

## **Formation of Emerging Technological Innovation System in Iran; Case of Nanotechnology Sector**

**Mehdi Mohammadi<sup>1</sup>, Seyed Habibollah  
Tabatabaeian<sup>2</sup>, Mahdi Elyasi<sup>3</sup>, Saeed  
Roshani<sup>4</sup>**

- 1- Faculty Member & Assistant Professor at University of Tehran, Faculty of New Sciences & Technologies
- 2- Faculty Member & Associated Professor at allameh tabatabaee university, Faculty of accounting & management
- 3- Faculty Member & Assistant Professor at allameh tabatabaee university, Faculty of accounting & management
- 4- Master of Management of Technology, Allameh Tabatabaee university

### **Abstract**

The main objective of this research is providing a model for the formation of emerging Iranian Nanotechnology sector using the functional approach of Technological Innovation System (TIS) concept. Both qualitative and quantitative research has been used in this paper. First based on analysis of policy documents, expert opinions and interviews with officials the historical development of formation of functions in Nanotechnology sector has been charted by historical data mapping method. Second, based on the results of questionnaire-based survey (from activists in the sector) and using factor analysis method, functions and activities of conceptual model were confirmed and then using structural equation modeling, the causal relationships between different functions were mapped. Results

of this research showing that government has a key role through influencing the functions such as guidance of research and innovation, supply and allocation of resources and institution building and legalization, then these drivers could be collectively referred as the 'motor of Government's pressure and support'.

**Keywords:** Technological Innovation System, Emerging Technologies, Nanotechnology, Innovation System Functions, Structural Equation Modeling.

---

\* Corresponding Author: memohammadi@ut.ac.ir

## تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور در ایران؛ مطالعه موردی بخش نانوفناوری

مهدی محمدی<sup>۱\*</sup>، سید حبیب‌الله طباطبائی<sup>۲</sup>، مهدی الیاسی<sup>۳</sup>، سعید روشنی<sup>۴</sup>

- ۱- استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران
- ۲- دانشیار دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی
- ۳- استادیار دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی
- ۴- کارشناس ارشد مدیریت فناوری دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی

### چکیده

مقاله حاضر به دنبال تحلیل نحوه شکل‌گیری و رشد بخش نانوفناوری در ایران با بهره‌گیری از مفهوم نظام نوآوری فناورانه و با استفاده از رویکرد کارکردی می‌باشد. برای این منظور در این تحقیق دو مسیر کیفی و کمی برای تحلیل نحوه شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در بخش نانوفناوری طی شده است. از یک سو با بهره‌گیری از مصاحبه با فعالان حوزه نانوفناوری کشور و بررسی و تحلیل محتوای اسناد و فعالیت‌های انجام شده در این بخش و با تکنیک "نگاشت تاریخی داده‌ها" اقدام به ترسیم مسیر شکل‌گیری نانوفناوری در ایران شده است. از سوی دیگر، با بهره‌گیری از یک پیمایش، ابتدا ابعاد و مولفه‌های مدل مفهومی با استفاده از روش تحلیل عاملی تاییدی مورد تایید قرار گرفتند و سپس، مسیر و نحوه تاثیرگذاری کارکردهای مختلف بر یکدیگر با استفاده از مدل معادلات ساختاری مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دولت به عنوان محرک اصلی در شکل‌گیری کارکردهای نهادینه‌سازی و قانون‌مندی‌سازی، هدایت تحقیقات و نوآوری و تامین و تخصیص منابع، نقشی کلیدی ایفا کرده است و بر این اساس، ما این مسیر شکل‌گیری را تحت عنوان "موتور شکل‌گیری حمایت و فشار دولت" نام گذاری می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: نظام نوآوری فناورانه، فناوری‌های نوظهور، نانوفناوری، کارکردهای نظام نوآوری، مدل معادلات ساختاری

### ۱- مقدمه

رویکردهای نظام نوآوری، تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه به تحلیل یک حوزه نوظهور پرداخته شود. دستیابی به فناوری‌های نوظهور مانند نانوفناوری و زیست فناوری، انرژی‌های نو و غیره، هم اکنون مسیر رو به رشدی را در توسعه علمی و فناورانه کشورها در پیش گرفته‌اند و نقش و جایگاه آنها در طول سال‌های اخیر، رشد بسیاری داشته است. در ایران نیز در سال‌های اخیر توجه بسیار زیادی به شکل‌گیری و توسعه فناوری‌های نوظهور شده است که هم در عرصه نهادسازی و هم در عرصه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به خوبی مشهود است. نانوفناوری، یکی از این

در سال‌های اخیر توجه به مفهوم نظام نوآوری به عنوان رویکردی برای تحلیل و سیاست‌گذاری در عرصه علم، فناوری و نوآوری به صورت گسترده مورد توجه قرار گرفته است. در ایران نیز از مفهوم نظام نوآوری در عرصه تحلیل و عارضه‌یابی و ارایه راه‌کارهای سیاستی توسعه فناوری و نوآوری ملی استفاده گسترده‌ای شده است [۲۱]. در این مقاله نیز سعی شده است که با بهره‌گیری از یکی از

حوزه های نوظهور است که از ابتدای دهه ۱۳۸۰ توجه ویژه‌ای به توسعه آن در سطح ملی شده است.

در همه این سال‌ها، شناخت نحوه شکل‌گیری و توسعه این حوزه‌های نوظهور و نحوه سیاست‌گذاری برای توسعه آنها از مسائل اساسی سیاست‌گذاران این حوزه بوده است. بهره‌گیری از رویکردی که بیشترین تطابق را با وضعیت این حوزه‌های نوظهور داشته و می‌تواند ابعاد مختلف شکل‌گیری و رشد آنها را توصیف کند و نقش کارکردهای مختلف را در مراحل بلوغ آن توصیف نماید، از دغدغه‌هایی بوده که منجر به انجام این تحقیق گردیده است. شکل‌گیری و توسعه این فناوری‌های نوظهور نیازمند ایجاد و توسعه نهادها و تعاملاتی است که می‌توانند فعالیت‌های علمی و فناورانه موجود در این حوزه‌ها را در جهت خلق، انتشار و بهره‌برداری از دانش و نوآوری هدایت کنند. بر این اساس، در این تحقیق سعی شده که از چارچوب نظام نوآوری فناورانه برای تحلیل نحوه شکل‌گیری و توسعه فناوری‌های نوظهور در ایران استفاده شود. سوال اصلی این است که مدل شکل‌گیری نظام نوآوری نوظهوری مانند نانوفناوری در ایران چگونه بوده و چه مسیرهای کارکردی در شکل‌گیری آن قابل رصد و شناسایی است تا بتوان مدل شکل‌گیری آن را مورد بررسی قرار داد و مهم‌ترین محرک‌های آن از منظر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه استخراج شوند. این سوال دربرگیرنده نوع کارکردها و نحوه و میزان تاثیرگذاری کارکردها بر یکدیگر در مسیر شکل‌گیری و رشد نظام نوآوری فناورانه در بخش نانوفناوری می‌باشد.

## ۲- بررسی مبانی نظری تحقیق

### ۲-۱ رویکردهای "کارکردی" در تحلیل نظام نوآوری فناورانه

کارلسون و همکارانش نظام‌های فناورانه را این‌گونه تعریف کرده‌اند: "شبکه پویایی از بازیگران که در یک زمینه اقتصادی و صنعتی و تحت یک چارچوب نهادی خاص با یکدیگر در تعاملند و در خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری درگیرند [۳]". این مفهوم معمولاً برای تبیین نحوه ظهور، رشد و

انتشار یک فناوری در یک جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این رو می‌توان آن را نظام نوآوری یک فناوری مشخص<sup>۲</sup> و یا نظام نوآوری فناورانه<sup>۳</sup> نیز نامید. این رویکرد مانند دیگر رویکردهای نظام نوآوری، بر شناخت سه بعد اساسی این نظام تاکید دارد که عبارتند از: شرکت‌ها و بازیگران؛ شبکه‌های میان آن‌ها؛ نهادهای تاثیرگذار [۳و۴].

اما موضوع اساسی مرتبط با نظام نوآوری این است که عناصر تشکیل‌دهنده نظام نوآوری چیستند و چگونه می‌توان آنها را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داد. بر اساس تحلیلی که لاندوال از انواع نگرش‌های نظام نوآوری ارائه می‌کند دو رویکرد کلان برای تحلیل این حوزه وجود دارد [۵]:

- رویکرد نویسندگان آمریکائی در حوزه سیاست علم و فناوری مانند فریمن و موری که به رویکرد محدود نظام نوآوری معروف بوده و بر ارتباط نظام‌مند میان تلاش‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌ها، سازمان‌های علم و فناوری (مانند مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها) و سیاست‌های کلان دولت در این عرصه متمرکز می‌باشد.
- رویکرد فریمن و دانشگاه آلبورگ (لوندوال) که به رویکرد گسترده نظام نوآوری شناخته شده و تعریفی گسترده‌تر از نوآوری در ابعاد خلق، انتشار، جذب و بهره‌برداری از نوآوری ارائه می‌کنند و مفهومی به نام یادگیری را در فرآیند تکاملی نوآوری بسیار مهم می‌دانند. از منظر روش تحلیل بر اساس نظر برگک<sup>۴</sup> و همکاران [۶]، حداقل دو رویکرد برای تحلیل نظام نوآوری وجود دارد:
- رویکرد اول که در بسیاری از تحقیقات این حوزه مشاهده می‌شود، مبتنی بر تحلیل ساختاری نظام نوآوری و شناخت بازیگران و تعاملات موجود در این نظام است. این تحلیل‌ها عمدتاً به صورت کیفی بوده و بسیار وابسته به زمینه و ساختار نهادی هر کشور می‌باشند و در نتیجه مقایسه نظام‌های مختلف در این رویکرد چندان ساده نیست. رویکرد محققان اولیه این حوزه مانند نلسون، لوندوال، فریمن، کوک و مالربا در این دسته قرار می‌گیرد.

2- Technology-specific innovation systems

3- Technological innovation systems (TIS)

4- Bergek

[۶و۴]، هکرت و دیگران [۱۰و۸]، نگرو و دیگران [۱۲و۱۱] توجه به کارکردهایی مانند شکل‌گیری بازار، نهادینه‌سازی و قانون‌مندسازی، هدایت و تاثیرگذاری بر جهت‌گیری‌ها به‌عنوان عواملی که در فاز نوظهوری مهم و حیاتی هستند بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

## ۲-۲ تاثیر کارکردها بر یکدیگر در نظام نوآوری فناورانه

موضوع مهمی که در رویکرد کارکردی نظام نوآوری فناورانه باید مورد توجه قرار گیرد، این است که کارکردها بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند و شکل‌گیری هر کارکرد می‌تواند منجر به شکل‌گیری کارکردهای دیگر شود. لذا در مسیر شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه، کارکردهای مختلف نظام بر یکدیگر تاثیر گذاشته و دارای روابط مثبت و منفی بسیار زیادی هستند [۱۰و۸]. بنابراین، این تاثیرات می‌تواند منجر به شکل‌گیری چرخه‌های مثبت و منفی مختلفی گردد که مسیر توسعه یک نظام نوآوری فناورانه را از طریق فرآیند تخریب خلاقانه در یک سیستم نوظهور شکل می‌دهند [۲۵].

سوروس [۲۶] در کتابی تحت عنوان موتورهای نوآوری پایدار، با بررسی نحوه شکل‌گیری چند نظام نوآوری فناورانه نوظهور در حوزه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، ۴ نوع موتور محرک شکل‌گیری نظام‌های نوآوری نوظهور ارائه می‌کند که نشان‌دهنده تقدم و تأخر شکل‌گیری کارکردهای مختلف و نحوه تاثیرگذاری آنها بر یکدیگر در طول زمان می‌باشد: ۱. موتور فشار علم و فناوری: این مسیر بر اساس شکل‌گیری کارکردهای طرف عرضه شروع شده و سپس بقیه کارکردها شکل می‌گیرند؛ ۲. موتور کارآفرینی: این مسیر بر اساس شکل‌گیری کارکردهای طرف تقاضا و به ویژه حضور و وجود کارآفرینان شروع می‌شود و این باعث شکل‌گیری بقیه کارکردها می‌گردد؛ ۳. موتور ساخت سیستم: این مسیر به نوعی ترکیبی از مسیرهای دوگانه فوق بوده و تقریباً همه کارکردهای نظام را تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ ۴. موتور بازار: این مسیر در مرحله بلوغ نظام و به ویژه پس از از بین رفتن شکست‌های بازاری و سیستمی بروز می‌کند.

• رویکرد دوم به جای تمرکز بر ساختار، توجه خود را به فعالیت‌ها یا کارکردهای نظام نوآوری معطوف کرده است. در نتیجه، این رویکرد بر پویایی‌های عملکرد نظام نوآوری و آنچه که در حقیقت در این نظام تحقق پیدا می‌کند متمرکز می‌شود و نه اینکه صرفاً به عناصر ساختاری نظام توجه کند. از این رو، این رویکرد شرایطی را فراهم می‌کند تا بتوان ساختار را از محتوا جدا کرده و امکان تدوین و تحلیل اهداف سیاستی و مسائل سیاستی را در ابعاد کارکردی فراهم می‌کند. رویکرد محققانی مانند ادکوئیست، جاکوبسون، برگگ، جانسون و هکرت در این دسته قرار می‌گیرد.

همان‌طور که ادکوئیست نیز عنوان می‌کند، یکی از راه‌های تحلیل و شناخت هر نظام نوآوری می‌تواند بررسی کارکردها یا فعالیت‌های آن باشد که در واقع مبتنی بر شناخت فرآیندهای اصلی نوآوری یعنی خلق، انتشار و بهره‌برداری از دانش است [۷]. حداقل سه دلیل برای استفاده از رویکرد کارکردی در تحلیل نظام نوآوری وجود دارد: اول اینکه، این رویکرد امکانی فراهم می‌کند تا بتوان عملکرد نظام‌های نوآوری مختلف که دارای ساختار نهادی مختلفی هستند را با یکدیگر مقایسه کرد؛ دوم اینکه، رویکرد کارکردی این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان روش نظام‌مندی برای ترسیم و تحلیل ابعاد نوآوری به کار گرفت و توان تحلیلی نظام نوآوری را افزایش می‌دهد؛ سوم اینکه، رویکرد کارکردی این قابلیت را دارد که مجموعه روشنی از اهداف سیاستی و همچنین ابزارهای سیاستی لازم برای تحقق این اهداف را ارائه کند [۸].

با توجه به دلایل فوق و همچنین با توجه به اینکه در پیشینه نظری برای تحلیل نظام‌های نوآوری نوظهور از رویکرد کارکردی استفاده گسترده‌ای شده است [۴، ۸و۶]، در این تحقیق نیز از رویکرد کارکردی استفاده شده است. در جدول ۱ برخی از مهم‌ترین رویکردهای کارکردی نظام نوآوری آورده شده است که صرفاً برخی از این رویکردها بر فاز نوظهوری و شکل‌گیری فناوری‌ها تمرکز داشته و کارکردهای متناظر با این فاز را ارائه داده‌اند [۸و۶]. به همین علت است که در رویکردهای کارلسون و دیگران [۹]، برگگ و دیگران

جدول ۱) مقایسه برخی از رویکردهای کارکردی نظام نوآوری

کارکردها									
نویسنده	سیاست‌گذاری، هماهنگی، نظارت و ارزیابی	تاثیرگذاری بر جهت‌گیری تحقیقات	نهادینه‌سازی و قانون‌گذاری / خنثی کردن مقاومت‌ها	خلق و تغییر سازمان‌های موردنیاز / خلق و تغییر نهادهای حمایتی یا مانع نوآوری / فعالیتهای پرورشی و انکوباتوری / خدمات مشاوره‌ای	تامین و تخصیص منابع / منابع انسانی / منابع مالی	تحقیق و توسعه / خلق و توسعه پایه دانشی و فناوری	انتشار دانش / فناوری / توسعه صرفه‌های بیرونی مثبت / شبکه‌سازی	فعالیت‌های کارآفرینانه	شکل‌دهی بازارها / تبیین و تفسیر نیازهای مصرف‌کنندگان
ارستاویک و دیگران [۱۳]									
ادکوئیست [۷]									
جانسون و جاکوبسون [۱۴]									
برگگ و جاکوبسون [۱۵]									
کارلسون و جاکوبسون [۹]									
برگگ، جاکوبسون و هکرت [۵]									
برگگ و دیگران [۶، ۱۶، ۱۷]									
هکرت و دیگران [۸]									
هکرت و نگرو [۱۰]									
ماکارد و تروفر [۱۸]									
نگرو و دیگران [۱۱، ۱۲، ۱۹]									
سورس و هکرت [۲۰، ۲۱]									
آلفن و دیگران [۲۲، ۲۳]									
آکمید و دیگران [۲۴]									

رویکردهای کارکردی با در نظر گرفتن ۵ و ۷ بعد کلیدی

برای مطالعه این نظام‌ها استفاده کرده‌اند.

- **مطالعات هکرت، نگرو و همکارانشان** در رابطه با نحوه شکل‌گیری و تحول در نظام‌های نوآوری فناورانه در بخش انرژی در کشورهای هلند، نروژ و آلمان و ... در فاصله سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ که از رویکرد کارکردی با در نظر گرفتن ۷ بعد کلیدی برای مطالعه این نظام‌ها استفاده کرده‌اند.

در این تحقیق، بر اساس بررسی مدل‌ها و رویکردهای بیان شده در بخش ادبیات و مبانی نظری موضوع و به‌ویژه دو رویکرد برگگ و همکاران و هکرت و همکاران مجموعه‌ای

### ۲-۳ جمع‌بندی مبانی نظری و ارائه مدل مفهومی تحقیق

با بررسی مطالعات انجام شده، می‌توان مولفه‌های کارکردی مختلفی را در تحلیل نحوه تکوین یک نظام نوآوری نوظهور مشاهده کرد. برخی از مهم‌ترین این مطالعات عبارتند از:

- **مطالعات جاکوبسون و برگگ و همکارانشان** در رابطه با نحوه شکل‌گیری و تحول در نظام‌های نوآوری فناورانه انرژی‌های نو، سلول‌های خورشیدی در آلمان، پرورش ماهی در شیلی، ماشین‌سازی در کره جنوبی، فولاد و هواپیماسازی در برزیل، انرژی‌های بیولوژیک و خدمات IT در خانه در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ که از

این بخش، مبتنی بر مدل مفهومی ارائه شده، در طول یک مسیر تاریخی، نحوه شکل‌گیری هر کدام از کارکردها و فعالیت‌های نظام نوآوری مشخص شده و با استفاده از روش نگاشت داده‌های تاریخی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

اولین فعالیت‌های مرتبط با شکل‌گیری نانوفناوری در ایران تقریباً از ابتدای دهه ۸۰ شروع شده است و در سال‌های ابتدایی شکل‌گیری نانوفناوری در ایران، نقش دولت بسیار پررنگ بوده است. در دوره ابتدایی مشاهده می‌شود که عمده فعالیت‌ها و کارکردهای نظام نوآوری در زمینه سه کارکرد "نهادینه‌سازی و قانونمندی‌سازی"، "هدایت تحقیقات و نوآوری" و "تامین و تخصیص منابع" بوده است. در این دوره، شکل‌گیری ستاد نانوفناوری و دبیرخانه آن، تدوین برنامه راهبردی ده ساله نانو و تخصیص بودجه خاص به ستاد نانو از مهم‌ترین فعالیت‌هایی بوده است که نقش مهمی در شکل‌گیری بقیه کارکردهای نظام نوآوری داشته‌اند.

در دوره دوم شکل‌گیری نانوفناوری در ایران و در سال‌های میانی دهه ۸۰، مشاهده می‌شود که کارکردهای سه‌گانه قبل ادامه یافته و دو کارکرد دیگر از نظام نوآوری فناورانه یعنی "خلق و توسعه دانش" و "انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت" نیز تقویت می‌شوند. این دو کارکرد عمدتاً در طرف عرضه نظام نوآوری یعنی در بخش‌های دانشگاهی و تحقیقاتی شکل گرفته‌اند. از این رو مشاهده می‌شود که در ادامه دوره اول که عمدتاً نقش دولت پررنگ بوده است، در این دوره نقش بخش‌های دانشگاهی و تحقیقاتی پررنگ شده است.

در دوره سوم و در سال‌های اخیر، مشاهده می‌شود که در ادامه پنج کارکرد قبلی، دو کارکرد "شکل‌گیری بازار" و "فعالیت‌های کارآفرینانه" تقویت شده‌اند. این دو کارکرد، عمدتاً در طرف تقاضا شکل گرفته و نشان‌دهنده شکل‌گیری بخش دیگری از نظام نوآوری فناورانه در حوزه نانوفناوری است.

از کارکردها، مولفه‌ها و شاخص‌ها برای مدل مفهومی تحقیق استخراج شده است. مقایسه این دو رویکرد و مجموعه کارکردها و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در این دو رویکرد با مولفه‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ آمده است. البته برای دستیابی به مولفه‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق، ابتدا ابعاد و مولفه‌های استخراج شده از مبانی نظری تحقیق از طریق مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با ۹ نفر از خبرگان دانشگاهی و فعالان آشنا با مفهوم نظام نوآوری و بخش نانوفناوری کشور که دارای سابقه دانشگاهی و اجرایی قابل قبولی می‌باشند، اصلاح گردیدند و سپس این ابعاد و مولفه‌ها با استفاده از پرسشنامه‌ای که از ۳۶ نفر از خبرگان بخش نانوفناوری دریافت گردید، نهایی شد. این خبرگان از فعالان عرصه‌های سیاست‌گذاری، تحقیقاتی و دانشگاهی و کارآفرینان و صنعت نانوفناوری به صورت هدفمند انتخاب شدند. برای این منظور پرسشنامه‌ای بر اساس طیف ۷ گزینه‌ای لیکرت طراحی شد و میزان موافقت خبرگان با مدل مورد پرسش قرار گرفت. با استفاده از آزمون دو جمله‌ای با نقطه برش ۴، ضرورت وجود هر یک از اجزای مدل مفهومی تحقیق بررسی شد. بر این اساس، ابعاد هفت‌گانه مدل که همان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور می‌باشند، مورد تایید قرار گرفتند، ولی تغییراتی در مولفه‌ها و شاخص‌های مدل ایجاد شد که منجر به حذف یا ترکیب برخی از آنها گردید.

### ۳- تحلیلی بر نحوه ظهور و شکل‌گیری نظام نوآوری

#### فناورانه بخش نانوفناوری در ایران

در کشور ما ضرورت سیاست‌گذاری برای توسعه این فناوری مورد توجه مسئولین کشور قرار گرفته و به همین دلیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به دستور رئیس‌جمهور وقت در سال ۱۳۸۲ به منظور سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه فناوری نانو تشکیل شد. برای تحلیل نحوه ظهور و شکل‌گیری نظام نوآوری نانوفناوری در ایران، بر پایه مصاحبه با خبرگان و دست‌اندرکاران کلیدی این بخش و همچنین بر پایه بررسی و تحلیل اسناد و داده‌های موجود در

تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور در ایران؛ مطالعه موردی بخش نانوفناوری

جدول ۲) مقایسه رویکردهای اصلی مورد استفاده و مدل مفهومی این تحقیق

مولفه‌ها و شاخص‌های مورد استفاده		کارکردهای نظام
رویکرد مورد استفاده در این تحقیق	رویکرد برگگ و همکاران [۱۷۶]	رویکرد هکرت و همکاران [۱۰۸]
<p><b>کارکرد ۱) خلق و توسعه دانش (C):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان تولید دانش (C1)</li> <li>• نوع دانش توسعه یافته (C2)</li> <li>• نحوه توسعه دانش (C3)</li> </ul>	<p>میزان و نوع دانش تولیدشده: علمی، تکنولوژیک، تولیدی، بازاری و ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• منبع تولید دانش: R&amp;D، یادگیری، تقلید، واردات و ...</li> <li>• تحلیل‌های اسنادی و انتشارات علمی</li> <li>• تعداد، اندازه و جهت‌گیری پروژه‌های R&amp;D</li> <li>• پاتنت‌ها</li> <li>• منحنی‌های یادگیری</li> </ul>	<p>این کارکرد بر اساس تحلیل دو موضوع کلیدی "یادگیری بر اساس جستجو" و "یادگیری بر اساس انجام" قابل تحلیل است. این کارکرد بر اساس شاخص‌های زیر مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• پروژه‌های تحقیقاتی</li> <li>• پاتنت‌ها (حق اختراعات ثبت شده)</li> <li>• سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه</li> <li>• منحنی یادگیری</li> </ul>
<p><b>کارکرد ۲) انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت (D):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان تخصصی‌شدن زنجیره ارزش و شکل‌گیری تقسیم کار (D1)</li> <li>• میزان تنوع تخصص‌های موردنیاز و وجود بازار کار گسترده (D2)</li> <li>• تعداد و اندازه شبکه‌ها و خوشه‌های صنعتی یا تحقیقاتی (D3)</li> <li>• تعداد کنفرانس، همایش‌ها و کارگاه‌های تخصصی (D4)</li> <li>• میزان تعاملات بین المللی در زمینه‌های صنعتی یا تحقیقاتی (D5)</li> <li>• میزان همکاری‌های تحقیقاتی و فناوری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و صنعت (D6)</li> </ul>	<p>ظهور بازار کار و نیروی انسانی گسترده</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ظهور تامین‌کنندگان خدمات و محصولات میانی متخصص (شکل‌گیری تقسیم کار، تخصصی‌شدن و پوشش زنجیره ارزش)</li> <li>• جریان‌های اطلاعاتی و سرریز دانشی</li> <li>• شکل‌گیری قدرت سیاسی (پارتی‌های سیاسی)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• شبکه‌های لازم برای تعامل میان بخش‌های دانشی، سیاسی، بازاری و رقبا برای "یادگیری از طریق تعامل"</li> <li>• تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های مرتبط با این موضوع</li> <li>• اندازه و میزان قوت و استحکام شبکه‌ها در طول زمان</li> </ul>
<p><b>کارکرد ۳) هدایت و جهت‌دهی تحقیقات و نوآوری (G):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• روندها و چشم‌اندازهای رشد بالقوه و رویکرد جوامع علمی و تخصصی به فناوری (G1)</li> <li>• اولویت‌ها و سیاست‌های تعیین‌شده (G2)</li> <li>• وضعیت کسب‌وکارهای موجود و مکمل (G3)</li> </ul>	<p>چشم‌اندازها، توقعات و باورهای رشد بالقوه در این حوزه از طریق:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ محرک‌هایی از طریق تغییر در قیمت‌های محصول و عوامل تولیدی (مانند: مالیات‌ها و قیمت انرژی)</li> <li>○ تغییرات و رشدی که در دیگر کشورها اتفاق افتاده است</li> <li>○ تغییرات در چشم‌انداز آینده مانند تغییرات جمعیت‌شناختی و محیط زیستی</li> <li>○ توسعه منابع مکمل</li> </ul> <p>انتظارات ذینفعان از وجود منابع و انواع دانش‌های تاثیرگذار</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ارزیابی بازیگران از فرصت‌های تکنولوژیک موجود و آینده و مناسب‌بودن شرایط</li> <li>• قوانین و سیاست‌ها</li> <li>• ارائه نیاز از سوی مشتریان پیشرو (مانند دولت)</li> <li>• مشکلات و تنگناهای فنی</li> <li>• بحران در کسب‌وکارهای موجود</li> <li>• مشوق‌های مالیاتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• اهداف، سیاست‌ها یا اولویت‌های تعیین‌شده از سوی دولت‌ها یا صنایع در رابطه با یک فناوری خاص</li> <li>• تعداد مقالاتی که در مجلات حرفه‌ای و تخصصی درباره اهمیت و یا مشکلات یک فناوری آمده‌اند و توقعات و جهت‌گیری خاصی را در زمینه آن فناوری ایجاد می‌کنند</li> <li>• مباحثات مثبت و منفی موجود در محافل علمی و سیاسی در زمینه یک فناوری</li> </ul>

- 1 Learning by searching
- 2 Learning by doing
- 3 Learning by interacting

مؤلفه ها و شاخص های مورد استفاده			کارکردهای نظام
رویکرد مورد استفاده در این تحقیق	رویکرد برگگ و همکاران [۱۷و۶]	رویکرد هکرت و همکاران [۱۰و۸]	
<p><b>کارکرد ۴) فعالیت های کارآفرینانه (E):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ورود شرکت‌های زایشی، نوپا و کارآفرین خصوصی (E1)</li> <li>• ورود شرکت‌هایی که در کسب و کار دیگری فعال بوده‌اند و مبتنی بر استراتژی متنوع‌سازی به این حوزه ورود کرده‌اند (E2)</li> <li>• نقش کارآفرینی‌های دولتی در این حوزه (E3)</li> <li>• تعداد و میزان موفقیت آمیز بودن تجارب بکارگیری این فناوری در کشور (E4)</li> <li>• تنوع تجارب بکارگیری فناوری در محصولات مختلف و تنوع حوزه‌های فعالیت شرکت‌های فعال در این حوزه (E5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعداد تجارب کارآفرینانه یعنی تعداد ورود شرکت‌های جدید و شرکت‌های تغییر جهت داده به سمت این حوزه کسب‌وکار</li> <li>• میزان تنوع در تجارب کارآفرینانه یعنی میزان تنوع کاربردهای فناوری بکار گرفته شده در این صنعت</li> <li>• گستره فناوری‌های مورد استفاده و نوع تکنولوژی‌های مکمل به کار گرفته شده</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعداد شرکت های تازه وارد</li> <li>• تعداد شرکت های موجود که با استراتژی متنوع سازی که به این حوزه وارد شده اند</li> <li>• تعداد تجارب بکارگیری این فناوری جدید</li> </ul>	<p><b>فعالیت‌های کارآفرینانه (هکرت و دیگران) / تجارب کارآفرینانه (برگگ و دیگران)</b></p>
<p><b>کارکرد ۵) شکل گیری بازار (M):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• گستردگی بازار (M1)</li> <li>• مشوق‌ها و مکانیزم‌های نهادی شکل‌گیری بازار (M2)</li> <li>• نوع مشتریان و رفتار خرید آن‌ها (M3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان توسعه بازار یعنی حجم و اندازه بازار (نوزادی، میانجی، بلوغ)</li> <li>• محرک‌های شکل‌گیری بازار (وجود استانداردها، خریدهای خاص و ...)</li> <li>• مشتریان و نوع دیدگاه آن‌ها به خرید در این حوزه</li> <li>• فرآیندهای خرید</li> <li>• مصرف‌کنندگان پیشرو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعداد بازارهای خالی معرفی شده برای کاربردهای فناوری</li> <li>• ایجاد مزیت های رقابتی خاص برای فناوری مانند رژیم های مالیاتی خاص، ایجاد استانداردهای حمایتی و دیگر مشوق ها</li> </ul>	<p><b>شکل گیری بازار</b></p>
<p><b>کارکرد ۶) تامین و تخصیص منابع (R):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• پرورش و در دسترس بودن منابع انسانی مورد نیاز (R1)</li> <li>• تامین منابع مالی تحقیقات و نوآوری (R2)</li> <li>• وجود سرمایه‌های مکمل (R3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• منابع انسانی در حوزه‌های علمی و فنی و همچنین حوزه‌های مدیریتی، مالی و کارآفرینی</li> <li>• سرمایه‌های مالی مانند وام‌ها، سرمایه‌گذاری خطرپذیر، شرکت‌های تغییر جهت داده و ...</li> <li>• سرمایه‌های مکمل مانند محصولات و خدمات مکمل، زیرساخت‌های شبکه و ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• منابع مالی در دسترس برای فعالیت های تحقیقاتی بلندمدت توسط صنعت و دولت</li> <li>• منابع مالی در دسترس برای آزمایش و بکارگیری فناوری های جدید در بازارهای خالی از طریق فعالیت های کارآفرینانه</li> <li>• نحوه درک و برداشت بازیگران کلیدی این حوزه در زمینه میزان دسترسی به منابع انسانی و مالی کافی</li> </ul>	<p><b>تامین و تخصیص منابع</b></p>
<p><b>کارکرد ۷) نهادینه سازی و قانون مهندسازی (I):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• طراحی نهادها و قانون‌مند نمودن فناوری (I1)</li> <li>• شکل‌گیری لابی‌های قدرت و تشکل‌های حمایتی (I2)</li> <li>• فعالیت های ترویجی (I3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان قوت و استحکام نهادینه‌سازی (میزان تطابق با قوانین و نهادهای موجود)</li> <li>• چه چیزی (چه کسی) و چگونه بر نهادینه‌شدن تاثیر می‌گذارد</li> <li>• چگونه نهادینه‌سازی بر تقاضا، قانون‌گذاری و رفتار شرکت‌ها تاثیر می‌گذارد (چشم‌اندازسازی و ترویج آن)</li> <li>• شکل‌گیری گروه‌های فشار و لابی</li> <li>• شکل‌گیری همایش‌ها و گردهم‌آیی‌ها</li> <li>• وجود یا عدم وجود بازیگران دارای توان مالی و سیاسی قوی تاثیرگذار</li> <li>• توقعات و چشم‌اندازها</li> <li>• تبلیغات در مجلات و رسانه‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• شکل‌گیری و رشد گروه های هوادار</li> <li>• لابی‌ها و فعالیت های هوادارانه</li> </ul>	<p><b>قانون‌مهندسازی، نهادینه‌سازی و خشی کردن مقاومت‌ها</b></p>

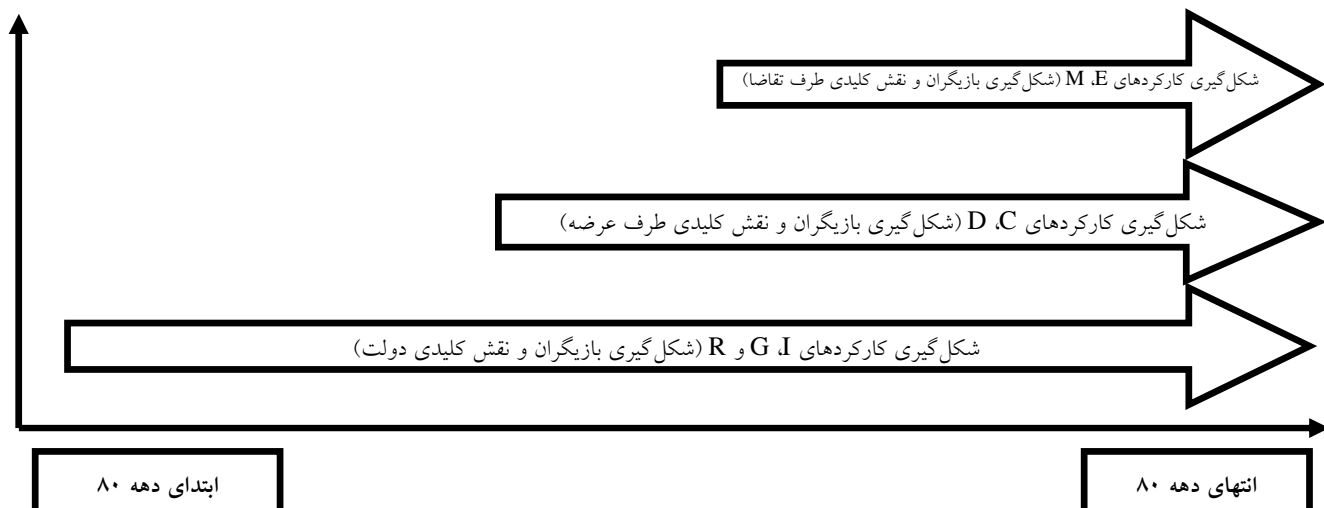


نوآوری و تامین و تخصیص منابع زمینه را برای شکل‌گیری کارکردهای خلق و توسعه دانش و انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت در بخش‌های تحقیقاتی و دانشگاهی فراهم کرده است. پس از یک دوره زمانی مشاهده می‌شود که طرف تقاضا فعال شده و کارکردهای شکل‌گیری بازار و فعالیت‌های کارآفرینانه ظهور می‌یابند.

جمع‌بندی نگاشت تاریخی داده‌ها نشان می‌دهد که توالی شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری نانو فناوری در ایران از یک سیر منطقی به صورت شکل ۱ پیروی می‌کند. بدین صورت که ابتدا کارکرد نهادینه‌سازی و قانونمندی‌سازی (I) عمدتاً از طریق ایفای نقش دولت شکل گرفته و در ادامه آن دولت با تاثیرگذاری بر کارکردهای هدایت تحقیقات و

جدول ۲) مجموعه فعالیت‌های کلیدی در مسیر شکل‌گیری نانو فناوری در ایران (نگاشت تاریخی داده‌ها)

ردیف	فعالیت انجام شده / رویداد اتفاق افتاده	تعداد مصاحبه شونده‌گانی که به این موضوع اشاره کرده‌اند	کد کارکرد و مولفه مرتبط (بر اساس مدل مفهومی)	زمان شکل‌گیری		
				ابتدای دهه ۸۰		انتهای دهه ۸۰
۱.	نامه یک محقق به رئیس جمهور و تأکید بر توجه به این حوزه	۹	I2	I		
۲.	راه‌اندازی سایت کمیته مطالعات نانو فناوری در دفتر همکاری‌ها	۷	I3	I		
۳.	برگزاری جلسات، سخنرانی‌ها و کنفرانس داخلی معرفی نانو فناوری	۶	I3 G1	I, G		
۴.	انتشار خبرنامه نانو فناوری توسط دفتر همکاری‌ها	۹	I3	I		
۵.	تشکیل ستاد نانو فناوری در کشور توسط رئیس جمهور	۹	I2	I		
۶.	فعالیت گسترده دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	۹	I2	I		
۷.	تخصیص بودجه خاص به ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	۹	R2	R		
۸.	راه‌اندازی گروه‌های کاری نانو فناوری در وزارتخانه‌های مختلف	۹	I2	I		
۹.	تشکیل کارگروه زیرساخت‌های توسعه فناوری نانو	۸	I2	I		
۱۰.	تدوین برنامه‌های توسعه ۱۰ ساله برای حوزه نانو فناوری	۹	G2	G		
۱۱.	شکل‌گیری و رشد شبکه آزمایشگاه‌های نانو فناوری کشور	۹	R3 II D1	I, R, D		
۱۲.	تشکیل کمیته استانداردهای سازی فناوری نانو	۹	R3 II	R, I		
۱۳.	شکل‌گیری شبکه شرکت‌های نانو	۹	R3 II D1	I, R, D		
۱۴.	شکل‌گیری و رشد مراکز رشد و پارک‌های فناوری در کشور	۷	R3	R		
۱۵.	رشد دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه نانو فناوری	۸	R3 D1	R, D		
۱۶.	شکل‌گیری و رشد مراکز ارائه دهنده خدمات مالکیت فکری	۶	R3 II	R, I		
۱۷.	حمایت از پایان‌نامه‌ها و تحقیقات حوزه نانو فناوری	۷	R2	R		
۱۸.	رشد پایان‌نامه‌ها و تحقیقات مرتبط با نانو فناوری در کشور	۷	C1	C		
۱۹.	رشد نمایی انتشار مقالات بین‌المللی در حوزه نانو فناوری	۹	C1	C		
۲۰.	رشد دانشجویان تحصیلات تکمیلی فعال در حوزه نانو	۷	R1 D1	R, D		
۲۱.	رشد اعضای هیات علمی فعال در حوزه نانو	۷	R1 D1	R, D		
۲۲.	تصویب سیاست‌های فناوری نانو توسط شورای انقلاب فرهنگی	۹	I2 G2	I, G		
۲۳.	سند تکمیلی دوم با افق زمانی سه سال	۹	G2	G		
۲۴.	رشد شرکت‌های فعال در حوزه نانو	۶	D1 E1	D, E		
۲۵.	رشد تعداد واحدهای مستقر در مراکز رشد فناوری	۵	D1 E1	D, E		
۲۶.	ورود شرکت‌هایی از حوزه‌های کسب و کار نزدیک و بهره‌بردار	۵	M1 E1	E, M		
۲۷.	رشد پتنت‌های ثبت شده بین‌المللی	۵	C1	C		
۲۸.	رشد سمینارها و همایش‌های تخصصی مرتبط	۷	G1 D2	G, D		
۲۹.	شکل‌گیری دانشگاه‌های دارای رشته‌های تحصیلات تکمیلی	۷	R3 D1	R, D		
۳۰.	ارایه حمایت‌های خاص از کارآفرینی و محصولات ارایه شده	۷	M2 G2	G, M		
۳۱.	تبدیل شبکه شرکت‌ها به کریدور نانو فناوری کشور	۹	R3 II D1	D, R, I		
۳۲.	انتقال ستاد توسعه نانو فناوری به زیرمجموعه معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری به‌عنوان ستاد فناوری راهبردی	۹	I2 G2	I, G		
۳۳.	تدوین نقشه جامعه علمی کشور و تعیین نانو به‌عنوان یک حوزه اولویت دار	۹	I2 G2	I, G		



شکل (۱) توالی شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری نانوفناوری در ایران (پردازش شده توسط نویسندگان)

#### ۴- تجزیه و تحلیل مسیر شکل‌گیری کارکردهای نظام

##### نوآوری نانوفناوری مبتنی بر نتایج پیمایش

برای انجام این بخش، پرسشنامه‌ای مشتمل بر ۶۳ پرسش تدوین گردید که وضعیت کارکردهای ۷ گانه نظام نوآوری را سنجش می‌نمایند و با توجه به اینکه از سوی خبرگان تایید گردید، دارای روایی صوری یا محتوایی است. برای سنجش پایایی نیز بر روی ۳۴ پرسش‌نامه تکمیل شده، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردید که برای همه ابعاد و مولفه‌های مدل، ضریب آلفا بالاتر از ۰,۷ بوده و ضریب آلفای کل پرسش‌نامه برابر با ۰,۹۵۷ شد که نشان‌دهنده پایایی بالای آن است. برای محاسبه تعداد نمونه نیز ابتدا به تعریف عملیاتی خبرگان پرداخته شد که دربرگیرنده ۳ دسته از خبرگان حوزه نانوفناوری است:

- مدیران و کارآفرینان صنعتی
  - پژوهشگران و اساتید دانشگاهی و غیردانشگاهی
  - سیاست‌گذاران و یا مدیران درگیر در فرآیند سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه فناوری در کشور و به ویژه در بخش نانوفناوری
- برای این منظور از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای نسبی استفاده شد. با توجه به اینکه آمار دقیقی از خبرگان و فعالان بخش نانوفناوری در کشور وجود ندارد، جامعه آماری تحقیق به صورت نامحدود در نظر گرفته شد و با استفاده از فرمول

محاسبه نمونه آماری جامعه نامحدود، تعداد نمونه آماری برابر با ۱۶۹ محاسبه گردید که در نهایت ۱۷۱ پرسش‌نامه مبنای تحلیل‌های آماری قرار گرفت. لازم به ذکر است که در فرمول محاسبه نمونه آماری، واریانس جامعه بر اساس پیش‌آزمون برآورد گردید که برابر با ۰,۳۱۷ شد و میزان خطای مجاز برابر با ۰,۰۸۵ در نظر گرفته شد و با فرض احتمال ۹۵٪ محاسبه گردیده است.

در این بخش با استفاده از پیمایش انجام شده و داده‌های جمع‌آوری شده، ابتدا با بهره‌گیری از تحلیل عاملی تاییدی، ابعاد و مولفه‌های مدل به تایید می‌رسند و سپس با بهره‌گیری از مدل معادلات ساختاری مسیر تاثیرگذاری کارکردهای نظام نوآوری بر یکدیگر شناسایی می‌شود.

#### ۴-۱ تحلیل عاملی تاییدی سازه‌های مدل (کارکردهای نظام

##### نوآوری فناورانه)

برای بررسی روایی سازه‌ای ابزار تحقیق و برازش الگوی اندازه‌گیری، از تحلیل عاملی تاییدی با استفاده از نرم‌افزار لیزرل استفاده شد. معمولاً شاخص‌های مختلفی برای سنجش برازش مدل وجود دارد ولی معمولاً برای تأیید مدل، استفاده از ۳ تا ۵ شاخص کافی است. در این تحقیق برای ارزیابی نیکویی برازش از شاخص‌های زیر استفاده شده است:

- شاخص  $2/df$ : به عنوان یک شاخص تناسب تطبیق و تعدیل مدل با اندازه نمونه است. مقدار این آزمون باید کمتر از ۴ باشد.
  - شاخص RMSEA: تحت عنوان ریشه متوسط مجذور خطاهای تخمین می‌باشد و بنابراین این عدد باید هر چه کوچکتر و به صفر نزدیک باشد تا برازش مدل بهتر شود (این عدد باید کوچکتر از ۰,۰۸ باشد).
  - شاخص‌های GFI, CFI, NFI, NNFI: شاخص‌های مختلفی هستند که نشان دهنده میزان نیکویی برازش مدل هستند و هر چه به عدد ۱ نزدیک تر باشند، نشان دهنده برازش بهتر مدل می‌باشند (این شاخص‌ها باید بالاتر از ۰,۹ باشند).
- نتایج تحلیل عاملی تاییدی نشان دهنده این است که مولفه‌های استخراج شده برای هر کدام از کارکردهای نظام نوآوری مناسب بوده و تبیین کننده مناسبی برای این کارکردها هستند (جدول ۳).

جدول ۳) نتایج تحلیل عاملی تاییدی بر روی مولفه‌های مرتبط با کارکردهای نظام نوآوری نانوفناوری در ایران

شاخص‌های برازش مدل						ضریب T (آزمون معنی داری)	ضریب بار عاملی ( )	مولفه	کارکرد	
t2/df	RMSEA	GFI	CFI	NFI	NNFI					
۱,۰۶	۰,۰۱۹	۰,۹۶	۱	۰,۹۷	۱	۵,۸۳	۰,۵۴	۰,۷۴	C1	خلق و توسعه دانش (C)
						۵,۴۳	۰,۳۹	۰,۶۳	C2	
						۵,۵۶	۰,۴۳	۰,۶۵	C3	
۰,۸۱	۰	۰,۹۹	۱	۰,۹۹	۱	۸,۱۶	۰,۳۸	۰,۶۲	D1	انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت (D)
						۷,۹۷	۰,۳۷	۰,۶۱	D2	
						۸,۰۲	۰,۳۷	۰,۶۱	D3	
						۱۰,۹۳	۰,۶۱	۰,۷۸	D4	
						۱۰,۴۴	۰,۵۹	۰,۷۷	D5	
						۹,۶۲	۰,۵۴	۰,۷۴	D6	
۰,۸۹	۰	۰,۹۷	۱	۰,۹۸	۱	۷,۸۳	۰,۶۱	۰,۷۸	G1	هدایت تحقیقات و نوآوری (G)
						۷,۲۶	۰,۷۳	۰,۸۵	G2	
						۷,۲۲	۰,۵	۰,۷۱	G3	
۰,۴۱	۰	۱	۱	۱	۱,۰۲	۶,۸۵	۰,۲۷	۰,۵۲	E1	فعالیت‌های کارآفرینانه (E)
						۱۱,۰۶	۰,۶۹	۰,۸۳	E2	
						۸,۴	۰,۳۸	۰,۶۲	E3	
						۹,۶۸	۰,۴۹	۰,۷۰	E4	
						۹,۶۶	۰,۵۸	۰,۷۶	E5	
۱,۹۶	۰,۰۷۵	۰,۹۵	۰,۹۸	۰,۹۶	۰,۹۶	۷,۲۳	۰,۵۲	۰,۷۲	M1	شکل‌گیری بازار (M)
						۸,۳	۰,۵۰	۰,۷۱	M2	
						۱۱,۹۵	۰,۹۵	۰,۹۷	M3	
۰,۸	۰	۰,۹۷	۱	۰,۹۷	۱,۰۱	۶,۲	۰,۸۳	۰,۹۱	R1	تامین و تخصیص منابع (R)
						۷,۸۷	۰,۶۲	۰,۷۹	R2	
						۳,۹۲	۰,۳۳	۰,۵۷	R3	
۱,۰۹	۰,۰۲۳	۰,۹۶	۰,۹۹	۰,۹۶	۰,۹۹	۵,۲۵	۰,۳	۰,۵۵	I1	نهادینه‌سازی و قانونمندسازی (I)
						۵,۰۶	۰,۸۱	۰,۹	I2	
						۷,۲۴	۰,۵۵	۰,۷۴	I3	

شناسایی مسیرهای بالقوه می‌شود و تا آنجا پیش می‌رویم تا کلیه کارکردها وارد مدل شوند. بر اساس نتیجه اولیه، برخی از مسیرها دارای مقادیر معنی داری مناسبی نبوده و به علت پایین بودن مقدار  $t$  حذف می‌شوند. پس از حذف مسیرهای دارای ضریب معنی داری کمتر از ۱,۹۶، مدل کامل و جدیدی برای شکل‌گیری نظام نوآوری بخش نانوفناوری بر اساس مدل یابی معادلات ساختاری به دست آمده است. مجموعه فرضیه‌های رد نشده بر اساس مدل معادلات ساختاری در مسیر شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری بخش نانوفناوری در جدول ۴ و شکل ۲ آمده است.

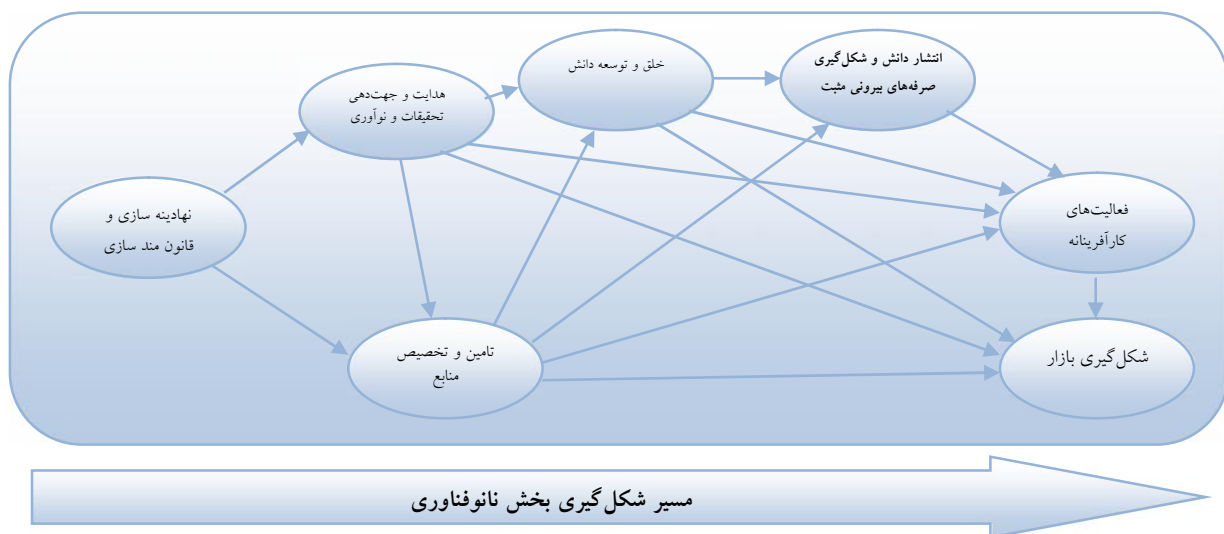
#### ۲-۴ تحلیل مسیر تاثیرگذاری کارکردهای نظام نوآوری

#### نانوفناوری بر یکدیگر با استفاده از مدل معادلات ساختاری

برای استخراج مدل مفهومی، از روش تحلیل مسیر اکتشافی استفاده شد. در این روش ابتدا همبستگی میان کارکردهای مختلف استخراج شده و بر این اساس، ابتدا کارکردهایی که دارای بیشترین همبستگی با دیگر کارکردها هستند در مدل قرار داده شده و ارتباط آنها با دیگر کارکردها با استفاده از مدل معادلات ساختاری استخراج می‌شود و به همین ترتیب با توجه به نتایج تحقیق کیفی و مسیرهای شکل‌گیری استخراج شده در روش نگاهت تاریخی داده‌ها اقدام به

جدول ۴) مقادیر معنی داری روابط موجود در مدل معادلات ساختاری تحلیل مسیر تاثیرگذاری کارکردهای نظام نوآوری بخش نانوفناوری

شماره مسیر	مسیر تاثیرگذاری	T
۱.	کارکرد "نهادینه سازی و قانونمندی سازی (I)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "هدایت تحقیقات و نوآوری (G)" می‌شود.	۰,۶۱
۲.	کارکرد "نهادینه سازی و قانونمندی سازی (I)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" می‌شود.	۰,۳۴
۳.	کارکرد "هدایت تحقیقات و نوآوری (G)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" می‌شود.	۰,۴۶
۴.	کارکرد "هدایت تحقیقات و نوآوری (G)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "خلق و توسعه دانش (C)" می‌شود.	۰,۳۶
۵.	کارکرد "هدایت تحقیقات و نوآوری (G)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "شکل‌گیری بازار (M)" می‌شود.	۰,۲۷
۶.	کارکرد "هدایت تحقیقات و نوآوری (G)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "فعالیت‌های کارآفرینانه (E)" می‌شود.	۰,۳۹
۷.	کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "خلق و توسعه دانش (C)" می‌شود.	۰,۲۴
۸.	کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی (D)" می‌شود.	۰,۳۵
۹.	کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "فعالیت‌های کارآفرینانه (E)" می‌شود.	۰,۲
۱۰.	کارکرد "تامین و تخصیص منابع (R)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "شکل‌گیری بازار (M)" می‌شود.	۰,۱۷
۱۱.	کارکرد "خلق و توسعه دانش (C)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی (D)" می‌شود.	۰,۴
۱۲.	کارکرد "خلق و توسعه دانش (C)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "فعالیت‌های کارآفرینانه (E)" می‌شود.	۰,۱۳
۱۳.	کارکرد "خلق و توسعه دانش (C)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "شکل‌گیری بازار (M)" می‌شود.	۰,۱۲
۱۴.	کارکرد "انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی (D)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "فعالیت‌های کارآفرینانه (E)" می‌شود.	۰,۲۸
۱۵.	کارکرد "فعالیت‌های کارآفرینانه (E)" منجر به شکل‌گیری کارکرد "شکل‌گیری بازار (M)" می‌شود.	۰,۳۳



شکل ۲) مسیر شکل‌گیری کارکردهای بخش نانوفناوری بر اساس نتایج تحقیق حاضر

چند نکته کلیدی دست یافت:

- نکته اول و کلیدی این است که استفاده از رویکرد کارکردی و نگاشت تاریخی داده‌ها می‌تواند در شناخت بهتر مسیر رشد و نحوه سیاست‌گذاری یک حوزه نوظهور کمک شایانی کند. همان‌طور که نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد، همه کارکردهای نظام نوآوری نوظهور در شکل‌گیری بخش نانوفناوری ایران با تقدم و تاخر و با قوت و ضعف شکل گرفته‌اند و مساله اساسی، توجه بیشتر به کارکردهای ضعیف‌تر و مهم‌تر از آن تعاملات میان کارکردها است که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

- نکته دوم، مسیر شکل‌گیری و تعاملات و تاثیرگذاری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور بر یکدیگر است که نشان‌دهنده نحوه و شدت تاثیرگذاری کارکردها بر یکدیگر است و در مبانی نظری تحت عنوان چهار موتور شکل‌گیری این نظام‌ها می‌توان به آن اشاره کرد. بر اساس مقایسه نتایج تحقیق با این موتورهای شکل‌گیری می‌توان ردپایی از شکل‌گیری ناقص موتور فشار علم و فناوری را با تقویت کارکردهای خلق و توسعه دانش و انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت در مرحله دوم شکل‌گیری نانوفناوری و همچنین شکل‌گیری ناقص موتورهای کارآفرینی و بازار با تقویت کارکردهای فعالیت‌های کارآفرینانه و شکل‌گیری بازار در مرحله سوم شکل‌گیری نانوفناوری می‌باشد. البته هر دو این موتورها با تلاش دولت برای ایجاد موتور ساخت سیستم در ابتدای دوره شکل‌گیری نانوفناوری بوده است که به نظر می‌رسد به علت عدم شکل‌گیری ظرفیت‌های اولیه در بخش‌های عرضه و تقاضا و عدم بهره‌گیری موثر سیاست‌های تقویت‌کننده تعاملات این دو بخش، نتوانسته که در بلندمدت به درستی عمل نماید.

از این تحقیق نتایجی نیز در جهت سیاست‌گذاری بخش نانوفناوری قابل استخراج است:

- موضوع مهم این است که بر اساس مدل نهایی استخراج شده، دو مسیر در شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری نانوفناوری مشاهده می‌شود ولی نکته قابل توجه در رابطه

بر اساس مدل نهایی معادلات ساختاری، عملاً دو مسیر کلیدی در شکل‌گیری نظام نوآوری نانوفناوری قابل ردیابی هستند:

- مسیر اول از تاثیر کارکرد I بر G و R شروع شده و سپس تاثیر G و R بر C و D و در نهایت تاثیرگذاری D بر E به پایان می‌رسد و در واقع، نشان‌دهنده نحوه شکل‌گیری از طریق تقویت فعالیت‌های مرتبط با خلق، توسعه و انتشار دانش است و عمدتاً به نحوه تقویت بخش‌های دانشگاهی و تحقیقاتی از سوی دولت بر می‌گردد.
- مسیر دوم از تاثیر کارکرد I بر G و R شروع شده و سپس تاثیر G و R بر E و M به پایان می‌رسد. در واقع این مسیر، نشان‌دهنده نحوه شکل‌گیری از طریق تقویت فعالیت‌های مرتبط با شکل‌گیری بازار و کارآفرینی است و عمدتاً به نحوه تقویت طرف تقاضا و بخش صنعت از سوی دولت بر می‌گردد.

از طریق مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ نیز می‌توان دریافت که نتایج حاصل از نگاشت تاریخی داده‌ها با نتایج تحقیق حاصل از مدل تحلیل مسیر معادلات ساختاری همخوانی دارد. زیرا تحلیل تاریخی نشان می‌دهد که سه کارکرد نهادینه‌سازی و قانونمندی‌سازی، هدایت و جهت‌دهی تحقیقات و نوآوری، و تامین و تخصیص منابع در ابتدای دوره شکل‌گیری بوده‌اند و سپس کارکردهای خلق و توسعه دانش و انتشار دانش و شکل‌گیری صرفه‌های بیرونی مثبت در ادامه مسیر شکل گرفته‌اند و در نهایت کارکردهای فعالیت‌های کارآفرینانه و شکل‌گیری بازار در مسیر تاریخی این حوزه تقویت شده‌اند و این نحوه شکل‌گیری کارکردها در مدل تحلیل مسیر حاصل از معادلات ساختاری نیز این تایید می‌شود و میزان و نحوه تاثیرگذاری هر کدام از کارکردها در این مسیر قابل شناسایی و تحلیل می‌باشد.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری نانوفناوری در ایران استخراج شده است و بر این اساس روابط تاثیرگذاری میان کارکردهای مختلف به دست آمده است. از مقایسه نتایج تحقیق با مبانی نظری تحقیق می‌توان به

نوظهور ارایه شده در بخش مبانی نظری تحقیق، مورد تحلیل قرار داد. برخلاف موتورهای دیگر که در آنها یکی از بخش‌های طرف تقاضا یا عرضه و یا ترکیبی از آنها منجر به شکل‌گیری نظام نوآوری می‌شوند، در این موتور حضور و فعالیت دولت به عنوان ایجاد کننده نیاز و تقویت کننده طرف عرضه مهم و کلیدی است و از این طریق سعی دارد که شکست‌های بازاری موجود در این بخش را جبران نماید.

- یکی از نکات کلیدی در مسیر شکل‌گیری بخش نانو فناوری در ایران، یک‌پارچگی فعالیت‌ها و مسیر شکل‌گیری کارکردهای نظام بوده است که بدون وقفه ادامه داشته است و با وجود برخی پستی و بلندی‌ها، مسیر شکل‌گیری این بخش از یک رویکرد نسبتاً هدفمند تبعیت نموده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این موضوع می‌تواند وجود ثبات نسبی مدیریتی در این بخش و وجود یک نهاد متولی قدرتمند و با ثبات باشد که باعث شده است، سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه این بخش به صورت هدفمند دنبال شده و از یک یکپارچگی نسبی در طول زمان برخوردار باشد.

