نشریه علمی
مدیریت نوآوری
سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحه ۸۸-۵۷

مدیریت نوآوری

# توسعه مدل نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران با تأکید بر ابعاد فراملی

سعیده لرستانی[۱]، محمود یحیی‌زاده فر[۲*]، طاهره میرعمادی[۳]، محسن علیزاده‌ثانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۷

## چکیده

**در سال‌های اخیر، فناوری رادیودارو، علیرغم تحریم‌های جوامع بین‌الملل علیه فعالیت هسته‌ای ایران به پیشرفت‌های چشمگیری دست‌یافته است. در این مقاله درمی‌یابیم که با لحاظ کردن بعد فراملی، نظام نوآوری فناورانه رادیودارو به چه مرحله‌ای از توسعه می‌رسد. این مسئله با استفاده از روش «تحلیل تاریخی رویدادها» و «کدگذاری مصاحبه‌های نیمه‌باز» صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در وضعیت کنونی، حلقه‌های «موتور ساختاردهی» تشکیل‌شده است اما با توجه به بازخورد دریافتی از متخصصان، می‌توان دریافت که مشخصات نظام در موتور ساختاردهی، کاملاً با وضعیت کنونی سازگار نیست. بنابراین، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی را پذیرفته و بر این اساس، مرحله توسعه نظام را، آستانه مرحله اوج‌گیری شناسایی شده است. با اضافه شدن بعد فراملی و بر اساس نتایج بخش دوم، می‌توان دریافت که نظام نوآوری فناورانه رادیودارو، به مرحله اوج‌گیری و موتور ساختاردهی صعود کامل خواهد داشت.**

**واژگان کلیدی: رادیودارو، نظام نوآوری فناورانه، ابعاد فراملی.**

۱- دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، ایران.
۲*-عضو هیئت علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، ایران. / **نویسنده مسوول مکاتبات**
**m.yahyazadeh@umz.ac.ir**
۳- عضو هیئت علمی مرکز پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.
۴- عضو هیئت‌علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، ایران.

## ۱- مقدمه

نظام نوآوری فناورانه به‌عنوان مجموعه‌ای از بازیگران و قوانینی تعریف می‌شود که بر سرعت و جهت‌دهی تغییرات فناورانه در حوزه‌های فناورانه خاص تأثیر می‌گذارد (Bergek, et al., 2008; Hekkert, et al., 2007; Markard & Truffer, 2008; Wieczorek, et al., 2013). هدف رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مطالعه نوآوری در سطح یک زمینه فناورانه است، و استدلال شده که این نظام ممکن است ابعاد جغرافیایی و چه‌بسا بعد بین‌المللی داشته باشد (Bergek , et al., 2008). اگرچه نظام نوآوری فناورانه به‌عنوان پدیده فراملی مفهوم‌سازی شده است، اما واقعیت نشان می‌دهد که کارهای تجربی صورت گرفته در حوزه نظام نوآوری فناورانه اغلب محدود به ابعاد ملی است (Carlsson., 2006; Coenen, et al., 2012; Løvdal, & Neumann., 2011) اینکه تحلیلگران، اغلب مرزهای ملی را به‌عنوان مرزهای نظام نوآوری تلقی می‌کنند مشکلی اساسی است (Binz, et al., 2014; Coenen, et al., 2012)، چراکه هر نظام در محیطی بزرگ‌تر فعالیت می‌کند و این نظام نیز متأثر از ابعاد فراملی است.

تاکنون تحقیقات مختلفی برای بررسی نظام نوآوری فناورانه در حوزه‌های مختلف انجام شده است. این حوزه‌ها (مانند فناوری‌های سوختی و انرژی‌های پاک) حوزه‌هایی است که شناسایی اجزای ساختاری و کارکردها در آن‌ها نسبتاً ساده است. اما تحلیل نظام‌های نوآوری فناورانه در رابطه با حوزه‌های فناورانه پیچیده(همانند رادیوداروها)، چالش‌برانگیز است. استفاده از رادیوتراپی‌های خاص به نام رادیوداروها برای تصویربرداری از کارکرد ارگان و شناسایی بیماری، از قابلیت‌های منحصربه‌فرد پزشکی هسته‌ای است (IAEA, 2006). رادیودارو، فرمولاسیون دارویی منحصربه‌فرد حاوی ایزوتوپ می‌باشد که برای حوزه‌های بالینی تشخیص یا درمان مورداستفاده قرار می‌گیرد (WHO, 2008). تعداد کشورهای عضو برنامه همکاری فنی آژانس، ظرفیت تولید رادیوداروها را افزایش داده، و داروها برای پاسخگویی به نیازهای محلی به‌طور منظم تولید می‌گردد. دسترسی مطمئن رادیوداروها، علاوه بر ثبات قیمت رادیوداروهای واردشده از تولیدکنندگان بزرگ، به رشد پزشکی هسته‌ای در چنین کشورهایی کمک کرده است. تولید و توزیع محلی رادیوداروها به کاهش تعداد دفعات حمل‌ونقل رادیواکتیو در سراسر مرزهای بین‌المللی کمک شایانی کرده است (IAEA, 2006).

اخیراً پیشرفت علوم رادیودارو در ایران، در سطوح بین‌المللی مطرح‌شده است (Jalilian, et al., 2016). این پیشرفت با جایگاهی عالی و تفاوتی زیاد نسبت به سایر کشورهای خاورمیانه گزارش شده است (Paez, et al., 2016) و علیرغم تحریم‌های هسته‌ای علیه ایران رخ داده است. بنابراین فهم نحوه توسعه‌ی فناوری رادیودارو و نحوه سیاست‌گذاری آن از مسائل اساسی است که محقق را تشویق به انجام این پژوهش کرده است. موفقیت نوآوری، تا حدود زیادی به این مسئله بستگی دارد که چگونه نظام

نوآوری ایجاد شده و کارکردهای آن به چه صورت می‌باشند (Bergek, et al., 2007; Hekkert, et al., 2008). به‌منظور درک توسعه و انتشار فناوری‌های رادیودارو، لازم است شناخت بیشتری در مورد پویایی‌های نظام‌های نوآوری صورت گیرد. این چارچوب می‌تواند به شناخت عوامل کلیدی بازدارنده یا مشوق فناوری‌های نوظهور کمک کند. بنابراین مایلیم بدانیم که وضعیت کنونی نظام نوآوری فناورانه رادیودارو با تأکید بر مرحله توسعه این نظام در کشور چگونه است. این مسئله با تکیه‌بر شناسایی موتورهای نوآوری صورت می‌گیرد. موضوع دیگر این است که در صورت فعالیت در عرصه بین‌الملل، جایگاه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران چه تغییری خواهد کرد. این موضوع نیز با بررسی موتورهای نوآوری و مراحل توسعه فناوری صورت خواهد گرفت. تنها تعداد محدودی از مطالعات نظام نوآوری فناورانه شامل مراجعه صریح و روشن به ابعاد فراملی در نوآوری می‌باشند (Bai, et al., 2009; Binz, et al., 2014, 2012; Gosens & Lu., 2013; Hansen & Nygaard., 2013; Van Alphen, et al., 2008; Vasseur, et al., 2013). سورس (۲۰۰۹) و هکرت و همکاران (۲۰۱۱)، هر دو به مبحث موتورهای نوآوری اشاره‌کرده‌اند اما موتورهای معرفی‌شده در مراحل توسعه فناوری هکرت تا اندازه‌ای با موتورهای سورس تفاوت دارد. با علم به این موضوع، تلفیقی از موتورهای سورس با مراحل توسعه فناوری هکرت را مورداستفاده قرار گرفتند. بنابراین سؤالات این تحقیق به این صورت خواهند شد که:

– نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در حال حاضر در چه مرحله‌ای از توسعه قرار دارد؟

– با توسعه مدل نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران با لحاظ کردن بعد فراملی، این نظام به چه مرحله‌ای از توسعه دست می‌یابد؟

## ۲- مبانی نظری پژوهش

### ۲-۱- موتورهای محرک نوآوری

آگاهی از پویایی‌های داخلی نظام نوآوری می‌تواند به‌طور مؤثری در جهت‌دهی به سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های راهبردی نقش ایفا نماید. در طول زمان فعالیت‌های مختلفی در کارکردها به وقوع می‌پیوندد. این موضوع باعث می‌شود تا کارکردها ماهیتی پویا داشته و در طول زمان تغییر نمایند. در این میان، یکی از قدرتمندترین عوامل ایجاد پویایی، تعاملات میان کارکردی بوده که در ادبیات نظام‌های نوآوری، اصطلاح موتورهای نوآوری پایدار را برای آن انتخاب نموده‌اند (Suurs, et al., 2009; Suurs & Hekkert., 2009). این موتورها مجموعه‌ای از حلقه‌های علی تجمعی (تعاملات میان حداقل دو کارکرد) هستند. بر اساس ادبیات، مهم‌ترین رویکرد برای ارزیابی عملکرد یک نظام، ارزیابی کردن عملکرد انباشته آن است. این

**جدول(۱): کد مربوط به کارکردهای نظام نوآوری فناورانه**

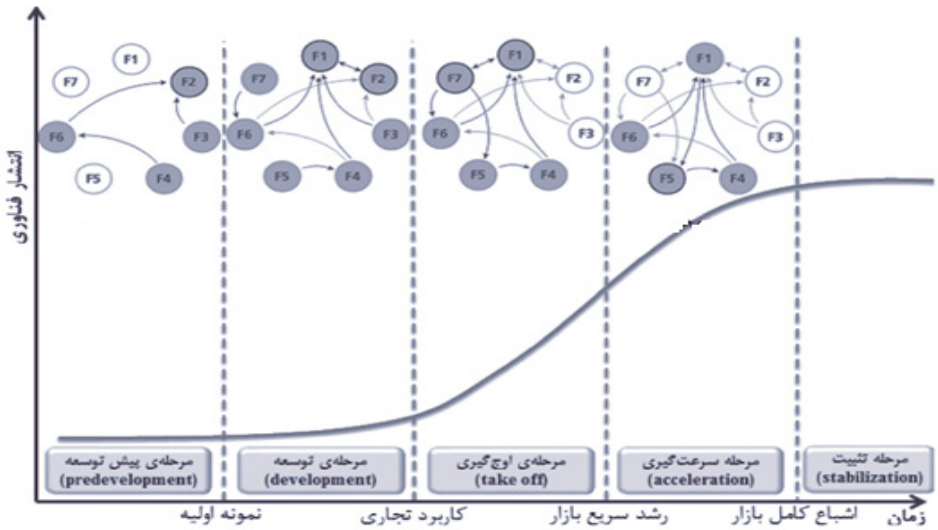
| نام کارکرد | کد کارکرد |
|---|---|
| فعالیت‌های کارآفرینانه | F1 |
| خلق و توسعه دانش | F2 |
| انتشار دانش | F3 |
| هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | F4 |
| شکل‌دهی بازار | F5 |
| بسیج منابع | F6 |
| مشروعیت‌بخشی | F7 |

مفهوم از عملکرد با موتورهای نوآوری ارتباط دارد (Suurs & Hekkert., 2009). این موتورها اصلی‌ترین عوامل در شکل‌دهی و یا ایجاد شکست در روند توسعه‌ی فناوری خواهند بود (Suurs, 2009) . کارکردهای مورداستفاده در این تحقیق و کد مربوط به هر کارکرد در جدول (۱) درج شده است.

سورس و هکرت (۲۰۰۹)، با بررسی نحوه شکل‌گیری چند نظام نوآوری فناورانه نوظهور در حوزه انرژی‌های نو و تجدید پذیر، چهار نوع موتور محرک شکل‌گیری نظام‌های نوآوری نوظهور ارائه می‌کند. موتورهای نوآوری در حقیقت تشکیل‌شده است از مجموعه کارکردهایی که با یکدیگر دارای تعاملاتی هستند و وقوع هر فعالیت از یک کارکرد، برآورده شدن کارکردهای دیگر را تسهیل می‌نماید. این موتورها عبارتند از: ۱- موتور محرک علم و فناوری: هدف این موتور گسترش دانش نظری و عملی پیرامون فناوری از هر بعد است. ۲- موتور کارآفرینی: هدف این موتور آن است که بعد از کاسته شدن از عدم قطعیت پیرامون فناوری و گسترش دانش، به حجم فعالیت‌های کارآفرینی انجام‌شده در فرآیند توسعه فناوری نوظهور شدت بخشد. ۳- موتور ساختاردهی: این موتور باهدف ایجاد ساختاری منسجم و یکپارچه برای توسعه فناوری به دنبال فراهم آمدن فرصت‌هایی برای برنامه‌ریزی کلان است تا جهت رشد نظام را از وابستگی و پروژه محوری خارج کند و توسعه‌ی فناوری را در معنای عام، هدف قرار دهد. ۴- موتور بازار: هدف این موتور آن است که نظام نوآوری فناورانه به‌عنوان بخشی از سیستم‌های موجود به‌حساب آید به‌گونه‌ای که فناوری تنها با جذابیت‌های بازار توسعه یابد (Suurs & Hekkert., 2009).

### ۲-۲- مراحل توسعه نظام نوآوری فناورانه

هکرت و همکاران (۲۰۱۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل نظام نوآوری فناورانه، به بررسی مراحل




**شکل (۱): مراحل توسعه نظام نوآوری فناورانه و الگوهای کارکردی مربوطه**(Hekkert, et al., 2011)

توسعه نظام نوآوری فناورانه پرداخته و این مراحل را بر اساس منحنی S فناوری تحلیل می‌نماید. آنگاه تعاملات کارکردی برای هر یک از این مراحل را به شیوه شکل(۱) شناسایی می‌نماید. منحنی توزیع یک فناوری، میزان توزیع سطح فناوری را توصیف کرده و به شکل منحنی S است. این منحنی، روند توسعه، به‌کارگیری و توزیع بیشتر فناوری را نشان می‌دهد. منحنی S می‌تواند به فازها یا مراحل مختلفی تقسیم شود. اولین مرحله، پیش توسعه می‌باشد که در آن‌یک نمونه اولیه تولیدشده است، یعنی شواهد اولیه نشان می‌دهد که فناوری کار می‌کند. سپس در مرحله توسعه، هنگامی‌که محصول برای اولین بار فروخته‌شده و بدون یارانه وارد بازار می‌گردد، اولین کاربرد تجاری به وجود می‌آید. در مرحله بعد، یعنی مرحله اوج‌گیری، فنّاوری یا محصول به میزان بیشتری توزیع‌شده و بازار بیشتر رشد خواهد کرد تا زمانی که به مرحله سرعت‌گیری می‌رسد، این مرحله نیز ادامه یافته و تشدید خواهد شد تا زمانی که اشباع رخ‌داده و میزان توزیع، تثبیت گردد، یعنی مرحله تثبیت (Hekkert, et al., 2011).

**۲-۳- ترکیب موتورهای نوآوری سورس با مراحل توسعه نظام نوآوری هکرت**

در مقایسه موتورهای نوآوری سورس و الگوی تعاملی کارکردی هکرت در مراحل توسعه نظام نوآوری، موارد زیر قابل‌ذکر است:

– هکرت، روابط میان کارکردها را به‌صورت موتور بررسی نمی‌کند. او برخلاف سورس این تعاملات را به‌صورت حلقه‌های علی تجمعی نمی‌بیند بلکه صرفاً الگوی روابط میان کارکردها را در هر مرحله از توسعه

نظام نوآوری بررسی می‌کند. به‌عبارت‌دیگر مسئله موردنظر او، موتورهای نوآوری نیست. اما سورس این روابط را به‌صورت حلقه‌های بسته شناسایی می‌کند. یعنی حلقه‌های بازخورد مثبتی که تجمعی شده و موجبات شکل‌گیری موتورهای نوآوری و صعود به موتورهای پیشرفته‌تر را مقدور می‌سازد.

– هکرت در اولین مرحله توسعه و سورس در اولین موتور، هر دو معتقدند که کارکرد خلق و توسعه دانش نقش اساسی و محوری را ایفا می‌کند. هکرت در این مرحله به نقش کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه اشاره‌ای ندارد. سورس نیز معتقد است که این کارکرد عموماً در اوایل ظهور موتور محرک علم و فناوری به‌صورت بسیار ضعیف یا غایب مشاهده می‌شود و با بلوغ موتور، حضورش پررنگ‌تر می‌گردد.

– سورس، کارکردهای خلق و توزیع دانش را وابسته و همگام باهم در نظر می‌گیرد. اما هکرت این رابطه را یک‌سویه در نظر گرفته و به‌گونه‌ای تنها خلق و توسعه دانش را معلول توزیع دانش در نظر می‌گیرد. درحالی‌که خلق دانش، می‌تواند توزیع دانش را نیز به دنبال داشته باشد.

– در موتور دوم سورس (موتور کارآفرینی) و مرحله دوم توسعه نظام نوآوری فناورانه هکرت، کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، کارکرد محوری و مهم است. کارکرد مشروعیت‌بخشی در هر دو مورد موجود است اما در موتور سورس، این کارکرد با افزایش فعالیت‌های کارآفرینانه تقویت می‌شود ولی این کارکرد در مدل هکرت، به‌طور مستقل صورت گرفته و بسیج منابع را تقویت می‌کند.

– در سومین موتور سورس (موتور ساختاردهی)، کارکرد مشروعیت‌بخشی مهم‌ترین نقش را در تحقق اهداف موتور بر عهده دارد و شکل‌گیری بازار نیز مهم است. در مرحله سوم توسعه نظام نوآوری هکرت نیز این کارکرد و کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه نقش مهم و اساسی را ایفا می‌کنند. در هر دو مدل، کارکردهای خلق و توسعه دانش و توزیع دانش، کمترین اهمیت را دارد. هکرت، پس از معرفی کارکردهای فعالیت‌های کارآفرینانه و مشروعیت‌بخشی به‌عنوان کارکردهای کلیدی این مرحله از توسعه، کارکردهای دیگر (شکل‌گیری بازار، بسیج منابع و هدایت و جهت‌دهی تحقیقات) را کارکردهای حمایتی می‌خواند. این موضوع در موتور سورس نیز به‌طور ضمنی مشخص است.

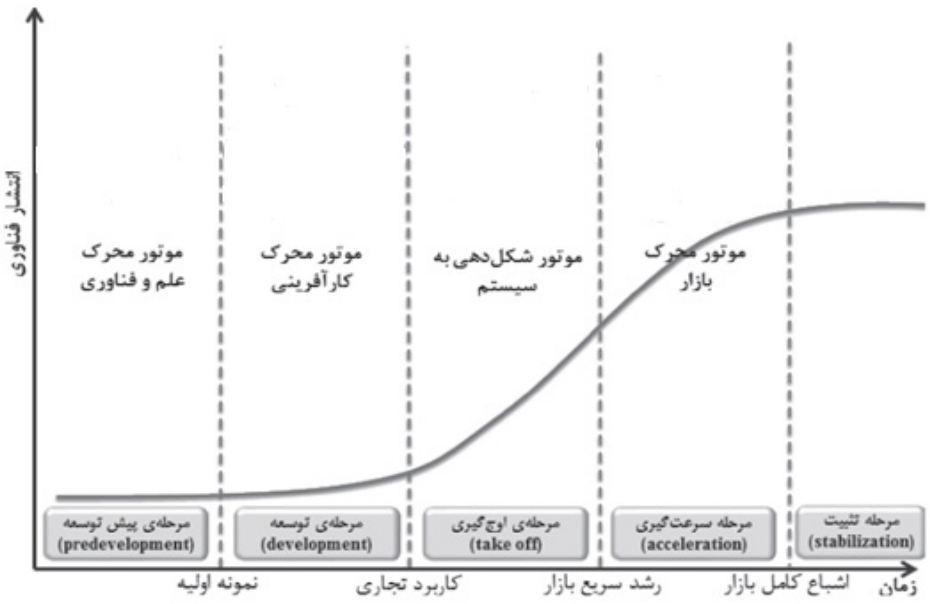
– در موتور بازار سورس و آخرین مرحله توسعه نظام نوآوری هکرت، مشخصاً کارکرد شکل‌گیری بازار، مهم‌ترین کارکرد است. در هر دو مورد، کارکرد مشروعیت‌بخشی، اهمیت خود را از دست می‌دهد. در این مرحله، کارکردهای حمایتی ازنظر هکرت عبارتند از فعالیت‌های کارآفرینانه، بسیج منابع و هدایت و جهت‌دهی تحقیقات که در مورد موتورهای سورس نیز به‌طور ضمنی قابل‌مشاهده است.

مقایسه فوق ازآن‌جهت انجام شد تا تأکید گردد منطق استفاده از موتور سورس در این تحقیق، بررسی دقیق تعاملات کارکردی با تکیه‌بر حلقه‌های علی تجمعی است. به نظر می‌رسد، سورس در شناسایی این روابط و تعاملات و نقش حلقه‌های بازخورد مثبت در شکل‌گیری موتورها موفق‌تر عمل کرده و جعبه سیاه چرایی

رشد و پیشرفت موتورهای نظام به‌سوی جلو را کاملاً تشریح کرده است. اما هکرت تأکید خود را بر مرحله توسعه نظام قرار داده و با توجه به آن، الگوهای تعاملی کارکردی ممکن برای هر مرحله از توسعه را متصور است بدون اینکه به چگونگی حرکت این نظام در مراحل توسعه اشاره‌ای نماید. اما به‌هرروی با مقایسه‌ای که صورت گرفت، تشابهات زیادی میان الگوی موردنظر هکرت و موتورهای نوآوری سورس مشاهده می‌گردد. لذا در تحقیق حاضر، تلاش شده است که نقاط قوت هر مدل استخراج‌شده و با علم به تشابهات و تفاوت‌های موجود، موتورهای نوآوری سورس را جایگزین الگوهای کارکردی هکرت نماییم. به‌این‌ترتیب به نموداری مشابه شکل (۲) خواهیم رسید و بر همین اساس و با بهره‌گیری از مشخصه‌های مراحل توسعه نظام نوآوری هکرت و موتورهای سورس به سؤال تحقیق پاسخ داده و توصیه‌های سیاستی را ارائه خواهیم داد.

**۲-۴- ابعاد فراملی در نظام نوآوری فناورانه**

در اصل، دیدگاه نظام نوآوری فناورانه در درجه اول یک رویکرد سطح مزو با ساختارها و کارکردهایی در سطح نظام فناوری می‌باشد (Markard, et al., 2015; Kukk, et al., 2015; Hekkert, et al., 2007). رشته‌های مرتبط ادبیات، بر ماهیت فراملی فناوری و نوآوری و پتانسیل ترغیب فعالیت‌های نوآورانه در اقتصادهای نوظهور به‌عنوان نتیجه افزایش تعامل و ادغام جهانی تأکید کرده‌اند (Ernst, 2002; Ernst & Kim, 2002;




**شکل(۲): ترکیب موتورهای محرک نوآوری با مراحل توسعه نظام نوآوری فناورانه (Suurs., 2009 ; Hekkert, et al., 2011)**

(Hoekman, et al., 2005; IEA/ OECD, 2001; Ockwell, et al., 2008; Worrel, et al., 2001).

چارچوب نظام نوآوری فناورانه، به خاطر ملاحظات محدود بر ابعاد جغرافیایی نوآوری، و ابعاد فراملی به‌طور خاص موردانتقاد قرارگرفته است (Binz, et al., 2014; Coenen, et al., 2012). تنها تعداد محدودی از مطالعات نظام نوآوری فناورانه شامل مراجعه صریح و روشن به ابعاد فراملی در نوآوری می‌باشند (Bai, et al., 2009; Binz, et al., 2012, 2014; Gosens & Lu., 2013; Hansen & Nygaard., 2013; Van Alphen, et al., 2008; Vasseur, et al., 2013). این کمبود، قدرت چارچوب نظام نوآوری فناورانه را در مواردی که انتظار می‌رود چنین ابعاد فراملی، نفوذ قابل‌توجهی داشته باشند، مانند اقتصادهای نوظهور، مورد تردید قرار می‌دهد.

هدف رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مطالعه نوآوری در سطح یک زمینه فناورانه است، و این‌گونه استدلال شده است که نظام نوآوری فناورانه ممکن است ابعاد جغرافیایی و چه‌بسا اغلب بعد بین‌المللی داشته باشد (برگک و همکاران، ۲۰۰۸). بااین‌حال، اگرچه نظام نوآوری فناورانه به‌عنوان پدیده فراملی مفهوم‌سازی شده است، تقریباً تمامی کارهای تجربی نظام نوآوری فناورانه به‌صورت ملی صورت گرفته است (Carlsson., 2006; Coenen, et al., 2012; Lundvall & Neumann., 2011). این‌یک معضل است زیرا تحلیلگران، اغلب مرزهای ملی را مرزهای نظام نوآوری تلقی می‌کنند (Binz, et al., 2014; Coenen, et al., 2012).

فرآیندهای رخ‌داده در سطح فراملی یا جهانی به رسمیت شناخته‌شده‌اند، اما تاکنون، به‌عنوان عوامل برون‌زا نسبت به نظام‌های نوآوری فناورانه در نظر گرفته‌شده‌اند (Suurs & Hekkert., 2009). چنین طرح سیستمی می‌تواند محدودیتی در بسیاری از کارهای تجربی در بیشتر اقتصادهای پیشرفته باشد. این مسئله به‌ویژه در فازهای اولیه شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه صادق است (Mohamad., 2011) ، که در آن بازیگر شبکه‌ها و برنامه‌های بازار نسبتاً کوچک‌تر و محلی‌تر هستند. علاوه بر این، توسعه چنین نظام‌های نوپایی به‌شدت به حمایت و هدایت دولت بستگی دارد، که باوجود افزایش ترتیبات فراملی و ترتیبات حکومت جهانی، همچنان یک موضوع ملی باقی‌مانده است. وقتی‌که فرآیندهای فراملی، تأثیر محدودی بر توسعه نظام داشته باشند، می‌توان آن‌ها را محیط سیستم تلقی کرد تا خود سیستم (Markard & Truffer., 2008).

اما تحلیل شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه در اقتصادهای نوظهور با حذف ابعاد فراملی از دامنه تحلیل به‌طورجدی ناقص خواهد بود. با این تعریف، کشورهای پیرو، زمانی آغاز به مشارکت در یک زمینه فناورانه خاص می‌کنند که نظام نوآوری فناورانه جهانی تا حد معینی بالغ شده است. وجود یک خط مقدم جهانی ممکن است به نفع توسعه فعالیت‌های نوآورانه در یک کشور پیرو باشد. تعدادی از رویکردهای پیشین در باب نوآوری در اقتصادهای درحال‌توسعه و اقتصادهای نوظهور حتی تعامل بالقوه‌ای را با این خط مقدم فناوری جهانی در مرکز تحلیل خود قائل شده‌اند (Henderson, et al., 2002; Viotti, 2002).

فقدان نسبی توجه به ابعاد فراملی در چارچوب نظام نوآوری فناورانه به این معنی است که این ابعاد در حال حاضر به‌اندازه کافی برای به‌کارگیری در موارد اقتصاد نوظهور به‌تفصیل شرح داده نشدند. به‌منظور توضیح این ابعاد، می‌توان دیدگاه‌هایی از بدنه وسیع ادبیات نوآوری در اقتصادهای درحال‌توسعه و نوظهور را ترسیم کرد.

**۲-۵- شاخص‌های سنجش ابعاد فراملی نظام نوآوری فناورانه**

اغلب مطالعات نظام نوآوری فناورانه، تنها به سطح یک کشور محدود می‌شود (Negro & Hekkert., 2008; Hekkert, et al., 2007; Bergek, et al., 2008; Hillman, et al., 2008). این کمبود، قدرت چارچوب نظام نوآوری فناورانه را در مواردی که انتظار می‌رود چنین ابعاد فراملی، نفوذ قابل‌توجهی داشته باشند، مانند اقتصادهای نوظهور، مورد تردید قرار می‌دهد. در برخی از کارها، به بعد فراملی چارچوب نظام نوآوری فناورانه نیز اشاراتی شده است (Van Alphen, et al., 2008; Coenen, et al., 2012; Gosens & Lu., 2013; Hansen & Nygaard., 2013; Binz, et al., 2014; Schmidt & Dabur., 2014; Bento & Fontes., 2015; Gosens & Coenen, 2015). اما ندرتاً در این مطالعات شاخص دقیقی برای سنجش و بررسی بعد فراملی وجود دارد. در این بخش، شاخص‌های استخراج‌شده از ادبیات نظام نوآوری فناورانه فراملی در جدول (۲) ارائه می‌گردد. با توجه به مطالب گفته‌شده، مدل تحلیل نظام نوآوری فناورانه با در نظر گرفتن ابعاد فراملی، در شکل (۳) نشان داده شده است.

## ۳- روش پژوهش

در پژوهش حاضر از روش کیفی استفاده شده است. برای شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران با لحاظ کردن بعد فراملی، ابتدا باید مرحله توسعه فعلی این نظام و موتور فعال آن را شناسایی کنیم و بر اساس آن بتوانیم پی ببریم که اضافه شدن بعد فراملی به نظام، تأثیر مثبتی بر توسعه این نظام خواهد گذاشت یا منفی. بنابراین در مرحله اول، موتور نوآوری و مرحله توسعه نظام کنونی متناظر با آن شناسایی می‌گردد. جهت انجام این مرحله، از روش تحلیل تاریخی رویدادها استفاده می‌گردد. تاریخ رویداد، یک رکورد طولی از زمان وقوع یک یا چند نوع رویداد است. تحلیل تاریخی رویدادها، برای مطالعه دوره‌هایی مورداستفاده قرار می‌گیرد که منتج به رویداد موردنظر شده‌اند (Steele, 2005). این رویکرد، از "رویدادها" به‌عنوان واحدهای ابتدایی تحلیل استفاده می‌کند (Pool, et al., 2000).

این بدان معنی است که بازتولید کارکردهای نظام برحسب رویدادها و توالی آن‌ها، شناسایی می‌گردد. بر اساس توالی رویدادها می‌توان اشکال مختلف علیت تجمعی را شناسایی کرد و نشان داد که این علیت تجمعی چگونه می‌تواند شکل‌گیری تاریخی یک نظام نوآوری فناورانه را تحت تأثیر قرار دهد (Suurs & Hekkert., 2009).

**جدول (۲): شاخص‌های استخراج‌شده بعد فراملی نظام نوآوری فناورانه**

| کارکردها | شاخص استخراجی | نویسندگان |
|---|---|---|
| فعالیت‌های کارآفرینانه | قابلیت انتقال و تقلید از فناوری‌های خارجی | Lewis., 2011; Lewis & Wiser., 2007; Hoekman, et al., 2005; Vasseur, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Wieczorek, et al., 2013; Jacobsson & Johnsson., 2000; Teece., 2001; Wilkins., 2005; OECD., 2002; REN21., 2013; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2013; Lema & Lema., 2012; Ockwell, et al., 2008; Matto, et al., 2004. |
| | کاهش دفعات آزمایشات نمونه‌ای | Wieczorek, et al., 2013; Jacobsson & Johnsson., 2000; Markard, et al., 2011; Bento & Fontes., 2015; Coe, et al., 2008; Lewis., 2011; Gosens, et al., 2013; Ernst., 2002. |
| | رقابت با تولیدکنندگان جهانی | Lee., 2009; Markides & Geroski.,2005; Binz, et al., 2015; Lewis & Wiser., 2007; Hoekman, et al., 2005; Saxenian., 2005; Gosens, et al., 2013. |
| | قابلیت انتقال و سازگاری با سیستم‌های اقتصادی داخلی | Wieczorek, et al., 2013; Jacobsson & Johnsson., 2000; Markard, et al., 2011; Bento & Fontes., 2015; OECD., 2005; Wilkins., 2002; IEA/OECD., 2001; Martinot, et al., 2002; Allen & Sriram., 2000; Yoo, et al., 2005; Gosens, et al., 2013; Peterson., 2008. |
| خلق و توسعه دانش | تأثیر تجارت تجهیزات، مجوزها، پتنت‌ها و مشاوره‌های فنی از کشورهای فعال در فناوری | Bento & Fontes., 2015; Henderson, et al., 2002; Teece, 2002; Peltier & Ashford, 1998; Gosens, et al., 2015; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – ریسک‌های نقض و حفاظت از حقوق مالکیت فکری | Gereffi, et al., 2005; Henderson, et al., 2002;Ernst., 2002; Ernst & Kim., 2002; Gereffi & Fernandez-Stark., 2011; Levi., 2008; Maskus., 2000; Smarzynska Javorcik., 2004; Gosens, et al., 2015. |
| | – تأثیر قوانین جهانی IPR (حقوق مالکیت فکری) | Brandt & Svendsen., 2006; Teece., 2001; Fu, et al., 2011; Kinoshita., 2011; Blomstr€om & Sj€oholm., 1999; Ernst & Kim., 2002; Inkpen., 2000; Amin., 2002; Coe, et al., 2004; Maskus., 2000; Smarzynska Javorcik., 2004; Gosens, et al., 2015. |
| | – تأثیر بر ظرفیت‌سازی فنی حوزه فناورانه | Wieczorek, et al., 2013; Gereffi, et al., 2005; Henderson, et al., 2002;Ernst., 2002; Ernst & Kim., 2002; Gereffi & Fernandez-Stark., 2011; Levi., 2008; Gosens, et al., 2015. |
| | – ثبت‌نام در برنامه‌های دانشگاهی خارجی و دسترسی به تجارب شرکت‌های خارجی یا سازمان‌های تحقیقاتی | Wieczorek, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Binz, et al., 2015; Hansen & Lehmann., 2006; Saxenian., 2005; Teece., 2001; Gosens, et al., 2015; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2015. |
| شکل‌گیری بازار | افزایش سهم شرکت‌های فعال در حوزه فناورانه | Lee, 2009; Markides & Geroski., 2005; Bento & Fontes., 2015; Coe, et al., 2008; Lewis, 2011; Miremadi, 2016. |
| | – قوانین تنظیم تجارت برون‌مرزی | WTO, 2014; Bergek, et al., 2008; Nemet, 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006. |
| | – سهمیه محلی سازی، مالیات واردات و یارانه‌های صادرات و موانع غیر تعرفه‌ای | WTO., 2014; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006; Hoekman, et al., 2005; Lewis & Wiser., 2007; Fu, et al., 2011; Maskus., 2000; Zhao., 2006; Gosens, et al., 2013; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – رقابت شرکت‌های داخلی با خارجی | Lee., 2009; Markides & Geroski., 2005; Binz, et al., 2012; Saxenian., 2005; Archibugi & Pietrobelli., 2003; ; Lewis & Wiser., 2007; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2013; Gosens, et al., 2015; |

**ادامه جدول (۲)**

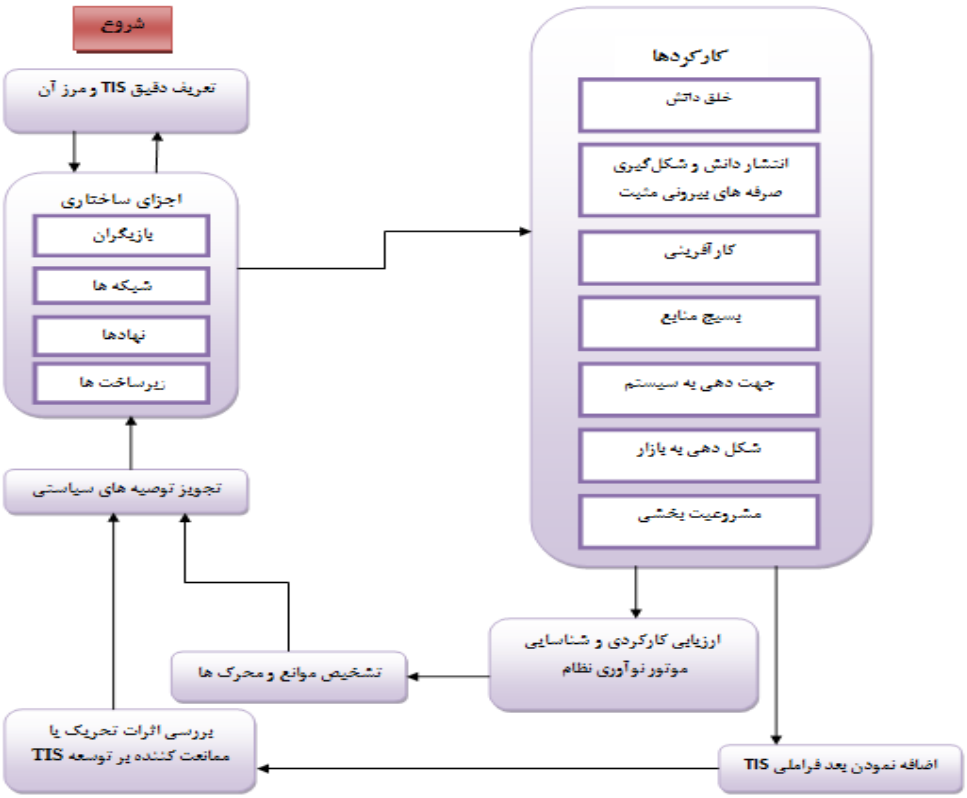
| کارکردها | شاخص استخراجی | نویسندگان |
|---|---|---|
| انتشار دانش | – فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک (باهدف تسهیم دانش) | Bento & Fontes., 2015; Binz, et al., 2015; Hansen & Lehmann., 2006; Saxenian., 2005; Saxenian., 2002; Teece., 2001; Gosens, et al., 2015; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – افزایش سرمایه‌گذاری‌های مشترک | Bento & Fontes., 2015; Brandt & Svendsen., 2006; Gereffi & Fernandez-Stark., 2011; Panayotou., 2013; Henderson, et al., 2002; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2015; Hultman, et al., 2010. |
| | – افزایش تعاملات بین‌المللی در زمینه‌های صنعتی یا تحقیقاتی (انتقال فناوری، همکاری‌های فناورانه و تحقیقاتی، جذب سرمایه‌گذاری خارجی) | Wieczorek, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Binz, et al., 2014; Hansen & Lehmann., 2006; Saxenian., 2005; Saxenian., 2002; Brandt & Svendsen., 2006; Gereffi & Fernandez-Stark., 2011; Panayotou., 2013; ; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2013; Lema & Lema., 2012; OECD., 2011. |
| | – تبادل دانش بین‌المللی در حوزه فناورانه(به‌عنوان‌مثال کارگاه‌ها، کنفرانس‌ها، پروژه‌های مشترک) | Wieczorek, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Binz, et al., 2014; Hansen & Lehmann., 2006; Saxenian., 2005; Saxenian., 2002; Miremadi., 2016; Amin., 2022; Coe, et al., 2004; Gosens, et al., 2013; Schmidt & Dabur., 2014. |
| هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | – تناسب فناوری‌های خارجی با نیازهای داخلی | Wieczorek, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Lewis., 2011; Lewis & Wiser., 2007; van Asselt & Brewer., 2010; Young., 2011; IEA / OECD., 2001; Martinot, et al., 2002; Gosens, et al., 2015; Hoekman, et al., 2005. |
| | – ترجیح و اولویت مصرف‌کنندگان برای محصولات خارجی | Bento & Fontes., 2015; Saxenian, 2005; IEA / OECD, 2001; Martinot, et al., 2002. |
| | – مشوق‌ها و حمایت‌های ویژه و یا وضع استانداردهای حمایتی خاص از سوی دولت | Hoekman, et al., 2005; Lewis & Wiser., 2007; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Fu, et al., 2011; Maskus., 2000; Zhao., 2006; Lema & Lema., 2012; Ockwell., 2008; Gosens, et al., 2013; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – اهداف و ترجیحات سیاست‌گذاران | Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; van Asselt & Brewer., 2010; Young., 2011; Fu, et al., 2011; Maskus., 2000; Zhao., 2006; CACETC., 2000; Ru, et al., 2012; Lema & Lema., 2012; Ockwell., 2008; Gosens, et al., 2015; Hoekman, et al., 2005. |
| | – تبعیت و صدور گواهینامه بر اساس استانداردهای جهانی تعریف‌شده | WTO., 2014; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006; Allen & Sriram., 2000; Rousselin., 2012; Yoo, et al., 2005; Binz, et al., 2012; Hekkert, et al., 2007; Gosens, et al., 2015; van Asselt & Brewer., 2010; Young., 2011; Miremadi., 2016. |
| | – تبادل دیدگاه‌ها و ایجاد حمایت بر اساس تجارب خارجی | Wieczorek, et al., 2013; Bento & Fontes., 2015; Coe, et al., 2008; Lewis., 2011; Ernst., 2002; Henderson, et al., 2002; Gosens, et al., 2015; Schmidt & Dabur., 2014. |

**ادامه جدول (۲)**

| کارکردها | شاخص استخراجی | نویسندگان |
|---|---|---|
| بسیج منابع | – بهبود سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی در حوزه فناورانه | Lee., 2009; Markides & Geroski., 2005; Bento & Fontes., 2015; Gereffi & Fernandez-Stark., 2011; Panayotou., 2013; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2015; Henderson, et al., 2002; Holtman, et al., 2010. |
| | – دسترسی به منابع مالی خارجی | Lee., 2009; Markides & Geroski., 2005; Henderson, et al., 2002; Panayotou., 2013; Miremadi., 2016; Bento & Fontes., 2015. |
| | – برنامه‌های شکار مغزها، فرار مغزها و بازگشت‌ها | Wieczorek, et al., 2013; Hansen & Lehman., 2006; Saxenian., 2005; Saxenian., 2002; Cao., 2008; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2015; Gosens, et al., 2013; Taylor., 2005; Beaverstock., 2006. |
| | – تأمین مالی حاصل از بانک‌های جهانی، بانک‌های توسعه منطقه‌ای و... | Lee., 2009; Markides & Geroski., 2005; Binz, et al., 2012; Hendeson, et al., 2002; Panayotou., 2013; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2015; Schmidt & Dabur., 2014. |
| مشروعیت‌بخشی | – قرار گرفتن تحت رژیم‌ها و قوانین بین‌المللی حاکم بر حوزه فناورانه | WTO., 2014; Bento & Fontes., 2015 ; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006; Allen & Sriram., 2000; Rousselin., 2012; Yoo, et al., 2005; Binz, et al., 2012; Hekkert, et al., 2007; Miremadi., 2016; Geels., 2013; Edsand., 2016. |
| | – تأثیر حمایت‌های بین‌الملل بر پیشرفت و مشروعیت‌بخشی حوزه فناورانه | Lee., 2009; Markides & Geroski., 2005; Bento & Fontes., 2015; ; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006; Brandt & Svendsen., 2006; Gosens, et al., 2013; Edsand., 2016. |
| | – قدرت دیپلماتیک کشور برای حمایت از فناوری در سطح بین‌الملل و مشروعیت‌بخشی به آن | Miremadi, 2016; Nye, 2010; Bento & Fontes., 2015; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – افزایش مشروعیت‌بخشی و رفع مقاومت‌ها | Bento & Fontes., 2015; Allen & Sriram., 2000; Rousselin., 2012; Yoo, et al., 2005; Brandt & Svendsen; Gosens, et al., 2013; Edsand., 2016; Geels., 2013; Schmidt & Dabur., 2014. |
| | – تأثیر رژیم‌های تجاری بین‌الملل(مانند سازمان تجارت جهانی و اتحادیه اروپا) بر سیاست‌های داخلی | Binz, et al., 2012; WTO., 2014; Bento & Fontes., 2015 ; Bergek, et al., 2008; Nemet., 2009; Rumbaugh & Blancher., 2004; Anderson, et al., 2006; Hekkert, et al., 2007; Miremadi., 2016; Gosens, et al., 2013; Geels., 2013; Edsand., 2016. |

به‌واسطه این روش، توالی رویدادهای تاریخی مشخص می‌گردد. هر رویداد، به یکی از کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه مربوط می‌باشد. بنابراین توالی کارکردها به‌واسطه این روش مشخص می‌گردد.

موتورهای نوآوری موردنظر سورس، جهت تبیین روابط علی کارکردها در رابطه با فناوری انرژی‌های تجدید پذیر تدوین‌شده است. با عنایت به چنین محدودیتی، تحقیق حاضر در حوزه فناوری پیچیده رادیودارو صورت گرفته و تلاش می‌شود چنانچه چنین موتورهایی در حوزه نظام نوآوری این فناوری نیز وجود دارد شناسایی گردد. درهرصورت الگوی مورداستفاده در این پژوهش برای شناسایی موتورهای




**شکل (۳): الگوی پژوهش**

نوآوری با علم به چنین محدودیتی، الگوی مورداستفاده سورس (۲۰۰۹) می‌باشد. همان‌گونه که گفته شد، روش مورد استفاده برای پاسخگویی به سؤال اول تحقیق، تحلیل تاریخی رویدادها می‌باشد. برای این منظور، مراحل زیر انجام گردید (Van de Ven, et al., 1999; Poole., 2000; Steele., 2005; Poole, et al., 2000; Boone., 2008; Chappin., 2008; Negro, et al., 2007; Negro, et al., 2008; Suurs & Hekkert., 2009; Ashlive, et al., 2013; Suurs, et al., 2009; Suurs, et al., 2010).

ابتدا داده‌های موردنیاز برای این مطالعه از گزارش‌های تاریخی جمع‌آوری شد. این گزارش‌ها با بررسی و مطالعه روزنامه‌ها، مجلات تخصصی، سایت‌های خبری و اسناد و مدارک موجود در رابطه با حوزه رادیودارو حاصل شد. هرگونه رویداد مربوط به حوزه رادیودارو در قلمرو زمانی ۱۳۵۹ الی ۱۳۹۷ استخراج گردید. سپس از طریق مصاحبه با متخصصان حوزه مربوطه، داده‌های به‌دست‌آمده از مرحله قبل تکمیل شد. به‌این‌ترتیب که با ۹ نفر از خبرگان و متخصصان موجود در حوزه رادیودارو مصاحبه‌های نیمه ساختارمند صورت گرفت. زمانی که محقق احساس کرد که داده‌های دریافتی از مصاحبه‌شوندگان به اشباع رسیده و تکراری است و به

عبارت بهتر، داده‌های بیشتری حاصل نمی‌گردد، روند مصاحبه گیری پایان یافت. آنگاه یک پایگاه داده که شامل رویدادهای تاریخی کشف‌شده است به ترتیب زمانی استخراج شد. این امر به‌واسطه مطالعه تاریخچه و ادبیات فناوری و تفکیک رویدادهای مربوطه در هر متن و گزارش صورت گرفت. در این مرحله، ۸۶ رویداد مرتبط شناسایی گردید. پایگاه داده ایجادشده، یک گزارش منظم از محتوای رویدادها و زمان رخداد آن فراهم می‌آورد. بر اساس این گزارش، رویدادهای تاریخی به انواع کارکردهای مربوط به خود در نظام نوآوری فناورانه طبقه‌بندی شدند. مزیت استفاده از رویدادها به‌عنوان شاخص‌های کارکرد نظام این است که آن‌ها می‌توانند به یکدیگر مرتبط شوند تا بتوانند یک توالی را ایجاد نمایند. توالی رویدادها به‌عنوان بخشی از یک روایت تفسیر می‌شود. در این مرحله، رویدادهای موجود به مقاطع زمانی مختلف بر اساس تشخیص محقق از دوره‌های زمانی شاخص که موتورهای خاصی را تجربه کردند، تقسیم شد. ساخت روایت به‌طور "عینی" می‌تواند بر اساس منابع مختلف باشد. هنوز، تفسیر محقق، عامل حیاتی است. برای به حداقل رساندن تعصبات شخصی، روایت، شامل موتورها، با بازخوردی که از طریق مصاحبه با کارشناسان دریافت می‌گردد، تأیید و بازسازی شد. بر اساس مراحل طی شده فوق، دوره‌های زمانی مختلف نظام نوآوری فناورانه رادیودارو استخراج گردید. جهت پاسخگویی به سؤال دوم تحقیق و شناسایی موتور و مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران با لحاظ کردن بعد فراملی نیز، از مصاحبه با خبرگان و کدگذاری استفاده گردید که توسط نرم‌افزار MAXQDA انجام شد. مصاحبه با خبرگان بر اساس چارچوب ذکرشده در جدول (۳) صورت گرفت.

## ۴- تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

### ۴-۱- شناسایی موتور و مرحله توسعه فعلی نظام(تحلیل تاریخی رویدادهای نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران)

۴-۱-۱- دوره پیش توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو(۱۳۸۵-۱۳۵۹)

لیست رویدادهای رخ‌داده در این دوره نشان‌دهنده شکل‌گیری حلقه‌های موتور محرک علم و فناوری[1] می‌باشد. مقدمات ساخت رادیودارو در ایران به سال‌های قبل از انقلاب بازمی‌گردد. در سال ۱۳۵۶، سازمان انرژی اتمی ایران با برپایی و ساخت راکتور اتمی تحقیقاتی ۵ مگاوات، تهیه و تولید رادیوداروها را بر عهده گرفت (F4). در آن سال، بودجه لازم جهت تأسیس آزمایشگاه‌های رادیو ایزوتوپ و استخدام و آموزش پرسنل تخصیص یافت (F5). با وقوع انقلاب اسلامی این مسئله به حالت تعلیق درآمد. فعالیت‌های اصلی که منجر به تهیه و تولید کلیه رادیوداروهای موردنیاز کشور شد از سال ۱۳۵۸ به عمل آمد. در سال ۱۳۵۹ سازمان انرژی اتمی ایران به تأسیس بخشی به نام «بخش رادیو ایزوتوپ» به کمک

آژانس بین‌المللی انرژی اتمی اقدام کرد (F4). این بخش در تابستان سال ۱۳۶۰ با نامه‌ای به وزارت بهداشت وقت، آمادگی خود را نسبت به تهیه و تولید چهار نوع رادیو ایزوتوپ داروئی تزریقی اعلام کرد (F4, F7). به دنبال آن کمیته‌ای از متخصصان مختلف به وجود آمد (F4, F6). بعد از آزمایش‌ها و بحث‌های مختلف در بهمن‌ماه سال ۱۳۶۲ مجوز تزریق محلول از سوی مدیریت داروئی وزارت بهداری صادر شد و این بخش تا سه الی چهار سال مقداری از محلول $^{99m}Tc$ موردنیاز مراکز پزشکی هسته‌ای در شهر تهران را تأمین می‌کرد (F2, F1, F6). این روند طی جنگ به‌صورت مختصر ادامه داشت اما از سال ۶۷ به بعد، تولید رادیودارو به معنای واقعی صورت گرفت و نمونه‌های اولیه تولید شد (F1). طی سال‌های بعد، محققان بیشتری به این عرصه علاقه‌مند شده و به‌سوی تحقیقات حوزه رادیودارو روی آوردند (F2, F6). این روند تا سال ۸۵ که غنی‌سازی اورانیوم صورت گرفت ادامه داشت. مقالاتی نیز درزمینه رادیودارو در مجلات داخلی و خارجی به چاپ رسید (F2, F3). در سال ۸۵ ورود به مرحله صنعتی غنی‌سازی اورانیوم از طریق افتتاح پروژه راه‌اندازی دومین مجموعه جدید سانتریفیوژهای تأسیسات هسته‌ای نطنز صورت گرفت (F2, F1). به این ترتیب، ایران توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در زمره کشورهای صاحب فنّاوری غنی‌سازی اورانیوم قرار گرفت (F7, F2, F4) و محرک دستیابی به سایر محصولات دانش‌بنیان بر اساس فناوری هسته‌ای ازجمله انواع رادیو داروها، ساخت شتابگرها و...شد (F1). فعالیت متوالی این حلقه‌ها(خصوصاً حلقه‌ی اول که از قوت بیشتری برخوردار است) به‌مرورزمان، منجر به برآوردن هدف موتور اول(که توسعه امر دانشی پیرامون فناوری بود) شد.

۴-۱-۲- دوره توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو (از ۱۳۸۵ تا پایان ۱۳۸۸)

از سال ۸۵ و پس از قرار گرفتن ایران در زمره کشورهای صاحب فنّاوری غنی‌سازی اورانیوم (F7, F2, F4)، به‌سرعت به سایر محصولات دانش‌بنیان بر اساس فناوری هسته‌ای دست‌یافت (F1). این دوره، دوره‌ای طلایی در جذب محققین مختلف به این عرصه بود. مقالات متعددی در رابطه با حوزه رادیوداروها چاپ گردید (F2, F3). در همین دوره اتفاقی مهم، جهت‌گیری حوزه رادیودارو را تحت تأثیر قرارداد و به پیشرفت این حوزه شتاب بخشید. طی این مهروموم‌ها، طرح کلان ملی فناوری و نوآوری «تولید رادیو داروها» بین معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و سازمان انرژی اتمی ایران منعقد گردید (F7, F4). پس‌ازاین رویداد، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای طبق قرارداد این طرح، به‌عنوان مجری تولید رادیوداروها انتخاب شد و بودجه‌ای معادل چهار میلیارد تومان نیز توسط معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری جهت تولید رادیوداروها اختصاص داده شد (F6). به دنبال آن کمیته‌ای راهبردی جهت بررسی نیازهای دارویی کشور که می‌توانست با استفاده از این فناوری تأمین شود، تشکیل گردید و لیست ۳۰ رادیوداروی اولویت‌دار تهیه شد (F4, F6, F2). پس از بررسی‌ها و نیازسنجی‌های مختلف،

**جدول (۳): مشخصات افراد مورد مصاحبه**

| ترتیب | میزان تحصیلات | رشته تحصیلی | سمت در شرکت |
|---|---|---|---|
| ۱ | کارشناسی ارشد | مهندسی صنایع | مدیر برنامه‌ریزی و توسعه |
| ۲ | کارشناسی | مدیریت صنعتی | کارمند برنامه‌ریزی و توسعه |
| ۳ | کارشناسی | مهندسی شیمی | مدیر تضمین کیفیت |
| ۴ | دکترا | داروسازی هسته‌ای | مسئول فنی |
| ۵ | کارشناسی ارشد | فیزیک پزشکی | رئیس کالیبراسیون هسته‌ای |
| ۶ | کارشناسی | فیزیک کاربردی | تولید رادیوداروهای سیکلوترون |
| ۷ | دکترا | بیوشیمی بالینی | مدیر کنترل کیفی |
| ۸ | کارشناسی ارشد | مهندسی برق | مدیر منابع انسانی |
| ۹ | کارشناسی ارشد | مدیریت | کارمند برنامه‌ریزی و توسعه |

مجموعه نرم‌افزارها و سخت‌افزارها از داخل و خارج از کشور برای تولید رادیوداروهای اولویت‌دار تهیه شد (F6). روند تحقیقات و آزمایشات ادامه یافت و درنهایت با اجرای مراحل مختلف تولید دارو در فضاهای آزمایشگاهی وعلمی و پس از پایان تائید آزمون‌های بالینی، دارو در لیست اقلام دارویی کشور قرار گرفت (F5). نتایج حاصله از تائید رادیوداروها و استقبال از آن‌ها در حوزه پزشکی هسته‌ای، به بخش رادیو ایزوتوپ و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی بازخورد داده شد تا فعالیت‌های خود را معطوف این حوزه کنند (F4). بدین ترتیب حلقه‌های موتور کارآفرینی در این دوره شکل گرفت و نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در مرحله توسعه قرار گرفت.

۴-۱-۳- دوره افول نظام نوآوری فناورانه رادیودارو (از ۱۳۸۸ تا پایان ۱۳۸۹)

حوزه رادیودارو که تا این زمان پیشرفت قابل‌توجهی داشت، به‌یک‌باره با جدی شدن و عملی شدن قطعنامه‌های جوامع بین‌الملل و آغاز تحریم‌های هسته‌ای علیه ایران، جایگاه خود را از دست داد. بدین ترتیب ایران از هرگونه فعالیت تجاری مرتبط با غنی‌سازی اورانیوم و دیگر مواد هسته‌ای یا فناوری دیگر کشورها محروم شد. با توجه به تحریم‌های هسته‌ای، توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو تحت تأثیر قرار گرفت. به عبارتی حلقه‌های مخرب به‌جای حلقه‌های سازنده شکل گرفت. به‌این‌ترتیب موتور کارآفرینی دچار افول موقت شده و به موتور محرک علم و فناوری بازگشت. تحریم‌های هسته‌ای، با تأثیر منفی بر مشروعیت فناوری هسته‌ای (F7) و به دنبال آن تأثیر منفی بر بسیج منابع و سپس فعالیت‌های کارآفرینانه و خلق دانش و شکل‌دهی بازار (F5– ,F2– ,F1– ,F6) موجبات روند معکوس حلقه

کارآفرینی را فراهم آورد و به عبارت بهتر، حلقه‌های مهم موتور کارآفرینی تخریب شدند. مرکز تولید ایزوتوپ‌ها و رادیوداروها که حدود ۵۵ نوع رادیودارو را تولید و بیش از ۱۳۰ مرکز پزشکی هسته‌ای فعال در کشور را پوشش می‌دهد در دولت دهم به دلیل تمام شدن سوخت رآکتور تهران و تحریم‌های همه‌جانبه و یک‌جانبه غرب و سازمان ملل علیه ایران فرازوفرود زیادی داشته است و در مقطعی با نبود ایزوتوپ مواجه بود که درمان بیماران بسیاری را تحت‌الشعاع قرارداد (F1– ,F5– ,F6–)، اما به دنبال تصویب قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴ـ۱۳۹۰)، از چندین قلم رادیودارو رونمایی شد. سرمایه تولید ژنراتور استرانسیوم ۹۰/ایتریم ۹۰، به‌وسیله معاونت فناوری ریاست جمهوری تأمین‌شده، تولید مواد شیمیایی به‌وسیله معاونت پژوهشی وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی صورت گرفته و تولید رادیو ایزوتوپ و تهیه آن را سازمان انرژی اتمی بر عهده گرفت. مصرف رادیوداروهای تولیدشده در این دوره به سالانه حدوداً بین ۸۰۰ هزارتا یک‌میلیون نفر رسید و نشانه‌های موفقیت‌آمیزی در اکثر بیمارانی که این رادیوداروها برای آن‌ها مورداستفاده قرارگرفته، وجود داشته است. بنابراین با نهادسازی صورت گرفته از جانب سیاست‌گذاران، کارکردهای هدایت و جهت‌دهی تحقیقات، در راستای مقاومت در برابر تحریم‌ها و فشارهای وارده و به دنبال آن همکاری میان بازیگران مختلف جهت پیشبرد اهداف قانون نامبرده، حلقه‌های سازنده موتور محرک علم و فناوری به فعالیت خود ادامه دادند (F4, F6, F2, F3, F1, F4). در این دوره دو اتفاق مهم رخ داد؛ یکی تخریب حلقه‌های موتور کارآفرینی و افول شرایط نظام نوآوری فناورانه رادیودارو و دیگری نهادسازی و جهت‌دهی دولت و بسیج منابع لازم جهت راه‌اندازی مجدد این نظام.

۴-۱-۴- دوره توسعه مجدد نظام نوآوری فناورانه رادیودارو (۱۳۸۹-۱۳۹۳)

حمایت‌های سیاست‌گذاران از این حوزه کارساز بوده و مجدداً نظام نوآوری فناورانه رادیودارو را به‌سوی شکل‌گیری موتور کارآفرینی رهنمون ساخت. از اواخر سال ۱۳۸۹ و با مصرف قابل‌توجه رادیوداروهای ساخته‌شده در دوره مزبور (F5)، و پس‌ازآن مشاهده نشانه‌های موفقیت‌آمیز در اکثر بیمارانی که این رادیوداروها برای آن‌ها مورداستفاده قرارگرفته بود، انتظارات و امیدها برای جهت‌دهی این حوزه افزایش یافت (F4). تصویب طرح کلان ملی پروژه طراحی و ساخت سیکلوترون ۱۰ مگا الکترون‌ولت زیر نظر شورای عالی عتف در دانشگاه صنعتی امیرکبیر به‌عنوان دانشگاه محوری و با همکاری دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه تهران و دانشگاه اسکو[۲] کشور کره جنوبی، از نتایج بازخورد مثبت افزایش فروش رادیوداروها بود که در این دوره رخ داد (F4, F3, F1). چاپ مقالات در این دوره شدت بیشتری یافت (F2). در سال ۱۳۹۱، شرکت پارس ایزوتوپ به‌عنوان شرکت بهره‌بردار از سازمان انرژی اتمی ایران و تولید و توزیع رادیودارو در کشور به‌صورت عمده تأسیس گردید (F4, F6, F1) و پس از تأسیس،

بلافاصله گواهینامه GMP را توسط وزارت بهداشت دریافت نمود (F7). مجموعه این رویدادها، بنیه نظام نوآوری فناورانه رادیودارو را تقویت نمود. شرکت در مجامع و نمایشگاه‌های معتبر بین‌المللی (F1) و معرفی محصولات و حضور در کنگره پزشکی هسته‌ای اروپا که هرسال دریکی از شهرهای مهم اروپا برگزار شد، از مشخصه‌های این دوره می‌باشد (F3). طی همین سال‌ها، رایزنی سازمان انرژی اتمی با دولت برای تخصیص بودجه جهت پروژه تترا صورت گرفت (F7). در ادامه خودکفایی کامل در تولید ژنراتور مولیبدن تکنسیوم پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای با همکاری و حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری اتفاق افتاد (F1, F4). رونمایی از رادیوداروها و ژنراتورهای مختلفی صورت گرفت (F1, F2). برخی کشورها برای تأمین مس ۶۴ از ایران تقاضا کردند و بازارهای جدیدی پیش روی این فناوری گشوده شد(F5). و درنهایت طرح دیگری توسط شرکت پارس ایزوتوپ به سازمان انرژی اتمی مبنی برساخت مرکز «تولید رادیوداروهای پت» در استان تهران ارائه شد (F1, F7, F2). درمجموع در این دوره تشدید فعالیت‌های کارآفرینانه و همچنین خلق و توسعه و انتشار دانش کاملاً احساس می‌شود.

۴-۱-۵- دوره اوج‌گیری نظام نوآوری فناورانه رادیودارو (۱۳۹۳- ۱۳۹۶)

نظام نوآوری فناورانه رادیودارو، طی سالیان اخیر، پیشرفت‌های قابل‌توجهی داشته است. در این سال‌ها صادرات رادیوداروییی به کشورهای اتریش، هند، پاکستان، نیوزلند و عراق صورت گرفت. تفاهم‌نامه ساخت اولین بیمارستان تخصصی هسته‌ای کشور بین سازمان انرژی اتمی، شهرداری تهران و وزارت بهداشت منعقد شد. طی این سال‌ها ارتباط مستمر با هفت مرکز پزشکی هسته‌ای وابسته به دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور وجود داشت. چهار همایش بین‌المللی در چهار سال متوالی در سازمان انرژی اتمی با حضور کارشناسان و متخصصان ۱۴ کشور جهان برگزار شد. شرکت در کنفرانس‌ها و سمینارهای علمی گروه‌های تولیدکننده رادیودارو در جهان نیز در این دوره روی داد. طبق ادعای خبرگان این حوزه و اخبار موجود، طی این دوره با استفاده از رادیوداروهای تولیدی کشور، صلاحیت و صحت این داروها عملاً به اثبات رسیده است. رایزنی و مذاکرات با دولت برای دریافت بودجه جهت پروژه تترا طی سال‌های ۹۳ تا ۹۶ صورت پذیرفت. سال ۹۴، آغاز ساخت نخستین بیمارستان هسته‌ای کشور بود و درنهایت مهم‌ترین رویداد این دوره، «برجام» در سال ۹۴ اتفاق افتاد. این حوزه پس از برجام، افزایش تولید و صادرات رادیودارو را تجربه کرد. افزایش ۴۰ درصدی تعداد مراکز پزشکی هسته‌ای کشور در این سال‌ها و نیز رشد متوسط مصرف رادیودارو به میزان ۱۶ درصد در سال از دیگر اتفاقات مهم این دوره بود. صادرات افزایش یافت. در سال ۹۵، کارشناسان آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای در خصوص وضعیت پزشکی هسته‌ای ایران گزارش‌های مثبتی ارائه دادند (سمینار پزشکی هسته‌ای، ۲۰۱۶). در کمتر از یک سال پس از برجام، ایران پس از فرانسه به دومین صادرکنندهٔ رادیودارو به هند تبدیل شد. تخصیص بودجه ادامه یافت. تحقیقات

آزمایشگاهی موفقی انجام شد و به دنبال آن معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری از طرح ملی فناوری حوزه سلامت «برش‌نگاری با نشر پوزیترون برای تصویربرداری از حیوانات کوچک» حمایت به عمل آورد. محصولات متعدد رادیودارو تولید و تجاری گردید. معاونت علمی و فناوری با به فروش رساندن برخی از این فناوری‌ها، حمایت‌های تشویقی را در نظر گرفت. در ادامه، بهره‌برداری از مرکز پژوهش و تولید و توسعه رادیوداروهای سیکلوترون در استان البرز آغاز شد. ساخت و بهره‌برداری یکی از پیشرفته‌ترین و مدرن‌ترین مراکز هسته‌ای در حوزه تحقیق و توسعه رادیوداروها در کشور نیز در همین زمان رخ داد (مرکز پژوهش و تولید و توسعه رادیوداروهای سیکلوترون). در همین زمان سرمایه‌گذاری ۶۰ میلیون یورویی در تولید انواع رادیوداروها در ایران صورت گرفت.

با بررسی روند کارکردهای این دوره، می‌توان حضور و تکرار مجدد حلقه‌های علی تجمعی موتورهای قبلی را مشاهده نمود. حلقه‌های کارآفرینی در این دوره نیز حضور مثبتی داشتند. توالی میان فعالیت‌های کارآفرینانه، مشروعیت‌بخشی، بسیج منابع و مجدداً تکرار فعالیت‌های کارآفرینانه، نشانگر حضور حلقه‌های مهم موتور کارآفرینی است. اما در این دوره، حلقه‌های جدیدی نیز ظهور کردند. در دوره قبل فعالیت‌های کارآفرینانه زیادی به وقوع پیوست و رایزنی‌های نسبتاً زیادی برای تخصیص بودجه با سیاست‌گذاران صورت گرفت (F1, F7). این فعالیت‌ها در ادامه و در دوره جاری، با بسیج منابع و هدایت و جهت‌دهی تحقیقات دنبال شد (F6, F4) و بازهم فعالیت‌های کارآفرینانه و مشروعیت‌بخشی تکرار گردید. این مسئله می‌تواند نمایانگر تحقق حلقه‌های اول و دوم موتور ساختاردهی باشد. حتی می‌توان شاهد توالی حلقه‌های سوم (F1, F7, F5, F4) و چهارم (F1, F7, F5, F6) موتور ساختاردهی نیز بود. اما مسئله‌ای وجود دارد و آن این است که سه تفاوت مهم میان این موتور و موتور کارآفرینی وجود دارد.

درست است که در این دوره زمانی، پیشرفت‌های زیادی را می‌توان درروند توسعه نظام نوآوری رادیودارو شاهد بود، اما باید دقت کرد که هنوز اتحادهای راهبردی شکل نگرفته است. دلیل این موضوع این می‌تواند باشد که حوزه فناورانه مذکور به دلیل جنبه بسیار تخصصی و علی‌الخصوص امنیتی آن، نمی‌تواند بنگاه‌های زیادی را وارد عرصه نماید. درست است که بسیاری از مراکز پزشکی هسته‌ای و بیمارستان‌ها، رادیودارو را تولید می‌کنند اما به‌طورمعمول این تولید کفاف استفاده خود آن مراکز را می‌دهد. درهرصورت این مراکز با یکدیگر اتحادهایی راهبردی را تشکیل نداده‌اند که بتوانند با تأثیر بر مشروعیت‌بخشی، کل نظام را تحت تأثیر قرار دهند. از آن گذشته، فعالیت‌های انجام‌شده در کارکردهای مختلف هنوز به پروژه‌های مشخص وابسته است و روند توسعه کاملاً به نیروهای بازار و رقابت‌های موجود در آن واگذار نشده است. بنابراین نمی‌توان ادعا کرد که این نظام هم‌اکنون از موتور ساختاردهی برخوردار است. اما می‌توان گفت که در آستانه آن قرار دارد و به محرک‌هایی جهت نیل به این مرحله

از توسعه نیازمند است. از تناظر موتور محرک نوآوری ساختاردهی با مراحل توسعه نظام، می‌توان به این نتیجه رسید که نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران، در اوایل مرحله اوج‌گیری به سر می‌برد. در مرحله اوج‌گیری نظام نوآوری فناورانه، فعالیت‌ها و تجارب کارآفرینانه (F1) حیاتی است. در این فاز، کارآفرینان باید به سازندگان واقعی نظام تبدیل شوند. بنابراین در تلاش برای حذف مقاومت‌ها هستند. مشروعیت‌بخشی (F7) نیز در این مرحله، یک کارکرد حیاتی نظام می‌باشد. هدایت و جهت‌دهی تحقیقات، بسیج منابع و شکل‌دهی بازار (F4, F5, F6) نیز کارکردهای مهم حمایتی این فاز محسوب می‌شوند. خلق و توسعه دانش و انتشار دانش احتمالاً اهمیت کمتری در این مرحله‌دارند (Hekkert, et al., 2011). در جدول (۴) یک جمع‌بندی کلی از تحلیل تاریخ رویدادها ارائه شده است.

به‌منظور پاسخ به سوال دوم پژوهش با ۹ نفر از خبرگان و متخصصان موجود در حوزه رادیودارو مصاحبه‌های نیمه ساختارمند صورت گرفت تا پاسخ‌های آن‌ها به سمت چارچوب موردنظر سوق پیدا کند. سؤالات مطرح‌شده از مصاحبه‌شوندگان، در چارچوب شاخص‌های استخراج‌شده موجود در جدول (۲) می‌گنجد. زمانی که محقق احساس کرد که داده‌های دریافتی از مصاحبه‌شوندگان به اشباع رسیده و تکراری است، روند مصاحبه گیری پایان یافت. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA، کدهای مربوط به کارکردهای هفتگانه استخراج و دسته‌بندی گردید. نتایج خروجی نرم‌افزار در جدول (۵) ارائه‌شده است.

**جدول(۴): جمع‌بندی مراحل تحلیل تاریخی رویدادها**

| مرحله | موتور مربوطه | توضیح |
|---|---|---|
| پیش توسعه(از ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۵) | موتور محرک علم و فناوری | این موتور با شتاب‌بخشی به انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه، روند رشد نظام نوآوری فناوری و بلوغ آن را میسر کرد. |
| توسعه(از ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸) | موتور کارآفرینی | موتور کارآفرینی منجر به شتاب‌بخشی انجام فعالیت‌های کارآفرینی و ورود دانش به عرصه اجرا شد. |
| افول(از ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹) | موتور محرک علم و فناوری | حلقه‌های مخرب به‌جای حلقه‌های سازنده شکل گرفت. به‌این‌ترتیب موتور کارآفرینی دچار افول موقت شده و به موتور محرک علم و فناوری بازگشت. |
| توسعه مجدد(از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳) | موتور کارآفرینی | حمایت‌های سیاست‌گذاران از این حوزه کارساز بوده و مجدداً نظام نوآوری فناورانه رادیودارو را به‌سوی شکل‌گیری موتور کارآفرینی رهنمون ساخت |
| اوج‌گیری(از ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶) | موتور ساختاردهی | درست است که در این دوره زمانی، پیشرفت‌های زیادی در روند توسعه نظام نوآوری رادیودارو رخ داد، اما باید دقت کرد که هنوز اتحادهای راهبردی شکل نگرفته و این حوزه هنوز پروژه‌محور است و روند توسعه، کاملاً به نیروهای بازار و رقابت‌های موجود در آن واگذار نشده است. |

**جدول (۵): نتایج کدگذاری مصاحبه‌های تخصصی**

| کدهای استخراجی | نوع کارکرد | تعداد | تأثیر |
|---|---|---|---|
| انتقال دانش | انتشار دانش | ۶ | + |
| تحرک جهانی افراد ماهر | | ۴ | + |
| امکان حضور در کنفرانس‌ها و کارگاه‌ها | | ۷ | + |
| پروژه‌های مشترک | | ۴ | + |
| ضعف در کاهش ریسک سرمایه‌گذاری خارجی | انتشار دانش بسیج منابع | ۱ | – |
| افزایش سرمایه‌گذاری خارجی | بسیج منابع | ۷ | + |
| کاهش فرار مغزها | | ۴ | + |
| افزایش بازگشت مغزها | | ۷ | + |
| افزایش نیاز به فناوری و زیرساخت | | ۲ | + |
| سرمایه‌گذاری کشورهای درحال‌توسعه برای خرید رادیودارو | بسیج منابع شکل‌دهی بازار | ۱ | + |
| فعال شدن زیرساخت‌های استفاده‌نشده مانند راکتور تهران | بسیج منابع | ۲ | + |
| حمایت و تأمین مالی توسط بسیاری از بانک‌های جهانی | | ۳ | + |
| امکان دریافت سهام low carbon | بسیج منابع مشروعیت‌بخشی | ۱ | + |
| دریافت دانش و تجربه و سرمایه‌های مالی | بسیج منابع | ۲ | + |
| دسترسی به وجوه اروپایی | | ۳ | + |
| ترجیح برای تولیدات ما وجود خواهد داشت(به علت قیمت تمام‌شده بسیار پایین) | تأثیر بر هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | ۸ | + |
| عدم تهدید واردات به علت قیمت بالا | | ۶ | + |
| استانداردهای جهانی تهدید نیست و همین حالا هم از استانداردها تبعیت می‌شود. | | ۶ | + |
| تبادل دیدگاه‌ها و تجارب | | ۴ | + |
| افزایش استانداردها تا سطح حداقل استانداردهای جهانی | | ۲ | + |
| ارتقای استانداردها(GMP) | | ۲ | + |
| کمک به تجاری‌سازی بهتر و سریع‌تر | تجارب کارآفرینانه | ۱ | + |
| افزایش امکان انتقال و تقلید فناوری | | ۳ | + |
| افزایش بازارها | تجارب کارآفرینانه شکل‌دهی بازار | ۶ | + |

**ادامه جدول (۵)**

| کدهای استخراجی | نوع کارکرد | تعداد | تأثیر |
|---|---|---|---|
| دسترسی به تجربیات سازمان‌های تحقیقاتی | تجارب کارآفرینانه | ۱ | + |
| فشارهای بازار و رقابت، باعث بهبود می‌شود | | ۳ | + |
| کاهش آزمون‌وخطا و هزینه‌های مربوطه | | ۲ | + |
| افزایش کیفیت به علت فشار رقابت | | ۱ | + |
| بهبود فعالیت‌های کارآفرینانه | | ۴ | + |
| افزایش شرکت در نمایشگاه‌ها | تجارب کارآفرینانه<br>خلق و توسعه دانش | ۴ | + |
| تأثیر مثبت بر انتخاب پروژه‌های کارآفرینانه(با اطلاعات موجود) | تجارب کارآفرینانه | ۱ | + |
| مشاوره‌ها و شکستن تابوی GMP | خلق و توسعه دانش | ۳ | + |
| دریافت مجوز بافا | | ۴ | + |
| افزایش دانش فردی با تحریم | | ۲ | – |
| افزایش دسترسی به تجهیزات و فناوری‌ها | | ۶ | + |
| ریسک‌های نقض حقوق مالکیت معنوی | | ۴ | – |
| دریافت دانش و فناوری‌های موردنیاز | خلق و توسعه دانش<br>انتشار دانش | ۲ | + |
| بهره‌مندی از حقوق مالکیت معنوی | خلق و توسعه دانش | ۲ | + |
| بهره‌مندی از مشاوره‌های فنی | | ۳ | + |
| ثبت سالانه پتنت الزامی است و هزینه‌بر است | | ۱ | – |
| ثبت‌نام در برنامه‌های دانشگاهی | | ۱ | + |
| فروش دانش(آن‌قدر دانش داریم که خریدار داشته باشد) | شکل‌دهی بازار | ۷ | + |
| افزایش بازار در سراسر جهان | | ۱ | + |
| افزایش سهم تولیدکنندگان داخلی(به علت مزیت رقابتی قیمت) | | ۳ | + |
| رفتن به‌سوی بازار فراملی برای ما خیلی راحت‌تر و بهتر است. | شکل‌دهی بازار<br>تأثیر بر هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | ۱ | + |
| ناگزیریم در بازار جهانی حل شویم | | ۱ | + |
| ازنظر حوزه دانشی ما توان بالا کشیدن خود و رقابت با آن‌ها راداریم | شکل‌دهی بازار<br>تجارب کارآفرینانه | ۲ | + |
| ازنظر فنّاورانه و ماشین‌آلات نمی‌توانیم رقابت کنیم | | ۲ | – |
| می‌توانیم زیرساخت ساز خوبی نباشیم اما می‌توانیم داروساز خوبی باشیم | شکل‌دهی بازار | ۱ | + |
| امکان افزایش توریست پزشکی | | ۳ | + |
| افزایش فروش | | ۳ | + |

**ادامه جدول (۵)**

| کدهای استخراجی | نوع کارکرد | تعداد | تأثیر |
|---|---|---|---|
| قیمت‌هایمان درهرصورت کمتر از همه دنیاست. | شکل‌دهی بازار<br>تأثیر بر هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | ۸ | + |
| سهم ما با ورود شرکت‌های فعال در عرصه رادیودارو در دنیا، کم نمی‌شود. چراکه ما درهرصورت مزیت رقابتی بسیار بالایی داریم | | ۱ | + |
| بازار ما آن‌قدر بازار بزرگی هست که با ورود چند شرکت از بین نمی‌رود. | شکل‌دهی بازار | ۲ | + |
| صحه‌گذاری بر تولید رادیودارو توسط سازمان‌های جهانی دسترسی به( HDA approved یا FDA approved) | مشروعیت‌بخشی | ۴ | + |
| تداخل میان انتظارات و منافع وزارت بهداشت و سیستم حمل‌ونقل داخلی و بین‌الملل | | ۲ | – |
| افزایش امکان مذاکره و توجیه جهت جذب سرمایه | مشروعیت‌بخشی<br>بسیج منابع | ۴ | + |
| حمایت از شرکت‌های کارآفرینی به‌شرط رعایت رژیم‌های زیست‌محیطی | مشروعیت‌بخشی<br>تأثیر بر هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | ۱ | + |
| دریافت امکانات با عضویت در کنوانسیون‌ها | مشروعیت‌بخشی | ۲ | + |
| هرچقدر معاهدات بین‌المللی را بیشتر بپذیریم به نفع خودمان است | | ۳ | + |
| کمتر شدن حساسیت جامعه جهانی | | ۴ | + |
| افزایش مشروعیت فعالیت‌های هسته‌ای | | ۶ | + |

نتایج حاصل از کدگذاری نشان می‌دهد که ازنظر مصاحبه‌شوندگان، با اضافه شدن بعد فراملی به‌نظام نوآوری فناورانه رادیودارو، همه کارکردها بهبودیافته و وضعیت بهتری را نشان خواهند داد. به‌طورکلی مسائلی که مصاحبه‌شوندگان بسیار بر آن‌ها تأکید داشتند و توسط اکثریت آن‌ها تکرار شد مسائلی همچون انتقال دانش، امکان حضور در کنفرانس‌ها و کارگاه‌ها، افزایش سرمایه‌گذاری خارجی، بازگشت مغزها و جلوگیری از فرار مغزها،ترجیح برای تولیدات داخلی به علت قیمت تمام‌شده پایین و بنابراین مزیت رقابتی در قیمت، عدم تهدید واردات، عدم تهدید استانداردهای جهانی و حتی تأثیر مثبت این استانداردها بر تولیدات داخلی، افزایش بازارها، دسترسی بیشتر به تجهیزات و فناوری‌های موردنیاز، فروش دانش و افزایش مشروعیت‌بخشی فعالیت‌های هسته‌ای می‌باشد. با جمع‌بندی کدهای استخراجی، نتایج خلاصه‌شده در جدول (۶) ارائه شده است.

همان‌گونه که دیده می‌شود، بیشترین کدهای استخراجی از مصاحبه‌های انجام‌شده، به ترتیب به

جدول (۶) نتایج جمع‌بندی کدهای استخراجی

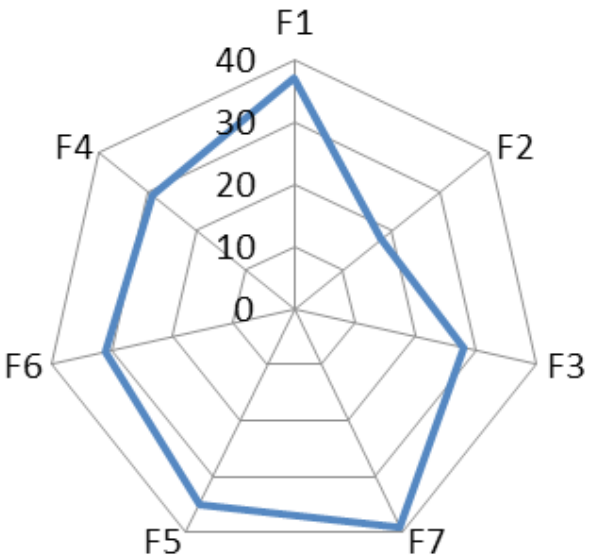
| کارکرد | مجموع کدهای استخراجی |
|---|---|
| فعالیت‌های کارآفرینانه(F1) | ۳۷ |
| خلق و توسعه دانش(F2) | ۱۸ |
| انتشار دانش(F3) | ۲۸ |
| هدایت و جهت‌دهی تحقیقات(F4) | ۲۹ |
| شکل‌دهی بازار(F5) | ۳۵ |
| بسیج منابع(F6) | ۳۱ |
| مشروعیت‌بخشی(F7) | ۳۹ |

کارکردهای مشروعیت‌بخشی، فعالیت‌های کارآفرینانه، شکل‌دهی بازار، بسیج منابع، هدایت و جهت‌دهی تحقیقات، انتشار دانش و خلق و توسعه دانش اختصاص دارد. در مرحله اوج‌گیری مدل هکرت، مهم‌ترین کارکردها، کارکردهای مشروعیت‌بخشی (F7) و فعالیت‌های کارآفرینانه (F1) می‌باشد و در موتور ساختاردهی سورس نیز مهم‌ترین کارکردها،کارکردهای مشروعیت‌بخشی (F7) و شکل‌دهی بازار (F5) است. بنابراین می‌توان دید که کارکردهای مهم و اساسی در موتور ساختاردهی و نیز مرحله اوج‌گیری، بیشترین تعداد کدها را به خود اختصاص داده‌اند و این نشان می‌دهد که طبق نتایج کدگذاری با اضافه شدن بعد فراملی به‌نظام نوآوری فناورانه رادیودارو، می‌توان به موتور ساختاردهی و مرحله اوج‌گیری، صعود کامل داشت. نمودار رادار نتایج کدگذاری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در ایران با اضافه شدن بعد فراملی در شکل (۳) نشان داده‌شده است.

طبق نتایج مصاحبه و کدگذاری، بیشترین کدهای استخراجی از مصاحبه‌های انجام‌شده، به ترتیب به کارکردهای مشروعیت‌بخشی، فعالیت‌های کارآفرینانه و شکل‌گیری بازار اختصاص یافت و بر این اساس طبق نتایج کلی با اضافه شدن بعد فراملی به‌نظام نوآوری فناورانه رادیودارو، می‌توان به موتور ساختاردهی و مرحله اوج‌گیری، صعود کامل داشت.

## ۵- جمع‌بندی

نظام نوآوری فناورانه رادیودارو در اوایل مرحله اوج‌گیری است. در مرحله اوج‌گیری، فناوری یا محصول به میزان بیشتری توزیع‌شده و بازار بیشتر رشد خواهد کرد تا زمانی که به مرحله سرعت‌گیری می‌رسد.




**شکل(۳): نمودار رادار نتایج کدگذاری**

تأکید بر این موضوع که این نظام در آستانه صعود به مرحله اوج‌گیری است می‌تواند به ما کمک کند تا بدانیم بر چه کارکردهایی باید تأکید بیشتری کرد تا محرکی برای جهش روبه‌جلو باشند.

– در فاز اوج‌گیری، مهم‌ترین کارکردها، فعالیت‌های کارآفرینانه (F1)، مشروعیت‌بخشی (F7) و شکل‌گیری بازار (F5) می‌باشند. طی مراحل تحلیل تاریخی رویدادها، مشاهده شد که ورود کارآفرینان تازه‌وارد به این حوزه، نسبتاً دشوار است. یکی از دلایل این امر، حساسیت ویژه حوزه‌های فناوری هسته‌ای و علی‌الخصوص جنبه امنیتی آن است. جا دارد سیاست‌گذاران این حوزه، تدابیری را بیندیشند که امکان ورود کارآفرینان خصوصی به این حوزه بیشتر فراهم شود و به‌طور مثال از سطح بیمارستان‌ها و شرکت‌های زیرمجموعه سازمان انرژی اتمی فراتر رود.

– کارکرد مشروعیت‌بخشی، با ایجاد اتحادیه‌ها و تشکیل شبکه‌های قدرتمند میان کارآفرینان حوزه فناورانه شکل می‌گیرد. در موتور ساختاردهی می‌توان دید که کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، منجر به تقویت کارکرد مشروعیت‌بخشی می‌شود. بنابراین طبیعی است که با تقویت کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، می‌توان خودبه‌خود، کارکرد مشروعیت‌بخشی را نیز تقویت کرد.

– برای شکل‌دهی بازار نیز، افزایش اندازه بازار علی‌الخصوص با تسهیل صادرات، ارائه معافیت‌های مالی و تعرفه‌ای برای ورود فعالان جدید، خریدهای دولتی، حمایت‌های ویژه برای ورود شرکت‌های

خصوصی دانش‌بنیان و وضع استانداردهای حمایتی خاص جهت ایجاد بازارهای ویژه برای فناوری رادیودارو، می‌تواند به بهبود پیشبرد اهداف این کارکرد کمک کند.

– با اضافه شدن بعد فراملی به‌نظام نوآوری فناورانه رادیو، صعود کامل به موتور ساختاردهی و مرحله اوج‌گیری را تجربه خواهیم کرد. لذا اتخاذ تدابیری توسط سیاست‌گذاران جهت فعالیت این حوزه در سطح بین‌الملل توصیه می‌گردد. شاید مهم‌ترین تأثیر این موضوع، مشروعیت انجام فعالیت‌های علمی است که با انرژی هسته‌ای پیوند خورده است. حوزه پزشکی هسته‌ای، از صلح‌آمیزترین حوزه‌های مرتبط با فناوری هسته‌ای است. بنابراین توصیه می‌گردد سیاست‌گذاران، که مهم‌ترین عنصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه می‌باشند، توجه بیشتری را معطوف این حوزه فناورانه نمایند. به نظر می‌رسد سرمنشأ پیشرفت نظام‌های نوآوری فناورانه، تلاش و توجه سیاست‌گذاران است. با توجه و علاقه‌مندی سیاست‌گذاران به یک حوزه فناورانه خاص، نهادهای خاص آن حوزه تدوین می‌گردد، تبلیغات وسیعی صورت می‌گیرد و اختصاص بودجه برای فعالیت‌های کارآفرینانه و خلق و توسعه دانش، منجر به جذب هر چه بیشتر محققان و متخصصان و صاحبان کسب‌وکار به این حوزه می‌گردد. زیرساخت‌ها توسعه می‌یابند و شبکه و ارتباطات به‌صورت هدفمند ایجاد می‌شود.

– از راه‌های مهم ایجاد تعاملات بین‌الملل در حوزه فناوری رادیودارو، فراهم نمودن امکان حضور در برنامه‌های آموزش و دانشگاهی در سطح بین‌الملل و همکاری‌های علمی میان متخصصان این حوزه در عرصه بین‌الملل، انعقاد هر چه بیشتر طرح‌های کلان فناوری جهت توسعه این فناوری، وضع حمایت‌های ویژه، مشوق‌ها، گرنت ها، استانداردهای حمایتی خاص از سوی دولت جهت تشویق صادرات و حضور در بازارهای بین‌الملل، ارتقای استاندارد تولید رادیودارو جهت نزدیک شدن هر چه بیشتر به استاندارد جهانی GMP، اتخاذ راهکارها و مشوق‌هایی جهت بازگشت مغزها و جلوگیری از فرار مغزها، تدوین و تحکیم قوانین حمایت از حقوق مالکیت فکری، انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه مشترک، افزایش سرمایه‌گذاری‌های مشترک، تسهیل قوانین مالیاتی و تعرفه‌ای جهت سهولت مبادلات فناوری، تجهیزات و محصولات، بهبود زیرساخت‌ها (خاصه خطوط هوایی) جهت ارسال داروهای حساس و با نیمه‌عمر پایین، و شاید مهم‌تر از همه موارد ذکرشده، بهبود روابط دیپلماتیک، جهت حمایت و مشروعیت‌بخشی هر چه بیشتر به فعالیت‌های هسته‌ای می‌باشد. یکی از موضوعات مهم در رابطه با فناوری رادیودارو، نیاز مبرم این حوزه به تجهیزات خارجی در شرایط موجود است. به همین دلیل هرگونه کدورت و تیرگی در روابط با دیگر کشورها می‌تواند دسترسی به این تجهیزات را محدود نماید. و از همه مهم‌تر، روابط بین‌الملل مسالمت‌آمیز سیاست‌گذاران این حوزه، می‌تواند امکان فعالیت صلح‌آمیز در این عرصه و حضور روزافزون در عرصه بین‌الملل را تسریع و بهبود بخشد.

## ۶- مراجع


Allen, R.H & Sriram, R.D. 2000, The Role of Standards in Innovation. *Technol. Forecast. Soc. Change,* C, Volume (64), pp. 171-181.

Amin, A. 2002, Spatialities of Globalisation. *Environ. Plan. A,* Volume (34), pp. 385-399.

Bleeker, A.E.M. 2013, Diffusion of Solar PV From a TIS Perspective & its Transnational Factors, A case study of Tanzania, Institute for Environmental Studies.

Archibugi, D. & Pietrobelli, C. 2003, The Globalisation of Technology and its Implications for Developing Countries: Windows of Opportunity or Further Burden*? Technol. Forecast. Soc. Change,* Volume (70), pp. 861-883.

Anderson, K., Martin, W., Van der Mensbrugghe, D. 2006, Doha Merchandise Trade Reform: What is at Stake for Developing Countries*? World Bank Econ. Rev.* Volume (20), pp. 169-195.

Bai, X, Wieczorek, A.J, Kaneko, S, Lisson, S & Contreras, A., 2009, Enabling Sustainability Transitions in Asia: The Importance of Vertical and Horizontal Linkages, *Technol. Forecast. Soc. Change,* Volume (76), pp. 255-266.

Beaverstock, J.V. Hall, S.J.E. & Faulconbridge, J.R. 2006, The internationalization of Europe's contemporary transnational executive search industry, in: J.W. Harrington, W. Daniels (Eds.) 28 Knowledge-based services, internationalization and regional development, Ashgate Publishing, Hampshire/Burlington.

Bento, N & Fontes, M. 2015, Spatial Diffusion and the Formation of a Technological Innovation System in the Receiving Country: The Case of Wind Energy in Portugal, *Environmental Innovation and Societal Transitions,* Volume (15), pp. 158-179.

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*, Volume (3), pp. 407-429

Binz, C, Truffer, B & Coenen, L. 2014, Why Space Matters in Technological Innovation Systems: Mapping Global knowledge Dynamics of Membrane Bioreactor Technology, *Research Policy* Volume (43), pp. 138-155.

Binz, C., Truffer, B., Li, L., Shi, Y, Lu, Y. 2012, Conceptualizing Leapfrogging with Spatially Coupled Innovation Systems: The Case of onsite Wastewater Treatment in China, *Technol. Forecast. Soc. Change,* Volume (79), pp. 155-171.

Blomstr€om, M & Sj€oholm, F. 1999, Technology Transfer and Spillovers: Does Local Participation with Multinationals Matter*? Eur. Econ. Rev.* Volume (43), pp. 915-923.

Brandt, U.S & Svendsen, G.T. 2006, Climate Change Negotiations and First-Mover Advantages: The Case of the Wind Turbine Industry. *Energy Policy,* Volume (34), pp. 1175-1184.

Bryman, A 2006, Integrating Quantitative and Qualitative Research: How is it Done*? Qualitative Research*. 6(1), pp. 97-113.

CACETC 2000, China Wind Power e Study Report. As Part of UNFCCC Technological Needs Assessment

Cao, C 2008, China's Brain Drain at the High End. *Asian Popul. Stud.* Volume (4), pp. 331-345.

Carlsson, B. 2006, Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature. Res. Policy, Volume (35), 56-67.

Chappin, E. J. L., 2008, Emission-trading as transition instrument for emission reductions? In Groenewegen, J. P. M., T. Fens, J.-F. Auger, and K. Paardenkooper-Suli, editors, 11th Annual International Conference on the Economics of Infrastructures, Delft, 2008. Delft University of Technology

Coe, N.M, Dicken, P & Hess, M. 2008, Global production networks: realizing the potential. *J. Econ. Geogr.* Volume (8), pp. 271-295.

Coenen, L & Truffer, B. 2012, Places and Spaces of Sustainability Transitions: Geographical Contributions to an Emerging Research and Policy Field. *European Planning Studies,* 20(3), pp. 367-374.

Coenen, L, Benneworth, P & Truffer, B 2012, Toward a Spatial Perspective on Sustainability Transitions. *Res. Policy,* Volume (41), pp. 968-979.

Edsand, H 2016, Technological Innovation Systems and the wider context: A framework for developing countries," MERIT Working Papers 017, United Nations University - Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT).

Ernst, D & Kim, L. 2002, Global Production Networks, Knowledge Diffusion, and Local Capability Formation. *Res. Policy,* Volume (31), pp. 1417-1429.

