

تاریخ دریافت: ۹۷ / ۱ / ۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۷ / ۸ / ۳۰

شناسایی موتور نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران

سعیده لرستانی^۱

محمود یحیی زاده فر*^۲

طاهره میرعمادی^۳

محسن علیزاده ثانی^۴

چکیده

فناوری رادیو دارو، طی سالیان اخیر به پیشرفت‌های چشمگیری دست یافته و این مسئله علیرغم تحریم‌های جوامع بین‌الملل علیه فعالیت هسته‌ای ایران رخ داده است. این مقاله، به دنبال بررسی نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران با بهره‌گیری از رویکرد موتورهای نوآوری است. پژوهش حاضر میدانی و کتابخانه‌ای بوده و در فاصله زمانی ۱۳۹۶-۱۳۵۹ انجام شده است. مبنای نظری پژوهش حاضر، موتورهای نوآوری سورس است. این مسئله با استفاده از روش «پژوهش تلفیقی» و در دو بخش کمی و کیفی صورت می‌گیرد تا همه جوانب نظام بررسی و سنجیده شود. این امر در بخش کیفی با استفاده از روش «تحلیل تاریخی رویدادها» و در بخش کمی با استفاده از پیمایش و مدل معادلات ساختاری صورت پذیرفت. آنگاه طبق روش طرح اکتشافی، موتور محرک نوآوری نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو شناسایی شد. طبق نتایج بخش کمی دریافتیم که حلقه‌های «موتور ساختاردهی» تشکیل شده است اما با توجه به نتایج بخش کیفی می‌توان دریافت که مشخصات نظام در موتور ساختاردهی، به طور کامل در رابطه با فناوری رادیو دارو دیده نمی‌شود؛ بنابراین، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی را پذیرفته و بر این اساس، توصیه‌های سیاستی برای شکل‌گیری کامل این موتور را ارائه کردیم.

واژه‌های کلیدی:

رادیو دارو، نظام نوآوری فناورانه، مدل موتورهای نوآوری، روش طرح اکتشافی.

۱. دانشجوی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، بابلسر.

۲. عضو هیئت‌علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، بابلسر.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m.yahyazadeh@umz.ac.ir

۳. عضو هیئت‌علمی، مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران.

۴. عضو هیئت‌علمی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه مازندران، بابلسر.

مقدمه

اخیراً پیشرفت علوم رادیو دارو در ایران، در سطوح بین‌المللی مطرح شده است (جلیلیان و همکاران، ۲۰۱۶). این پیشرفت با جایگاهی عالی و تفاوتی زیاد نسبت به اکثر کشورهای خاورمیانه گزارش شده است. به‌عنوان مثال بالاترین تعداد مراکز ^{137}Cs ، به ترتیب به کشورهای ترکیه (۲۴۰ مرکز) و ایران (۱۵۵ مرکز)، تعداد دوربین‌های گاما به ترتیب به ترکیه (۳۱۰) و ایران (۲۰۰) اختصاص دارد. ایران تنها کشوری در خاورمیانه است که مراکز حرفه‌ای پزشکی هسته‌ای را در همه انواع رادیو داروها دارا است. بالاترین ظرفیت برای تولید و توزیع رادیو دارو در منطقه نیز به کشورهای ایران، اسرائیل و ترکیه تعلق دارد (پایز و همکاران^۲، ۲۰۱۶). این پیشرفت علیرغم تحریم‌های هسته‌ای علیه ایران رخ داده است؛ بنابراین فهم نحوه توسعه‌ی فناوری رادیو دارو و نحوه سیاست‌گذاری آن در کشور از مسائل اساسی است که محقق را تشویق به انجام این پژوهش کرده است. تولید رادیو دارو از سال ۱۹۹۸ در ایران آغاز شد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۱۶). رادیو دارو، فرمولاسیون دارویی منحصر به فرد حاوی ایزوتوپ است که برای حوزه‌های بالینی تشخیص یا درمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۸). امروزه با پیشرفت سریع دانش هسته‌ای، پزشکی هسته‌ای و فناوری نانو و تلفیق این سه، پیشرفت‌های سریعی در دانش تولید رادیو داروها به وقوع پیوسته است، از این‌رو امروزه بخش گسترده‌ای از تحقیقات علمی کشورهای پیشرفته معطوف به مطالعه و گسترش رادیو داروهاست. (دولت‌آبادی بزار و همکاران، ۱۳۸۳). نظام نوآوری فناورانه، به عنوان مجموعه‌ای از بازیگران و قوانینی تعریف می‌شود که بر سرعت و جهت‌دهی تغییرات فناورانه در حوزه‌های فناورانه خاص تأثیر می‌گذارد (برگک و همکاران^۳، ۲۰۰۸؛ هکرت و همکاران^۴، ۲۰۰۷؛ مارکارد و ترافر^۵، ۲۰۰۸؛ وایزورک و همکاران^۶، ۲۰۱۳). هدف خاص تحلیل یک نظام نوآوری فناورانه، تعریف ساختارها و فرآیندهایی است که مانع و یا محرک توسعه یک حوزه فناورانه می‌شوند (بلیکر^۷، ۲۰۱۳). سورس^۸ (۲۰۰۹) و هکرت (۲۰۱۱) به بررسی موتورهای نظام

۱. مراکز پزشکی هسته‌ای

- 2 . Paize et al.
- 3 . Bergek et al.
- 4 . Hekkert et al.
- 5 . Markard & Truffer
- 6 . Wieczorek et al.
- 7 . Bleeker
- 8 . Suurs

نوآوری فناورانه پرداخته‌اند. یکی از قدرتمندترین عوامل ایجاد پویایی، تعاملات میان کارکردی بوده که در ادبیات نظام‌های نوآوری، اصطلاح موتورهای نوآوری پایدار^۱ را برای آن انتخاب نموده‌اند (سورس و همکاران، ۲۰۰۹؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ کیبوم و اسمیت^۲، ۲۰۱۰). به‌منظور درک توسعه و انتشار فناوری‌های رادیو دارو، لازم است شناخت بیشتری در مورد پویایی‌های سیستم‌های نوآوری صورت گیرد. این چارچوب می‌تواند به ما در شناخت عوامل کلیدی بازدارنده یا مشوق فناوری‌های نوظهور کمک کند؛ بنابراین درصدد هستیم که بدانیم وضعیت کنونی نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در کشور ما چگونه است. این مسئله با تکیه بر شناسایی موتورهای نوآوری صورت می‌گیرد؛ بنابراین سؤال پژوهش به این صورت مطرح می‌گردد که: در حال حاضر موتور نوآوری فعال نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در کشور ایران بر اساس الگوی سورس، کدام است؟

پیشینه تحقیق

رویکرد نظام نوآوری فناورانه

رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکرد نظام‌های نوآوری است. باین وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید بر تحلیل ساختار نظام نوآوری فناورانه و تقسیم آن‌ها به چهار مؤلفه بازیگران، شبکه‌ها، نهادها و زیرساخت‌ها است (برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ وایزورک و هکرت، ۲۰۱۰). مشخصه دوم متمایزکننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تعداد زیادی از پژوهشگران، بر پویایی نظام نوآوری فناورانه تمرکز کرده‌اند (برگک ۲۰۰۲؛ کارلسون و جکوبسون^۳، ۱۹۹۷؛ هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ جکوبسون و برگک، ۲۰۰۴؛ جکوبسون و جانسون^۴، ۲۰۰۰؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران^۵، ۲۰۰۸؛ ریکن^۶، ۲۰۰۰). مطالعات نشان می‌دهد که چگونه شکل‌گیری سریع نظام نوآوری فناورانه با تأثیرات جمعی و روابط بین کارکردها می‌تواند اتفاق بیفتد (سورس و همکاران، ۲۰۱۰).