این تحقیق نشان می‌دهد که با وجود حضور کم یا زیاد هر کدام از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در بخش نانو فناوری ایران، هنوز همه چرخه‌های تاثیرگذاری لازم میان این کارکردها شکل نگرفته‌اند. با وجود نقش قابل توجه دولت در شکل‌دهی به این کارکردها، هنوز ارتباطات و تعاملات لازم میان کارکردهای طرف عرضه و تقاضا شکل نگرفته و چرخه‌های تقویت کننده میان آنها ایجاد نشده است.

## References

## منابع

- [۱] منطقی، منوچهر، حسینی، علی و بوشهری، علیرضا، ۱۳۸۸، "شناسایی چالش‌های سیاست‌گذاری در نظام ملی نوآوری ایران"، فصلنامه سیاست علم و فناوری، ۲(۳)، صص. ۱۰۲-۸۷.
- [۲] حاجی حسینی، حجت‌ا.، محمدی، مهدی، عباسی، فرهاد و الیاسی، مهدی، ۱۳۹۰، "تحلیل حکمرانی نظام نوآوری ایران بر پایه چرخه سیاست‌گذاری نوآوری"، فصلنامه سیاست علم و فناوری، ۴(۱)، صص. ۳۳-۴۸.

با این دو مسیر، وجود رابطه ضعیف میان آنها است. به عبارت دیگر، فعالیت‌های مرتبط با تقویت طرف عرضه در مسیر اول با فعالیت‌های مرتبط با تقویت طرف تقاضا در مسیر دوم ارتباط معنی دار ضعیفی دارند و این نشان می‌دهد که با وجود شکل‌گیری کارکردهای مرتبط با طرف تقاضا و طرف عرضه در این نظام، دولت هنوز نتوانسته است که رابطه میان این دو بخش را به خوبی ایجاد کند. به عبارت دیگر، فعالیت‌های طرف عرضه و طرف تقاضا بر یکدیگر تاثیر کمی داشته و یا دانش خلق شده و انتشار یافته در بخش نانو فناوری، به صورتی موثر در بازار و فعالیت‌های کارآفرینانه این بخش به کار گرفته نشده‌اند.

- موضوع مهم دیگری که در این باره وجود دارد این است که مسیر تامین و تخصیص منابع، رابطه قویتری با مسیرهای خلق و انتشار دانش داشته و عمدتاً به تقویت طرف عرضه معطوف است و ارتباط آن با شکل‌گیری بازار و کارآفرینی و طرف تقاضا به مراتب ضعیف‌تر می‌باشد و این موضوع می‌تواند نشان دهنده ضعفی اساسی در نظام نوآوری و فرآیند سیاست‌گذاری این حوزه باشد.

- بر اساس، تحلیل‌های کیفی و کمی انجام شده در این تحقیق به راحتی می‌توان دریافت که نقش دولت در شکل‌گیری کارکردهای نهادینه‌سازی و قانون‌مندی‌سازی، هدایت تحقیقات و نوآوری و تامین و تخصیص منابع نقشی کلیدی بوده است، به طوری که شکل‌گیری این سه کارکرد، باعث شکل‌گیری بقیه کارکردهای نظام نوآوری نانو فناوری در ایران شده است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که نقش دولت در قالب ایجاد و توسعه نهادهایی مانند ستاد نانو و دبیرخانه آن و همچنین تدوین و توسعه برنامه‌های بلندمدت و تامین منابع مالی و زیرساخت‌های لازم و پرورش منابع انسانی مورد نیاز برای این حوزه به عنوان محرک‌های اصلی شکل‌گیری این نظام بوده است. بر این اساس، ما این مسیر شکل‌گیری را تحت عنوان "موتور شکل‌گیری حمایت و فشار دولت" نام‌گذاری می‌کنیم تا بتوان آن را در مقایسه با دیگر موتورهای شکل‌گیری نظام‌های نوآوری فناورانه

Analysis of the German, Dutch and Swedish Wind Turbine Industries”, In: S. Metcalfe and U. Cantner (Eds.), *Change, Transformation and Development*, Physica-Verlag, Heidelberg, pp. 197-227.

[16] Bergek, A., Jacobsson, S., Hekkert, M. and Smith, K., 2007, “Functionality of innovation systems as a rationale for, and guide to innovation policy”, In: R. Smits, S. Kuhlmann and P. Shapira (Eds.), *Innovation Policy, Theory and Practice*, An International Handbook, Elgar Publishers.

[17] Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. and Rickne, A., 2005, “Analyzing the dynamics and functionality of sectoral innovation systems”, a manual, report delivered to VINNOVA, *The Proceedings of the DRUID Tenth Anniversary Summer Conference*, Copenhagen.

[18] Markard, J. and Truffer, B., 2008, “Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework”, *Research Policy*, 37, pp. 596-615.

[19] Negro, S.O., Hekkert, M.P. and Smits, R.E., 2007, “Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion — a functional analysis”, *Energy Policy*, 35(2), pp. 925-938.

[20] Suurs, R.A. and Hekkert, M.P., 2009, “Cumulative causation in the formation of a technological innovation system: The case of biofuels in the Netherlands”, *Technological Forecasting & Social Change*, 76, pp. 1003-1020.

[21] Suurs, R.A. and Hekkert, M.P., 2009, “Competition between first and second generation technologies: Lessons from the formation of a biofuels innovation system in the Netherlands”, *Energy*, 34(5), pp. 669-679.

[22] Alphen, K., Ruijven, J., Sjur, K., Hekkert, M. and Turkenburg, W., 2009, “The performance of the Norwegian carbon dioxide, capture and storage innovation system”, *Energy Policy*, 37, pp. 43-55.

[23] Alphen, k., Hekkert, M. and Turkenburg, W., 2009, “Comparing the development and deployment of carbon capture and storage technologies in Norway, the Netherlands, Australia, Canada and the United States—An innovation system perspective”, *Energy Procedia*, 1(1), pp. 4591-4599.

[24] Alkemade, F., Kleinschmidt, C. and Hekkert, M., 2007, “Analysing emerging innovation systems: a functions approach to foresight”, *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 3(2), pp. 139-168.

[25] Johnson, A. and Jacobsson, S., 2001, “Inducement and blocking mechanisms in the development of a new industry: the case of renewable energy technology in Sweden”, In: R. Coombs, K. Green, V. Walsh and A. Richards (Eds.), *Technology and the Market: Demand, Users and Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.

[26] Suurs, R.A.A., 2009, “Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems”, GeoMedia, Faculty of Geosciences, Utrecht University.

[3] Carlsson, B. and Stankiewicz, R., 1991, “On the Nature, Function, and Composition of Technological Systems”, *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), pp. 93-118.

[4] Bergek, A., Jacobsson, S. and Hekkert, M., 2007, “Functions in innovation systems: a framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers”, In: T. Foxon, J. K’ohler and C. Oughton (Eds.), *Innovations for a Low Carbon Economy: Economic, Institutional and Management Approaches*, Edward Elgar, Cheltenham.

[5] Lundvall, B.-Å., 2005, “National innovation systems - analytical concept and development tool”, DRUID Tenth Anniversary Summer Conference.

[6] Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Linmark, S. and Rickne, A., 2008, “Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis”, *Research Policy*, 37, pp. 407-429.

[7] Edquist, C., 2004, “Systems of innovation: perspectives and challenges”, In: J. Fagerberg, D.C. Mowery and R.R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.

[8] Hekkert, M.P., Suurs, R., Kuhlmann, S. and Smits, R., 2007, “Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change”, *Technological Forecasting & Social Change*, 74, pp. 413-432.

[9] Carlsson, B. and Jacobsson, S., 2004, “Dynamics of Innovation Systems – Policy-Making in a Complex and Non-Deterministic World”, Paper presented at the *International Workshop of Functions in Innovation Systems* at the University of Utrecht, June 23-24th 2004, Utrecht, the Netherlands.

[10] Hekkert, M.P. and Negro, S. 2009, “Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims”, *Technological Forecasting & Social Change*, 76, pp. 584-594.

[11] Negro, S., Hekkert, M.P. and Smits, R., 2008, “Stimulating renewable energy technologies by innovation policy”, *Science and Public Policy*, 35(6), pp. 403-416.

[12] Negro, S., Suurs, R.A.A. and Hekkert, M.P., 2008, “The bumpy road of biomass gasification in the Netherlands: Explaining the rise and fall of an emerging innovation system”, *Technological Forecasting & Social Change*, 75, pp. 55-77.

[13] Ørstavik, F. and Nas, S.O., 1997, “Institutional mapping of the Norwegian national system of innovation”, STEP group, available from: <http://www.oecd.org/sti/inno/2369397.pdf>.

[14] Jacobsson, S. and Johnson, A., 2000, “The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research”, *Energy Policy*, 28, pp. 625-640.

[15] Bergek, A. and Jacobsson, S., 2003, “The Emergence of a Growth Industry: A Comparative