 11, 1-26.

Bassis, N. F. & Armellini, F. (2018). Systems of innovation and innovation ecosystems: a literature review in search of complementarities. *Journal of Evolutionary Economics*, *28*: 1053–1080.

Burns, T.R., T. Baumgartner, and P. DeVille, *Man*. (1985). *Decisions, and Society: The Theory of Actor-System Dynamics for Social Scientists*.

Cooke, P., Gomez Uranga, M. & Etxebarria, G. (1997). Regional Innovation Systems: Institutional and Organizational Dimentions. *Research Policy,* 26: 475- 491.

Cutler, T. (2008). *Venturous Australia, building strength in innovation*. Cutler and company Ltd.

Earto. (2015). *Knowing your innovation ecosystem actors: data on European RTOs*.

Espejo, R. (2003). *The Viable System Model: A Briefing About Organizational Structure*.

Ferrance, E. (2000). *Action Research*. Northeast and Islands Regional Educational Laboratory at Brown University. (Accessed November 2009) http://www.lab.brown.edu/pubs/ themes_ed/act_research.pdf

Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Tec novation The International Journal of Technological Innovation*.

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2007). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2008). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2009). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2010). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2011). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2012). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2013). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2014). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2015). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2016). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2017). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2018). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2019). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Iran Nanotechnology Innovation Council. (2020). *Performance Report of Nanotechnology Innovation Council.* Tehran. (*in Persian*)

Kayal, A. (2008). A. National Innovation Systems: A Proposed Framework for Developing Countries. *Int. J. Entrepreneurship and Innovation Management*, 8(1), 74-86.

Kotiadis, K. & Mingers, J. (2006). Combining PSMs with hard OR methods: the philosophical and practical challenges. *Journal of the Operational Research Society*, 57:856–867.

Maghe, V. & Cincera, M. (2016). *Implementation of innovation policy in a national innovation system perspective a typology*, 1–29.

Mcniff, J. & Whitehead, J. (2009). *You and your action research project*. London: Routledge; Taylor and Francis.

Mercan, B., & Göktaş, D. (2011). Components of innovation ecosystems: A cross-country study. *International Research Journal of Finance and Economics*, *76*(76), 102–112.

Mingers, J. & Rosenhead, J. (2009). *An Overview of Related Methods: VSM, System Dynamics, and Decision Analysis.*

Moore, J. F. (1996). *The Death of Competition: Leadership & Strategy in the Age of Business Ecosystems*. New York: Harper Paperbacks.

Naebi, H. (1999). *Content Analysis: Fundamentals of Methodology*. Tehran: Ravesh Publication. (*in Persian*)

OECD. (1997). *National Innovation Systems*.

Oh, D.S., Philips, F., Park, S. & Lee, E. (2016). Innovation Ecosystem: A critical Examination. *Technovation*, 54: 1-6.

Rezk, S. S., & Gamal, S. (2019). The viable system model and its applications in higher education: an overview. *Kybernetes*, *48*(3), 438–450.

Schienstock, G. & Hamalainen, T. (2001). *Transformation of the Finnish Innovation System: A network approach*. Helsinki : Sitra Reports series, 7.

Tabatabaeian, S.H., Tahoori, H., Taghva, M., & Taghavi Fard, S.M. (2018). Analysis of innovation ecosystem of Iranian biopharmaceuticals. *Journal of Technology Management* 6(1): 9 -45. (*in Persian*)

Toprak, S., & Torlak, N. G. (2018). An Adaptive Use of Viable System Model with Knowledge System Diagnostics Serving Industrial Democracy in a Textile Manufacturing Company. *Systemic Practice and Action Research*. *31*(1). Acess at https://doi.org/10.1007/s11213-017-9419-6.

Vahidi Monfared, A. & Ali Ahmadi, A. (2018). Mapping a national institution in the Iranian science and technology system using the Viable system model to achieve upstream goals. *Management Research in Iran*, 21(4): 29 – 49. (*in Persian*)

Xu, G., Hu, W., Qiao, Y. & Zhou, Y. (2020). Mapping an innovation ecosystem using network clustering and community identification: a multi - layered framework. *Scientometrics*, 124: 2057 - 2081.

Zahedi, H., Rahmati, F.S. (2016). *A to Z: A Narrative of Iran's Entry into Nanotechnology Policy.* Tehran: Bonyad Tose Farda. (*in Persian*)

Zhou, L., Zhang, S., & Hu, L. (2017). How RTOs innovate innovation—Review on the 23rd WAITRO biennial congress and general assembly., *Acta Technica*, 6:17-26.

Zolfagharzadeh., M.M. & Norouzi, Kh. (2012). Viable Scientific system: a proposal to maintain the reliability of industry, government, and national in the Islamic Republic of Iran. *Management in the Islamic University*, 3(1): 379 – 400. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی