

نشریه علمی - پژوهشی بهبود مدیریت  
سال یازدهم، شماره ۲، پیاپی ۳۶، تابستان ۱۳۹۶  
صفحات ۱۴۸ - ۱۲۵

## تبیین کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نانو در ایران

( تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴ )

حمیدرضا امیری نیا<sup>۱\*</sup>، سید حبیب‌الله طباطبائی<sup>۲</sup>، علی محمد سلطانی<sup>۳</sup>، سید مصطفی محمدپور<sup>۴</sup>

### چکیده

امروزه فناوری در خلق ثروت و رقابت‌پذیری در سطح ملی و صنعت نقش مؤثری را ایفا می‌کند و توسعه فناوری‌ها یکی از اولویت‌دارترین بخش‌های برنامه‌های توسعه‌ای کشورها می‌باشد. در این میان دستیابی به فناوری‌های نوظهور از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. لذا شناخت نحوه شکل‌گیری و توسعه حوزه‌های نوظهور و نحوه سیاست‌گذاری برای توسعه آن‌ها از جمله مسائل اساسی سیاست‌گذاران این حوزه‌ها می‌باشد. مقاله حاضر بدنبال شناسایی و تبیین مدل توسعه فناوری نانو در ایران با بهره‌گیری از نظام نوآوری فناورانه می‌باشد. از اینرو ابتدا محقق با استفاده از روش تحلیل تاریخی وقایع و مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان حوزه نانو، تعداد ۲۳۳ رویداد مؤثر بر توسعه این فناوری را شناسایی و در ادامه با نرم افزار MAXQDA این رویدادها را دسته‌بندی نموده است. از این میان تعداد ۱۷۱ رویداد با کارکردهای مدل نظام نوآوری سورس و هکرت (۲۰۰۹) منطبق و تعداد ۶۲ رویداد در این مدل قرار نگرفت. محقق با توجه به شرایط موجود در نظام نوآوری ملی ایران و نبود زیرساخت‌های لازم در این حوزه کارکرد تأمین و تسهیل منابع را به دو کارکرد توسعه منابع انسانی و تأمین منابع مالی تقسیم و کارکرد بیرونی به نام بین‌المللی‌سازی را در مدل توسعه فناوری نانو ایران پیشنهاد نموده است. در نهایت با تأیید خبرگان حوزه نانو فناوری و رشته مدیریت فناوری، مدل نظام نوآوری فناوری نانو ایران با ۸ کارکرد اصلی و یک کارکرد بیرونی ارائه می‌گردد.

### کلمات کلیدی:

نظام نوآوری، نظام نوآوری فناورانه، فناوری نانو، تحلیل تاریخی وقایع.

\*۱- دانشجوی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

۳- عضو هیأت علمی پژوهشکده مطالعات فناوری

۴- کارشناس ارشد مدیریت فناوری دانشگاه تهران: m.mohamadpuor@alumni.ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

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 ارزیابی راهکارهای سیاستی توسعه فناوری و نوآوری ملی استفاده گسترده‌ای شده است. رویکرد نظام نوآوری کمی بیش از دو دهه‌ی پیش با کارهایی انجام گرفته توسط فریمن<sup>۱</sup> (۱۹۸۷)، لاندوال<sup>۲</sup> (۱۹۹۳)، و نلسون<sup>۳</sup> (۱۹۹۳) بوجود آمده است [۱۰، ۲۲، ۳۰]. ادکوئیست<sup>۴</sup> (۱۹۹۷) نظام نوآوری را به عنوان "مجموعه‌ای از عوامل مهم اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی و غیره که بر توسعه، انتشار و استفاده از نوآوری‌ها اثرگذارند" تعریف می‌کند [۸]. این بدان معناست که رویکرد نظام نوآوری به عوامل تبیین کننده نوآوری و نه به نتایج آن می‌پردازد.

با ظهور رویکرد نظام نوآوری، تأکید محققین عمدتاً بر نظام ملی نوآوری<sup>۵</sup> بود [۱۰، ۲۲، ۳۰]. با این وجود، با گذشت زمان انواع دیگری از نظام‌های نوآوری نظیر نظام نوآوری بخشی<sup>۶</sup>، نظام نوآوری منطقه‌ای<sup>۷</sup> و نظام نوآوری فناورانه<sup>۸</sup> مطرح گردید. مرزهای جغرافیایی نظام‌های نوآوری منزه‌ای در برگیرنده مناطق موجود در یک و یا چند کشور هستند [۷]. نظام‌های نوآوری فناورانه و بخشی بر زمینه‌های فناورانه و طیف‌هایی از محصولات تمرکز دارند [۴، ۶]. آنچه باید بدان توجه نمود مکمل بودن تمام این نظام‌های نوآوری با یکدیگر می‌باشد.

از سوی دیگر دستیابی به فناوری‌های نوظهور مانند نانوفناوری، 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. یکی از دلایل عدم موفقیت برخی از پروژه‌های ملی توسعه فناوری‌های نوظهور را می‌توان عدم وجود مدل و الگوی مناسب بومی در کشور به منظور تعیین بهترین مسیر توسعه فناوری دانست. با بررسی روند معرفی و ورود فناوری‌های نوظهور به کشور می‌توان دریافت که کشور همواره با نوعی غافلگیری در مواجهه با این نوع فناوری‌ها روبرو بوده است، که در برخی موارد با تعلل مسئولین مربوطه، ورود کشور به توسعه این فناوری با تأخیر مواجه شده که خود موجب عقب‌ماندگی کشور از کشورهای پیشرو شده است و در برخی دیگر، کشور همگام با کشورهای پیشرو و یا با اندکی تأخیر، اقدام به توسعه آن کرده است که در این موارد اغلب به دلیل عدم وجود مدل و الگوی مناسب بومی، مسئولین با نوعی سردرگمی در مورد نحوه و مسیر توسعه فناوری متناسب با

<sup>۱</sup> Freeman

<sup>۲</sup> Lundvall

<sup>۳</sup> Nelson

<sup>۴</sup> Edquist

<sup>۵</sup> National Innovation Systems (NIS)

<sup>۶</sup> Sectoral Innovation Systems (SIS)

<sup>۷</sup> Regional Innovation Systems (RIS)

<sup>۸</sup> Technological Innovation Systems (TIS)

شرایط و نیازهای کشور مواجه بوده‌اند، که این امر موجب از دست رفتن فرصت پیشتازی در توسعه فناوری‌های نوظهور و در نتیجه عدم بهره‌مندی از مزایای پیشرو بودن شده است که به تدریج، به دلیل کندی روند توسعه، کشور به یک پیرو در آن حوزه فناورانه تبدیل شده است. بنابراین شناخت نحوه شکل‌گیری و توسعه حوزه‌های نوظهور و نحوه سیاست‌گذاری برای توسعه آن‌ها از جمله مسائل اساسی سیاست‌گذاران این حوزه می‌باشد. از اینرو بهره‌گیری از رویکردی که بیشترین تطابق را با وضعیت این حوزه‌های نوظهور داشته و نقش کارکردهای مختلف را در مراحل بلوغ آن توصیف نماید، دارای اهمیت بسزائی می‌باشد. در این مقاله سعی شده است که با بهره‌گیری از یکی از رویکردهای نظام نوآوری، تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه به تحلیل حوزه فناوری نوظهور نانو که از ابتدای دهه ۱۳۸۰ توجه ویژه‌ای به توسعه آن در سطح ملی شده است پرداخته شود.

بدین منظور از چارچوب نظام نوآوری فناورانه سورس و هکرت (۲۰۰۹) برای تحلیل نحوه شکل‌گیری و توسعه فناوری نانو استفاده شده است [۱۵]. در ادامه با استفاده از روش تحلیل تاریخی وقایع و مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان حوزه نانو رویدادهای مؤثر بر توسعه فناوری نانو شناسایی، و این رویدادها با کارکردهای مدل نظام نوآوری فناورانه تطبیق داده شده است. در نهایت و با توجه به جلسات خبرگی، مدل توسعه فناوری نانو در ایران بر اساس ۸ کارکرد اصلی و یک کارکرد بیرونی ارائه شده است.