Ernst, D 2002, Global Production Networks and the Changing Geography of Innovation Systems, Implications for Developing Countries. *Econ. Innov. New Technol.* Volume (11), pp. 497-523.

Ernst, D, Kim, L. 2002, Global Production Networks, Knowledge Diffusion, and Local Capability Formation. *Res. Policy,* Volume (31), pp. 1417-1429.

Fu, X, Pietrobelli, C & Soete, L . 2011, The Role of Foreign Technology and Indigenous Innovation in the Emerging Economies: Technological Change and Catching-up. *World Dev.* Volume (39), pp. 1204-1212.

Geels, F.W. 2013, The impact of the financial-economic crisis on sustainability transitions:Financial investment, governance and public discourse. *Environ. Innov. Soc. Transitions,* Volume (6), pp. 67–95.

Gereffi, G & Fernandez-Stark, K 2011, Global Value Chain Analysis, a Primer. Center on Globalization, Governance & Competitiveness at the social science institute.

Gereffi, G, Humphrey, J & Sturgeon, T 2005, The Governance of Global Value Chains, *Review of International Political Economy,* 12(1), pp. 78-104.

Gosens, J. Lu, Y & Coenen,L. 2015, The Role of Transnational Dimensions in Emerging Economy 'Technological Innovation Systems' for Clean- Tech, *Journal of Cleaner Production,* Volume (86), pp. 378-388.

Gosens, J, Lu, Y. 2013, From lagging to leading? Technological innovation systems in emerging economies and the case of Chinese wind power. *Energy Policy,* Volume (60), pp. 234-250.

Hansen, J.A & Lehmann, M 2006, Agents of change: universities as development hubs. *J. Clean. Prod.* Volume (14), pp. 820-829.

Hansen, U.E & Nygaard, I 2013, transnational linkages and sustainable transitions in emerging countries: exploring the role of donor interventions in niche development. *Environ. Innov. Soc. Transit.* Volume (8),

pp. 1-19.

Hekkert, M.P , Suurs, R.A.A, Negro, S, Kuhlmann, S & Smits, S. 2007, Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change, *Technological Forecasting and Social Change,* Volume (74), pp. 413-432.

Hekkert, M.P, Negro, S.O, Harmsen, R& Heimeriks, G.J. 2011, Technological Innovation System Analysis: A Manual for Analysts. Utrecht University, Report for Joint Research Center, Energy Institute.

Henderson, J, Dicken, P, Hess, M, Coe, N & Yeung, H.W.-C. 2002, Global production networks and the analysis of economic development. *Rev. Int. Polit. Econ.* Volume (9), pp. 436-464.

Hillman, K, Suurs, R, Hekkert, M & Sandén, B 2008, Cumulative Causation in Biofuels Development: A Critical Comparison of the Netherlands and Sweden, *Technology Analysis & Strategic Management,* Volume (20), pp. 592-612.

Hoekman, B.M, Maskus, K.E & Saggi, K 2005, Transfer of technology to developing countries: unilateral and multilateral policy options. *World Dev.* Volume (33), pp. 1587-1602.

Hultman, N.E, Pulver, S, Guimarães, L, Deshmukh, R & Kane, J., 2010, Carbon market risks and rewards: Firm perceptions of CDM investment decisions in Brazil and India, *Energy Policy,* In Press.

IAEA 2006, Advances in medical radiation imaging for cancer diagnosis and treatment, *Nuclear Technology Review*, pp. 110-127.

IEA/OECD 2001, Technology without Borders e Case Studies of Successful Technology Transfer. IEA/OECD, Paris.

Inkpen, A.C. 2000, learning through joint ventures: a framework of knowledge acquisition. *J. Manag. Stud.* Volume (37), pp. 1019-1044.

Jacobsson, S & Johnson, A., 2000, the diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy Policy,* Volume (28), pp. 625–640.

Jalilian, A, Beiki, , Hassanzadeh-Rad, A, Eftekhari, A & Geramifar, P. 2016, Production and Clinical Applications of Radiopharmaceuticals and Medical Radioisotopes in Iran, Semin Nucl Med, 46(4), pp. 340-58

Kinoshita, Y. 2000, R&D and Technology Spillovers via FDI, Innovation and Absorptive Capacity, CEPR/WDI Annual Conference on Transition Economies in Moscow for comments and Murali Parsa at the Czech Statistical Office for providing the data

Kukk, P, Moors, E.H.M & Hekkert, M.P. 2015, The Complexities in System Building Strategies: The Case of Personalized Cancer Medicines in England, *Technological Forecasting and Social Change,* Volume (98), pp. 47-59.

Lema, R & Lema, A . 2012, Technology Transfer*?* The Rise of China and India in Green Technology Sectors, *Innovation and Development,* 2(1), pp. 23-44.

Lewis, J.I 2011, Building a national wind turbine industry: experiences from China, India and South Korea. *Int. J. Technol. Glob.* Volume (5), pp. 281-305.

Lewis, J.I, Wiser, R.H 2007, fostering a renewable energy technology industry: an international

comparison of wind industry policy support mechanisms. *Energy Policy,* Volume (35), pp. 1844-1857.
Løvdal, N & Neumann, F 2011, Internationalization as a strategy to overcome industry barriersdan assessment of the marine energy industry. *Energy Policy,* Volume (39), pp. 1093-1100.
Lundvall, B.-Å, Johnson, B, Andersen, E.S, Dalum, B, 2002, National systems of production, innovation and competence building. *Res. Policy,* Volume (31), pp. 213-231.
Markard, J & Truffer, B 2008, Technological innovation systems and the multi level perspective: towards an integrated framework. *Res. Policy,* Volume (37), pp. 596-615.
Markard, J. Suter, M & Ingold, K. 2015, Socio-Technical Transitions and Policy Change: Advocacy Coalitions in Swiss Energy Policy. SPRU Working Paper Series, SWPS, Volume (18), pp. 215-237.
Markard, J, Raven, R & Truffer, B 2012, Sustainability Transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy,* Volume (41), pp. 955–967 (Introduction paper for the special section).
Markides, C., Geroski, P. (2005). Fast Second. Jossey-Bass, San Francisco.
Martinot, E, Chaurey, A, Lew, D, Moreira, J.R & Wamukonya, N. 2002. Renewable energy markets in developing countries. *Annu. Rev. Energy Environ.* Volume (27), pp. 309-348.
Maskus, K.E 2000, Intellectual Property Rights in the Global Economy. Peterson Institute.
Mattoo, A.M, Olareagga, K & Saggi, M 2004, Mode of foreign entry, technology transfer, and FDI policy, *J. Devel. Econ.*Volume (75), pp. 95 111.
Miremadi, T 2016, A Model for Science and Technology Diplomacy: How to Align the Rationales of Foreign Policy and Science. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=2737347
Mohamad, Z.F., 2011, The emergence of fuel cell technology and challenges for catching-up by latecomers: insights from Malaysia and Singapore. *Int. J. Technol. Glob.* Volume (5), pp. 306-326.
Negro, S & Hekkert, M 2008, Explaining the Success of Emerging Technologies by Innovation System Functioning: The Case of Biomass Digestion in Germany, *Technology Analysis & Strategic Management,* Volume (20), pp. 465-482.
Nemet, G.F., 2009, Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change. *Res. Policy,* Volume (38), pp. 700-709.
Nye, J. 2010, The Future of American Power. Foreign Affairs , November December.
Ockwell, D.G, Watson, J, MacKerron, G, Pal, P & Yamin, F 2008, Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries. *Energy Policy,* Volume (36), pp. 4104-4115.
OECD. 2005, Governance of Innovation Systems. Volume 1: Synthesis Report. Paris: OECD.
OECD, 2011 Invention and Transfer of Environmental Technologies, OECD Studies on Environmental Innovation. OECD Publishing.
Paez, D, Becic, T, Bhonsle, U, Jalilian, A.R, Nuñez-Miller. R & Osso, J.A. J.r. 2016, Current status of nuclear medicine practice in the Middle East. *Sem. Nucl. Med.* Volume (46), pp. 265 272.
Panayotou, T 2013, Instruments of Change: Motivating and Financing Sustainable Development. London, Routledge.
Peltier, N. P & Ashford, N.A. 1998. Assessing and rationalizing the management of a portfolio of clean

technologies: experience from a French environmental fund and a World Bank Cleaner Production demonstration project in China. *J. Clean. Prod.* Volume (6), pp. 111-117.

Peterson, S 2008, Greenhouse gas mitigation in developing countries through technology transfer*?*: a survey of empirical evidence. Mitig. Adapt. Strateg. *Global Change* 13, pp. 283-305.

Poole, M.S, Van de Ven, A.H, Dooley, K & Holmes, M.E., 2000,Organizational change and innovation processes, theories and methods for research, Oxford: Oxford University Press.- Semin Nucl Med 2016, Volume (46), pp. 265-272

REN21 2013. Renewables 2013 Global Status Report. REN21 Secretariat, Paris.

Rennings, K & Beise, M. 2003, "Lead Markets of Environmental Innovations: A Framework for Innovation and Environmental Economics," ZEW Discussion Papers 03-01, ZEW - Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung / Center for European Economic Research.

Rennings, K 2000, Redefining innovationdeco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecol. Econ.* Volume (32), pp. 319-332.

Rousselin, M. 2012, But why would they do that*?* European external governance and domestic preferences of rule importers. *J. Contemp. Eur. Res.* Volume (8), pp. 470-489

Ru, P, Zhi, Q, Zhang, F, Zhong, X, Li, J & Su, J 2012, Behind the development of technology: the transition of innovation modes in China's wind turbine manufacturing industry. *Energy Policy* Volume (43), pp. 58-69.

Rumbaugh, T & Blancher, N 2004, China: International Trade and WTO Accession. IMF working paper WP/04/36.

Saxenian, A. 2002, transnational communities and the evolution of global production networks: the cases of Taiwan, China and India. *Ind. Innov*. Volume (9), pp. 183-202.

Saxenian, A 2005, from brain drain to brain circulation: transnational communities and regional upgrading in India and China. *Stud. Comp. Int. Dev.* Volume (40), pp. 35-61.

Schmidt, T.S & Dabur, D. 2014, Explaining the Diffusion of Biogas in India: A New Functional Approach Considering National Borders and Technology Transfer, *Environmental Economics and Policy Studies*, Volume (16), pp. 171-199.

Smarzynska Javorcik, B. 2004. the composition of foreign direct investment and protection of intellectual property rights: evidence from transition economies. *Eur. Econ. Rev.* Volume (48), pp. 39-62.

Steele, F., 2005. Event history analysis, NCRM/004. National Centre for Research Methods.

Suurs, R.A.A 2009, *Motors of sustainable innovation. Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*, thesis, Utrecht University, Utrecht.

Suurs, R.A.A, 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(8), pp.1003–1020.

Suurs, R.A.A, Hekkert, M.P, Kieboom, S, Smits, R.E.H.M. 2010, Understanding the formative stage of technological innovation system development: the case of natural gas as an automotive fuel. *Energ Policy* Volume (38), pp. 419–431.

Taylor, R. 2005, China's Human Resource Management Strategies: The Role of Enterprise and Government, *Asian Bus. Manag,* 4(1), pp. 5-21.

Teece, D.J 2001, Firm capabilities and economic development: implications for the newly industrializing economies. In: Kim, L., Nelson, R.R. (Eds.), Technology, Learning and Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies. Cambridge University Press, Cambridge.

Van Alphen, K, Hekkert, M.P & van Sark, W.G.J.H.M., 2008, Renewable energy technologies in the Maldivesdrealizing the potential. Renew. *Sustain. Energy Rev.* Taylor, R 2005, China's Human Resource Management Strategies: The Role of Enterprise and Government, 12(1), pp. 162-180.

Van Asselt, H & Brewer, T 2010, Addressing competitiveness and leakage concerns in climate policy: an analysis of border adjustment measures in the US and the EU. *Energy Policy,* Volume (38), pp. 42-51.

Vasseur, V, Kamp, L.M & Negro, S.O. 2013, A comparative analysis of photovoltaic technological innovation systems including international dimensions: the cases of Japan and the Netherlands. *J. Clean. Prod.* Volume (48), pp. 200-210.

Viotti, E.B 2002, National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. *Technol. Forecast. Soc. Change,* Volume (69), pp. 653-680.

Wieczorek, A.J, Berkhout, F, & Raven, R. 2013, transnational linkages in sustainability experiments of India, Paper presented at International Sustainability Transition Conference in Zurich, Switzerland, pp. 19-21

Wieczorek, A.J, Negro, S.O, Harmsen, R, Heimeriks, G.J, Luo, L & Hekkert, M.P. 2013, A review of the European offshore wind innovation system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume (26), pp. 294-306.

Wilkins, G. 2002, Technology Transfer for Renewable Energy: Overcoming Barriers in Developing Countries. Earth Scan, London.

Worrell, E, van Berkel, R, Fengqi, Z, Menke, C, Schaeffer, R.O & Williams, R. 2001, Technology transfer of energy efficient technologies in industry: a review of trends and policy issues. Energy Policy, Volume (29), pp. 29-43.

WTO 2014, WTO Mission Statement. http://www.wto. org/english/thewto_e/whatis_e/wto_dg_stat_e.htm.

Yoo, Y, Lyytinen, K & Yang, H 2005. The role of standards in innovation and diffusion of broadband mobile services: the case of South Korea. *J. Strateg. Inf. Syst.*14, pp. 323-353.

Young, O.R 2011, Effectiveness of international environmental regimes: existing knowledge, cutting-edge themes, and research strategies. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 108, pp. 19853-19860.

Zhao, M 2006, Conducting R&D in countries with weak intellectual property rights protection. *Manag. Sci.* 52, pp.1185-1199.