



Shahid Sattari Aeronautical University of
Science and Technology

**Journal of Innovation Management In
Defensive Organizations**

ISSN: 2676-7112

Volume 4, Issue 11

Spring 2021

Nanotechnology Innovation System in Iran Based on Functional and Structural Analysis

Sepehr Ghazinoory¹, Arman Khaledi², Shohreh Nasri³, Hadi Hoseini⁴

Abstract

Background & Purpose: Nanotechnology is one of the most important drivers of innovation. Due to the importance of this technology, in the present study, the structural and functional components of the nanotechnology innovation system in Iran has been analyzed simultaneously.

Methodology: The research strategy is quantitative and the data collection tool is questionnaire. The statistical population includes policy makers, firm's managers and university professors in the field of nanotechnology. Data collection was done analytically-descriptively through information obtained from questionnaires, documents and reports published in the field of nanotechnology.

Findings: Findings show the weakness of interactions between the actors of the nanotechnology innovation system. Also the resource mobilization function is in a more appropriate situation and the function of creating legitimacy is in a weaker position than other functions, which somehow confirms the existence of systematic problems in the innovation system of nanotechnology in Iran.

Conclusion: Strengthening interactions between actors in the Nano-technology innovation system, as well as further support for strengthening the function of legitimacy, can have a positive impact on the conditions of this system.

Keywords: *Nanotechnology Innovation System, Innovation system functions, Structural and functional analysis.*

Citation: Ghazinoory, Sepehr; Khaledi, Arman; Nasri, Shohreh; Hoseini, Hadi (2021). Nanotechnology Innovation System in Iran Based on Functional and Structural Analysis. *Journal of Innovation Management In Defensive Organization*, 4(11), 25-52

1. Department of Information Technology Management, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. **E-mail:** Ghazinoory@modares.ac.ir

2. Innovation policy and foresight group, Technology Studies Institute, Tehran, Iran **E-mail:** Khaledi@tsi.ir

3. National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran. **E-mail:** Nasri@nrsp.ac.ir

4. PhD Student in Technology Management, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran **E-mail:** Hadi87h.h@gmail.com

Received: 2020/06/13

Accepted: 202/09/03

Corresponding Author: Shohreh Nasri

Article Type: Research-based

DOI: 10.22034/Qjimdo.2020.233464.1316



نظام نوآوری فناوری نانو در ایران بر اساس تحلیل کارکردی و ساختاری

سید سپهر قاضی نوری^۱، آرمان خالدی^۲، شهره نصری^۳، هادی حسینی^۴

چکیده

زمینه و هدف: فناوری نانو به عنوان یکی از مهم ترین پیشران های نوآوری به شمار می رود. با توجه به اهمیت این فناوری، در پژوهش حاضر به بررسی و تحلیل همزمان عناصر ساختاری و کارکردی نظام نوآوری فناوری نانو در ایران پرداخته شده است.

روش شناسی: در این پژوهش از استراتژی پژوهش کمی و ابزار پرسشنامه برای گردآوری داده ها استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل سیاست گذاران، مدیران شرکت ها و اساتید دانشگاه در حوزه فناوری نانو بود. گردآوری داده ها به صورت تحلیلی-توصیفی از طریق اطلاعات پرسشنامه ها، اسناد و گزارش های منتشر شده در حوزه نانو فناوری انجام شد.

یافته ها: یافته های پژوهش نشان دهنده ضعف تعاملات بین بازیگران نظام نوآوری نانو فناوری است. همچنین کارکرد بسیج منابع در وضعیت مناسب تر و کارکرد ایجاد مشروعیت در وضعیت ضعیف تری نسبت به سایر کارکردها قرار دارند که مؤید وجود مشکلات نظام مند در نظام نوآوری فناوری نانو در ایران است.

نتیجه گیری: تمرکز بر تقویت تعاملات بین بازیگران نظام نوآوری فناوری و همچنین حمایت های بیشتر برای تقویت کارکرد مشروعیت تأثیر مثبتی در بهبود شرایط این نظام خواهد داشت.

کلیدواژه ها: نظام نوآوری فناوری نانو، کارکردهای نظام نوآوری، تحلیل ساختاری-کارکردی.

استناد: قاضی نوری، سید سپهر؛ خالدی، آرمان؛ نصری، شهره؛ حسینی، هادی (۱۴۰۰). نظام نوآوری فناوری نانو در ایران بر اساس تحلیل کارکردی و ساختاری. فصلنامه مدیریت نوآوری در سازمان های دفاعی، ۴ (۱۱)، ۲۵-۵۲.

۱. استاد، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: Ghazinoory@modares.ac.ir

۲. گروه سیاست نوآوری و آینده نگاری، پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران. رایانامه: Khaledi@tsi.ir

۳. مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران. رایانامه: Nasri@nrsp.ac.ir

۴. دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران. رایانامه: Hadi87h.h@gmail.com

مقدمه

در طی سالیان اخیر، با توجه به اتکای رشد اقتصادی جهان به نوآوری و توسعه فناوری (هون‌بائی و همکاران^۱، ۲۰۱۳؛ صمیمی و همکاران، ۱۳۹۷)، تدوین استراتژی مناسب (با تمرکز بر یک یا چند حوزه) در اولویت بسیاری از کشورها قرار گرفته است. در این راستا، نیز توسعه فناوری نانو به‌عنوان یک اولویت موضوعی و راهبردی نوظهور با قابلیت کاربرد گسترده در صنایع مختلف، توجه بسیاری از سیاست‌گذاران را جلب کرده است و بسیاری از دانشمندان، این فناوری را منشأ تحولات فناورانه و انقلاب صنعتی آینده می‌دانند (نیرومند، میرجلیلی و صوفی، ۱۳۹۱). از این رو، کشورهای مختلف به سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی در این زمینه روی آورده‌اند و فناوری نانو را به‌عنوان یکی از فناوری‌های دارای قابلیت کلیدی خود معرفی کرده‌اند (هون‌بائی و همکاران، ۲۰۱۳).

در ایران با توجه به روند جهانی، توجه به فناوری نانو از ابتدای دهه ۱۳۸۰ و با راه‌اندازی کمیته مطالعات فناوری نانو در دفتر همکاری‌های فناوری ریاست‌جمهوری شروع شد و به دنبال آن، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌هایی صورت پذیرفت که از آن جمله می‌توان به تدوین سند توسعه ده‌ساله فناوری نانو و مطرح شدن این فناوری به‌عنوان یکی از فناوری‌های اولویت‌دار در چشم‌انداز علم و فناوری کشور اشاره کرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). هم‌اکنون، پس از گذشت حدود دو دهه و با توجه به اهمیت بالای توسعه فناوری نانو در کشور، مدیران و مسئولان کشور باید با درک صحیح از چالش‌ها و مشکلات حوزه فناوری نانو نسبت به تکمیل تلاش‌های صورت گرفته برای سیاست‌گذاری بهتر اقدام نمایند.

از طرفی، امروزه با توجه به اهمیت درک نهادها، بازیگران و تعاملات آن‌ها در یک نظام، یکی از راه‌حل‌های پیش‌رو در تحلیل نظام‌مند چالش‌ها و مشکلات حوزه‌ی نوآوری و فناوری، کاربرد رویکرد نظام نوآوری است. نظام نوآوری عناصر و روابطی در داخل مرزهای یک جامعه است که با هدف خلق، انتشار و استفاده از دانش جدید با هم در تعامل اند (لاندوال^۲، ۱۹۹۲)؛ بنابراین اتخاذ چنین رویکردی در واقع به معنای بررسی زنجیره خلق، انتشار و به‌کارگیری دانش فناورانه است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). با مطرح شدن مفهوم نظام نوآوری، پژوهشگران و سیاست‌گذاران به‌طور گسترده‌ای به استفاده از چارچوب نظام نوآوری برای تحلیل و سیاست‌گذاری در عرصه علم، فناوری و نوآوری روی آورده‌اند (ودین^۳، ۲۰۰۹).

1. Hun Bae
2. Lundvall
3. Godin

برای نظام نوآوری تاکنون رویکردهای مختلفی ارائه شده است. یکی از این رویکردها نظام نوآوری فناورانه است که اولین بار توسط کارلسون در سال ۱۹۹۱ برای مطالعه پویایی‌های فرایند نوآوری در یک حوزه فناورانه خاص ارائه شد. از نظر کارلسون نظام نوآوری فناورانه عبارت از شبکه‌هایی از عواملی است که در حوزه‌ای خاص از فناوری تحت زیرساخت نهادی ویژه‌ای برای خلق، انتشار و کاربرد فناوری با هم تعامل دارند (کارلسون^۱ و همکاران، ۱۹۹۱). این رویکرد برای تحلیل حوزه‌های فناورانه با هدف حل نظام‌مند مسائل و چالش‌های فناورانه مختلفی از جمله نانو فناوری مورد استفاده قرار گرفته است.

رویکردهای اولیه برای تحلیل نظام‌های نوآوری، مبتنی بر تحلیل ساختاری و شناخت بازیگران و تعاملات موجود در نظام بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعات محققانی مانند فریمن (۱۹۸۸)، لاندوال (۱۹۹۲)، نلسون (۱۹۹۳) بر تحلیل ساختاری مبتنی بود. با این حال از آنجایی که تحلیل‌های ساختاری بیشتر جنبه توصیفی داشته و چارچوب یکسانی را برای مقایسه نظام‌های نوآوری مختلف فراهم نمی‌کند، محققان به این نتیجه رسیدند که رویکرد ساختاری برای تحلیل نظام‌های نوآوری کفایت نمی‌کند؛ بنابراین رویکرد کارکردگرا مطرح شد که در آن بر اهمیت فرایندها به جای ساختارها تأکید می‌شود (برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ هکرت و همکاران، ۲۰۰۷). گابالدون^۲ و هکرت (۲۰۱۳) نشان دادند که رویکرد کارکردی انعطاف‌پذیری بیشتری را در زمینه تشخیص و تحلیل فرصت‌ها و محدودیت‌های نظام نوآوری فراهم می‌کند. مطالعات محققانی مانند هکرت و همکاران (۲۰۰۷)، برگک^۳ (۲۰۰۲) و جانسون (۲۰۰۱)، مبتنی بر تحلیل کارکردی بود؛ اما از آنجایی که کارکردها بدون تغییر عناصر ساختاری تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند (هکرت و همکاران، ۲۰۱۲) و ارزیابی خوب یا بد بودن ساختارها یا ترکیب اجزاء بدون در نظر گرفتن تأثیر آن در فرایند نوآوری بسیار دشوار است؛ ایده تحلیل همزمان کارکردی - ساختاری مطرح شد (برگک و همکاران، ۲۰۰۸). از این رو به نظر می‌رسد که برای شناسایی مشکلات نظام نوآوری خاص بهتر است بر ساختار و فرآیند به طور همزمان تمرکز شود. مطالعات محققان مانند برگک و همکاران (۲۰۰۸)، نیلسون و مدیسون^۴ (۲۰۱۱)، هکرت و همکاران (۲۰۱۲) و مین^۵ (۲۰۱۹) مبتنی بر تحلیل

1. Carlsson

2. Gabaldon

3. Bergek

4. Nilsson & Moodysson

5. Minh

هم‌زمان کارکرد - ساختار بود.

با وجود اهمیت توسعه فناوری نانو برای کشور و ضرورت تحلیل این حوزه در راستای شناسایی چالش‌ها و مشکلات، مطالعات پراکنده‌ای در این حوزه صورت گرفته است که در مهم‌ترین مورد محمدی و همکاران (۱۳۹۲) به تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در بخش نانو پرداختند. با این حال، در هیچ مطالعه‌ای به تحلیل جامع هم‌زمان ساختاری-کارکردی نظام نوآوری فناوری نانو در ایران پرداخته نشده است؛ بنابراین با توجه به خلاء موجود، هدف اصلی این مطالعه، بررسی و تحلیل مؤلفه‌های کارکردی و ساختاری نظام نوآوری فناوری نانو در ایران است. از این رو پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال اصلی است که «وضعیت کارکردی و ساختاری نظام نوآوری فناوری نانو در ایران چگونه است؟».

پیشینه پژوهش

عناصر ساختاری و کارکردی نظام نوآوری فناورانه

نظام نوآوری فناورانه، شامل بازیگران و نهادهایی است که در راستای دستیابی به اهدافشان (خلق، انتشار و کاربرد فناوری) با هم در تعامل و ارتباط هستند؛ بنابراین سه عنصر بازیگران، نهادها و تعاملات بر میزان دستیابی نظام نوآوری فناورانه به اهدافش تأثیرگذارند. در ادبیات، این عناصر با عنوان عناصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه شناخته شده‌اند (میرلو^۱ و همکاران، ۲۰۱۰؛ سوروس^۲ و همکاران، ۲۰۱۰؛ جاکوبسون، ۲۰۰۵؛ افشاری^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). این عناصر نشان‌دهنده ماهیت ایستای نظام هستند و برای درک بهتر نظام‌های نوآوری فناورانه باید به درستی شناسایی شوند. دسته‌بندی سه‌گانه عناصر ساختاری نظام نوآوری به «بازیگران»، «نهادها» و «تعاملات» مبنای مطالعه حاضر هست.

برای بازیگران دسته‌بندی‌های مختلفی در ادبیات ارائه شده است (وارن کی^۴ و همکاران؛ افشاری و همکاران، ۲۰۲۰). از نظر سوروس (۲۰۰۹) بازیگران شامل ساختارهای دولتی، دانش‌محور، واسطه‌ای، بخش تأمین و بخش عرضه است. در مطالعه حاضر دسته‌بندی سوروس به عنوان مبنای مورد نظر قرار گرفته و با توجه به وضعیت نظام نوآوری فناوری نانو در ایران اصلاحاتی در آن صورت گرفته است.

یکی دیگر از عناصر ساختاری نظام نوآوری، نهادها هستند که به دو دسته نهادهای

1. Mierlo
2. Suurs
3. Afshari
4. Warnke

رسمی (قوانین، مقررات و سیاست‌های دولتی) و نهادهای غیررسمی (هنجارها، ارزش‌ها و روتین‌ها) تقسیم می‌شوند (نلسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ افشاری و همکاران، ۲۰۲۰). در نهایت، تعاملات نیز به عنوان یکی دیگر از عناصر ساختاری نظام نوآوری دارای انواع مختلفی است. اگرچه تعاملات ماهیتاً پویا هستند و در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان یک مؤلفه ساختاری دشوار است (جاکوبسون و جانسون^۱، ۲۰۰۰)، با این حال به عنوان یک عنصر ساختاری، عملکرد نظام به طور مستقیم به کیفیت تعاملات وابسته است. تعاملات در دو سطح فردی و شبکه مورد توجه است (وایزوریک^۲ و هکرت، ۲۰۱۲؛ کببه^۳ و همکاران، ۲۰۱۵) و به صورت کلی به دو دسته تعاملات رسمی مانند روابط بین تولیدکننده - کاربر و صنعت و دانشگاه و تعاملات غیررسمی تقسیم می‌شوند (او.ای.سی.دی، ۱۹۹۷).

علاوه بر عناصر ساختاری، در نظام نوآوری عناصر کارکردی نیز حائز اهمیت هستند و تحقق آن‌ها، میزان دستیابی به هدف اصلی نظام نوآوری را نشان می‌دهد. دانشمندان بررسی‌های متعددی را در زمینه شناسایی کارکردها انجام داده‌اند و فهرست‌های مختلفی ارائه شده است که بسیاری از آن‌ها باهم شباهت و همپوشانی دارند. در پژوهش حاضر دسته‌بندی هفت‌گانه هکرت (۲۰۰۷) از کارکردها (F1 تا F7) شامل «توسعه دانش»، «انتشار دانش»، «هدایت پژوهش»، «فعالیت‌های کارآفرینانه»، «شکل‌گیری بازار»، «ایجاد مشروعیت» و «تأمین منابع» به دلایل زیر استفاده شده است:

- متناسب با فناوری‌های نوظهور است. درحالی‌که عمدتاً رویکردهای دیگر متناسب با سطح ملی بوده و به کارکردهای حائز اهمیتی مانند شکل‌گیری بازار توجه نکرده‌اند (سوروس، ۲۰۰۹).
- جامع بوده و کارکردهای دسته‌بندی‌های دیگر را نیز شامل می‌شود.
- اجماع در مورد آن وجود دارد و در بسیاری از مطالعات اخیر از آن استفاده شده است (الی و همکاران، ۲۰۱۲؛ سوروس و همکاران، ۲۰۱۰؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

پیشینه تجربی

تاکنون از چارچوب نظام نوآوری فناورانه برای تحلیل توسعه بسیاری از فناوری‌ها و به ویژه فناوری‌های نوظهور همچون نانو، به یو، اطلاعات، شناختی و ... استفاده شده است. در این جا، به صورت مختصری برخی از آن‌ها بررسی شدند.

1. Jacobsson, & Johnson
2. Wieczorek
3. Kebebe

مقابل^۱ و همکاران (۲۰۱۸) نداشت نهادی (نهادهای سخت و نرم) نظام نوآوری نانو فناوری در بخش کشاورزی ایران را بر اساس کارکردهای آن بررسی کردند. نتایج بیانگر عدم به کارگیری کامل ظرفیت هر یک از بازیگران نظام و در نتیجه پیشرفت نکردن فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران بود (مقابل و همکاران، ۲۰۱۸).

مومایا^۲ و لالوانی (۲۰۱۷) به بررسی فعالیت‌های پژوهشی در نظام نوآوری نانو هند پرداختند. نتایج پژوهش بیانگر نقش مهم مراکز پژوهشی دولتی و دانشگاه‌ها در تحقیقات و شرکت‌های خصوصی در تجاری‌سازی نتایج پژوهش‌ها بود (مومایا و لالوانی، ۲۰۱۷).

کومار^۳ و دسای (۲۰۱۴) به بررسی و ترسیم نداشت نهادی نظام نوآوری نانو فناوری هند پرداختند. برای این هدف به شناسایی بازیگران اصلی، الگوهای همکاری و تحلیل نقش بازیگران و نهادها و همچنین تعاملات میان آن‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که با وجود حمایت‌های دولت از سال ۱۹۸۰، صنایع مبتنی بر نانو فناوری به عنوان بخش غالب هنوز در حال ظهور هستند (کومار و دسای، ۲۰۱۴).

ایسلام^۴ و اوزکان (۲۰۱۳) یک تحلیل تجربی از بازیگران نوظهور و شبکه‌های همکاری در نظام نوآوری نانو در کشورهای کره جنوبی، آمریکا و ژاپن انجام دادند. نتایج حاکی از آن بود که تقویت ارتباط بین بازیگران علمی و شرکتی بسیاری از موانع را از بین می‌برد و انتشار فناوری تا مرحله تجاری‌سازی آن را تسریع می‌کند (ایسلام و اوزکان، ۲۰۱۳). در حوزه نظام نوآوری نانو فناوری، برخی مطالعات داخلی به شکل محدود انجام شده است که می‌توان به مطالعات (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲) و (قاضی‌نوری و توسلی‌زاده، ۱۳۸۷) اشاره کرد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در تلاش است تا نظام نوآوری فناوری نانو را با رویکرد ساختاری-کارکردی تحلیل کرده و نقاط ضعف و مشکلات آن را شناسایی کند؛ بنابراین از نظر هدف کاربردی است. استراتژی پژوهش نیز از نوع کمی (پیمایشی) است. همچنین، در پژوهش حاضر در پاسخ به ضعف‌های تحلیل تک‌بعدی ساختاری یا کارکردی، از رویکرد کارکردی-ساختاری برای تحلیل نظام نوآوری استفاده شده است.

به این منظور، در ابتدا به مطالعه و بررسی ادبیات پرداخته شد و با توجه به اطلاعات

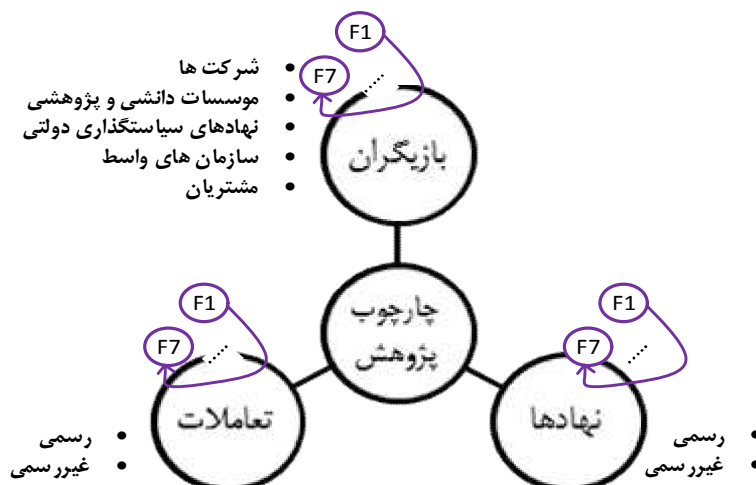
1. Maghable
2. Momaya & Lalwani
3. Kumar & Desai
4. Islam & Ozcan

حاصل از ادبیات، چارچوب پژوهش استخراج شد (شکل ۱). در مرحله بعد، با توجه به چارچوب مفهومی، پرسشنامه‌ای طراحی^۱ و در اختیار جامعه متخصصان حوزه فناوری نانو قرار گرفت. بر اساس پرسشنامه، افراد نمونه باید در هر یک از کارکردها به صورت جداگانه، وضعیت عناصر ساختاری نظام نوآوری را بر اساس ۳ معیار حضور (آیا عنصر ساختاری مورد نظر در نظام نوآوری وجود دارد؟)؛ توانمندی (در صورت حضور، عنصر ساختاری مورد نظر تا چه اندازه توانایی ایفای نقش در کارکرد مورد نظر را دارد؟) و اثربخشی (در صورت حضور و توانمندی عنصر ساختاری مورد نظر، آیا تلاش‌ها و فعالیت‌های آن در زمینه کارکرد مورد نظر با اثربخشی همراه بوده و به نتیجه رسیده است؟)، بر مبنای طیف لیکرت پنج‌تایی ارزیابی کنند؛ به این صورت که عدد ۱ نمایانگر ضعیف بودن هر یک از عناصر ساختاری در کارکرد مورد نظر و عدد ۵ نیز نمایانگر قوی بودن آن عنصر است. در مجموع ۸۲ پرسشنامه تکمیل شده در کارکردهای هفت‌گانه گردآوری شدند. دلیل استفاده از نظر متخصصان برای ارزیابی نظام نوآوری این بود که ارزیابی نظام نوآوری در یک لحظه از زمان بر مبنای معیارهای کمی ممکن نیست و به تحلیل‌های دقیقی منجر نخواهد شد. در نهایت با توجه به داده‌های گردآوری شده از پرسشنامه‌ها و همچنین مستندات مربوطه، وضعیت نظام نوآوری نانو فناوری در هر یک از کارکردها و بر اساس عناصر ساختاری مربوط به آن به صورت جداگانه تحلیل شد. به منظور ارتقاء اعتبار نتایج پژوهش سعی شد تا اطلاعات از منابع مختلف شامل مستندات و مطالعات موجود، پرسشنامه‌ها، آمار و ارقام مربوط به حوزه نانو، گزارش‌های عملکرد ستاد نانو برای تحلیل نظام استفاده شود که تعدد منابع مختلف بر اساس تئوری اجماع سه سویه منجر به تقویت اعتبار نتایج خواهد شد.

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیه متخصصان دارای حداقل ۲ سال فعالیت در حوزه فناوری نانو اعم از سیاست‌گذاران، مدیران شرکت‌ها و اساتید دانشگاه بود. با توجه به مشخص نبودن چارچوب جامعه آماری، انتخاب اعضای نمونه به روش نمونه در دسترس و از طریق تعامل با کارشناسان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو صورت گرفت. پس از گردآوری داده‌ها با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی و همچنین آمار و اطلاعات به دست آمده از اسناد و گزارش‌های منتشر شده در بخش نانو، وضعیت نظام نوآوری فناوری نانو در ایران تحلیل شد. شکل ۱ نشان‌دهنده چارچوب مورد استفاده برای تحلیل نظام نوآوری نانو در ایران بر اساس مؤلفه‌های کارکردی و ساختاری آن است. به عبارتی برای هر یک از کارکردهای هفت‌گانه وضعیت عناصر ساختاری (بر

۱- از آنجایی که پرسشنامه حاضر مطابق با چارچوب مطرح شده توسط وایزوریک و هکرت (۲۰۱۲) طراحی شده است، از نظر روایی مورد تأیید است.

اساس حضور، توانمندی و اثربخشی) بررسی می‌شوند.



شکل ۱. چارچوب پژوهش

تحلیل کارکردی-ساختاری نظام نوآوری نانو فناوری در ایران

بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناختی، اکثر پاسخ‌دهندگان دارای سابقه فعالیت بین ۶-۱۰ سال هستند. همچنین اکثر پاسخ‌دهندگان دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد بودند (حدود ۵۶ درصد). اطلاعات مرتبط به توزیع جمعیت‌شناسی افراد نمونه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. توزیع سابقه فعالیت و تحصیلات پاسخ‌دهندگان

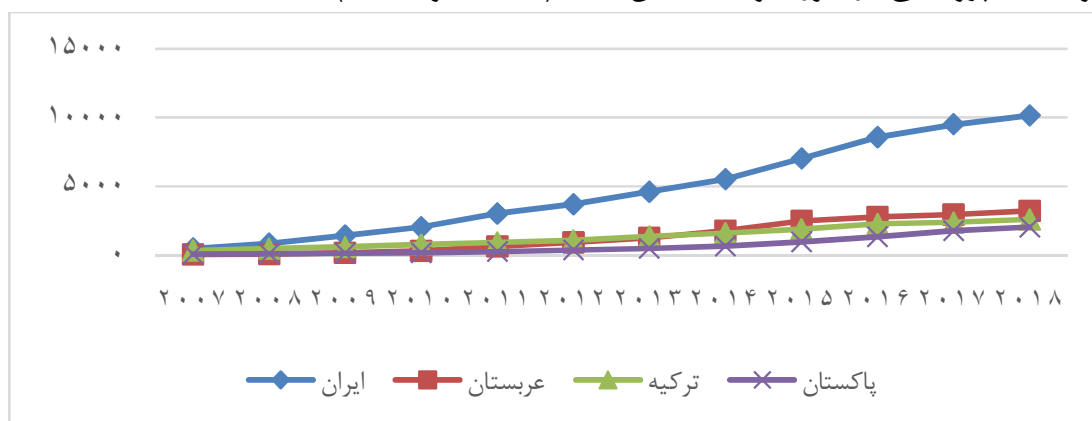
سابقه (سال)	تعداد	درصد	میزان تحصیلات	تعداد	درصد
۲ تا ۵	۱۹	۲۳٪	کارشناسی ارشد	۴۶	۵۶٪
۶ تا ۱۰	۳۵	۴۲٪	دکتری	۱۳	۱۶٪
بیشتر از ۱۰	۵	۶٪	سایر	۲۳	۲۸٪
سایر	۲۳	۲۸٪			
جمع	۸۲	۱۰۰٪		۸۲	۱۰۰٪

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل، میانگین نظرات پاسخ‌دهنده‌ها در مورد هر یک از سوال‌های پرسشنامه به صورت جداگانه محاسبه شد و شکل‌های مربوطه ترسیم شدند. در ادامه بر اساس تحلیل پرسشنامه‌ها، وضعیت عناصر ساختاری نظام نوآوری نانو در کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری تشریح شده است.

توسعه دانش

دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، مهم‌ترین بازیگران در زمینه توسعه دانش هستند و بر اساس خروجی‌های تحقیق مشخص است که حضور و توانمندی به نسبت خوبی در زمینه توسعه دانش مربوط به فناوری دارند. از زمانی که موضوع فناوری نانو در داخل کشور مطرح شد،

سیاست‌گذاران توجه خود را به تدوین سیاست‌هایی برای تقویت طرف عرضه و توسعه دانش معطوف کردند و به همین خاطر پس از تصویب سند راهبردی ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو، بسیاری از دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی کشور وارد بحث آموزش و پژوهش رشته‌های مرتبط به فناوری نانو شدند و همچنین چندین موسسه و آزمایشگاه، زیرساخت‌های لازم برای پژوهش‌های مرتبط با نانو را فراهم کردند. به دلیل همین توجه دولت در طی یک دهه فعالیت در حوزه فناوری نانو، در حال حاضر تعداد ۱۰۲ دانشگاه در کشور، در زمینه آموزش رشته‌های تحصیلی مختلف مرتبط به فناوری نانو فعال هستند. دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی دارای اثربخشی به نسبت مناسبی در مقایسه با سایر بازیگران هستند. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود تعداد مقاله‌های ISI در حوزه فناوری نانو در کشور طی یک دهه اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است و به‌نوعی بیانگر اثربخشی فعالیت‌های دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی در حوزه توسعه دانش است (استت نانو، ۲۰۱۸).

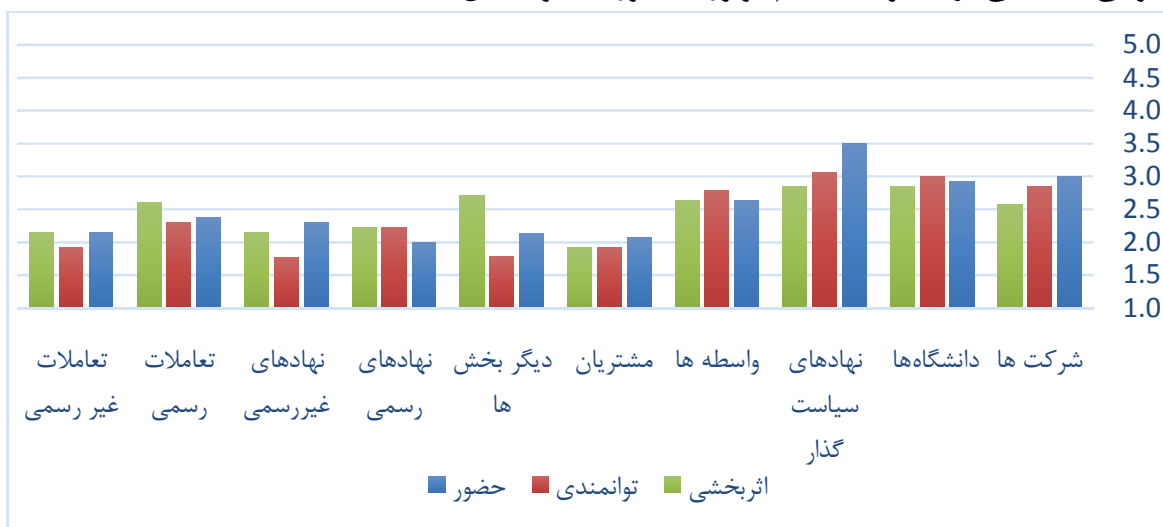


شکل ۲. تعداد مقالات ISI در حوزه نانو ایران و کشورهای همسایه بین سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۸ (استت نانو، ۲۰۱۸)

علاوه بر دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، شرکت‌ها نیز با انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه نقش مهمی در توسعه دانش ایفا می‌کنند و در نظام نوآوری فناوری نانو نیز حضور به نسبت خوبی دارند. با توجه به اینکه در سال‌های اولیه طرح فناوری نانو در کشور، فعالیت‌های خوبی در زمینه پرورش نیروی انسانی متخصص انجام شد، بنابراین در طی چند سال اخیر شاهد حضور به نسبت خوب متخصصان نانو در بازار هستیم. با توجه به حمایت‌های دولت، برخی از متخصصان، شرکت‌های تخصصی در حوزه‌های مرتبط به نانو راه‌اندازی کرده و مشغول انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه شدند.

در این کارکرد، نهادهای سیاست‌گذار نیز در میان بازیگران، دارای بالاترین حضور، توانمندی و اثربخشی هستند. مهم‌ترین دلیل این نتیجه به خاطر فعالیت‌های ستاد نانو است. در واقع ستاد نانو از ابتدای کار خود، از فعالیت‌های پژوهشی در زمینه فناوری نانو حمایت

کرده است و از این طریق باعث تشویق پژوهشگران برای تحقیق در حوزه نانو شده‌اند. در مجموع می‌توان گفت که وضعیت توسعه دانش در نظام نوآوری فناوری نانو ایران مناسب است ولی متأسفانه یکی از مشکلات این حوزه همانند حوزه کلی علم و فناوری ایران عدم تناسب بین دانش توسعه یافته و نیازهای کشور است و همین مسئله خود مانعی در شکل‌گیری بازار مناسب و فعالیت‌های کارآفرینانه در این حوزه می‌شود؛ بالطبع این چالش به نوعی به مانعی برای توسعه نظام نوآوری فناوری نانو تبدیل شده است.



شکل ۳. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد توسعه دانش

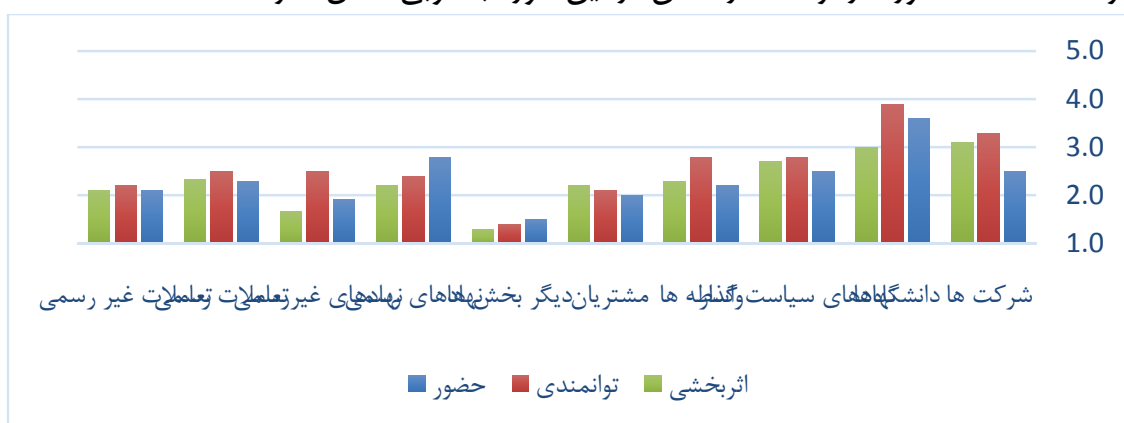
عمدتاً در تحلیل نهادهای نظام نوآوری بر نهادهای رسمی تمرکز می‌شود و با وجود اهمیت و تأثیر نهادهای غیررسمی چون قابل ترسیم نیستند در تحلیل‌ها مد نظر قرار نمی‌گیرند. با این حال، در پژوهش حاضر به صورت کیفی نظر کارشناسان در مورد وضعیت نهادهای غیررسمی بررسی شد و نتایج آن برای هر کارکرد در شکل‌های مرتبط ترسیم شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در کارکرد توسعه دانش (شکل ۳) نهادهای رسمی و غیررسمی وضعیت مناسبی از نظر معیارهای سه گانه حضور، توانمندی و اثربخشی ندارند (کسب امتیاز پایین‌تر از میانگین).