## ۲- بررسی مبانی نظری تحقیق

امروزه فناوری در خلق ثروت و رقابت‌پذیری در سطح ملی و صنعت نقش مؤثری را ایفا می‌کند و توسعه فناوری‌ها یکی از اولویت‌دارترین بخش‌های برنامه‌های توسعه‌ای کشورها می‌باشد. توسعه حوزه‌های فناورانه را می‌توان به شکل مجموعه‌ای از فرایندهای تدریجی<sup>۱</sup>، پیوسته در طول زمان، چند سطحی<sup>۲</sup>، چندمرحله‌ای<sup>۳</sup> و مقوم<sup>۴</sup> که با هدف ایجاد تغییرات فراگیر در ابعاد اجتماعی، فنی، اقتصادی به وقوع پیوسته، پیوسته، تعریف نمود. در ادبیات به مجموعه‌ای از این فرایندها، تلقی به گذارهای فناورانه می‌شود [۱۱،۱۳،۱۴]. توسعه حوزه‌های فناورانه در قالب گذارهای فناورانه را باید به صورت یک سیستم پیچیده و تکاملی در نظر گرفت. توسعه و گسترش این سیستم‌ها به طور طبیعی و خودبه‌خودی به وقوع نمی‌پیوندد، بلکه نیازمند هدایت و جهت‌دهی می‌باشد [۱۷،۲۷]. با توجه به این موضوع که فرایند توسعه فناوری‌های نوظهور، یک سیستم پیچیده و تکاملی است، رویکردی که برای تحلیل آن نیز به کار می‌رود باید قابلیت درک ماهیت سیستمی آن را داشته باشد و با داشتن یک نگاه کل‌گرا به فرایند نوآوری، و شامل شدن اجزای مختلف و روابط متفاوت میان آن بتواند رویکردی مناسب برای تحلیل باشد [۹]. تاکنون

<sup>۱</sup> Gradual

<sup>۲</sup> Multi-level

<sup>۳</sup> Multi-stage

<sup>۴</sup> Reinforcing

رویکردهای مختلفی برای مطالعه و توصیف نظام‌های اجتماعی-فنی و یا راهبری فرایند گذار توسعه داده شده است. مارکارد و همکاران (۲۰۱۲) دامنه‌ی گسترده‌ای از چارچوب‌ها و روش‌های نظری را برای توضیح و مطالعه‌ی مسیر گذار پیشنهاد می‌کنند [۲۹]. از این میان مدل‌های سیستمی نوآوری با توجه به داشتن نگاهی کل‌گرا و توانایی در در نظر گرفتن کلیه عوامل دخیل در توسعه (جامعیت)، اهمیت به روابط میان مولفه‌ها، و نیز تجربه موفق سایر کشورها در استفاده از آن، مناسب‌ترین ابزار برای تحلیل فرایند توسعه فناوری‌های نوظهور می‌باشد.

## ۱-۲ نظام‌های نوآوری

فرایند نوآوری را می‌توان در سه سطح مدل خطی نوآوری، مدل سیستمی نوآوری، مدل تعاملی نوآوری تشریح نمود. مدل‌های خطی، نوآوری را نتیجه فرایند خطی دانسته که از مراحل مختلف پژوهش پایه، کاربردی، تحقیق و توسعه، تجاری سازی، بازاریابی و در انتها انتشار، به صورتی متوالی و سلسله مراتبی و در مسیری یک طرفه تشکیل شده است. دو مدل فشار فناوری<sup>۱</sup> و کشش بازار<sup>۲</sup> از مدل‌های مطرح در این حوزه هستند [۲۸]. مدل پیوندی و تعاملی نوآوری، نوآوری را نتیجه یک فرایند خطی ندانسته و با تاکید بر فرایند مرحله‌ای نوآوری، حلقه‌های بازخوردی میان فعالیت‌های تحقیق و توسعه و بازاریابی برقرار می‌نماید. در این مدل، ترکیبی از کشش و رانش بازار و فناوری مطرح می‌گردد [۲۰، ۳۳]. مدل یکپارچه سیستمی، به وجود همکاری و رابطه‌ی دو طرفه میان اجزا مختلف اشاره دارد. بنابراین، وجه تمایز اصلی این مدل‌ها با گروه‌های قبلی را می‌توان در توسعه موازی نوآوری کاملاً یکپارچه، داشتن یک نگاه کل‌گرا به فرایند نوآوری، و شامل شدن اجزای مختلف و روابط متفاوت میان آن‌هاست [۹].

<sup>۱</sup> Technology pull  
<sup>۲</sup> Market push

جدول ۱- مقایسه مدل‌های کلان فرایند نوآوری

مدل سیستمی نوآوری	مدل تعاملی نوآوری	مدل خطی نوآوری	
۱۹۸۰-۲۰۰۰	۱۹۷۰-۱۹۸۰	۱۹۶۰-۱۹۷۰	دوره مطرح شدن
کلیه اجزای دخیل در نوآوری با در نظر گرفتن روابط میان آن‌ها	تعامل میان تحقیق و توسعه و بازار	تحقیق و توسعه؛ بازار	منبع نوآوری
یکپارچه با در نظرگیری کلیه اجزا و روابط سیستمی	مرحله‌ای با در نظر گرفتن حلقه‌های بازخوردی	خطی و یکطرفه	فرایند نوآوری
نظام‌های نوآوری، سیستم‌های اجتماعی فناورانه، مدل الماسی پورتر، تحلیل داده-ساده، رویکرد بلوک‌های توسعه	مدل Rothwell & Zegveld؛ مدل Kline Rosenber and	مدل فشار فناوری، کشش بازار	مدل‌های مطرح

از سوی دیگر ادکوتیست نظام‌های نوآوری را شامل بر کلیه عوامل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی، نهادی، و سایر عوامل اثرگذار بر توسعه، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری می‌داند [۹]. هر نظام نوآوری از سه جز اصلی مولفه‌ها (کنش‌گران، نهادها و فناوری‌ها)، روابط (مواصلات میان مولفه‌ها)، و شناسه‌ها (توانایی اجزا در ایجاد شایستگی فناورانه-اقتصادی) تشکیل شده است [۵]. یک نظام نوآوری را می‌توان از ابعاد مختلف مرزبندی نموده و بر این اساس، مدل‌هایی برای اهداف تحلیلی متفاوت پدید آورد. ادکوتیست مرزهای این سیستم را در چهار بعد جغرافیایی، فناورانه و گروه محصول و فعالیت تعریف نموده است [۹]. بر این اساس، چهار مدل نظام نوآوری ملی، نظام نوآوری منطقه‌ای، نظام نوآوری بخشی، و نظام نوآوری فناورانه مطرح می‌گردد. ویژگی این چهار نوع نظام نوآوری در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲- مقایسه مدل‌های نظام‌های نوآوری

نظام نوآوری فناورانه	نظام نوآوری بخشی	نظام نوآوری منطقه‌ای	نظام نوآوری ملی	
Carlsson and ) (Stankiewicz, ۱۹۹۱)	(Breschi and Malerba, ۱۹۹۷; Malerba, ۲۰۰۲, ۲۰۰۴)	(Cooke et al., ۱۹۹۷; Saxenian, ۱۹۹۴)	فریمن (۱۹۸۷ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۸۸)، و نلسون (۱۹۹۳)	پایه- گذار/سال
فناوری به معنای یک حوزه‌ی دانشی، محصول، و مجموعه‌ای از محصولات مرتبط به هم و با هدف برآوردن کارکردی خاص [۵]	بخش و زیربخش (گروه- های محصول، و بخش- های محصول)	مرزهای جغرافیایی-منطقه	مرزهای جغرافیایی-ملی	سطح تمرکز (مرز سیستم)
ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و کارکرد؛ شناسایی موانع و محرک‌های توسعه؛ سیاست‌گذاری توسعه فناوری	تحلیل تفاوت نوآوری در بخش‌های مختلف؛ تعیین سیاست‌ها و راهبردهای توسعه صنایع	تعیین عملکرد اقتصادی یک منطقه؛ سیاست‌گذاری توسعه نوآوری منطقه‌ای	مقایسه عملکرد نوآورانه کشورها-تحلیل نقش پیشرفت‌های فناورانه در رشد اقتصادی؛ سیاست‌ها و راهبردهای اقتصادی اجتماعی برای بارور کردن نوآوری در یک کشور	هدف تحلیل
کنش‌گران، نهادها، فناوری- ها، روابط و شبکه‌ها	دانش، فرایندهای یادگیری و فناوری‌ها، کنش‌گران و شبکه‌ها، قواعد، تقاضا	چهار مولفه‌ی بنگاه‌ها، نهادها، زیرساخت‌های دانشی، و سیاست‌گذاری نوآوری	سطح محدود: کنش‌گران و روابط متعامل با نوآوری به‌طور مستقیم سطح گسترده: تمام اجزای اجتماعی، فرهنگی، و سیاسی موجود در محیط کلان کشور	شناخت ساختاری
هفت کارکرد خلق دانش، انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، جهت‌دهی به جستجو، تامین منابع، شکل‌دهی بازار، و مشروعیت‌بخشی؛ تاکید بر مفهوم تکانه و حلقه‌های علی تجمعی در ایجاد پویایی	پویایی توسط دو فرایند تنوع به منظور ایجاد ناهمگنی (ورود عوامل جدید، تحقیق و توسعه و نوآوری) و انتخاب به- منظور کاستن از ناهمگنی (انتخاب بازار و انتخاب غیربازار)	تقسیم‌بندی عوامل پویایی داخلی به سه دسته‌ی یادگیری تعاملی، اشتراک دانش، مجاورت، و نهادینگی	تعریف زیرکارکردهای مختلف در قالب سه کارکرد اصلی تولید، انتشار و استفاده از نوآوری	شناخت کارکردی

## ۱-۲ نظام نوآوری فناورانه

کارلسون و استنکوویچ (۱۹۹۱) نظام نوآوری فناورانه را به عنوان شبکه‌ای پویا از عوامل<sup>۱</sup> که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند، تعریف نموده است [۶]. نقطه‌ی آغاز تحلیل یک نظام نوآوری فناورانه بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه‌ی یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه‌ی خردنگر<sup>۲</sup> از مفهوم نظام‌های نوآوری بخشی نگریست. در واقع یک نظام نوآوری بخشی را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای از نظام‌های نوآوری فناورانه مربوط (و تا حدی متداخل) در نظر گرفت که هریک دارای مجموعه‌ای از فناوری‌های اصلی متمایز هستند [۱۶،۲۴،۲۵،۲۶،۳۱].

رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب‌وکار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالیت‌های دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب‌وکار لازم است، اما این رویکرد بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر<sup>۳</sup> نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. از این جهت، می‌توان نظام نوآوری فناورانه را به‌عنوان بازگوکننده‌ی کارآفرین افسانه‌ای شومپتتر در نظر گرفت [۳۴]. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه‌ی دوم متمایز کننده‌ی مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تعداد فزاینده‌ای از پژوهشگران، بر پویایی نظام نوآوری فناورانه تمرکز کرده‌اند [۳،۵،۱۶،۱۸،۱۹،۳۱]. نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به‌کار برد [۱۶]. از آن‌جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده‌ی چارچوبی برای تحلیل فرایندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلفی اقدام به معرفی کارکردهای<sup>۴</sup> نظام

<sup>۱</sup> Agents

<sup>۲</sup> Micro oriented

<sup>۳</sup> Macro oriented

<sup>۴</sup> منظور از کارکرد، آن چیزی است که سیستم انجام می‌دهد و در راستای انجام آن به هدفی می‌رسد.

نوآوری [۵،۱۶،۱۸] در راستای کارکرد اصلی آن [۲۱،۳۲] کرده‌اند. در جدول ۳ آخرین دسته‌بندی از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه بیان شده است.

## ۲-۲ روند تاریخی فناوری نانو در ایران

سال ۱۳۷۹ را می‌توان به عنوان سرآغاز معرفی فناوری نانو در کشور یاد کرد و شروع فعالیت‌ها در جهت توسعه این فناوری را می‌توان از آغاز دهه ۸۰ هجری شمسی در نظر گرفت. بنابراین به منظور تحلیل روند تاریخی توسعه این فناوری، محقق تلاش کرده است تمامی اطلاعات موجود در حوزه این فناوری را میان سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۳ را جمع‌آوری و مورد بررسی قرار دهد. با تحلیل داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری در حوره نانو، روند تاریخی توسعه این فناوری در کشور را میان سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۳ به ۳ بازه زمانی "دوران آگاهی‌بخشی و ترویج فناوری نانو"، "دوران پی‌ریزی زیرساخت و دانش" و "دوران به ثمر رسیدن دانش و حمایت از کارآفرینی" تقسیم‌بندی می‌گردد.

جدول ۳- کارکردها و مدل‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه

کارکردها						مراجع	
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی به بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	(سورس و هکرت، ۲۰۰۹) (سورس و همکاران، ۲۰۱۰)	
توسعه اثرات جانبی مثبت	مقبولیت-بخشی	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	تأثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات	توسعه و انتشار دانش	(برجک و همکاران، ۲۰۰۸) (جاکوبسون، ۲۰۰۸)	
		تأمین مالی فرآیند نوآوری	شکل‌دهی بازار محصول جدید	تأمین حداقل‌های کیفی/ ایجاد و تغییر ساختار صنعتی	فراهم‌سازی تحقیق و توسعه/ مزیت‌سازی/ فراهم‌کردن خدمات مشاوره‌ای	(ادکوئیست، ۲۰۰۵)	
	مقبولیت بخشی فناوری و بنگاه	ایجاد نیروی انسانی/ هموارسازی تأمین مالی	ایجاد بازار دانش بازار	هدایت تکنولوژی	افزایش شبکه‌سازی	انجام تحقیقات بازار	(ریگن، ۲۰۰۰)
						ایجاد و انتشار محصول جدید/	



کارکردها							مراجع
							یجاد و نتشار فرصت نوآورانه
	غلبه بر مقاومت در برابر تغییر	تأمین منابع	ایجاد و شبیه- سازی بازار	هدایت فرآیند جستجو/ شناسایی پتانسیل‌های توسعه	هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات		(جانسون، ۱۹۹۸)

### ۳- چارچوب مفهومی تحقیق

همانطور که پیش‌تر بیان گردید هدف اصلی این پژوهش تبیین فرآیند توسعه فناوری نانو بوده و بر این مبنا پرسش اصلی این تحقیق، شناسایی مدل توسعه فناوری نانو در ایران می‌باشد. در ادبیات این حوزه چهار استراتژی استقرایی، قیاسی، پس‌کاوی و استقهای برای پاسخ به سوالات تحقیق بیان شده است. دو استراتژی قیاسی و پس‌کاوی از میان ۴ استراتژی موجود، بیشترین تطبیق را با این پژوهش دارند. در استراتژی قیاسی محقق با استفاده از ادبیات موجود در این حوزه، مدل متناسب با موضوع پژوهش را انتخاب کرده و سپس تطابق مدل با شرایط موجود را مورد بررسی قرار می‌دهد. از سوی دیگر در استراتژی پس‌کاوی می‌توان با استفاده از ادبیات موجود یک مدل مفهومی اولیه را انتخاب کرده، و با استفاده از ابزارهای شناسایی شده، مدل جدیدی را با استفاده از بررسی دقیق مورد مطالعاتی ایجاد نمود. در این پژوهش محقق با تطبیق مدل‌های موجود در ادبیات، بدنبال کشف مکانیزم‌های موجود در نظام توسعه فناوری نانو ایران می‌باشد. بنابراین با توجه به هدف و سوالات پژوهش، استراتژی مناسب ترکیبی از دو استراتژی قیاسی و پس‌کاوی می‌باشد. برای تطبیق رویدادهای شناسایی شده با مدل‌های موجود از استراتژی قیاسی و برای ارائه مدل جدید از استراتژی پس‌کاوی استفاده شده است. از سوی دیگر با توجه به آنکه جنس داده‌های مورد استفاده در این پژوهش کیفی بوده و هدف این پژوهش تبیین مسیر توسعه فناوری‌های نانو بر پایه مدل نظام نوآوری فناورانه می‌باشد، بنابراین محقق از ابزار تحلیل تاریخی وقایع<sup>۱</sup> استفاده نموده است. در این روش پس از دسته‌بندی داده‌ها، از میان آن‌ها روندها و رویدادهای اتفاق افتاده در مسیر توسعه فناوری‌های نانو مشخص و بر اساس آن‌ها و با استفاده از مدل اولیه بر ساخته از ادبیات، مدل توسعه این فناوری تبیین می‌گردد. از اینرو محقق در این پژوهش از میان مدل‌های موجود

<sup>۱</sup> Data Historical Analysis

نظام نوآوری فناورانه [۹،۱۵،۱۹]، مدل نظام نوآوری فناورانه سورس و هکرت (۲۰۰۹) را به عنوان مدل پایه تحقیق خود انتخاب نموده و با بررسی فضای نانوفناوری ایران بدنبال تبیین نظام نوآوری فناورانه نانو در ایران می‌باشد. مطابق مدل سورس و هکرت، مدل پایه این تحقیق شامل ۷ کارکرد اصلی نظیر کارآفرینی<sup>۱</sup>، توسعه دانش<sup>۲</sup>، انتشار دانش<sup>۳</sup>، جهت دهی به سیستم<sup>۴</sup>، شکل‌دهی بازار<sup>۵</sup>، تأمین و تسهیل منابع<sup>۶</sup>، مشروعیت بخشی<sup>۷</sup> می‌باشد. زیرکارکردهای هر کدام از این ۷ کارکرد به شرح جدول ۴ می‌باشد.

جدول ۴ - کارکردها و زیرکارکردهای نظام نوآوری فناورانه، [۳۵، ۲، ۱]

زیر کارکرد	
کارآفرینی	شناساندن فرصت‌های موجود به کارآفرینان
	شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی فناوری
	تبدیل نوآوری به محصول تجاری
توسعه دانش	توسعه دانش طراحی و ساخت
	ساخت نمونه اولیه
	توسعه دانش غیرفنی
انتشار دانش	حفظ موجودی دانش
	بالا بردن آگاهی پیرامون فناوری
	بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری
	بهبود انتقال دانش میان بازیگران
	بهبود توزیع و به‌هنگام سازی دانش
	بهبود بسترهای انتشار دانش و فناوری
	ارتقاء ظرفیت نوآوری بنگاه‌ها
جهت‌دهی به سیستم	شکل‌گیری اجزای هدایت‌کننده سیستم
	هدایت تنظیمی
	هدایت فرهنگی-شناختی
شکل‌دهی بازار	فراهم آوردن بازار نوظهور (ایجاد قابلیت‌های فنی)
	فراهم آوردن بازار نوپا (ایجاد قابلیت‌های اقتصادی)

<sup>۱</sup> Entrepreneurial Activities

<sup>۲</sup> Knowledge Development

<sup>۳</sup> Knowledge Diffusion

<sup>۴</sup> Guidance of the Search

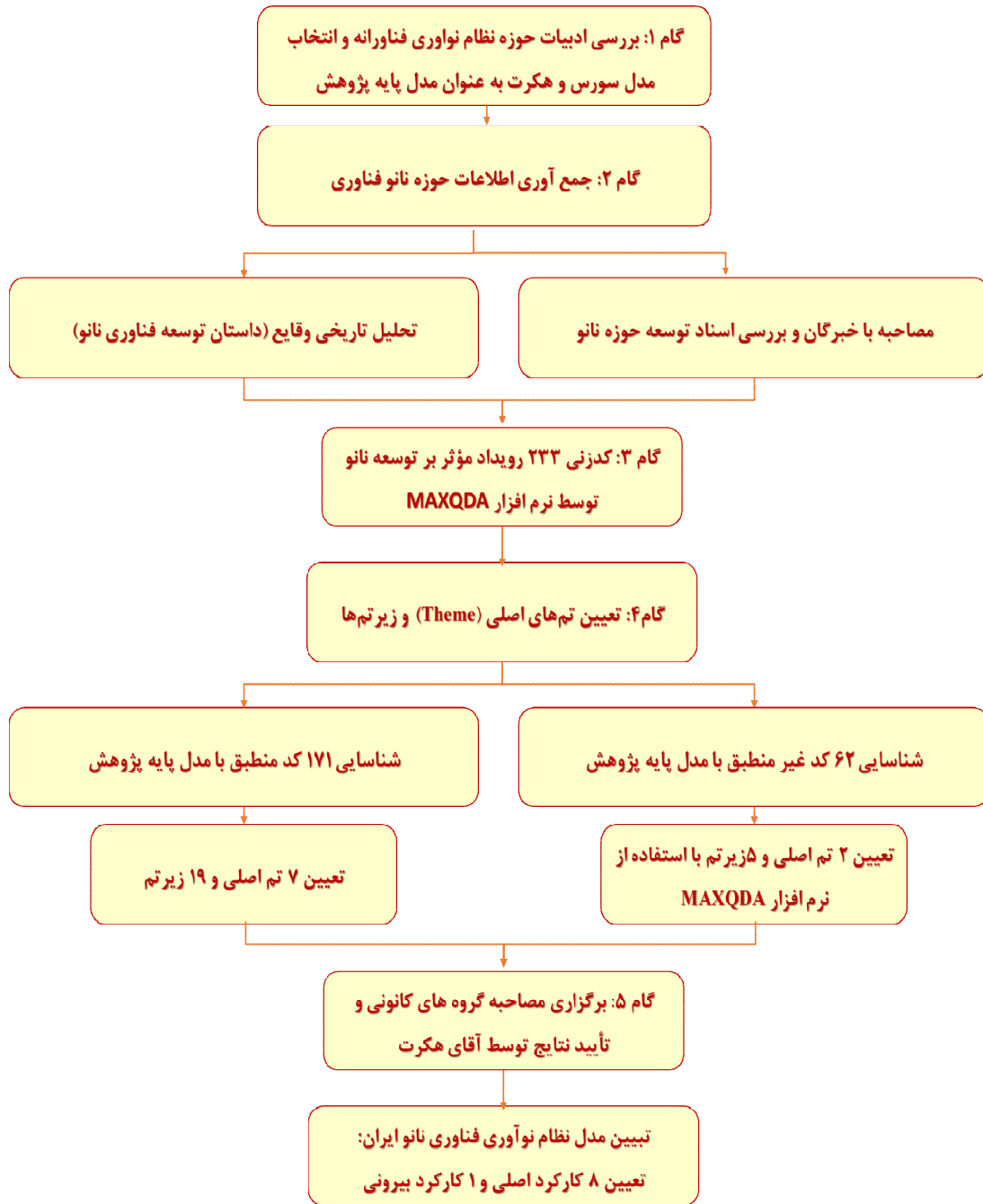
<sup>۵</sup> Market Formation

<sup>۶</sup> Resource Mobilization

<sup>۷</sup> Support from Advocacy Coalitions

زیر کارکرد	
فراهم آوردن مرحله بازار انبوه (ایجاد قابلیت‌های بازار)	
مدیریت منابع مالی	تأمین و تسهیل منابع
مدیریت منابع انسانی	
مدیریت منابع فیزیکی	
مشروعیت‌بخشی در محیط صنعت	مشروعیت‌بخشی
مشروعیت‌بخشی محیط سیاست‌گذاری	
ایجاد مقبولیت اجتماعی	

در ادامه محقق جهت تبیین الگوی توسعه فناوری نانو در ایران، با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان حوزه نانوفناوری، رویدادهای مؤثر بر این حوزه را شناسایی و با استفاده از نرم افزار MAXQDA این رویدادها را کدگذاری نموده و با تطابق با کارکردهای مدل پایه تحقیق و ارائه کارکردهای جدید، نتایج را در جلسات مختلف خبرگی ارائه و تأیید نموده است. روند کلی تحقیق در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- روند کلی پژوهش

## ۴- تجزیه و تحلیل

۱-۴ شناسایی رویدادهای مؤثر در توسعه فناوری نانو با استفاده از نرم افزار MAXQDA جهت تبیین الگوی توسعه فناوری نانو، از منابع مختلف کتابخانه‌ای همچون اسناد و اطلاعات ستاد توسعه فناوری نانو و همچنین مصاحبه با خبرگان این حوزه استفاده شده است. در ادامه روند توسعه فناوری نانو از ابتدا تا سال ۱۳۹۴ تشریح داده شده است و با استفاده از نرم افزار MAXQDA که نرم افزاری جهت تحلیل کیفی می‌باشد، رویدادهای مؤثر در توسعه فناوری با روش‌های کدزنی در این نرم افزار مشخص شده است. جدول ۵ نشان‌دهنده برخی از مهم‌ترین کدها و رویدادهای مؤثر در توسعه فناوری نانو از میان ۳۳۳ رویداد شناسایی شده می‌باشد.

جدول ۵- برخی از رویدادهای مؤثر بر توسعه فناوری نانو

ردیف	رویداد
۱	انجام مطالعات اولیه شناخت فناوری و ارایه گزارش راهبردی به رئیس جمهور وقت
۲	تشریح اهمیت فناوری نانو توسط رئیس مشاوران علمی رئیس جمهور در سال ۷۹
۳	ارائه پیشنهاد فناوری نانو به عنوان فناوری الویت دار ملی
۴	انتخاب فناوری نانو به عنوان فناوری راهبردی توسط ریاست جمهوری وقت و انتخاب دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری به عنوان نهاد متولی
۵	تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۶	تدوین سند ۱۰ ساله توسعه فناوری توسط ستاد توسعه فناوری نانو
۷	تاسیس مؤسسه خدمات فناوری تا بازار در جهت ارائه خدمات حمایتی به کارآفرینان و شرکت‌های دانش بنیان در حوزه نانو
۸	انجام مطالعات بهبود مشخصات عملکردی و استانداردسازی نانوسکوپ اولیه
۹	راه اندازی کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی در دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
۱۰	تشکیل بانک اطلاعاتی کامل از محققین و عناوین تحقیقاتی آن‌ها
۱۱	برگزاری کارگاه‌های آموزش تخصصی فناوری نانو
۱۲	ساخت اولین نمونه دستگاه تولید فیلتر کلاس ۹
۱۳	راه اندازی سایت فارسی در زمینه نانو
۱۴	شکل‌گیری تعداد زیادی از شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه نانو
۱۵	تسریع فرآیند تجاری‌سازی محصولات حوزه نانو توسط ایجاد مؤسسه خدمات فناوری تا بازار
۱۶	تولید تجاری دستگاه نانوسکوپ در کشور
۱۷	ایجاد شبکه آزمایشگاهی در حوزه نانو
۱۸	برنامه ریزی در جهت حمایت از تمام پایان‌نامه‌های مرتبط با فناوری نانو در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا در کشور (حمایت عمومی)
۱۹	برگزاری فن بازار کاربرد فناوری نانو در صنعت خودرو
۲۰	پیش خرید پنج دستگاه نانوسکوپ توسط دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری

ردیف	رویداد
۲۱	خرید تعدادی نانوسکوپ توسط نهاد ریاست جمهوری جهت اهدا به سران کشورها
۲۲	تخصیص بودجه پژوهشی برای مطالعه و بررسی نحوه توسعه فناوری توسط دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
۲۳	برگزاری جلسات و نشست‌های ترویجی با فعالان صنعتی کشور
۲۴	اهدا نانوسکوپ توسط رئیس جمهور به رؤسای جمهور و سران کشورهایی چون آذربایجان، برزیل، سوریه، لبنان و قطر در قالب هدایای فناورانه

۲-۴ بررسی میزان تطبیق رویدادهای مؤثر توسعه فناوری نانو با کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

محقق ۲۳۳ رویداد شناسایی شده در نرم افزار MAXQDA را با ۷ کارکرد اصلی هکرت تطابق داده و از این تعداد ۱۷۱ رویداد با این کارکردها تطابق داشته و ۶۲ رویداد نیز منطبق نگردیدند. جدول ۶ تطبیق میان رویدادها و کارکردهای و زیرکارکردهای نظام نوآوری فناورانه را نشان می‌دهد. رویدادهای بیان شده در این جدول اشاره به برخی از این رویدادها می‌باشد.

جدول ۶- دسته بندی رویدادهای مؤثر بر توسعه فناوری نانو در کارکردهای هفت گانه سورس و هکرت

کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
کارآفرینی	شناساندن فرصت‌های موجود به کارآفرینان	❖ برگزاری فن‌بازار کاربرد فناوری نانو در صنعت خودرو ❖ برگزاری مسابقه بزرگ طرح تجاری با هدف حمایت از ایجاد کسب و کار نانوتکنولوژی
	شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی فناوری	❖ شکل‌گیری تعداد زیادی از شرکت‌های دانش بنیان در حوزه نانو ❖ تسریع فرآیند تجاری‌سازی محصولات حوزه نانو توسط ایجاد موسسه خدمات فناوری تا بازار
	تبدیل نوآوری به محصول تجاری	❖ تولید تجاری دستگاه نانوسکوپ در کشور ❖ تولید انبوه فیلتر نانو (عقد قرارداد شرکت فناوران نانو مقیاس با بهران فیلتر)
توسعه دانش	توسعه دانش طراحی و ساخت	❖ انجام مطالعات در جهت ساخت و بهبود مشخصات عملکردی و استانداردسازی نانوسکوپ اولیه ❖ انجام مطالعات در جهت دستیابی به دانش فنی تولید داروی ضد سرطانی سینادوکسوزوم
	ساخت نمونه اولیه	❖ تولید اولین محصول تجاری فناوری نانو با نام نانوسید ❖ تولید نانوالیاف هاله‌ای و تحول در صنعت داروسازی
	توسعه دانش غیرفنی	❖ انجام مطالعات اولیه شناخت فناوری و آرایه گزارش راهبردی به رئیس جمهور وقت
انتشار	حفظ موجودی دانش	❖ تشکیل بانک اطلاعاتی کامل از محققین و عناوین

کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
دانش		تحقیقاتی آن‌ها
	بالا بردن آگاهی پیرامون فناوری	❖ برگزاری کارگاه‌های آموزش تخصصی فناوری نانو ❖ برگزاری دومین کنفرانس مدیریت تکنولوژی ایران با محوریت فناوری نانو
	بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری	❖ راه اندازی سایت فارسی در زمینه نانو ❖ راه اندازی سایت باشگاه دانش آموزی نانو
	بهبود انتقال دانش میان بازیگران	❖
	بهبود توزیع و به‌هنگام سازی دانش	❖ انتشار خبرنامه نانو توسط دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری ❖ انتشار اولین نشریه دانشجویی بین دانشگاهی کشور در زمینه نانوفناوری
	بهبود بسترهای انتشار دانش و فناوری	❖ افتتاح خوشه نوآوری فناوری نانو
	ارتقاء ظرفیت نوآوری بنگاه‌ها	
جهت‌دهی به سیستم	شکل‌گیری اجزای هدایت‌کننده سیستم	
	هدایت تنظیمی	❖ انتخاب فناوری نانو به عنوان فناوری راهبردی توسط ریاست جمهوری وقت و انتخاب دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری به عنوان نهاد متولی ❖ تدوین سند ۱۰ ساله توسعه فناوری توسط ستاد توسعه فناوری نانو
	هدایت فرهنگی-شناختی	❖
شکل‌دهی بازار	فراهم آوردن بازار نوظهور (ایجاد قابلیت‌های فنی)	❖ پیش خرید پنج دستگاه نانوسکوپ توسط دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ❖ عقد قرارداد ساخت نمونه اولیه دستگاه تولید فیلتر کلاس ۹ میان ستاد و شرکت فناوران نانو مقیاس
	فراهم آوردن بازار نوپا (ایجاد قابلیت‌های اقتصادی)	❖
	فراهم آوردن مرحله بازار انبوه (ایجاد قابلیت‌های بازار)	❖ بازاریابی ستاد برای فروش فیلترهای نانو به نیروگاه‌های تولید برق ❖ ضمانت کیفیت فیلترهای نانو ساخت داخل و تعهد به پرداخت خسارت توسط ستاد
تأمین و تسهیل	مدیریت منابع مالی	❖ تخصیص بودجه خاص به ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و رشد تدریجی آن ❖ تأمین منابع مالی مورد نیاز در جهت حمایت از ساخت

کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
منابع	مدیریت منابع انسانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ تجهیزات آزمایشگاهی نانوفیبرها</li> <li>❖ حمایت از تمام پایان‌نامه‌های مرتبط با فناوری نانو در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا در کشور</li> <li>❖ برگزاری المپیاد دانش آموزی نانو</li> </ul>
	مدیریت منابع فیزیکی	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ برگزاری جلسات و نشست های ترویجی با فعالان صنعتی کشور</li> <li>❖ برگزاری اولین همایش نانوفناوری در وزارت نیرو</li> </ul>
مشروعیت بخشی	مشروعیت بخشی در محیط صنعت	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ تشریح اهمیت فناوری نانو توسط رئیس مشاوران علمی رئیس‌جمهور در سال ۷۹</li> <li>❖ ارائه پیشنهاد فناوری نانو به عنوان فناوری الویت دار ملی</li> </ul>
	مشروعیت بخشی محیط سیاست گذاری	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ اعطای جایزه های ویژه در نمایشگاه های فناوری نانو جهت توسعه این فناوری</li> <li>❖ انتشار بولتنی در جهت آشنایی هنرمندان با مفاهیم و ویژگی‌ها و کاربردهای نانو</li> </ul>

#### ۳-۴ تحلیل و ارائه کارکردهای جدید نظام توسعه فناوری نانو ایران

یکی از علت‌های اصلی عدم تطبیق ۶۲ رویداد را می‌توان در عواملی همچون نبود نظام نوآوری ملی کارآمد در ایران و همچنین نبود زیرساخت‌های لازم در این حوزه دانست. از اینرو محقق با استفاده از نرم افزار MAXQDA این رویدادها را در قالب ۲ کارکرد جدید با عناوین تعاملات بین‌المللی و شکل‌دهی عوامل ساختاری دسته‌بندی نموده است. از سوی دیگر محقق به دلیل اهمیت تأمین منابع مالی و انسانی، پیشنهاد دو کارکرد جدید در این حوزه را نیز پیشنهاد نموده است. جدول ۷ کارکرد تعاملات بین‌المللی و شکل‌دهی عوامل ساختاری را به‌مراه زیرکارکردهای آن و برخی از رویدادهای مؤثر بر آن را نشان می‌دهد.

جدول ۷- ارائه کارکردهای تعاملات بین‌المللی و شکل‌دهی عوامل ساختاری با استفاده از نرم افزار MAXQDA

کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
تعاملات بین‌المللی	دیپلماسی فناوری (تعاملات بین‌المللی در جهت حضور در مجامع بین‌المللی)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ اهدا نانوسکوپ توسط رئیس‌جمهور به رؤسای جمهور و سران کشورهای چین آذربایجان، برزیل، سوریه، لبنان و قطر در قالب هدایای فناورانه</li> </ul>



کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
شکل‌دهی عوامل ساختاری	تعاملات بین‌المللی در جهت انتشار دانش	❖ حضور ستاد نانو به عنوان ناظر در انجمن نانوی اروپا (European Nano Forum)
		❖ حضور فعال ایران در هفتمین نشست کمیته بین‌المللی استانداردسازی فناوری نانو
	تعاملات بین‌المللی در جهت توسعه دانش	❖ عضویت ایران در هیئت رئیسه کمیته بین‌المللی استانداردسازی فناوری نانو
		❖ برگزاری سمینار مشترک فناوری نانو ایران و روسیه
ایجاد بازیگرها	❖ حضور شرکت‌های ایرانی در نمایشگاه فناوری نانو در ژاپن	
	❖ ایجاد شبکه آزمایشگاهی در بعد بین‌المللی (ژاپن، کره جنوبی، استرالیا، تایوان و تایلند)	
ایجاد زیرساخت‌ها و شبکه‌ها	❖ تفاهم‌نامه همکاری ایران و هند در کنفرانس مشترک فناوری نانو	
	❖ راه‌اندازی کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی در دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری	
		❖ تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
		❖ ایجاد شبکه آزمایشگاهی در حوزه نانو
		❖ تجهیز آزمایشگاه کربن پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

در نهایت این دو کارکرد جدید در جلسات پنل خبرگی با حضور متخصصین حوزه نانو و مدیریت فناوری، ارائه و کارکرد اول یعنی تعاملات بین‌المللی به عنوان یک ویژگی کلی و در قالب کارکرد بیرونی با نام بین‌المللی سازی در نظام نوآوری فناورانه نانو تأیید گردید. کارکرد بین‌المللی سازی در کشور ایران و در حوزه نانو بر روی کارکردهای مشروعیت‌بخشی و انتشار دانش تأثیر بسزائی داشته و فعالیت‌هایی در راستای توسعه دانش انجام شده است که این رویدادها، نشان‌دهنده تأثیر مستقیم در این حوزه نمی‌باشد. از سوی دیگر رویدادهای موجود در کارکرد شکل‌دهی عوامل ساختاری در کارکرد جهت‌دهی به سیستم و ذیل زیرکارکرد شکل‌گیری اجزای هدایت‌کننده سیستم قرار گرفتند که در جدول ۸ قابل مشاهده است.

جدول ۸- تلفیق رویدادهای شکل‌دهی عوامل ساختاری در کارکرد جهت‌دهی به سیستم

کارکرد	زیر کارکرد	رویدادها
جهت‌دهی به سیستم	شکل‌گیری اجزای هدایت‌کننده سیستم	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ راه‌اندازی کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی در دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری</li> <li>❖ تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو</li> <li>❖ ایجاد شبکه آزمایشگاهی در حوزه نانو</li> <li>❖ تجهیز آزمایشگاه کربن پژوهشگاه دانش‌های بنیادی</li> </ul>
	هدایت تنظیمی	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ انتخاب فناوری نانو به عنوان فناوری راهبردی توسط ریاست جمهوری وقت و انتخاب دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری به عنوان نهاد متولی</li> <li>❖ تدوین سند ۱۰ ساله توسعه فناوری توسط ستاد توسعه فناوری نانو</li> </ul>

در ادامه محقق با توجه به اهمیت مدیریت منابع انسانی و مالی در روند توسعه فناوری نانو این دو مورد را در کارکرد تأمین و تسهیل منابع مدل پایه از هم جدا نموده و هر کدام را به عنوان کارکردی مجزا با عناوین توسعه منابع انسانی و تأمین منابع مالی در نظر گرفته است. این موارد نیز در جلسات خبرگی بیان و مورد تأیید خبرگان واقع گردید.

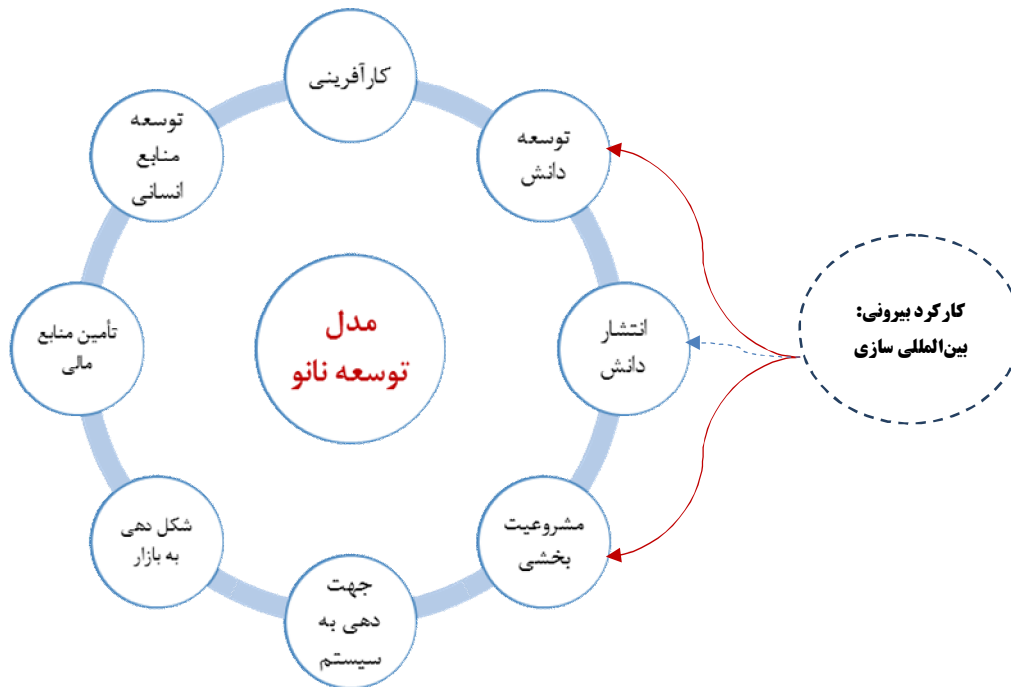
جدول ۹- ارائه کارکردهای تأمین منابع مالی و توسعه منابع انسانی

کارکرد	رویدادها
تأمین منابع مالی	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ تخصیص بودجه پژوهشی برای مطالعه و بررسی نحوه توسعه فناوری توسط دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری</li> <li>❖ تأمین منابع مالی مورد نیاز توسعه و تجاری سازی نانوسکوپ</li> <li>❖ اختصاص ۳ میلیارد ریال حمایت به آزمایشگاه‌های عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو</li> </ul>
توسعه منابع انسانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ حمایت از تمام پایان‌نامه‌های مرتبط با فناوری نانو در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا در کشور</li> <li>❖ حمایت از اشتغال متخصصان فناوری نانو توسط ستاد ویژه فناوری نانو</li> </ul>

#### ۵- تبیین کارکردهای نظام نوآوری فناوری نانو در ایران

محقق جهت تبیین کارکردهای نظام نوآوری فناوری نانو در ایران ابتدا با جمع‌آوری داده‌های این حوزه از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان این حوزه، رویدادهای مؤثر در توسعه این فناوری را شناسایی و سپس با تطبیق این رویدادها با کارکردهای مدل پایه پژوهش متوجه این امر شد که برخی از این رویدادها در قالب مدل پایه قابل دسته‌بندی نمی‌باشند و لذا مدل سورس و هکرت با توجه به شرایط داخلی کشور مدل جامع و کاملی در زمینه نظام نوآوری فناورانه نمی‌باشد و لذا این مدل نیازمند اصلاحاتی با توجه به زیرساخت‌های کشور می‌باشد. در مجموع ادبیات نظام نوآوری فناورانه در کشورهای حوزه اسکاندیناوی توسعه داده شده است و پیش فرض‌ها و نیز داده‌های گردآوری شده برای ساخت اینگونه مدل‌ها متناسب با شرایط آن کشورها بوده است و لذا این مدل‌ها برای تطابق با کشورهای نظیر ایران نیازمند تغییراتی می‌باشد.

محقق با توجه به ماهیت رویدادهای باقی مانده در حوزه نانو، دو کارکرد جدید تعاملات بین‌المللی و شکل‌دهی عوامل ساختاری را پیشنهاد و همچنین تسهیل و تأمین منابع را که به عنوان یکی از کارکردهای اصلی در مدل پایه تحقیق مطرح می‌باشد را به دو کارکرد توسعه منابع انسانی و تأمین منابع مالی تقسیم نموده است. از اینرو با توجه به جلسات پنل خبرگی و همچنین نظرات پایه‌گذار مدل نظام نوآوری فناورانه، آقای هکرت، از میان دو کارکرد جدید پیشنهادی، کارکرد بیرونی بین‌المللی‌سازی تأیید و کارکرد شکل‌دهی عوامل ساختاری در قالب جهت‌دهی به سیستم مطرح گردید و تقسیم کارکرد تسهیل و تأمین منابع نیز مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت مدل توسعه فناوری نانو در ایران دارای ۸ کارکرد اصلی و یک کارکرد بیرونی به نام بین‌المللی‌سازی می‌باشد که در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲- کارکردهای مدل توسعه فناوری نانو

از میان کارکردهای مدل توسعه فناوری نانو، مشروعیت بخشی به عنوان کارکردی مؤثر و اساسی در توسعه فناوری نانو شناخته می‌شود. با تحلیل رویدادهای اتفاق افتاده در این حوزه مشاهده می‌شود که مشروعیت بخشی فناوری نانو در سه سطح سیاست‌گذاری، صنعت و اجتماع بدرستی انجام گرفته است. یکی از تأثیرگذارترین کارکردهای دیگر در توسعه فناوری نانو، کارکرد جهت‌دهی به سیستم می‌باشد. انتخاب فناوری نانو به عنوان اولویت توسعه فناوری در کشور و همچنین جهت‌دهی تحقیقات و پایان-نامه‌ها به سمت حوزه نانو از جمله اقدامات بسیار اثرگذار در توسعه نانو می‌باشد که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم قرار دارد. یکی از عوامل مؤثر در توسعه فناوری نانو وجود ساختاری منسجم برای توسعه این فناوری می‌باشد. به عنوان مثال ایجاد ستاد توسعه فناوری نانو از جمله اقداماتی می‌باشد که به عنوان شاخص شکل‌گیری اجزای هدایت‌کننده سیستم مطرح می‌باشد. یکی از عوامل دیگر در توسعه فناوری، توجه به تأمین و تسهیل منابع مورد نیاز می‌باشد. در حوزه نانو این کارکرد بدرستی در هر دو حوزه مالی و انسانی انجام شده است. با حمایت‌های انجام گرفته از سوی ستاد نانو، کارکرد شکل‌دهی بازار با هدف ایجاد تقاضا و رقابت‌پذیری محصولات نانو تا حدودی محقق گردید و از میان سه زیرکارکرد تعریف شده برای آن، زیرکارکرد فراهم آوردن بازار نوپا برای محصولات نانو فعال نگردید. علیرغم عدم تحقق دو زیرکارکرد انتشار دانش در توسعه فناوری نانو، دو کارکرد توسعه و انتشار دانش به عنوان کارکردهای

موفق در این حوزه بشمار می‌آیند. این ادعا با شاخص‌های ارزیابی این کارکرد قابلیت سنجش دارد که یکی از این شاخص‌ها، تعداد مقالات این حوزه می‌باشد که کشور در تولید دانش نانو دارای رتبه ششم بین المللی در سال ۲۰۱۶ می‌باشد. کارکرد بیرونی بین المللی‌سازی نیز به عنوان کارکردی اثرگذار در مدل توسعه فناوری نانو بر سایر کارکردها نقش بازی می‌کند. این کارکرد به این معناست که در نظام توسعه هر فناوری به منظور توسعه و تبادل دانش فنی و نیز دسترسی به بازارهای جهانی، نیاز است تا نظام توسعه فناوری در داخل کشور با نظام‌های توسعه فناوری در سایر کشورها، تعاملی سازنده برقرار نماید تا از این طریق بتواند از آخرین دانش تولید شده در کشورهای دیگر اطلاعات لازم را کسب نماید و در صورت نیاز تبادل دانشی صورت پذیرد و با حضور در مجامع بین المللی در روند توسعه فناوری و تصمیم‌سازی در سطح جهانی تأثیرگذار باشد و نیز بتواند از طریق دیپلماسی فناوری در صورت امکان گام‌هایی در جهت توسعه بازار برای محصولات فناورانه تولید داخل بردارد. اما توجه به این نکته بسیار مهم است که در روند توسعه فناوری نانو، این کارکرد به عنوان کارکردی تسهیل‌گر در تحقق کارکردهای مشروعیت‌بخشی (الهام‌بخشی)، انتشار دانش و تا حدودی بسیار کم در توسعه دانش نقش ایفاء نموده است.

## ۶- بحث و نتیجه‌گیری

توسعه فناوری‌های نوظهور در چارچوب یک سیستم منسجم به وقوع می‌پیوندد که در ادبیات به آن نظام نوآوری اطلاق می‌گردد و یکی از انواع اینگونه نظام‌ها که تمرکز خود را بر روی شکل‌گیری و توسعه فناوری نوظهور قرار داده نظام نوآوری فناورانه می‌باشد. نظام نوآوری فناورانه نیز مانند هر سیستمی از ساختاری متشکل از تعدادی مؤلفه و روابط بین مؤلفه‌ها تشکیل شده است. این مؤلفه‌ها و روابط در حقیقت اجزاء ساختاری نظام نوآوری بشمار می‌روند و نقشی تعیین‌کننده در توسعه فناوری بازی می‌کنند. در نهایت شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه برای توسعه‌ی یک فناوری و یا صنعت ضروری می‌باشد. از اینرو سیاست‌گذاران باید تلاش نمایند تا بستری فراهم کنند تا مسیر شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه تسهیل گردد لذا لازم است تا شناختی از عوامل اثرگذار بر فرآیند شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه بدست آید. در این پژوهش، محقق با جمع‌آوری داده‌های حوزه نانو از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان این حوزه، رویدادهای مؤثر در توسعه این فناوری را شناسایی و سپس با تطبیق این رویدادهای با کارکردهای مدل پایه پژوهش، ۸ کارکرد اصلی نظام نوآوری فناورانه نانو مشتعل بر کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌دهی به بازار، مشروعیت‌بخشی، تأمین منابع مالی، توسعه منابع انسانی، و کارکرد بیرونی بین‌المللی‌سازی را تبیین نموده است.

بر اساس تحلیل‌های انجام گرفته و رویدادهای مؤثر بر توسعه فناوری نانو می‌توان نقش دولت را در شکل‌گیری کارکردهای مشروعیت‌بخشی، جهت‌دهی به سیستم، تأمین منابع مالی و توسعه منابع انسانی،

نقشی کلیدی دانسته، به طوریکه شکل‌گیری این چهار کارکرد، باعث شکل‌گیری بقیه کارکردهای نظام نوآوری نانوفناوری در ایران شده است. به عبارت دیگر، رویدادهایی نظیر ایجاد و توسعه نهادهایی مانند ستاد توسعه فناوری نانو، تدوین سند ۱۰ ساله توسعه فناوری توسط ستاد توسعه فناوری نانو، و همچنین تدوین و توسعه برنامه‌های بلندمدت و تامین منابع مالی و ایجاد زیرساخت‌های لازم و پرورش منابع انسانی مورد نیاز برای این حوزه به عنوان محرک‌های اصلی شکل‌گیری این نظام بوده است.

یکی دیگر از مواردی که در تحلیل نظام نوآوری فناورانه می‌توان بدان اشاره نمود، توالی زمانی کارکردها می‌باشد. آنچه که در مورد توالی زمانی کارکردهای نظام نوآوری فناوری نانو ایران می‌توان بیان نمود، اهمیت و اولویت مشروعیت بخشی نسبت به سایر کارکردهای دیگر می‌باشد. این تحلیل برگرفته از رویدادهای ابتدایی در شکل‌گیری فناوری نانو در ایران می‌باشد. رویدادهایی نظیر "تشریح اهمیت فناوری نانو، ارائه پیشنهاد فناوری نانو به عنوان فناوری الویت دار ملی، تاکید معاون اول رئیس جمهور بر حمایت دولت از فناوری نانو، برگزاری جلسات و نشست‌های ترویجی با مسئولین سطوح مختلف کشور" در سال‌های ابتدایی فعالیت نانو در ایران مؤید این موضوع می‌باشد. کارکرد دوم در توسعه فناوری نانو از دید خبرگان و رویدادهای احصاء شده از این حوزه، کارکرد جهت‌دهی به سیستم می‌باشد. راه اندازی کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی در دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست‌جمهوری، و همچنین تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو از جمله رویدادهای اولیه در جهت‌دهی فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در ایران بوده است. در ادامه کارکردهایی همچون تأمین منابع مالی و توسعه منابع انسانی در روند توسعه فناوری نانو قرار دارند.

ماهیت پویای کارکردها از جمله مواردی است که در تحلیل نظام نوآوری فناورانه باید بدان توجه نمود. در واقع نظام نوآوری فناورانه از ماهیت درونی پویا و متغییر در طول زمان برخوردار می‌باشد. در ادبیات این حوزه نیز از این پویایی به موتورهای محرک نوآوری تعبیر شده است. به طور کلی دو دسته عامل وجود دارد که در شکل‌گیری و شکست نظام نوآوری فناورانه تأثیرگذار خواهند بود. یکی از این دسته‌ها پویایی میان اجزای درونی سیستم است که غالباً از آن تحت عنوان موتورهای محرک نوآوری یاد می‌شود و دسته‌ی دوم عوامل اثرگذار خارجی است که بر این پویایی اثر می‌گذارد و موجب موفقیت و یا شکست آن می‌شوند. تمامی این موارد نظیر تحلیل پویایی کارکردهای نظام نوآوری فناوری نانو در ایران از جمله مواردی می‌باشند که در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار خواهند گرفت.

**References:**

**منابع :**

۱. باقری مقدم، ناصر؛ "موتورهای محرک نوآوری، چارچوبی اخلاقانه برای تحلیل پویایی نظام‌های نوآوری فناورانه"؛ مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور؛ ۱۳۹۱.
۲. باقری مقدم، ناصر؛ "مدل نظام نوآوری فناورانه انرژی های تجدیدپذیر در ایران، مورد مطالعه پیل سوختی و باد؛ رساله دکتری رشته مدیریت فناوری، دانشگاه علامه طباطبائی؛ ۱۳۹۱.
۳. A. Bergek, Shaping and Exploiting Technological Opportunities: The Case of Renewable Energy Technology in Sweden, in Department of Industrial Dynamics. 2002, Chalmers University of Technology: Gothenburg, Sweden.
۴. Breschi, S., Malerba, F., 1997. Sectoral innovation systems. Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, Pinter Publishers, London.
۵. Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., Rickne, A., 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. Res. Pol. 31, 233-245.
۶. Carlsson, B., Stankiewicz, R., 1995. On the nature, function and composition of technological systems. In: Carlsson, B. (Ed.), Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.21-56.
۷. Cooke, P., Gomez Uranga, M., Etxebarria, G., 1997. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. Res. Pol. 26, 475-491.
۸. C. Edquist (Ed.), Systems of Innovation-Technologies, Institutions and Organizations, Pinter, London, 1997.
۹. Edquist, C., 2005. Systems of innovation. The Oxford handbook of innovation, 181
۱۰. Freeman, C., 1987. Technology policy and economic performance: lessons from Japan. London: Pinter.
۱۱. Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research policy 31, 1257-1274.
۱۲. Geels, F.W., 2004a. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. Res. Pol. 33, 897-920.
۱۳. Geels, Schot, 2007, Typology of sociotechnical transition pathways, Research Policy
۱۴. Geels, F.W., Schot, J., 2010. The dynamics of sociotechnical transitions – a sociotechnical perspective, in: Grin, J., Rotmans, J., Schot, J. (Eds.), Transitions to Sustainable Development. Routledge.
۱۵. Hekkert et al., 2007, Functions of innovation systems A new approach for analysing technological change, Technological Forecasting and Social Change
۱۶. Hekkert, M., Suurs, R.A.A., Negro, S., Kuhlmann, S., Smits, R., 2007. Functions of Innovation Systems: A new approach for analysing technological change. Technological Forecasting and Social Change 74 (4), 413-432.
۱۷. Hillman et al., 2011, Fostering sustainable technologies a framework for analysing the governance of innovation systems, Science and Pub
۱۸. S. Jacobsson, A. Bergek, Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology, Ind. Corp. Change 13 (5) (2004) 815-849.
۱۹. S. Jacobsson, A. Johnson, The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research, Energy Policy 28 (9) (2000) 625-640.
۲۰. Kline, S.J., Rosenberg, N., 1986. An overview of innovation. The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth 275, 305.
۲۱. Liu, X., White, S., 2001. Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context. Research Policy 30 (7), 1091-1114.
۲۲. B.-A. Lundvall, National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter, London, 1992.
۲۳. Malerba, F., 2002. Sectoral systems of innovation and production. Research Policy; 31: 247-264.

۲۴. Markard, J., Truffer, B., 2008a. Actor-oriented analysis of innovation systems: exploring micro-meso level linkages in the case of stationary fuel cells. *Technology Analysis & Strategic Management* 20, 443 - 464.
۲۵. Markard, J., Truffer, B., 2008b. Actor-oriented analysis of innovation systems: exploring micro-meso level linkages in the case of stationary fuel cells. *Technology Analysis & Strategic Management* 20, 443 - 464
۲۶. Markard, Truffer, 2008, Technological innovation systems and the multi-level perspective Towards an integrated framework, *Research Polic*
۲۷. Moallemi, E.A., Ahmadi, A., Afraze, A., Bagheri Moghaddam, N., 2012c. Understanding systemic analysis in the governance of sustainability transition in renewable energies: the case of fuel cell technology in Iran. *Journal of Cleaner Production*.
۲۸. Mowery, D., Rosenberg, N., 1979. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy* 8, 102-153.
۲۹. Mrkard ,J., Raven, R., Truffer, B., 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Res. Pol.* 41, 955-967.
۳۰. Nelson, R.R., Winter, S.G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge.
۳۱. Simona O. Negro, Marko P. Hekkert, Ruud E. Smits, Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis, *Energy Policy* 35 (2007) 925–938
۳۲. R. Galli, M. Teubal, Paradigmatic shifts in national innovation systems, in: C. Edquist (Ed.), *Systems of Innovation*, Pinter, London, 1997.
۳۳. Rothwell, R., Zegveld, W., 1985. *Reindustrialization and technology*. ME Sharpe.
۳۴. Schumpeter, J.A., 1934. *The Theory of Economic Development. An inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
۳۵. Suurs, R.A.A., 2009. *Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. Utrecht University, Netherlands.