- 1 . The Motor of Sustainable Innovation
- 2 . Keiboom & Smith
- 3 . Carlsson & Jacobsson
- 4 . Jacobsson & Johnson
- 5 . Negro et al.
- 6 . Rickne

جدول ۱- کارکردهای نظام نوآوری فناورانه (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۲)

| کد | عنوان کارکرد | شرح کارکرد | منابع |
|----|-------------------------|--|---|
| F۱ | فعالیت‌های کارآفرینانه | کارآفرین دانش را به فرصت‌های کسب‌وکار و در نهایت نوآوری ترجمه می‌کند. فعالیت‌های کارآفرین پروژه‌هایی را شامل می‌شود که هدف آن‌ها اثبات سودمندی فناوری در حال ظهور در محیط تجاری یا عملی است. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ نگرو، ۲۰۰۷؛ نگرو، ۲۰۰۸؛ نگرو و همکاران، ۲۰۱۲؛ برگک، ۲۰۰۳؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ مارکراد و ترافر، ۲۰۰ |
| F۲ | خلق و توسعه دانش | توسعه دانش فعالیت‌های یادگیری را در فناوری‌های نوظهور و همچنین در بازار، شبکه‌ها و غیره شامل می‌شود. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ نگرو، ۲۰۰۷ |
| F۳ | انتشار دانش | فعالیت‌های نشر دانش، مستلزم مشارکت بین بازیگران مانند توسعه‌دهندگان فناوری و همچنین برگزاری کارگاه‌ها و جلسات کنفرانس‌ها است. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگرو و هکرت، ۲۰۱۰؛ برگک، ۲۰۰۳؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ مارکراد و ترافر، ۲۰۰۸ |
| F۴ | هدایت و جهت‌دهی تحقیقات | هدایت تحقیقات اشاره به فعالیت‌هایی دارد که نیازها، ملزومات و انتظارات از بازیگران را با توجه به حمایت بیشتر از فناوری در حال ظهور، شکل می‌دهد. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگرو و هکرت، ۲۰۱۰؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ مارکراد و ترافر، ۲۰۰۸ |
| F۵ | شکل‌دهی بازار | شکل‌دهی بازار شامل فعالیت‌هایی است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری در حال ظهور شود. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ نگرو و همکاران، ۲۰۱۲ |
| F۶ | تأمین و تخصیص منابع | بسیج منابع اشاره به اختصاص سرمایه مالی، مادی و انسانی دارد. دسترسی به چنین عوامل سرمایه‌ای برای همه تحولات دیگر لازم است. | هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ برگک، ۲۰۰۳؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ نگرو و همکاران، ۲۰۱۲ |
| F۷ | مشروعیت بخشی | رشد فناوری در حال ظهور اغلب با مقاومت بازیگران در مقابل کسب منافع سیستم کنونی همراه است. به‌منظور توسعه و بهره‌گیری از سیستم نوآوری فناوری، دیگر بازیگران باید اثر این مقابله را خنثی کنند. این کار می‌تواند با پیگیری مصرانه مقام‌های قدرتمند برای تجدید پیکربندی نهاد سیستم انجام شود. | ساباتیر ^۱ ، ۱۹۹۸؛ هکرت، ۲۰۰۷؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس، ۲۰۰۹؛ نگرو، ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران، ۲۰۱۲ |

کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

تاکنون، محققان مختلف دسته‌بندی‌های متفاوتی از کارکردهای نظام‌های نوآوری ارائه نموده‌اند (هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ نگرو، ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۸؛ نگرو و همکاران، ۲۰۱۲؛ برگک، ۲۰۰۳؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ هکرت و نگرو، ۲۰۰۹؛ مارکارد و ترافر، ۲۰۰۸؛ سورس و همکاران، ۲۰۱۰؛ وایزورک و هکرت، ۲۰۱۴). اگرچه تفاوت‌هایی بین نظرات پژوهشگران در رابطه با کارکردهای نظام نوآوری مشاهده می‌شود، اما همان‌طور که بارها گفته شده است، این تفاوت‌ها جنبه فرعی دارد و جمع نظریات در مورد کارکردهای نوآوری امکان‌پذیر است.

موتورهای محرک نوآوری

یکی از قدرتمندترین عوامل ایجاد پویایی، تعاملات میان کارکردی بوده که در ادبیات نظام‌های نوآوری، اصطلاح موتورهای نوآوری پایدار^۱ را برای آن انتخاب نموده‌اند (سورس، هکرت و اسمیت، ۲۰۰۹؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ کیبوم و اسمیت، ۲۰۱۰). این موتورها از مجموعه‌ای از حلقه‌های علی تجمعی^۲ تعاملات میان حداقل دو کارکرد تشکیل شده است. بر اساس ادبیات، مهم‌ترین رویکرد برای ارزیابی عملکرد یک نظام، ارزیابی کردن عملکرد انباشته آن است. این مفهوم از عملکرد با موتورهای نوآوری ارتباط دارد (سورس و هکرت، ۲۰۰۹). این موتورها اصلی‌ترین عوامل در شکل‌دهی و یا ایجاد شکست در روند توسعه فناوری خواهند بود (سورس، ۲۰۰۹). سورس در کتابی تحت عنوان موتورهای نوآوری پایدار، با بررسی نحوه شکل‌گیری چند نظام نوآوری فناورانه نوظهور در حوزه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، چهار نوع موتور محرک شکل‌گیری نظام‌های نوآوری نوظهور ارائه می‌کند. این موتورها عبارت‌اند از:

۱- موتور محرک علم و فناوری: هدف این موتور گسترش دانش نظری و عملی پیرامون فناوری از هر بعد است. همان‌طور که در شکل زیر قابل مشاهده است، این موتور از دو حلقه‌ی علی تجمعی تشکیل شده است. در اولین حلقه، کارکرد جهت‌دهی به سیستم [F۴] به عنوان فعالیت‌های آغازین این موتور شروع به کار کرده و با انجام فعالیت در کارکرد بسیج منابع [F۶] و سپس برآورده شدن کارکردهای توسعه و انتشار دانش [F۳, F۲] ادامه پیدا کرده و نهایتاً به کارکرد ابتدایی جهت‌دهی به سیستم باز می‌گردد. حلقه‌ی دوم این موتور نیز که عموماً در دوره‌هایی پدیدار می‌گردد که حلقه‌ی اول

1 . The Motor of Sustainable Innovation

2 . Cumulative Causation Loop

سرعت گرفته باشد، از کارکرد جهت‌دهی به سیستم [F۴] شروع شده، با کارکرد بسیج منابع [F۶] و فعالیت‌های کارآفرینانه [F۱] ادامه یافته و دوباره به جهت‌دهی به سیستم باز می‌گردد. فعالیت متوالی این حلقه‌ها (خصوصاً حلقه‌ی اول که از قوت بیشتری برخوردار است) به مرور زمان، منجر به برآوردن هدف موتور اول (که توسعه امر دانشی پیرامون فناوری بوده) خواهد شد. لازم است خاطر نشان گردد که در طول فعالیت این حلقه‌ها، ممکن است کارکردی در جهت مخالف رشد سیستم شروع به برآورده شدن نماید (مثلاً شکست پروژه‌های پایلوت و ایجاد تأثیر منفی در کارآفرینان [F۱]) فعالیت مثبت این حلقه‌ها را مختل نموده و از یک حلقه‌ی سازنده، حلقه‌ای مخرب می‌سازد (سورس، ۲۰۰۹).

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 انجام شده در فرآیند توسعه فناوری نوظهور شدت بخشد. سه حلقه‌ی علی و معلولی جدید فعال در این موتور وجود دارد (در حقیقت ۴ حلقه‌ی علی و معلولی وجود دارد که یک حلقه‌ی آن با موتور محرک علم و فناوری مشترک است و دوباره ویژگی‌های آن بازگو نمی‌شود). در اولین حلقه، کارکرد جهت‌دهی به سیستم [F۴] منجر به ایجاد کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی [F۱] می‌گردد و این تعامل به صورت متقابل ادامه پیدا می‌کند. در حلقه دوم نیز کارکردهای فعالیت‌های کارآفرینی [F۱] شرایط را برای انجام فعالیت در کارکرد مشروعیت بخشی [F۷] تسهیل می‌نماید و در ادامه، این کارکرد نیز تحقق کارکرد بسیج منابع [F۶] را ممکن می‌نماید. در نهایت و با انجام این کارکرد، شرایط برای انجام فعالیت‌های کارآفرینی [F۱] هموار می‌شود و این حلقه کامل می‌شود. در سومین حلقه نیز کارکرد انجام فعالیت‌های کارآفرینی [F۱] با دو کارکرد خلق و انتشار دانش [F۲, F۳] در تعامل است و حلقه سازنده‌ای را ایجاد می‌نماید. از کنار هم قرارگیری این سه حلقه، موتور کارآفرینی قادر به شتاب بخشی به انجام فعالیت‌های کارآفرینی و ورود دانش به عرصه اجرا خواهد بود (سورس، ۲۰۰۹).

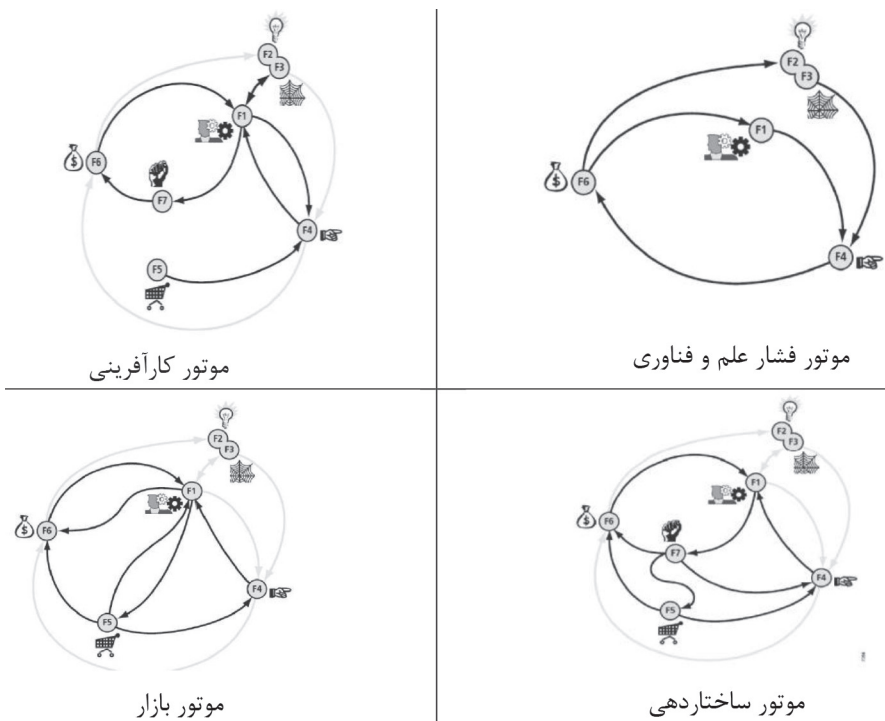
۳- موتور ساختاردهی: این موتور با هدف ایجاد ساختاری منسجم و یکپارچه برای توسعه فناوری به دنبال فراهم آمدن فرصت‌هایی برای برنامه‌ریزی کلان است تا جهت رشد سیستم را از وابستگی و پروژه محوری خارج کند و توسعه‌ی فناوری را در معنای عام، هدف قرار دهد. موتور ساختاردهی از ۴ حلقه اصلی (جدید) تشکیل شده است. دو حلقه‌ی اول این موتور در اثر ریزنی‌های سیاسی قدرت می‌گیرد و وابستگی به حمایت‌های دولتی دارد. اولین حلقه از تعامل کارکردهای [F۴, F۷] ایجاد می‌گردد. این حلقه منجر به انجام جهت‌گیری‌های کلان غیر پروژه محور، اما با وابستگی دولتی می‌گردد.

دومین حلقه از توالی میان کارکردهای [F1, F7, F6] ایجاد می‌گردد. این حلقه نیز منجر به تأمین منابع موردنیاز به صورت غیر پروژه محور و اما با وابستگی به رایزنی‌های سیاسی می‌شود. حلقه‌ی دوم موتور ساختاردهی، از طریق بازار فعال می‌گردد و وابستگی به حمایت‌های دولتی در آن دیده نمی‌شود. حلقه‌های سوم این موتور ناشی از تعامل کارکردهای [F1, F5, F7, F6] است که هدف تأمین منابع را از طریق بازار دنبال می‌کند. در نهایت حلقه‌ی چهارم هم از تعامل کارکردهای [F1, F7, F5, F4] حاصل می‌گردد که به دنبال جهت‌دهی و برنامه‌ریزی کلان با محرک بازار است (سورس و هکرت، ۲۰۰۹).

۴- موتور بازار: هدف این موتور آن است که نظام نوآوری فناورانه به عنوان بخشی از سیستم‌های موجود به حساب آید به گونه‌ای که فناوری تنها با جذابیت‌های بازار توسعه یابد (سورس و هکرت، ۲۰۰۹). در این موتور، چهار حلقه‌ی جدید فعال وجود دارد. اولین حلقه از توالی کارکردهای [F1, F5] ایجاد می‌شود. این حلقه از یک طرف به ایجاد جذابیت در بازار کمک می‌کند و از طرف دیگر ورود کارآفرینان جدید را شدت می‌بخشد. حلقه‌ی دوم از توالی کارکردهای [F5, F4, F1] و دوباره [F5] ایجاد می‌گردد. حلقه‌ی سوم از تعامل کارکردهای [F1, F5, F6, F1] پدید می‌آید که به تأمین منابع از طریق بازار کمک می‌کند. در نهایت، حلقه‌ی چهارم هم تعامل کارکردهای F1 و F6 خواهد بود که هدف تأمین منابع از طریق سرمایه‌ی کارآفرینان را دنبال می‌کند (سورس، ۲۰۰۹).

سورس و هکرت (۲۰۰۹) در پژوهشی تحت عنوان علیت تجمعی در شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه: مطالعه موردی سوخت‌های زیستی در هلند، پویایی‌های کارکردی نظام نوآوری فناورانه سوخت‌های زیستی را با استفاده از روش تحلیل تاریخی رویدادها بررسی کردند. مطالعه آن‌ها، سه موتور را در اپیزودهای تاریخی مختلف نشان داد: موتور فشار علم و فناوری، موتور کارآفرینی و موتور بازار مورد انتظار. آن‌ها معتقدند که موتور بازار مورد انتظار با انتظارات مثبت و سیاست‌های جهت‌دهی شده توسط برنامه‌های دولت تقویت می‌گردد. سورس و همکاران (۲۰۰۹a) در پژوهشی تحت عنوان درک ساختار نظام نوآوری فناورانه تکنولوژی سلول‌های سوختی و هیدروژنی، تعامل میان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه سلول‌های سوختی و هیدروژنی در هلند را با روش تحلیل تاریخی رویدادها بررسی کردند و نتیجه گرفتند که این نظام در مرحله موتور کارآفرینی به سر می‌برد. سورس و همکاران (۲۰۰۹b) در پژوهشی دیگر تحت عنوان درک مرحله شکل‌دهی توسعه نظام نوآوری فناورانه: مطالعه موردی گاز طبیعی به عنوان سوخت خودرو، با روش تحلیل تاریخی، موتورهای این نظام را شناسایی کردند که شامل موتورهای کارآفرینی، موتور ساختاردهی و موتور بازار بود. نگرو و هکرت (۲۰۰۹) در مقاله‌ای

تحت عنوان پویایی های نظام نوآوری فناورانه، شواهدی تجربی برای الگوی کارکردی در باب فناوری انرژی های تجدید پذیر را با استفاده از الگوی تعاملی کارکردها بررسی کردند. آن ها الگوهای مختلفی را برای مراحل تاریخی این فناوری را با روایت تاریخی رویدادها استخراج کردند که متفاوت از الگوی سورس است. هیلمن و همکاران^۱ (۲۰۰۸)، در مقاله ای تحت عنوان علیت تجمعی در توسعه سوخت های زیستی، مقایسه ای میان پویایی های کارکردی هلند و سوئد انجام دادند. نتایج بررسی آن ها نشان داد که به موجب اجرای کارکردهای نظام و ظهور علیت تجمعی، نظام نوآوری فناورانه سوئد به گسترش بازار و پیاده سازی اجتماعی وسیع تری دست یافته است، در حالی که نظام نوآوری فناورانه هلند هنوز به طور کامل شکل نگرفته است. آزاد و قدسی پور (۱۳۹۶) در مقاله ای تحت عنوان مدل سازی نظام نوآوری فنی با رویکرد پویایی شناسی سیستم ها و تحلیل شاخص های کارکردی، نوآوری فنی در زمینه توسعه کاتالیست ها برای صنعت پتروشیمی ایران را با استفاده از رویکرد الگوی تعاملی و الگوی مراحل توسعه هکرت بررسی کردند. آن ها نتیجه گرفتند که این نظام در فاز توسعه قرار دارد.



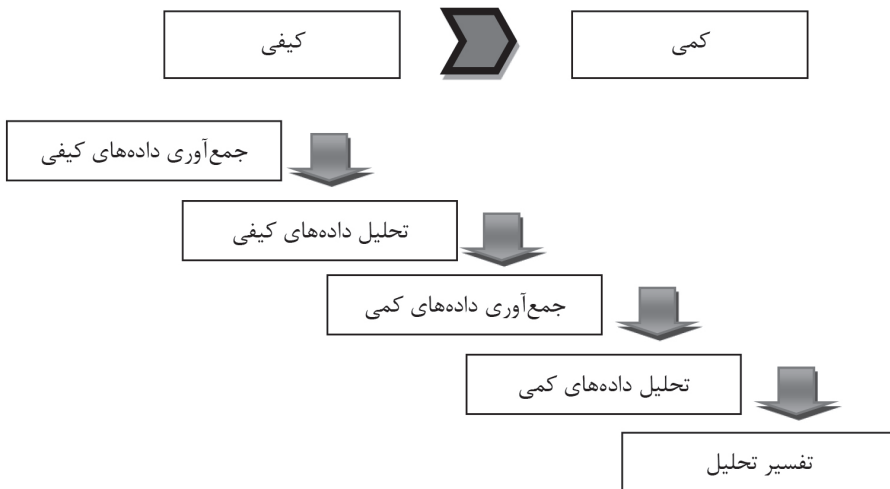
شکل ۱- موتورهای نوآوری (سورس، ۲۰۰۹)

1. Hillman et al.

بر اساس مطالب ذکر شده در پیشینه پژوهش، موتورهای نظام نوآوری فناوریانه رادیو دارو در ایران در مقاطع زمانی مختلف بررسی شده و نیز موتوری که در حال حاضر فعال است معرفی می‌گردد تا بر اساس آن، کارکردهای کلیدی جهت تقویت موتور حاضر و یا صعود نظام به موتور مرحله بعد تسهیل گردد.

روش تحقیق

در این تحقیق، شناسایی موتور نوآوری نظام نوآوری فناوریانه رادیو دارو در ایران، با بهره‌گیری از روش تلفیقی صورت خواهد پذیرفت. بدین معنی که ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی را برای شناسایی موتور محرک نوآوری برگزیده‌ایم. هر دو پارادایم کمی و کیفی نقاط ضعفی دارند که توسط یکدیگر قابل جبران هستند؛ بنابراین، استفاده مکمل از رویکردهای کمی و کیفی طیف وسیع‌تری از دیدگاه‌های روش‌شناختی را پیش رو می‌نهد، اعتبار کلی نتایج تحقیق را افزایش می‌دهد و پژوهشگر را به شناخت واقعیت نزدیک‌تر می‌سازد (بريمن^۱، ۲۰۰۶) یکی از روش‌های تلفیقی، روش اکتشافی است. این روش، روشی دو مرحله‌ای است. هدف از روش تلفیقی دومرحله‌ای، تحت تأثیر قرار دادن نتایج روش اول (کیفی) در روش دوم (کمی) است. از آنجا که این روش به صورت کیفی آغاز می‌شود، برای بررسی یک پدیده مناسب‌ترین روش به نظر می‌رسد. این روش در مرحله ابتدایی، داده‌های کیفی را جمع‌آوری و آن‌ها را به بخش کمی پس از آن مرتبط می‌سازد (نیازی، ۱۳۹۰).



نمودار ۱- توالی طراحی اکتشافی (کرسول، ۲۰۰۳)

از آنجا که روش کیفی مورد استفاده، می‌تواند نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو را در طول زمان بررسی کند و بنابراین موتورهای این نظام را از ابتدای ظهور تا کنون در هر مقطع زمانی شناسایی نماید، تصمیم گرفته شد که ابتدا این روش برای بررسی تاریخی کامل نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از پرسشنامه، تنها می‌تواند تصویری ایستا از وضعیت کنونی این نظام را ارائه دهد؛ بنابراین پس از شناسایی موتورهای نوآوری در مقاطع زمانی مختلف، موتور فعال حال حاضر نظام بر اساس یافته‌های تحلیل کیفی، مبنای تحلیل کمی قرار خواهد گرفت. روش کیفی مورد استفاده در این تحقیق، تحلیل تاریخی رویدادها است که توسط ون د ون و همکاران^۱ (۱۹۹۹) و پول و همکاران (۲۰۰۰) توسعه یافته است و توسط سورس تدقیق شده است تاریخ رویداد، یک رکورد طولی از زمان وقوع یک یا چند نوع رویداد است. تحلیل تاریخی رویدادها، برای مطالعه دوره‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که منتج به رویداد مورد نظر شده‌اند (استیل، ۲۰۰۵). این رویکرد، از "رویدادها" به عنوان واحدهای ابتدایی تحلیل استفاده می‌کند (پول و همکاران، ۲۰۰۰). بر اساس توالی رویدادها ما می‌توانیم اشکال مختلف علیت تجمعی را شناسایی کنیم و نشان دهیم که این علیت تجمعی چگونه می‌تواند شکل‌گیری تاریخی یک نظام نوآوری فناورانه را تحت تأثیر قرار دهد (سورس و هکرت، ۲۰۰۹). این روش توسط محققان مختلفی استفاده شده است و به عنوان روشی مفید برای تجزیه و تحلیل سامانمند داده‌های طولی پیچیده ثابت شده است.

تحلیل تاریخی رویدادها (ون د ون و همکاران، ۱۹۹۹؛ پول^۲، ۲۰۰۰؛ استیل^۳، ۲۰۰۵؛ پول و همکاران، ۲۰۰۰؛ بون^۴، ۲۰۰۸؛ چاپین^۵، ۲۰۰۸؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ اشلیو و همکاران^۶، ۲۰۱۳؛ سورس و همکاران، ۲۰۰۹؛ سورس و همکاران، ۲۰۱۰)، مبنای مفهومی و عملی برای گردآوری و تحلیل سامانمند داده‌های تاریخی کیفی را فراهم می‌آورد. برای این منظور، مراحل زیر انجام گردید:

۱. جمع‌آوری داده‌ها: ابتدا داده‌های مورد نیاز برای این مطالعه از گزارش‌های تاریخی جمع‌آوری شد. این گزارش‌ها با بررسی و مطالعه روزنامه‌ها، مجلات تخصصی، سایت‌های خبری و اسناد و

- 1 . Van de Ven et al
- 2 . Poole
- 3 . Steele
- 4 . Boone
- 5 . Chappin
- 6 . Ashlieve et al

مدارک موجود حاصل شد.

۲. مصاحبه با خبرگان: با مصاحبه با متخصصین حوزه مربوطه، داده‌های به دست آمده از مرحله قبل تکمیل شد. به این ترتیب که با ۹ نفر از خبرگان و متخصصان موجود در حوزه رادیو دارو که به روش گلوله برفی انتخاب و معرفی شدند، مصاحبه‌های نیمه ساختارمند در بازه زمانی ۳ ماهه صورت گرفت. زمانی که محقق احساس کرد که داده‌های دریافتی از مصاحبه‌شوندگان به اشباع رسیده روند مصاحبه‌گیری پایان یافت. اشباع داده یا اشباع نظری رویکردی است که در پژوهش‌های کیفی برای تعیین کفایت نمونه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. (هس بیبر^۱، ۲۰۰۸) این حالت زمانی رخ می‌دهد که داده بیشتری که سبب توسعه، تعدیل، بزرگ‌تر شدن یا اضافه شدن به تئوری موجود گردد به پژوهش وارد نشود (کوهن و همکاران^۲، ۲۰۰۷).

۳. ایجاد یک پایگاه داده: یک پایگاه داده که شامل رویدادهای تاریخی کشف شده است به ترتیب زمانی استخراج شد. این امر به واسطه مطالعه تاریخچه و ادبیات فناوری و تفکیک رویدادهای مربوطه در هر متن و گزارش صورت گرفت. شناسایی هر رویداد، فرایندی القایی بود زیرا از چارچوب مفهومی که از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه داشتیم به عنوان یک راهنمای ذهنی استفاده شد. در این مرحله، ۸۶ رویداد مرتبط شناسایی گردید.

۴. ارتباط دادن^۳ هر رویداد به کارکردهای نظام نوآوری فناورانه: پایگاه داده ایجاد شده، یک گزارش منظم از محتوای رویدادها و زمان رخداد آن فراهم می‌آورد. بر اساس این گزارش، رویدادهای تاریخی به انواع کارکردهای مربوطه به خود در نظام نوآوری فناورانه طبقه‌بندی می‌شوند.

۵. شناسایی موتورهای نوآوری: مزیت استفاده از رویدادها به عنوان شاخص‌های کارکرد نظام این است که آن‌ها می‌توانند به یکدیگر مرتبط شوند تا بتوانند یک توالی را ایجاد نمایند. تعامل بین کارکردهای نظام، اشاره به موتور نوآوری دارد که با ردیابی چنین توالی‌هایی شناسایی می‌شود. توالی رویدادها به عنوان بخشی از یک روایت تفسیر می‌شود. این روایت پایه و اساس تحلیل‌های بیشتر را فراهم می‌کند. 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.

۶. سه‌بعدی سازی (سه سوسازی)^۴: ساخت روایت به طور "عینی" می‌تواند بر اساس منابع مختلف

1 . Hesse-Biber

2 . Cohen et al.

3 . mapping

4 . triangulation

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 می‌شود (سورس و همکاران، ۲۰۰۹).

روش کمی مورد استفاده در این تحقیق نیز، روش پیمایشی و استفاده از پرسشنامه، جهت بررسی وضعیت کارکردهای نظام و شناسایی مسیر علی آن‌ها جهت تشخیص موتور محرک نوآوری نظام است. پرسشنامه مورد نظر از تلفیق شاخص‌های موجود در زمینه بررسی وضعیت کارکردهای نظام نوآوری فناورانه تدوین شد (سورس، ون آلفن و همکاران^۱، ۲۰۰۹؛ سورس و همکاران، ۲۰۰۹؛ هکرت و نگرو، ۲۰۰۹؛ هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۸؛ سورس و هکرت، ۲۰۰۹؛ نگرو و همکاران، ۲۰۰۷؛ سورس، ۲۰۰۹؛ جیکوبسن، ۲۰۰۸؛ برگک و همکاران، ۲۰۰۸؛ هکرت و همکاران، ۲۰۱۱؛ وایزورک و هکرت، ۲۰۱۲؛ آنه مارث و بلیکر^۲، ۲۰۱۳). موضوعی که در اینجا باید مورد اشاره قرار گیرد این است که موتورهای نوآوری مورد نظر سورس، جهت تبیین روابط علی کارکردها در رابطه با فناوری انرژی‌های تجدید پذیر تدوین شده است. با عنایت به چنین محدودیتی، تحقیق حاضر در حوزه فناوری پیچیده رادیو دارو صورت گرفته و تلاش می‌شود چنانچه چنین موتورهایی در حوزه نظام نوآوری این فناوری نیز وجود دارد شناسایی گردد. در هر صورت الگوی مورد استفاده در این تحقیق نیز با علم به چنین محدودیتی، الگوی مورد استفاده سورس (۲۰۰۹) است.

تحلیل یافته‌ها

تحلیل تاریخی رویدادهای نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران

دوره پیش توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو (۱۳۸۵-۱۳۵۹)

لیست رویدادهای رخ داده در این دوره نشان‌دهنده شکل‌گیری حلقه‌های موتور محرک علم و فناوری (STP) است. شاید مقدمات ساخت رادیو دارو در ایران به سال‌های قبل از انقلاب بازگردد. در سال ۱۳۵۶، سازمان انرژی اتمی ایران با برپایی و ساخت راکتور اتمی تحقیقاتی ۵ مگاوات، تهیه و تولید رادیو داروها را بر عهده گرفت (F۴). در آن سال، بودجه لازم جهت تأسیس آزمایشگاه‌های رادیو ایزوتوپ و استخدام و آموزش کارکنان تخصیص یافت (F۵) (سازمان انرژی اتمی، ۱۳۹۶). با وقوع

1 . Van Alphen et al.

2 . Annemarth & Bleeker

انقلاب اسلامی این مسئله به حالت تعلیق درآمد. فعالیت‌های اصلی که منجر به تهیه و تولید کلیه رادیو داروهای مورد نیاز 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 (F۴). این بخش در تابستان سال ۱۳۶۰ با نامه‌ای به وزارت بهداشت وقت، آمادگی خود را نسبت به تهیه و تولید چهار نوع رادیو ایزوتوپ دارویی تزریقی اعلام کرد (F۴, F۷). به دنبال آن کمیته تخصصی از متخصصین مختلف به وجود آمد (F۴, F۶). بعد از آزمایش‌ها و بحث‌های مختلف در بهمن‌ماه سال ۱۳۶۲ مجوز تزریق محلول از سوی مدیریت دارویی وزارت بهداشت صادر شد و این بخش تا سه الی چهار سال مقداری از محلول ^{99m}Tc مورد نیاز مراکز پزشکی هسته‌ای در شهر تهران را تأمین می‌کرد (F۱, F۲, F۶) (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۶). این روند در طی جنگ به صورت مختصر ادامه داشت اما از سال ۶۷ به بعد، تولید رادیو دارو به معنای واقعی صورت گرفت و نمونه‌های اولیه تولید شد (F۱). طی سال‌های بعد، محققان بیشتری به این عرصه علاقه‌مند شده و به‌سوی تحقیقات حوزه رادیو دارو روی آوردند (F۲, F۶). این روند تا سال ۸۵ که غنی‌سازی اورانیوم صورت گرفت ادامه داشت. مقالاتی نیز در زمینه رادیو دارو در مجلات داخلی و خارجی به چاپ رسید (F۲, F۳) (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۶). در سال ۸۵ ورود به مرحله صنعتی غنی‌سازی اورانیوم از طریق افتتاح پروژه راه‌اندازی دومین مجموعه جدید سانتریفیوژهای تأسیسات هسته‌ای نطنز صورت گرفت (F۱, F۲) (تبیان، ۱۳۸۵)^۱. به این ترتیب، ایران توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در زمره کشورهای صاحب تکنولوژی غنی‌سازی اورانیوم قرار گرفت (F۴, F۲, F۷) (مجله علم و فناوری ایرانیان، ۱۳۸۵)^۲ و محرک دستیابی به سایر محصولات دانش‌بنیان بر اساس فناوری هسته‌ای از جمله انواع رادیو داروها، ساخت شتابگرها و... شد (F۱) (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۸۵). فعالیت متوالی این حلقه‌ها (خصوصاً حلقه اول که از قوت بیشتری برخوردار است) به مرور زمان، منجر به برآوردن هدف موتور اول (که توسعه امر دانشی پیرامون فناوری بود) شد.

دوره توسعه نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو (از ۱۳۸۵ تا پایان ۱۳۸۸)

گفته شد از سال ۸۵ و پس از قرار گرفتن ایران در زمره کشورهای صاحب تکنولوژی غنی‌سازی اورانیوم (F۴, F۲, F۷)، ایران به سرعت به سایر محصولات دانش‌بنیان بر اساس فناوری هسته‌ای دست

1 . www.tebyan.net

2 . <http://www.isti.ir>

یافت (F1). این دوره، دوره‌ای طلایی در جذب محققین مختلف به این عرصه بود. مقالات متعددی در رابطه با حوزه رادیو داروها چاپ گردید (F2, F3) (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۶). در همین دوره اتفاقی مهم، جهت‌گیری حوزه رادیو دارو را تحت تأثیر قرار داد و به پیشرفت این حوزه شتاب افزونی بخشید. در طی این سال‌ها، طرح کلان ملی فناوری و نوآوری «تولید رادیو داروها» بین معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و سازمان انرژی اتمی ایران منعقد گردید (F4, F5) (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۸۸). پس از این رویداد، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای طبق قرارداد این طرح، به عنوان مجری تولید رادیو داروها انتخاب شد و بودجه‌ای معادل چهار میلیارد تومان نیز توسط معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری جهت تولید رادیو داروها اختصاص داده شد (F6) (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۸۸). به دنبال آن کمیته‌ای راهبردی جهت بررسی نیازهای دارویی کشور که می‌توانست با استفاده از این فناوری تأمین شود، تشکیل گردید و لیست ۳۰ رادیو داروی اولویت‌دار تهیه گردید (F4, F6, F7) (ایسنا، ۱۳۸۸)^۱. پس از بررسی‌ها و نیازسنجی‌های مختلف، مجموعه نرم‌افزارها و سخت‌افزارها از داخل و خارج از کشور برای تولید رادیو داروهای اولویت‌دار تأمین و تهیه شد (F6) در ادامه روند تحقیقات و آزمایش‌ها ادامه یافت و در نهایت با اجرای مراحل مختلف تولید دارو در فضاهای مختلف آزمایشگاهی و علمی و پس از پایان تأیید آزمون‌های بالینی، دارو در لیست اقلام دارویی کشور قرار گرفت (F5). نتایج حاصله از تأیید رادیو داروها 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) (ایرنا، ۱۳۸۸)^۲. بدین ترتیب حلقه‌های موتور کارآفرینی در این دوره شکل گرفت و نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در مرحله توسعه قرار گرفت.

دوره افول نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو (از ۱۳۸۸ تا پایان ۱۳۸۹)

این دوره، افول حوزه رادیو دارو را نشان می‌دهد. حوزه رادیو دارو که تا این زمان پیشرفت قابل توجهی داشت، به یکباره 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 (وطن امروز، ۱۳۸۸)^۳.

1 . <http://www.isna.ir>

2 . <http://www.irna.ir>

3 . <http://www.vatanemrooz.ir>

نقش و حمایت سیاست‌گذاران در پیشبرد فناوری در مراحل توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه حائز اهمیت بسیار است.

دوره توسعه مجدد نظام نوآوری فناورانه رادیو (۱۳۸۹-۱۳۹۳)

حمایت‌های سیاست‌گذاران از این حوزه کارساز بوده و مجدداً نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو را به‌سوی شکل‌گیری موتور کارآفرینی رهنمون ساخت. از اواخر سال ۱۳۸۹ و با مصرف قابل توجه رادیو داروهای ساخته‌شده در دوره مزبور (F۵) و پس از آن مشاهده نشانه‌های موفقیت‌آمیز در اکثر بیمارانی که این رادیو داروها برای آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته بود، انتظارات و امیدها برای جهت‌دهی این حوزه افزایش یافت (F۴). تصویب طرح کلان ملی پروژه طراحی و ساخت سیکلوترون ۱۰ مگا الکترون ولت زیر نظر شورای عالی عتف در دانشگاه صنعتی امیرکبیر به عنوان دانشگاه محوری و با همکاری دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه تهران و دانشگاه SKKU کشور کره جنوبی، از نتایج بازخورد مثبت افزایش فروش رادیو داروها بود که در این دوره رخ داد. (F۱, F۳, F۴) (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۹۰). چاپ مقالات در این دوره شدت بیشتری یافت (F۲) (سازمان انرژی اتمی، ۱۳۹۳). در همین دوره و در سال ۹۱، شرکت پارس ایزوتوپ به عنوان شرکت بهره‌بردار از سازمان انرژی اتمی ایران و تولید و توزیع رادیو دارو در کشور به‌صورت عمده تأسیس گردید (F۱, F۶, F۴) و پس از تأسیس، بلافاصله گواهینامه GMP را توسط وزارت بهداشت دریافت نمود (F۷) (شرکت پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۱). مجموعه این رویدادها، بنیه نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو را تقویت نمود. شرکت در مجامع و نمایشگاه‌های معتبر بین‌المللی (F۱) و معرفی محصولات و حضور در کنگره پزشکی هسته‌ای اروپا که هر سال در یکی از شهرهای مهم اروپا برگزار شد، از مشخصه‌های این دوره است (F۳) (شرکت پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۱). طی همین سال‌ها (سال ۹۳)، رایزنی سازمان انرژی اتمی با دولت برای تخصیص بودجه جهت پروژه تتراسورت گرفت (F۷) (شرکت پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۳). 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 (F۴, F۱) (روزنامه اطلاعات، ۱۳۹۳). رونمایی از رادیو داروها و ژنراتورهای مختلفی صورت گرفت (F۱, F۲). طی همین دوره برخی کشورها برای تأمین مس ۶۴ از ایران تقاضا کردند و بازارهای جدیدی پیش روی این فناوری گشوده شد (F۵)؛ و در نهایت طرح دیگری توسط شرکت پارس ایزوتوپ به سازمان انرژی اتمی مبنی بر ساخت مرکز

"تولید رادیو داروهای پت" در استان تهران ارائه شد (F2, F7, F1) (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۹۳). در مجموع در این دوره تشدید فعالیت‌های کارآفرینانه و همچنین خلق و توسعه و انتشار دانش در این دوره کاملاً احساس می‌شود.

دوره اوج‌گیری نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو (۱۳۹۶-۱۳۹۱)

نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، طی سالیان اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی داشته است. در این سال‌ها صادرات رادیو دارویی به کشورهای اتریش، هند، پاکستان، نیوزلند و عراق صورت گرفت (وزارت امور خارجه، ۱۳۹۴). تفاهم‌نامه ساخت اولین بیمارستان تخصصی هسته‌ای کشور بین سازمان انرژی اتمی، شهرداری تهران و وزارت بهداشت منعقد شد (خبرآنلاین، ۱۳۹۴). 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 هم‌اندیشی‌های علمی گروه‌های تولیدکننده رادیو دارو در جهان نیز در این دوره روی داد (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۴). طبق ادعای خبرگان این حوزه و اخبار موجود، طی این دوره با استفاده از رادیو داروهای تولیدی کشور، صلاحیت و صحت این داروها عملاً به اثبات رسیده است و در این حوزه به‌سوی استفاده و اعتماد بیشتر حرکت شده است. در این سال‌ها افزایش تولید رادیو دارو در ایران را بر اساس آمارهای وزارت بهداشت شاهد بودیم که در مواردی این افزایش تولید حتی بیش از دو برابر نیز بوده است (وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۵). رایزنی و مذاکرات با دولت برای دریافت بودجه جهت پروژه تترای طی سال‌های ۹۳ تا ۹۶ در این دوره صورت پذیرفت (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۶). سال ۹۴، آغاز ساخت نخستین بیمارستان هسته‌ای کشور بود (تسنیم، ۱۳۹۵)^۱. رونمایی از ژنراتور و رادیو داروها ادامه داشت؛ و در نهایت مهم‌ترین رویداد این دوره، «برجام» در سال ۹۴ اتفاق افتاد (انتخاب، ۱۳۹۴)^۲. این حوزه پس از برجام، افزایش تولید و صادرات رادیو دارو را تجربه کرد (وزارت امور خارجه، ۱۳۹۶). افزایش ۴۰ درصدی تعداد مراکز پزشکی هسته‌ای کشور در این سال‌ها و نیز رشد متوسط مصرف رادیو دارو به میزان ۱۶ درصد در سال از دیگر اتفاقات مهم این دوره بود. صادرات افزایش یافت (وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۵). در سال ۹۵، کارشناسان آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای در خصوص وضعیت پزشکی هسته‌ای ایران گزارش‌های مثبتی ارائه

1 . <https://www.tasnimnews.com>

2 . <https://www.entekhab.ir>

دادند (گزارش کارشناسان آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای در هم‌اندیشی پزشکی هسته‌ای، ۲۰۱۶). در کمتر از یک سال پس از برجام، ایران پس از فرانسه به دومین صادرکننده رادیو دارو به هند تبدیل شد (بنیاد ملی نخبگان، ۱۳۹۵). تخصیص بودجه ادامه یافت. تحقیقات آزمایشگاهی موفق 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 (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۹۶). محصولات متعدد رادیو دارو تولید و تجاری گردید. معاونت علمی و فناوری با به فروش رساندن برخی از این فناوری‌ها، حمایت‌های تشویقی را در نظر گرفت (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ۱۳۹۶). در ادامه، بهره‌برداری از مرکز پژوهش و تولید و توسعه رادیو داروهای سیکلوترون در استان البرز آغاز شد (پارس ایزوتوپ، ۱۳۹۶). در همین زمان سرمایه‌گذاری ۶۰ میلیون یورویی در تولید انواع رادیو داروها در ایران صورت گرفت (ایرنا، ۱۳۹۶).

با نظری به روند کارکردها در 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، مشروعیت بخشی، بسیج منابع و مجدداً تکرار فعالیت‌های کارآفرینانه، نشانگر حضور حلقه‌های مهم موتور کارآفرینی است. بسیج منابعی که به دنبال آن افزایش فعالیت‌های خلق و توسعه، انتشار دانش و به دنبال آن هدایت و جهت‌دهی تحقیقات را شاهد هستیم؛ اما در این دوره، شاهد ظهور حلقه‌های جدیدی نیز هستیم. در دوره قبل دیدیم که فعالیت‌های کارآفرینانه زیادی به وقوع پیوست و رایزنی‌های نسبتاً زیادی برای تخصیص بودجه با سیاست‌گذاران صورت گرفت [F۷, F۱]. این فعالیت‌ها در ادامه و در دوره جاری، با بسیج منابع و هدایت و جهت‌دهی تحقیقات دنبال شد [F۴, F۶] و باز هم فعالیت‌های کارآفرینانه و مشروعیت بخشی تکرار گردید. این مسئله می‌تواند نمایانگر تحقق حلقه‌های اول و دوم موتور ساختاردهی باشد. حتی می‌توان شاهد توالی حلقه‌های سوم [F۴, F۵, F۷, F۱] و چهارم [F۶, F۵, F۷, F۱] 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 می‌توانیم در روند توسعه نظام نوآوری رادیو دارو شاهد باشیم، اما باید دقت کرد که هنوز اتحادهای استراتژیک شکل نگرفته است. دلیل این موضوع این می‌تواند باشد که این حوزه فناورانه 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، رادیو دارو را تولید می‌کنند اما به طور معمول این تولید کفاف استفاده خود آن مراکز را می‌دهد. در هر صورت این مراکز با یکدیگر اتحادهایی استراتژیک را تشکیل نداده‌اند که بتوانند با تأثیر بر مشروعیت بخشی، کل نظام را تحت تأثیر قرار دهند. از آن گذشته، فعالیت‌های انجام شده در کارکردهای مختلف هنوز کم‌وبیش به پروژه‌های مشخص وابسته است؛ و آخر از همه هنوز هم روند توسعه کاملاً به نیروهای بازار و رقابت‌های موجود در آن واگذار نشده است؛ بنابراین نمی‌توانیم ادعا کنیم که این نظام هم‌اکنون از موتور ساختاردهی برخوردار است؛ اما می‌توان ادعا کرد که در آستانه آن قرار دارد و به محرک‌هایی جهت نیل به این مرحله از توسعه نیازمند است.

جدول ۲- جمع‌بندی مراحل تحلیل تاریخی رویدادها

| مرحله | موتور مربوطه | توضیح |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| پیش توسعه (از ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۵) | موتور محرک علم و فناوری | این موتور با شتاب بخشی 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 شتاب بخشی انجام فعالیت‌های کارآفرینی و ورود دانش به عرصه اجرا شد. |
| افول (از ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹) | موتور محرک علم و فناوری | حلقه‌های مخرب به جای حلقه‌های سازنده شکل گرفت. به این ترتیب 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 رادیو دارو 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 رادیو دارو رخ داد، اما باید دقت کرد که هنوز اتحادهای استراتژیک شکل نگرفته است. این حوزه هنوز پروژه محور است و روند توسعه کاملاً به نیروهای بازار و رقابت‌های موجود در آن واگذار نشده است. |

تحلیل مسیر کارکردها

در ادامه با استفاده از پیمایش انجام شده و داده‌های جمع‌آوری شده، ابتدا با بهره‌گیری از تحلیل عاملی تأییدی، ابعاد و مؤلفه‌های مدل به تأیید می‌رسند و سپس با بهره‌گیری از مدل معادلات ساختاری،

روابط علی کارکردهای نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو مشخص شده تا بر آن اساس، موتور محرک فعال نظام شناسایی گردد.

تحلیل عاملی تأییدی سازه‌های مدل (کارکردهای ۷ گانه نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو) برای بررسی روایی سازه‌ای ابزار تحقیق و برازش الگوی اندازه‌گیری، از تحلیل عاملی تأییدی با استفاده از نرم‌افزار ایموس^۱ استفاده شد. شاخص‌های مختلفی برای سنجش برازش مدل با استفاده از ایموس وجود دارد که در اینجا شاخص‌های برازش مطلق، برازش تطبیقی و برازش مقتصد مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر معناداری هر یک از این شاخص‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر معناداری شاخص‌های برازش مطلق، برازش تطبیقی و برازش مقتصد

| شاخص | χ^2 | GFI | AGFI | RMR | TLI | NFI | CFI | IFI | PNFI | PCFI | RMSEA | CMIN/DF |
|-----------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|
| برازش قابل‌قبول | معناداری P | GFI > ۰.۹۰٪ | AGFI > ۰.۹۰٪ | RMR < ۰.۰۵ | TLI > ۰.۹۰٪ | NFI > ۰.۹۰٪ | CFI > ۰.۹۰٪ | IFI > ۰.۹۰٪ | PNFI > ۰.۵ | PCFI > ۰.۵ | RMSEA < ۰.۰۸ | CMIN/DF < ۳ |

مقادیر برازش برای هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۴- مقادیر برازش کارکردهای نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو

| کارکردها | شاخص‌های برازش مطلق | | | شاخص‌های برازش تطبیقی | | | | شاخص‌های برازش مقتصد | | | | |
|----------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|---------|
| | χ^2 | GFI | AGFI | RMR | TLI | NFI | CFI | IFI | PNFI | PCFI | RMSEA | CMIN/DF |
| F1 | ۵۰.۷۶ | ۰.۹۴۰ | ۰.۹۰۵ | ۰.۰۳۵ | ۰.۹۶۲ | ۰.۹۱۳ | ۰.۹۷۱ | ۰.۹۷۱ | ۰.۷۱۰ | ۰.۷۵۵ | ۰.۰۵۴ | ۱.۴۵۰ |
| F2 | ۳۲.۵۵ | ۰.۹۵۸ | ۰.۹۲۹ | ۰.۰۳۳ | ۰.۹۷۶ | ۰.۹۰۴ | ۰.۹۸۲ | ۰.۹۸۲ | ۰.۶۷۸ | ۰.۷۳۶ | ۰.۰۳۷ | ۱.۲۰۶ |
| F3 | ۱۶.۶۸ | ۰.۹۶۵ | ۰.۹۱۸ | ۰.۰۲۵ | ۰.۹۴۴ | ۰.۹۳۱ | ۰.۹۶۶ | ۰.۹۶۷ | ۰.۵۵۹ | ۰.۵۸۰ | ۰.۰۷۵ | ۱.۸۵۴ |
| F4 | ۳۶.۳۶ | ۰.۹۳۹ | ۰.۹۳۱ | ۰.۰۵۴ | ۰.۹۰۷ | ۰.۹۳۷ | ۰.۹۳۳ | ۰.۹۳۵ | ۰.۶۱۹ | ۰.۶۶۷ | ۰.۰۷۳ | ۱.۸۱۸ |
| F5 | ۱۵.۰۹ | ۰.۹۷۱ | ۰.۹۳۱ | ۰.۰۳۱ | ۰.۹۵۶ | ۰.۹۳۸ | ۰.۹۷۳ | ۰.۹۷۴ | ۰.۵۶۳ | ۰.۵۸۴ | ۰.۰۶۷ | ۱.۶۷۷ |

1 . Amos

| کارکردها | شاخص‌های برازش مطلق | | | | شاخص‌های برازش تطبیقی | | | | شاخص‌های برازش مقتصد | | | |
|----------|---------------------|-------|-------|----------|-----------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|---------|
| | RMR | AGFI | GFI | χ^2 | IFI | CFI | NFI | TLI | RMSEA | PCFI | PNFI | CMIN/DF |
| F6 | ۰,۵۳ | ۰,۹۰۱ | ۰,۹۳۷ | ۵۷,۱۳ | ۰,۹۵۴ | ۰,۹۵۳ | ۰,۹۰۰ | ۰,۹۴۰ | ۰,۰۶۴ | ۰,۷۴۱ | ۰,۶۹۲ | ۱,۶۳۲ |
| F۷ | ۰,۵۰ | ۰,۹۱۴ | ۰,۹۱۸ | ۵۸,۶۷ | ۰,۹۳۶ | ۰,۹۳۵ | ۰,۹۱۸ | ۰,۹۱۳ | ۰,۰۷۸ | ۰,۷۰۱ | ۰,۶۶۶ | ۲,۱۷۳ |

شناسایی موتور محرک نوآوری نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو با روش کمی

جهت شناسایی موتور محرک نوآوری نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، روابط علی کارکردهای نظام نوآوری بررسی می‌گردد. برای این کار از مدل معادلات ساختاری استفاده می‌شود. جهت انجام این کار، از نرم‌افزار smart PLS استفاده شد. از آنجایی که در بخش کیفی و تحلیل تاریخی رویدادها، نتایج، نشان‌دهنده وجود موتور کارآفرینی و حلقه‌های اول و دوم موتور ساختاردهی است. لذا جهت بررسی موتورها، حلقه‌های موجود در موتور ساختاردهی استفاده شد. از آنجایی که PLS توان بررسی مدل‌هایی به شکل حلقه را ندارد، روابط علی موجود در هر حلقه به صورت جداگانه و میان هر دو کارکرد به طور مستقل بررسی شد تا از تجمیع روابط علی معنی‌دار، حلقه‌های کامل شده شناسایی شود. لذا برای بررسی رابطه علی میان هر دو کارکرد، از یک فرضیه استفاده شد. فرضیه‌های مربوطه و نتایج حاصل از مدل معادلات ساختاری در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است که ضریب مسیر بیان‌کننده وجود رابطه علی خطی و شدت و جهت این رابطه است. این مقدار عددی بین ۱- تا ۱+ است که اگر برابر با صفر شوند، نشان‌دهنده نبود رابطه علی خطی بین دو متغیر پنهان است. همچنین باید گفت که اگر مقدار ضریب مسیر بین متغیر مکنون مستقل و متغیر مکنون وابسته مثبت باشد نتیجه می‌گیریم که با افزایش متغیر مستقل شاهد افزایش در متغیر وابسته خواهیم بود؛ و بالعکس اگر مقدار ضریب مسیر بین متغیر مکنون مستقل و متغیر مکنون منفی باشد نتیجه می‌گیریم که با افزایش متغیر مستقل شاهد کاهش در متغیر وابسته خواهیم بود. مقدار آماره تی نیز در واقع ملاک اصلی تأیید یا رد فرضیات است. اگر این مقدار آماره به ترتیب از ۱,۶۴، ۱,۹۶ و ۲,۵۸ بیشتر باشد نتیجه می‌گیریم که آن فرضیه در سطوح ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد تأیید می‌شود. (مرادی، ۱۳۹۵)