یکی از نهادهای رسمی مؤثر بر همه کارکردهای نظام در حوزه فناوری نانو، سند راهبردی ده‌ساله توسعه فناوری نانو است. در مورد کارکرد توسعه دانش در این سند برنامه‌هایی در راستای برگزاری دوره‌های آموزش دانشگاهی نانو، تقویت واحدهای تحقیق و توسعه فعال در حوزه نانو آورده شده‌اند (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). یکی دیگر از نهادهای رسمی، قانون حمایت از شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان است که به حوزه شرکت‌های دانش‌بنیان مربوط است که مسلماً کارکردهای نظام نوآوری فناوری نانو را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این قانون به اعطای کمک‌ها بلاعوض و تسهیلاتی برای شرکت‌های دانش‌بنیان

در راستای انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه اشاره شده است (قانون دانش بنیان، ۱۳۸۹). با این حال از نظر نهادهای غیررسمی می‌توان به فرهنگ حاکم بر جامعه اشاره کرد. از منظر تعاملات هم می‌توان گفت که بین دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی به‌عنوان بازیگران اصلی در توسعه دانش، تعاملات ضعیفی وجود دارد. البته این موضوع در نظام نوآوری ایران به صورت کلی وجود دارد. در واقع کسب رتبه ۹۴ (در بین ۱۳۷ کشور) در شاخص ارتباط صنعت و دانشگاه در تحقیق و توسعه^۱ در گزارش رقابت‌پذیری مجمع جهانی اقتصاد ۲۰۱۷-۱۸، به خوبی مؤید این موضوع است (شواب^۲، ۲۰۱۷).

انتشار دانش

دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی جزء بازیگران اصلی در کارکرد انتشار دانش به شمار می‌روند و از نظر معیارهای مورد بررسی نسبت به دیگر بازیگران وضعیت بهتری دارند و عمده فعالیت آن‌ها در کارکرد انتشار دانش، انتشار خروجی پژوهش‌هایشان در مجله‌های مرتبط به حوزه‌ی فناوری نانو است. نهادهای سیاست‌گذار با اینکه می‌توانند در کارکرد انتشار دانش نقشی مهمی ایفا کنند اما حضور و توانمندی مناسبی در این زمینه ندارند. البته در این راستا تلاش‌های مختلفی از قبیل برگزاری کارگاه‌ها و کنفرانس‌ها در حوزه‌ی فناوری نانو صورت گرفته است؛ اما هنوز کارکرد انتشار دانش در این حوزه به‌خوبی شکل نگرفته است.



شکل ۴. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد انتشار دانش

انتشار دانش نیازمند شبکه‌های تعاملی بین بازیگران نظام است که متأسفانه در حوزه فناوری نانو چنین شبکه‌های قوی‌ای وجود ندارد. وجود شبکه‌های قوی موجب می‌شود تا نگاه بازیگران مختلف دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، شرکت‌ها و سیاست‌گذاران و مدیران

1. University-industry collaboration in R&D
2. Schwab

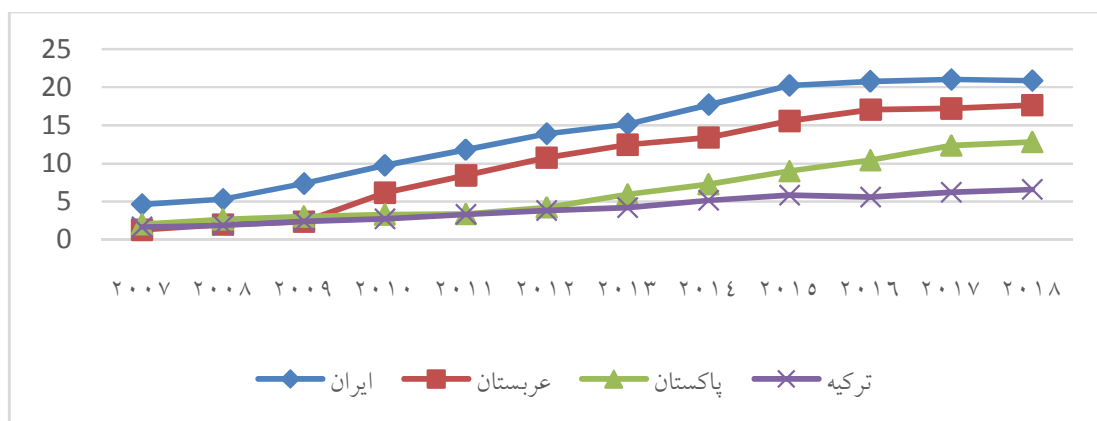
ستادی در یک راستای مشخص قرار گیرند و فعالیت‌های پژوهشی به محصول و فناوری مورد نیاز بازار منجر گردند. از این رو، باید سیاست‌گذاران کشور به دنبال تقویت شبکه‌های تعاملی قوی بین بازیگران این نظام باشند.

بر اساس شکل ۴، نهادهای رسمی توانمندی و اثربخشی به نسبت متوسطی در این کارکرد دارند اما حضور مناسبی ندارند و نهادهای غیررسمی نیز در مجموع وضعیت مناسبی ندارند. در سند راهبرد ده‌ساله توسعه فناوری نانو نیز به برنامه‌هایی در زمینه انتشار دانش اشاره شده است که از آن جمله می‌توان به حمایت از اقدامات هدفمند برای ترویج و آموزش دانش فناوری نانو، تشکیل و تقویت شبکه‌هایی برای انتشار دانش و اطلاعات حوزه نانو، اعطای مأموریت به مناطق آزاد در زمینه انتقال فناوری نانو به داخل کشور اشاره کرد. علاوه بر این، به دلیل ضعف نظام مالکیت فکری کشور، ستاد فناوری نانو از همان ابتدای فعالیت خود به این مسئله توجه داشته است و به همین خاطر در سند راهبردی ۱۰ ساله خود ۴ برنامه از ۵۳ برنامه را به مباحث مربوط به مالکیت فکری اختصاص داد (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). از نتایج این برنامه‌ها می‌توان به تعداد ۱۷۷ ثبت اختراع منتشر شده فناوری نانو در دفاتر ثبت آمریکا و اروپا اشاره کرد.

هدایت پژوهش

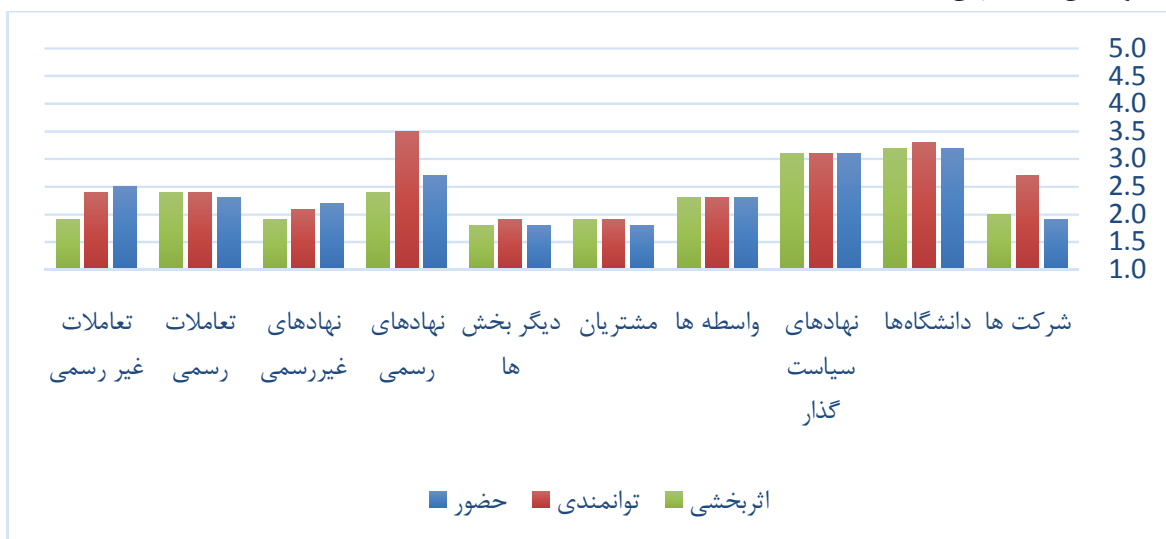
نهادهای سیاست‌گذار، دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی مهم‌ترین بازیگران در کارکرد هدایت پژوهش هستند که در هر سه معیار وضعیت خوبی دارند. تشکیل ستاد فناوری نانو و تصویب سند راهبردی ده‌ساله توسعه فناوری نانو از مهم‌ترین فعالیت‌ها در راستای کارکرد هدایت پژوهش در حوزه فناوری نانو بوده است. ستاد فناوری نانو از ابتدای تشکیل، با ارائه حمایت‌های ویژه، سعی در جذب پژوهشگران برای هدایت پژوهش‌هایشان در حوزه فناوری نانو داشته است. به عنوان نمونه، ستاد فناوری نانو جایزه‌ای تشویقی به پژوهشگرانی اعطا می‌کند که فعالیت‌های پژوهشی مرتبط با فناوری نانو و ترویج آن را در مجامع علمی انجام می‌دهند. در این راستا، در شکل ۵ آمار مربوط به سهم مقالات مرتبط به حوزه نانو نسبت به کل مقالات^۱ ISI یا سهم محلی مقالات فناوری نانو نمایش داده شده است. این شاخص بیانگر این نکته است که موضوع فناوری نانو تا چه اندازه به عنوان حوزه مهم و اولویت‌دار شناخته شده و منابع مادی و انسانی در راستای آن صرف شده‌اند.

۱- این شاخص در واقع درصد مقالات نانو از کل مقالات علمی یک کشور را نشان می‌دهد و از تقسیم تعداد مقالات ISI فناوری نانو بر کل مقالات ISI یک کشور حاصل می‌شود



شکل ۵. سهم محلی مقالات نانو طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۸ (استت نانو، ۲۰۱۸)

با وجود آنکه حضور مشتریان و سازمان‌های واسط در زمینه هدایت پژوهش می‌تواند مثر ثمر باشد؛ به‌نحوی که با دریافت نیازهای جامعه می‌توان فعالیت‌ها پژوهشی و نوآوری را در آن راستا هدایت و تشویق کرد و از این طریق نیازهای جامعه تأمین شود، اما متأسفانه حضور این بازیگران بسیار ضعیف است.



شکل ۶. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد هدایت پژوهش

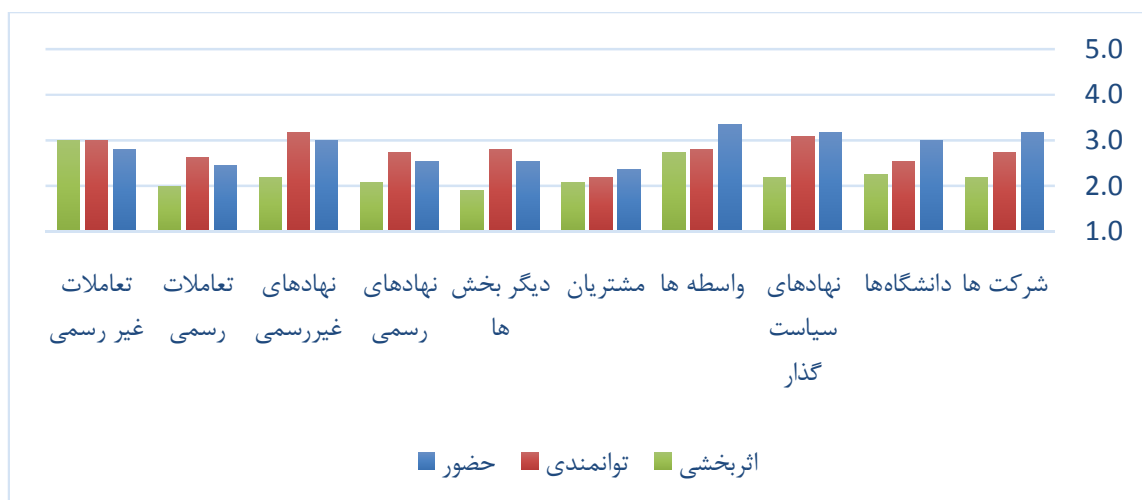
در کارکرد هدایت پژوهش وضعیت نهادهای رسمی نسبت به نهادهای غیررسمی بهتر است (شکل ۶). در برخی از اسناد و قوانین کشور توجه ویژه‌ای به فناوری نانو شده است که به‌نوعی باعث هدایت پژوهش‌ها به این حوزه شده است. در نقشه جامع علمی کشور، فناوری نانو به‌عنوان یکی از اولویت‌های کشور مطرح شده است (نقشه جامع علمی کشور، ۱۳۸۹). در سند راهبردی ده‌ساله نانو، می‌توان به برنامه‌های تدوین اولویت‌ها و اعمال سیاست‌های شفاف حمایتی در حوزه نانو، اختصاص بخشی از بودجه‌های پژوهشی به حمایت افقی از پژوهش‌های فناوری نانو و اعطای جوایز تشویقی به دستاوردهای علمی، فناورانه و صنعتی افراد و مؤسسات در ارتباط با کارکرد هدایت پژوهش اشاره کرد (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). در

مورد نهادهای غیر رسمی هم می‌توان به تأکید و توجه خاص مقام معظم رهبری به کسب جایگاه مناسب جهانی در زمینه نانو اشاره کرد که به‌نوعی باعث توجه بیشتر به این فناوری از سوی بازیگران مختلف شده است.

فعالیت‌های کارآفرینانه

مهم‌ترین بازیگران در کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، سازمان‌های واسطه^۱ (پارک‌ها و مراکز رشد)، شرکت‌ها (به‌ویژه شرکت‌های تازه تأسیس) و نهادهای سیاست‌گذار هستند. هر سه مورد بیان شده حضور و توانمندی متوسطی داشته و به نسبت اثربخشی ضعیف‌تری دارند. بر اساس آمار ارائه‌شده در سال ۱۳۹۲ تعداد ۱۰۶ شرکت در حوزه نانو در ۳۴ مرکز رشد مستقر بوده‌اند (ستاد فناوری نانو، ۱۳۹۳)؛ اما متأسفانه این مراکز رشد به دلیل عدم بهره‌گیری از کارکنان متخصص از کارایی لازم برخوردار نیستند و بیشتر خدمات ملموس (مکان فیزیکی و وام) را به شرکت‌های مستقر در پارک و مرکز رشد ارائه می‌دهند. در صورتی که دغدغه اصلی این شرکت‌های نوپا دسترسی به خدمات ناملموس و با ارزش افزوده (خدمات مشاوره و اطلاع‌رسانی) است ولی مسئولان این مراکز به دلیل فقدان تجربه و تخصص در زمینه فعالیت‌های کارآفرینی، توانایی خدمت‌رسانی مناسب به شرکت‌های مستقر در مرکز رشد را ندارند.

حضور و توانمندی به نسبت خوب نهادهای سیاست‌گذار در فعالیت‌های کارآفرینانه از حمایت‌های ستاد نانو و کارگروه حمایت از شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان ناشی می‌شود. در واقع نهادهای سیاست‌گذار مذکور با ارائه گرنت، وام و ... شرایط فعالیت‌های کارآفرینانه را فراهم کرده‌اند. اگر چه معاونت علمی از دیگر حوزه‌های فناوری در کشور نیز حمایت‌هایی را به عمل می‌آورد، اما ستاد نانو با اقدامات مناسب خود باعث هم‌افزایی در حمایت‌های دولت شده است. به همین دلیل نظام نوآوری نانو در این زمینه شرایط بهتری دارد.



شکل ۷. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد فعالیت های کارآفرینانه

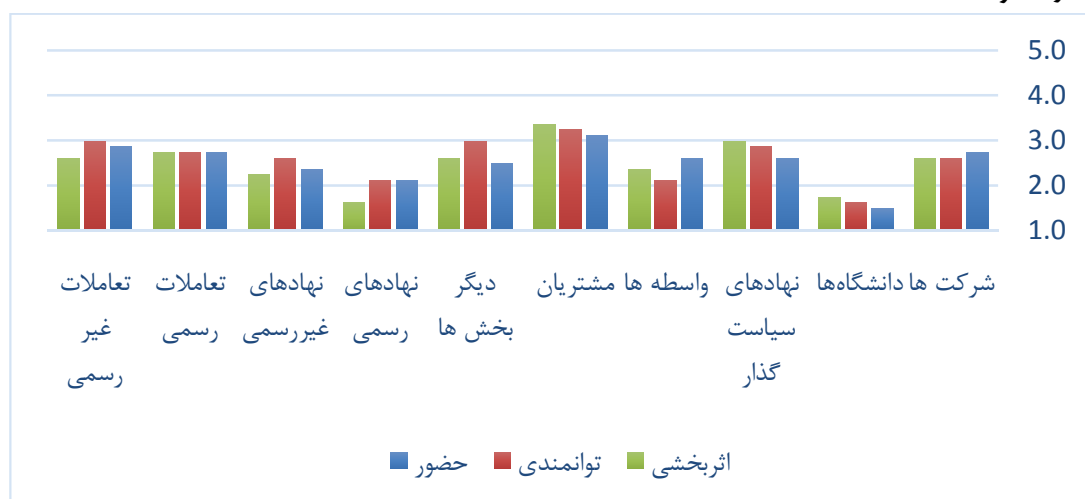
نهادهای غیر رسمی در کارکرد فعالیت های کارآفرینانه نسبت به نهادهای رسمی وضعیت بهتری دارند. از جمله نهادهای رسمی می توان به سند راهبردی دهساله فناوری نانو اشاره کرد که در آن به برنامه هایی مانند حمایت از جذب شرکت های نوپا در مراکز رشد، اختصاص امکانات پارک ها به شرکت های نانویی، حمایت از تأسیس و گسترش شرکت های کوچک و متوسط مبتنی بر فناوری نانو در راستای بهبود کارکرد فعالیت های کارآفرینانه اشاره شده است (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). در برنامه های توسعه پنج ساله نیز دولت مجاز به راه اندازی پارک های علم و فناوری و مراکز رشد از طریق دستگاه های اجرایی شده است. در مورد نهادهای غیر رسمی نیز به نظر می رسد که حمایت های خدماتی و مشوق های مالی که ستاد فناوری نانو به فعالان حوزه نانو ارائه می دهد به نوعی باعث جذابیت این حوزه و کاهش ریسک آن برای انجام فعالیت های کارآفرینانه شده است.

شکل گیری بازار

به دلیل عدم وجود متخصصین و شرکت های فعال طی سال های اولیه مطرح شدن فناوری نانو در کشور، بیشترین تلاش ها در راستای توسعه دانش مربوط به این حوزه صورت گرفت و به نوعی به بازارسازی در این حوزه توجهی چندانی نشد؛ اما با گذشت زمان و راه اندازی شرکت های فعال در حوزه نانو، نیاز به بازارسازی برای محصولات نانویی آشکار شد؛ بنابراین کارکرد شکل گیری بازار در طی دو سه سال اخیر بهبود زیادی داشته است. البته شکل گیری بازار برای فناوری های نو مانند نانو مشکل است چون از یک طرف شرکت های کوچکی که وارد این حوزه شده اند توانایی سرمایه گذاری برای تشکیل بازار را ندارد و در مورد محصولات توسعه یافته با نانو نیز سد رقابت با بازار موجود باید شکسته شود.

بر اساس شکل ۸، یکی از بازیگران اصلی در کارکرد شکل گیری بازار، نهادهای

سیاست‌گذار هستند. ستاد نانو در این زمینه فعالیت‌های متعددی را انجام داده است که از جمله می‌توان به برگزاری رویدادهای به هم‌رسانی بین شرکت‌های نوپای فعال در حوزه نانو و شرکت‌های بزرگ صنعتی، استخدام کارگزاران تبادل فناوری با هدف گسترش کاربرد فناوری نانو در صنایع مختلف، راه‌اندازی سامانه تبادل فناوری برای اطلاع‌رسانی در زمینه توانمندی‌های شرکت‌های نانویی و آگاهی از نیازهای فناورانه شرکت‌های بزرگ صنعتی و... اشاره کرد.



شکل ۸. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد شکل‌گیری بازار

با توجه به عدم آگاهی مشتریان نسبت به فناوری نانو و نبود استانداردهای لازم در مورد محصولات نانویی، تمایل چندانی به خرید محصولات نانویی وجود نداشت، اما در طی سال‌های اخیر با ارتقاء سطح آگاهی مردم نسبت به محصولات نانویی تا حدی بازار این محصولات بهبود یافته است. البته موضوع کمبود استانداردهای فنی برای محصولات نانویی تأثیر منفی بر شکل‌گیری بازار این محصولات داشته است. از این رو کمیته تدوین استاندارد محصولات نانویی در سال ۱۳۸۵ با همکاری سازمان استاندارد و ستاد نانو تشکیل و تا سال ۱۳۹۳ در مجموع ۲۷ استاندارد ملی برای محصولات نانویی تدوین شد؛ اما با توجه به روند گسترش کاربرد این فناوری در حوزه‌های مختلف صنعتی انتظار می‌رود تا در آینده کمیته استاندارد با سرعت بخشیدن به فرایند تدوین استانداردها به شکل‌گیری هر چه بهتر بازار محصولات نانویی کمک کند.

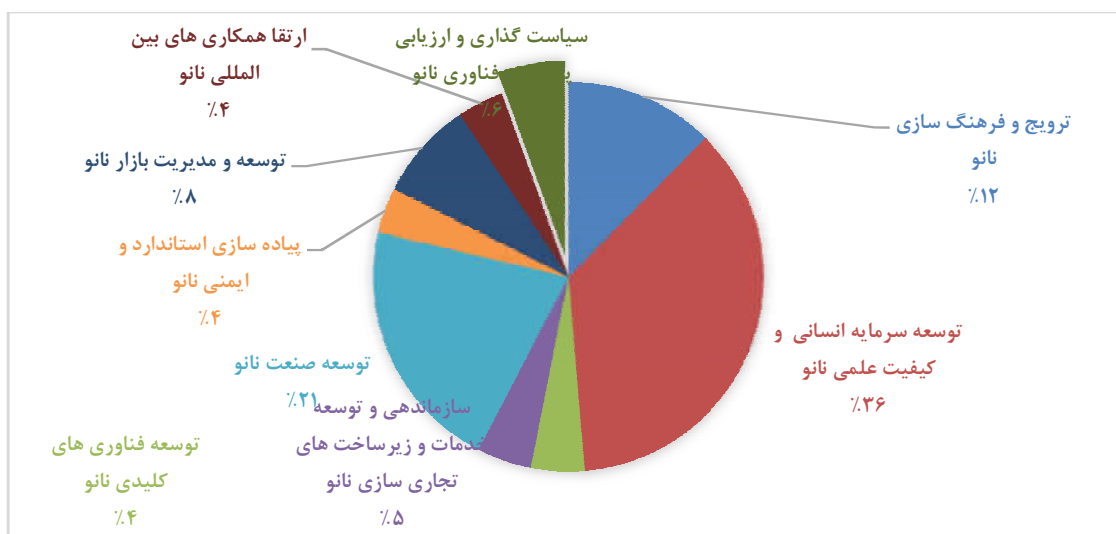
وضعیت نهادهای رسمی و غیررسمی در سطح متوسطی قرار دارد. از جمله نهادهای رسمی می‌توان به قانون حداکثر استفاده از توان تولید کالا و خدماتی در راستای تأمین نیازهای کشور، مصوب سال ۱۳۹۱ اشاره کرد. بر این اساس، دستگاه‌های اجرایی موظف‌اند در تأمین کالاهای مورد نیاز خود از شرکت‌های داخلی خرید نمایند. با وجود این قانون، در برخی موارد کالاهای ساخت داخل با نقص‌های فنی همراه شده‌اند که این مسئله باعث

تمایل مشتریان به خرید محصولات خارجی، محصولات قدیمی تر و مطمئن تر شده است. در قانون حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان، صندوق نوآوری و شکوفایی مجاز است نسبت به اعطای تسهیلات برای فروش اقساطی، لیزینگ و سایر موارد با نرخ ترجیحی به شرکت‌های دانش‌بنیان، در راستای حمایت از توسعه بازار محصولات و خدمات دانش‌بنیان اقدام نماید (قانون دانش‌بنیان، ۱۳۸۹). در سند راهبردی ده‌ساله نانو نیز برنامه‌هایی در زمینه فراهم کردن زیرساخت برای تدوین استاندارد، ایجاد بازارهای دولتی و استفاده از خرید دولتی برای شکل‌گیری بازار و تأسیس فن بازار نانو اشاره شده است (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). با این وجود، به نظر می‌رسد که قوانین رسمی موجود در زمینه شکل‌گیری بازار، توانایی کافی برای شکل دادن بازار را ندارند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود وضعیت تعاملات غیررسمی نسبت به تعاملات رسمی بهتر است. علت این موضوع نیز به عدم اطمینان موجود در بازار فناوری‌های های‌تک برمی‌گردد. در واقع با توجه به عدم اطمینان بالایی که در بازار فناوری‌های های‌تک وجود دارد، بازیگران نظام سعی می‌کنند کمتر خود را درگیر تعاملات رسمی‌ای نمایند که تعهداتی را بر آن‌ها تحمیل می‌کند و بیشتر بر تعاملات غیررسمی تمرکز می‌کنند.

بسیج منابع

هر دو منبع مالی و انسانی در کارکرد تأمین منابع مورد توجه است. در تأمین منابع مالی، نهادهای سیاست‌گذار و سازمان‌های واسط و مؤسسات مالی به‌عنوان بازیگران اصلی مطرح هستند. در نظام نوآوری فناوری نانو ایران، این بازیگران از شرایط به نسبت مناسبی در مقایسه با سایر عناصر ساختاری نظام برخوردارند. ستاد فناوری نانو فعالیت‌های به نسبت خوبی در راستای کارکرد تأمین منابع مالی انجام داده است و مشوق‌ها و کمک‌هایی را برای توسعه علم و فناوری ارائه کرده است. میزان بودجه ستاد فناوری نانو در سال ۱۳۹۶ برابر ۴۶۶۶۹۹ میلیون ریال بود که بر اساس شکل ۹ به برنامه‌های مختلف اختصاص داده شد. علاوه بر این، فعالیت‌هایی را در زمینه راه‌اندازی صندوق‌های سرمایه‌گذاری در حوزه فناوری نانو انجام دادند که می‌توان با تقویت این صندوق‌ها منابع مالی مورد نیاز را تا حدی تأمین کرد.



شکل ۹. توزیع بودجه ستاد فناوری نانو در سال ۱۳۹۶ (ستاد فناوری نانو، ۱۳۹۷).

از نظر تأمین منابع انسانی، آمار مربوط به تعداد دانشگاه‌ها، پژوهشگران و اعضای هیئت علمی فعال در حوزه فناوری نانو قابل توجه است؛ ولی کیفیت آموزش‌های دانشگاهی در سطح مناسبی نیست (جدول ۲). این مسئله به نوعی ناشی از توانمندی پایین دانشگاه‌ها برای تأمین منابع انسانی مورد نیاز نظام است. از این جهت، دانشگاه‌ها در بُعد اثربخشی در کارکرد تأمین منابع در وضعیت مناسبی نیستند ولی در بُعد حضور و توانمندی وضعیت مناسبی دارند.

جدول ۲. آمار مربوط به سرمایه انسانی حوزه فناوری نانو (ستاد فناوری نانو، ۱۳۹۷).

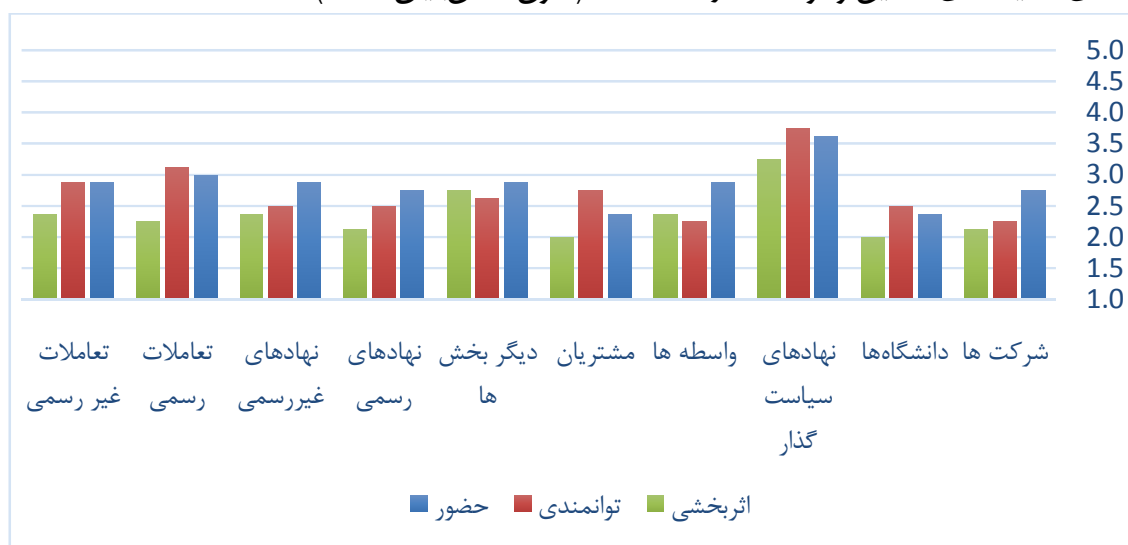
کمیت (سال)					عنوان شاخص
۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	
۳۷۱۳	۳۶۸۱	۳۳۸۱	۳۲۲۰	۲۹۶۴	اعضای هیئت علمی
۲۱۰۳	۲۰۸۲	۱۹۲۸	۱۵۴۲	۱۰۷۸	دانشجویان پژوهشگر
۶۰۵۴	۶۳۴۸	۶۲۷۲	۶۷۲۹	۶۵۹۴	دانشجویان کارشناسی ارشد پژوهشگر
۱۱۷	۱۲۹	۱۲۲	۱۲۴	۱۰۷	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال

در کارکرد تأمین منابع، وضعیت نهادهای رسمی و غیررسمی به نسبت متوسط است (شکل ۱۰). از جمله قوانین مرتبط با تأمین منابع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ در یکی از بندهای برنامه پنجم توسعه^۱ به افزایش سالانه بودجه‌های پژوهشی کشور اشاره شده است. در بند دیگری^۲ دستگاه‌های دولتی و مراکز تحقیقاتی وابسته به آن‌ها موظف شده‌اند تا هر ساله درصدی از بودجه

۱- بند ۱۶ ماده ۱۶ برنامه پنجم توسعه

۲- جزء یکم بندیم ماده ۲۲۴ قانون برنامه پنجم توسعه

سازمان خود را به اولویت‌های تحقیقاتی تعیین شده توسط شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری اختصاص دهند. در سند راهبردی دهساله نانو می‌توان به برنامه‌های حمایت از شرکت‌های غیر دولتی سرمایه‌گذار خطرپذیر، تشویق صنایع بزرگ و مزیت‌دار کشور به سرمایه‌گذاری در حوزه نانو، ارائه تسهیلات مالی و اعتباری به صنایع فعال در حوزه نانو، تربیت نیروهای دارای تخصص مدیریتی، بازرگانی و حقوقی در زمینه نانو اشاره کرد (راهبرد آینده نانو، ۱۳۸۴). در قانون حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان نیز به موادی در ارتباط با اعطای کمک‌های بلاعوض و تسهیلات در راستای فعالیت‌های تحقیق و توسعه اشاره شده است (قانون دانش‌بنیان، ۱۳۸۹).



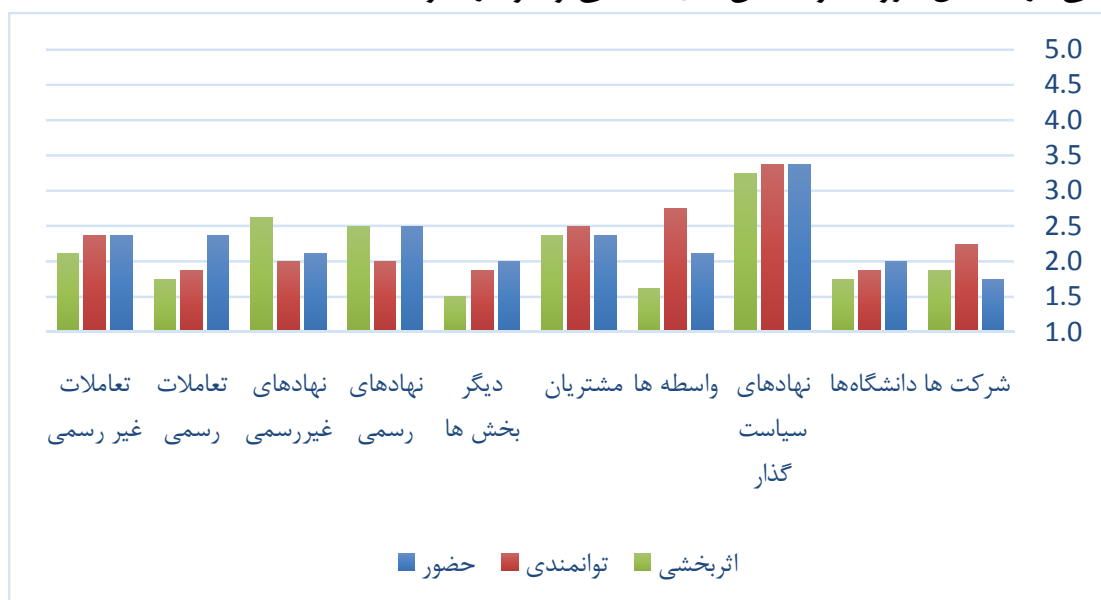
شکل ۱۰. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد تأمین منابع

با مقایسه وضعیت تعاملات رسمی و غیررسمی در کلیه کارکردهای نظام مشخص شد که غیر از کارکرد تأمین منابع، تعاملات، حضور و شدت ضعیفی در بقیه کارکردها دارند. وجود تعاملات متوسط هم در کارکرد تأمین منابع بیشتر ناشی از اتکای اکثر بازیگران این حوزه به منابع دولتی است و همین مسئله عمدتاً باعث تعامل این بازیگران با سازمان‌های بالادست خود در راستای دریافت بودجه شده است. در این میان، ستاد فناوری نانو یکی از بازیگران اصلی نظام نوآوری فناوری نانو است که تعاملات گسترده‌ای را با بازیگران مختلف این حوزه به‌ویژه در کارکرد تأمین منابع دارد.

ایجاد مشروعیت

بر اساس نتایج شکل، نظام نوآوری فناوری نانو در کارکرد ایجاد مشروعیت شرایط چندان مناسبی ندارد. نهادهای سیاست‌گذار در این کارکرد مهم‌ترین نقش را بر عهده دارند و در نظام نوآوری فناوری نانو نسبت به دیگر بازیگران شرایط بهتری دارند. از جمله اقدامات دولت در این راستا می‌توان به تأسیس ستاد فناوری نانو و مطرح کردن این فناوری به‌عنوان یکی از

اولویت‌های کشور اشاره کرد. ستاد فناوری نانو نیز پس از تشکیل، در راستای ایجاد مشروعیت در سال‌های اخیر اقدام به برگزاری گردهمایی‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی در این حوزه شده است و همچنین از طریق برگزاری جشنواره‌ها، کارگاه‌ها و سمینارهای آموزشی سعی در تشکیل گروه‌ها و انجمن‌های حمایتی و هوادار نانو داشته است.



شکل ۱۱. وضعیت عناصر ساختاری در کارکرد ایجاد مشروعیت

در کارکرد ایجاد مشروعیت، نهادهای غیررسمی نسبت به نهادهای رسمی وضعیت بهتری دارند اما در مجموع حضور، توانمندی و اثربخشی نهادها در راستای کارکرد ایجاد مشروعیت مناسب نیست. از جمله نهادهای رسمی، همانند دیگر کارکردها، سند راهبردی ده‌ساله نانو است که در آن به برنامه‌هایی برای حمایت از تشکل‌ها و سازمان‌های غیردولتی و گروه‌های دانشجویی در زمینه فناوری نانو اشاره شده است. از جمله نهادهای غیررسمی، به ویژه در سال‌های اولیه ظهور فناوری نانو در ایران (سال‌های ۸۵-۱۳۸۲)، می‌توان به حمایت‌های مقام معظم رهبری و رئیس‌جمهور وقت اشاره کرد.

جمع‌بندی

در این قسمت به جمع‌بندی و ارزیابی عناصر ساختاری و مقایسه اثربخشی، توانمندی و حضور کلی بازیگران، نهادها و تعاملات نظام نوآوری فناوری نانو در هر یک از کارکردهای هفت‌گانه پرداخته می‌شود. به‌طور خلاصه، وضعیت عناصر ساختاری نظام نوآوری فناوری نانو، بر اساس سه معیار حضور، توانمندی و اثربخشی در هر یک از کارکردهای مورد بررسی، در جدول سه ارائه شده است. در واقع میانگین نظرات پاسخ‌دهنده‌ها در مورد سه عنصر ساختاری اصلی شامل بازیگران، نهادها و تعاملات در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری بر اساس سه معیارهای مذکور به صورت جداگانه محاسبه شده است.

جدول ۳. وضعیت عناصر ساختاری در کارکردهای هفت‌گانه‌ی نظام نوآوری فناوری نانو

عناصر ساختاری	ابعاد	توسعه دانش	انتشار دانش	هدایت پژوهش	فعالیت‌های کارآفرینانه	شکل‌گیری بازار	تأمین منابع	ایجاد مشروعیت
بازیگران	حضور کل	۲.۷۱	۲.۳۸	۲.۳۵	۲.۹۴	۲.۵۲	۲.۸۱	۲.۲۷
	توانمندی کل	۲.۵۷	۲.۷۲	۲.۵۳	۲.۷۰	۲.۵۸	۲.۶۹	۲.۴۴
	اثربخشی کل	۲.۶۰	۲.۴۳	۲.۳۸	۲.۲۳	۲.۶۳	۲.۴۲	۲.۰۶
نهاده‌ها	حضور کل	۲.۱۵	۲.۳۵	۲.۴۵	۲.۷۷	۲.۲۵	۲.۸۱	۲.۳۱
	ظرفیت کل	۲.۰۰	۲.۴۵	۲.۸۰	۲.۹۵	۲.۳۸	۲.۵۰	۲.۰۰
	اثربخشی کل	۲.۱۹	۱.۹۳	۲.۱۵	۲.۱۴	۱.۹۴	۲.۲۵	۲.۵۶
تعاملات	حضور کل	۲.۲۷	۲.۲۰	۲.۴۰	۲.۶۴	۲.۸۱	۲.۹۴	۲.۳۸
	شدت کل	۲.۱۲	۲.۳۵	۲.۴۰	۲.۸۲	۲.۸۸	۳.۰۰	۲.۱۳
	اثربخشی کل	۲.۳۸	۲.۲۲	۲.۱۵	۲.۵۰	۲.۶۹	۲.۳۱	۱.۹۴

کوچک‌تر از ۲: بسیار ضعیف (قرمز)
 بین ۲ تا ۲.۴: ضعیف (زرد)
 بین ۲.۴ تا ۲.۸: متوسط
 بیشتر از ۲.۸: خوب (سبز)

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در بُعد حضور، حضور بازیگران^۱ در کارکرد ایجاد مشروعیت ضعیف است و در دیگر کارکردها بازیگران حضور متوسط به بالایی دارند؛ البته در دو کارکرد تأمین منابع و فعالیت‌های کارآفرینانه، حضور بازیگران نسبت به دیگر کارکردها وضعیت بهتری دارد. حضور نهاده‌ها در همه کارکردها به غیر از کارکرد تأمین منابع ضعیف و متوسط است. تعاملات نیز فقط در دو کارکرد تأمین منابع و شکل‌گیری بازار و فعالیت‌های کارآفرینانه وضعیت خوبی دارند و در دیگر کارکردها، عمدتاً ضعیف هستند و به‌نوعی می‌توان گفت که در تعاملات نظام نوآوری فناوری نانو، مشکلاتی وجود دارد.

در بُعد توانمندی، بازیگران در کارکرد ایجاد مشروعیت توانمندی ضعیفی دارند و در دیگر کارکردها توانمندی بازیگران در سطح متوسط است؛ اما نهاده‌ها فقط در کارکردهای هدایت پژوهش و فعالیت‌های کارآفرینانه ظرفیت مناسبی دارند و در دیگر کارکردها، نهاده‌ها ظرفیت بسیار ضعیف و متوسطی دارند و به‌نوعی می‌توان گفت نظام نوآوری دارای مشکلات نهادی است. شدت تعاملات نیز در کلیه کارکردها به غیر از سه کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، شکل‌گیری بازار و تأمین منابع ضعیف هستند.

۱- در اینجا منظور بازیگرانی است که در شکل‌گیری کارکرد موردنظر مهم‌ترین نقش را دارند.

متأسفانه از نظر اثربخشی، بازیگران در دو کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش و شکل‌گیری بازار دارای اثربخشی متوسطی هستند و در دیگر کارکردها اثربخشی ضعیفی دارند. علاوه بر این، نهادها و تعاملات نیز در هیچ‌یک از کارکردها اثربخشی مناسبی ندارند؛ بنابراین می‌توان گفت بازیگران، نهادها و تعاملات در نظام نوآوری فناوری نانو، اثربخشی مناسبی ندارند.



شکل ۱. مقایسه‌ی اثربخشی، توانمندی و حضور کلی بازیگران، نهادها و تعاملات نظام نوآوری نانو در هریک از کارکردهای هفت‌گانه

وضعیت کلی اثربخشی، توانمندی و حضور کلی عناصر ساختاری نظام نوآوری نانو در هر یک از کارکردهای هفت‌گانه، در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد کارکرد ایجاد مشروعیت نسبت به سایر کارکردها وضعیت ضعیف‌تری دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای تحلیل نظام نوآوری فناوری نانو کشور از چارچوب ساختاری-کارکردی استفاده شد. یافته‌های تحقیق مؤید مشکلات نظام‌مند نظام نوآوری فناوری نانو هستند. یافته‌ها حاکی از آن بودند که بازیگران حضور به نسبت متوسطی را در کارکردهای مختلف دارند و نظام نوآوری به‌نوعی در کارکرد ایجاد مشروعیت دچار مشکل حضور است. از این‌رو، سیاست‌گذاران باید به بحث حضور بازیگران در کارکرد ایجاد مشروعیت بیشتر توجه کنند و از طریق اعمال سیاست‌های مناسب بازیگران را برای حضور در این کارکردها تشویق کنند. در واقع با توجه به اهمیت این کارکرد و تأثیر قابل توجه آن در زمینه کارکردهای شکل‌گیری بازار و هدایت پژوهش باید اقدامات لازم برای حضور و نقش‌آفرینی عناصر ساختاری لازم در کارکرد ایجاد مشروعیت صورت گیرد. از جمله اقدامات مناسب در این زمینه می‌توان فعالیت‌های اطلاع‌رسانی، قانون‌گذاری، لابی‌گری و ... اشاره کرد.

کارکرد تأمین منابع یکی از کارکردهای نظام نوآوری نانو است که از نظر حضور و توانمندی نسبت به دیگر کارکردها شرایط به نسبت بهتری دارد. این موضوع عمدتاً به خاطر تمرکز برنامه‌های سال‌های ابتدایی فعالیت ستاد نانو بر توسعه و انتشار دانش است. در واقع، همان طور که محمدی و همکاران (۱۳۹۲) عنوان کردند بخش اعظم منابع مالی در زمینه آموزش نیروی انسانی و حمایت از فعالیت‌های پژوهشی از قبیل انتشار مقاله و پایان‌نامه صرف شده است و توجه کمتری به فعالیت‌های تجاری‌سازی شده است (محمدی، طباطبائی‌ان، الیاسی و روشنی، ۱۳۹۲). البته در طی سال‌های اخیر تمرکز برنامه‌های ستاد نانو به سمت بازار و تجاری‌سازی تغییر کرده‌اند که انتظار می‌رود با گذشت زمان اثرات قابل توجهی به همراه داشته باشند. از دیگر مشکلات نظام می‌توان به عدم وجود تعاملات کافی میان بازیگران اشاره کرد که در مطالعات قبلی نیز به این موضوع اشاره شده است (سپهری، فاطمه و بحرینی، ۱۳۹۰)، بنابراین، سیاست‌گذاران باید تعاملات لازم را از طریق اقداماتی از قبیل برنامه‌های پژوهشی مشترک و ایجاد شبکه‌های نوآوری بین بازیگران مختلف ایجاد کنند. البته باید توجه داشت که تعاملات خیلی قوی هم ممکن است به ایجاد مشکل منجر قفل‌شدگی شود و مسائل دیگری را برای نظام نوآوری مورد بررسی ایجاد کند؛ بنابراین باید در تدوین سیاست‌ها این مسئله مورد توجه قرار گیرد.

پژوهش حاضر از چند جنبه دارای نوآوری و ارزش‌افزایی است. برخلاف مطالعات قبلی که نظام نوآوری را با رویکرد ساختاری (لاندوال، ۱۹۹۲؛ نلسون، ۱۹۹۳؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ یا کارکردی (هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ برگک، ۲۰۰۲) تحلیل کردند، همراستا با مطالعات صورت گرفته توسط برگک و همکاران (۲۰۰۸)، نیلسون و مدیسون (۲۰۱۱)، هکرت و همکاران (۲۰۱۲) بر اساس رویکرد کارکردی ساختاری انجام شده است. همچنین در مطالعه حاضر اول از رویکرد کمی برای ارزیابی نظام نوآوری استفاده شده است. دوم علاوه بر دو معیار حضور و توانمندی که در مطالعات قبلی مورد استفاده قرار گرفته بودند از معیار اثربخشی نیز برای ارزیابی نقش‌آفرینی عناصر ساختاری در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری استفاده شده است؛ اما مطالعات قبلی عمدتاً بر رویکرد کیفی و توصیفی متمرکز بودند. همچنین برای اولین بار از تحلیل هم‌زمان ساختاری و کارکردی برای تحلیل و توصیف نظام نوآوری فناوری نانو در ایران استفاده شده است. در مجموع بر اساس نتایج پژوهش حاضر به منظور بهبود عملکرد نظام نوآوری فناوری نانو در ایران پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شوند؛

۱. همان‌طور که اشاره شد یکی از ضعف‌های نظام نوآوری فناوری نانو در ایران پایین بودن سطح تعاملات است. در این میان بخشی از تعاملات مربوط به همکاری بین شرکت‌های کوچک نانویی به بدنه اصلی اقتصاد کشور یا همان شرکت‌های بزرگ است، از این رو به نظر می‌رسد برگزاری نشست‌های تخصصی ارائه فناوری با حضور شرکت‌های

کوچک نانویی و شرکت‌ها بزرگ و سازمان‌های دولتی به ارتقاء سطح تعاملات و همکاری بین بازیگران نظام کمک خواهد کرد. از دیگر اقدامات به منظور ارتقاء سطح تعاملات در نظام نوآوری، برگزاری نشست‌های ترویجی و همچنین انتشار داستان‌های موفقیت در زمینه تعامل بازیگران نظام می‌تواند به ارتقاء سطح فرهنگ تعامل و همکاری در نظام نوآوری فناوری نانو کمک کند. از دیگر اقدامات ارتقاء زیرساخت‌های اطلاعاتی به منظور آشنایی هر چه بیشتر بازیگران با ظرفیت و توانمندی نهادهای مختلف فعال است. این اقدام به نوعی به کاهش عدم تقارن اطلاعات و شفافیت اطلاعاتی در نظام نوآوری فناوری نانو منجر خواهد شد و قاعدتاً احتمال ارتقاء سطح تعاملات را افزایش خواهد داد.

۲. کارکرد مشروعیت یکی دیگر از نقاط ضعف نظام نوآوری فناوری نانو است. با این حال با وجود اینکه شرکت‌ها قابلیت ایفای نقش در این کارکرد را دارند اما فعالیت‌های خاصی در این زمینه انجام نمی‌دهند. در این راستا پیشنهاد می‌شود که ستاد ویژه توسعه فناوری نانو از طریق برنامه‌های حمایتی خود زمینه را برای به کارگیری هر چه بیشتر فناوری نانو در شرکت‌های مختلف فراهم کند. البته در طی سال‌های اخیر، فعالیت‌هایی در زمینه رسوخ فناوری نانو در صنعت صورت گرفته‌اند که تداوم آن‌ها به اثربخشی بیشتر شرکت‌ها در کارکرد ایجاد مشروعیت منجر خواهد شد.

۳. در آخر در قالب یک پیشنهاد کلی، حکمرانی مؤثر در نظام نوآوری فناوری نانو بسیار حائز اهمیت است، چنانچه کشورهای توسعه یافته نیز برای این موضوع اهمیت ویژه‌ای قائل هستند (روکو^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). به این منظور باید در سطح کلان به موضوعات مختلف نظیر سیاست‌های تأمین منابع مالی، سیاست‌های صنعتی، سیاست‌های آموزشی و ابزارهای تحول‌آفرین در قالب کارکرد تحول‌آفرینی؛ سیاست‌های اخلاقی، زیستی، سلامت و قانونی در قالب کارکرد نوآوری مسئولانه؛ و ظرفیت‌سازی در سطوح مختلف و مشارکت عموم جامعه در قالب کارکرد فراگیری پرداخته شود.

با توجه به پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود نظام نوآوری بخشی در حوزه‌های دیگر از قبیل فناوری اطلاعات و ارتباطات یا زیست‌فناوری نیز با رویکرد کارکردی-ساختاری تحلیل شود. علاوه بر این با توجه به ضعف کارکردهای ایجاد مشروعیت و همچنین پایین بودن سطح تعاملات در نظام نوآوری فناوری نانو پیشنهاد می‌شود در آینده مطالعاتی در زمینه راهکارهای رفع مشکلات مذکور انجام شوند.

منابع

- نقشه جامع علمی کشور. (۱۳۸۹). تهران: شورای عالی انقلاب فرهنگی برگرفته از <https://sccr.ir/>
- استت نانو. (۲۰۱۸). برگرفته از <http://statnano.com/fa/report/r29>
- راهبرد آینده نانو. (۱۳۸۴). راهبرد آینده: راهبرد دهساله توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۳-۱۳۸۴. تهران: ستاد توسعه فناوری نانو.
- صالحی یزدی، فاطمه، سپهری، محمد مهدی، بحرینی، محمد علی. (۱۳۹۰). مطالعه فضای همکاری‌های علمی-فنی شرکت‌های نانو در ایران با استفاده از نظریه شبکه‌های اجتماعی و رجوع به خبرگان. *سیاست علم و فناوری*، ۳(۳)، ۴۹-۶۰.
- ستاد فناوری نانو. (۱۳۹۳). گزارش عملکرد اجرایی سند راهبرد آینده (راهبرد دهساله توسعه فناوری نانو). تهران: ستاد ویژه توسعه فناوری نانو.
- ستاد فناوری نانو. (۱۳۹۷). گزارش عملکرد اجرایی سند راهبرد آینده (راهبرد دهساله توسعه فناوری نانو) در سال ۱۳۹۶. تهران: ستاد ویژه توسعه فناوری نانو.
- صمیمی، مهدی، حسینی، سید حسن، اصغری، حرمت. (۱۳۹۷). عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه در واحدهای صنعتی دفاعی. *مدیریت نوآوری در سازمان‌های دفاعی*، ۱(۱)، ۱۱۸-۱۴۰.
- قانون دانش‌بنیان. (۱۳۸۹). قانون حمایت از شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان و تجاری‌سازی نوآوری‌ها و اختراعات. تهران.
- محمدی، علی. پشوتنی زاده، هومن. نامدار جویمی، احسان. (۱۳۹۸). شناسایی و ارزیابی مشکلات سیستماتیک در نظام ملی نوآوری کشور ایران. *مدیریت نوآوری در سازمان‌های دفاعی*، ۱(۲)، ۲۸-۵۰.
- محمدی، مهدی. طباطباییان، سید حبیب اله الیاسی، مهدی. روشنی، سعید. (۱۳۹۲). تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور در ایران؛ مطالعه موردی بخش نانو فناوری. *سیاست علم و فناوری*، ۵(۴)، ۱۹-۳۲.
- نیرومند، پوراندخت. میرجلیلی، فاطمه. بامداد صوفی، جهانیار. (۱۳۹۱). مؤلفه‌های ضروری برای شکل‌گیری شرکت‌های نانو فناوری در ایران. *سیاست علم و فناوری*، ۴(۳)، ۱-۱۶.
- Afshari-Mofrad, M., Ghazinoory, S., & Nasri, S. (2020). Measuring the Efficiency, Effectiveness and Changeability of Institutions for Improving National Innovation System. *Asian Journal of Technology Innovation*, 1-25.
- Bergek, A. (2002). *Shaping and Exploiting Technological Opportunities: the Case of Renewable Energy Technology in Sweden: Department of Industrial Dynamics*, Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the Functional Dynamics of Technological Innovation Systems: A Scheme of Analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the Nature, Function and Composition of Technological Systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93-118.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmen, M., & Rickne, A. (2002). Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy*, V.31, pp.233-245.

- Gabaldon-Estevan, D., & Hekkert, M. P. (2013). How does the innovation system in the Spanish ceramic tile sector function?. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(3), 151-158.
- Godin, B. (2009). National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective. *Science, Technology, & Human Values*, 34(4), 476-501.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.
- Hun Bae, S. H., Lim, J. S., Shin, K. M., Kim, C. W., Kang, S. K., & Shin, M. (2013). The innovation policy of nanotechnology development and convergence for the new Korean government. *Journal of nanoparticle research*, 15(11), 1-15.
- Islam, N., & Ozcan, S. (2013). Nanotechnology Innovation System: An Empirical Analysis of the Emerging Actors and Collaborative Networks. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(4), 687-703.
- Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). The Diffusion of Renewable Energy Technology: an Analytical Framework and Key Issues for Research. *Energy policy*, 28(9), 625-640.
- Kebebe, E., Duncan, A. J., Klerkx, L., De Boer, I. J. M., & Oosting, S. J. (2015). Understanding Socio-Economic and Policy Constraints to Dairy Development in Ethiopia: A Coupled Functional-Structural Innovation Systems Analysis. *Agricultural Systems*, 141, 69-78.
- Kumar, A., & N. Desai, P. (2014). Mapping the Indian nanotechnology Innovation System. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 11(1), 53-65.
- Lai, X., Ye, Z., Xu, Z., Homels, M. H., & Lambright, w. (2012). Carbon Capture and Sequestration(CCS) Technological Innovation system in China: Structure, function Evaluation and Policy Implication. *Energy Policy*, V.50, P.635-646.
- Liu, G., Gao, P., Chen, F., Yu, J., & Zhang, Y. (2018). Technological Innovation Systems and IT Industry Sustainability in China: A Case Study of Mobile System Innovation. *Telematics and Informatics*, 35(5), 1144-1165.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National Innovation System: Towards a Theory of Innovation and Interactive learning*. Pinter, London.
- Maghable, R., Naderi Mahdei, K., Yaghoubi Farani, A., & Mohammadi, M. (2018). Institutional Mapping of Nano-Technological Innovation System in the Agricultural Sector of Iran, *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20(3), 445-457.
- Mierlo, B., Leeuwis, C., Smits, R., & Woolthuis, R. K. (2010). Learning Towards System innovation: Evaluating a Systemic Instrument. *Technological Forecasting & Social Change*, V.77, pp.318-334.
- Minh, T. T. (2019). Unpacking the Systemic Problems and Blocking Mechanisms of a Regional Agricultural Innovation System: An Integrated Regional-Functional-Structural Analysis. *Agricultural Systems*, 173, 268-280.
- Momaya, K. S., & Lalwani, L. (2017). Systems of technological innovation: a review of research activities taking the case of nanotechnology and India. *Technology Analysis & Strategic Management*, 29(6), 626-641.
- Nelson, R. R. (1993). *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*: Oxford University Press.
- Nelson, R., & Nelson, K. (2002). Technology, Institutions, and Innovation Systems. *Research Policy*, 31, p.265-272.
- Nilsson, M., & Moodysson, J. (2011). *Policy Coordination in Systems of Innovation: A Atructural-Functional Analysis of Regional Industry Support in Sweden*. Lund: Lund University, CIRCLE.
- Schwab, K. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*: World Economic Froum.

- Roco, M. C., Harthorn, B., Guston, D., & Shapira, P. (2011). Innovative and responsible governance of nanotechnology for societal development. In *Nanotechnology research directions for societal needs in 2020* (pp. 561-617). Springer, Dordrecht.
- Suurs, R. A. (2009). *Motors of Sustainable Innovation: Towards a Theory on the Dynamics of Technological Innovation System*. Netherland.
- Suurs, R. A., Hekkert, M. P., Kieboom, S., & Smits, R. E. (2010). Understanding the Formative Stage of Technological Innovation System Development: The Case of Natural Gas as an Automotive Fuel. *Energy policy*, 38(1), 419-431.
- Warnke, P., Koschatzky, K., Dönitz, E., Zenker, A., Stahlecker, T., Som, O., Cuhls, K., Güth, S. (2016). Opening up the Innovation System Framework Towards New Actors and institutions (No. 49). *Fraunhofer ISI Discussion Papers-Innovation Systems and Policy Analysis*.
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic Instruments for Systemic Innovation Problems: A Framework for policy Makers and Innovation scholars. *Science and public Policy*, 39(1), 74-87.