جدول ۵- ضرایب مسیر و آماره T مسیرهای علی حلقه‌های موتور ساختاردهی

| T | β | رابطه علی |
|-------|---------|--|
| ۱۷,۳۲ | ۰,۶۴۳ | کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) منجر به شکل گیری کار کرد بسیج منابع (F۶) می شود. |
| ۲۹,۶۸ | ۰,۷۲۲ | کار کرد بسیج منابع (F۶) منجر به شکل گیری کار کرد انتشار دانش (F۳) می شود. |
| ۲۶,۸۰ | ۰,۷۵۷ | کار کرد بسیج منابع (F۶) منجر به شکل گیری کار کرد خلق و توسعه دانش (F۲) می شود. |
| ۲۹,۲۵ | ۰,۷۹۳ | کار کرد خلق و توسعه دانش (F۲) منجر به شکل گیری کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) می شود. |
| ۳۵,۱۶ | ۰,۷۰۲ | کار کرد انتشار دانش (F۳) منجر به شکل گیری کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) می شود. |
| ۲۳,۵۵ | ۰,۷۵۳ | کار کرد بسیج منابع (F۶) منجر به شکل گیری کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) می شود. |
| ۳۸,۷۶ | ۰,۸۳۳ | کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) منجر به شکل گیری کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) می شود. |
| ۳۹,۱۸ | ۰,۸۳۳ | کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) منجر به شکل گیری کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) می شود. |
| ۶۹,۳۸ | ۰,۸۷۲ | کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) منجر به شکل گیری کار کرد خلق و توسعه دانش (F۲) می شود. |
| ۵۹,۱۴ | ۰,۸۷۲ | کار کرد خلق و توسعه دانش (F۲) منجر به شکل گیری کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) می شود. |
| ۱۸,۹۵ | ۰,۶۳۵ | کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) منجر به شکل گیری کار کرد انتشار دانش (F۳) می شود. |
| ۲۰,۷۲ | ۰,۶۳۵ | کار کرد انتشار دانش (F۳) منجر به شکل گیری کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) می شود. |
| ۲۷,۲۵ | ۰,۷۳۵ | کار کرد فعالیت های کار آفرینانه (F۱) منجر به شکل گیری کار کرد مشروعیت بخشی (F۷) می شود. |
| ۵۳,۶۶ | ۰,۸۶۱ | کار کرد مشروعیت بخشی (F۷) منجر به شکل گیری کار کرد بسیج منابع (F۶) می شود. |
| ۳۶,۴۲ | ۰,۷۴۴ | کار کرد مشروعیت بخشی (F۷) منجر به شکل گیری کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) می شود. |
| ۴۹,۵۰ | ۰,۸۳۹ | کار کرد مشروعیت بخشی (F۷) منجر به شکل گیری کار کرد شکل دهی بازار (F۵) می شود. |
| ۳۰,۷۴ | ۰,۸۰۸ | کار کرد شکل دهی بازار (F۵) منجر به شکل گیری کار کرد هدایت و جهت دهی تحقیقات (F۴) می شود. |
| ۵۱,۱۹ | ۰,۸۶۴ | کار کرد شکل دهی بازار (F۵) منجر به شکل گیری کار کرد بسیج منابع (F۶) می شود. |

همان گونه که مشاهده می‌شود، همه روابط علی و در نتیجه تمامی حلقه‌های موجود در موتور ساختاردهی، کاملاً معنی‌دار بوده و مقادیر آماره T در همه روابط بسیار بالا است؛ بنابراین طبق روش کمی، نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، در مرحله موتور ساختاردهی به سر می‌برد. در موتور ساختاردهی، برای اولین بار هر هفت کارکرد نظام نوآوری فناورانه محقق می‌شوند. کارکردهای توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، جهت‌دهی به سیستم، بسیج منابع و مشروعیت بخشی همچنان از موتورهای قبلی باقی مانده، اما تغییراتی در تعاملات میان آن‌ها صورت می‌پذیرد. مهم‌ترین کارکردی که در این موتور برای اولین بار به صورت پر قدرت ظاهر می‌شود، کارکرد تشکیل بازار است که نقش اساسی در موتور بر عهده دارد. در این موتور کارکرد مشروعیت بخشی (از طریق ایجاد شبکه‌های حمایتی میان کارآفرینان)، مهم‌ترین نقش را در تحقق اهداف این موتور بر عهده دارد. این موتورها با توالی خاصی برآورده می‌گردند تا بتوانند ساختار یافتگی مورد نظر موتور را ایجاد نمایند

مقایسه یافته‌های کمی و کیفی

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، روش تلفیقی مورد استفاده برای پاسخگویی به سؤال تحقیق، روش اکتشافی است. بدین معنی که ابتدا روش کیفی مورد نظر پیاده شده و آنگاه با روش کمی، نتایج به دست آمده از مرحله کیفی، تحلیل و تأیید می‌گردد. دلایل استفاده از این روش پیش‌تر توضیح داده شد. برای بررسی وضعیت فعلی نظام، باید موتور فعلی نظام را بررسی نماییم. جهت شناسایی موتور فعال نظام نیز، باید روند طی شده در طی زمان توسط نظام را بررسی نماییم تا بدین ترتیب مراحل طی شده توسط نظام تا رسیدن به وضعیت کنونی را شناسایی نماییم. آخرین مرحله یا اپیزود تحلیل تاریخی، در واقع نمایانگر وضعیت کنونی یا موتور فعال نظام است. این موتور فعال شناسایی شده در بخش کیفی، مبنای بررسی در بخش کمی قرار می‌گیرد؛ زیرا در بخش کمی، تنها می‌توانیم وضعیت کنونی نظام را بررسی نماییم. همان‌گونه که دیدیم، طبق یافته‌های تحلیل کیفی مورد استفاده (تحلیل تاریخی رویدادها)، در حال حاضر توالی حلقه‌های موتور ساختاردهی موجود است، اما بنا به دلایلی که در بخش کیفی ذکر شد، نمی‌توانیم ادعا کنیم که موتور محرک نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، موتور ساختاردهی است، زیرا با سه‌بعدی سازی و دریافت بازخورد از متخصصین مربوطه، پی بردیم که هنوز مشخصه‌های موتور ساختاردهی به طور کامل موجود نیست. مثلاً هنوز اتحادهای استراتژیک شکل نگرفته است، فعالیت‌های انجام شده در کارکردهای مختلف هنوز کم‌وبیش پروژه محور است و هنوز

روند توسعه کاملاً به نیروهای بازار و رقابت‌های موجود در آن واگذار نشده است؛ بنابراین نمی‌توانیم ادعا کنیم که موتور ساختاردهی به طور کامل شکل گرفته است بلکه معتقدیم که به دلیل دارا نبودن همه مشخصه‌های موتور فوق، این نظام در آستانه جهش به موتور ساختاردهی است. بخش کمی، توسط پیمایش انجام شده و تنها، تصویری از وضعیت موجود را ارائه می‌دهد؛ بنابراین آخرین مرحله تاریخی استخراج شده از روش کیفی، مبنای آزمون روابط علی در روش کمی قرار می‌گیرد. از آنجایی که نتایج تحلیل کیفی، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی را تأیید کرد، در مرحله کمی نیز، روابط موجود در همین موتور سنجیده می‌شود؛ زیرا روش کمی مورد استفاده، تنها توانایی بررسی وضعیت نظام در وضعیت موجود را دارد؛ یعنی تنها، تصویر فعلی از نظام را منعکس می‌نماید. همان‌طور که دیدیم طبق یافته‌های تحلیل کمی (مدل معادلات ساختاری)، روابط علی در همه حلقه‌ها معنی‌دار بوده و نشان‌دهنده شکل‌گیری موتور ساختاردهی است؛ بنابراین بر اساس حلقه‌های علی، هر دو روش کمی و کیفی، شکل‌گیری موتور ساختاردهی را تأیید می‌کنند؛ اما حسن روش کیفی، کسب بازخورد و بررسی نتایج با مصاحبه و مشورت با متخصصین مربوطه است. پس از دریافت بازخورد از متخصصین و نیز با انطباق مشخصه‌های عمومی موتور ساختاردهی با وضعیت فعلی نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی تأیید شد. از آنجایی که یافته‌های بخش کمی، شکل‌گیری کامل حلقه‌های موتور ساختاردهی را تأیید می‌کنند اما یافته‌های بخش کیفی (پس از مصاحبه و بازخورد)، شکل‌گیری ناقص این موتور را می‌پذیرد، با جمع‌بندی یافته‌های دو روش مذکور، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی را می‌پذیریم. به عبارتی نتیجه مشترک دو روش را ملاک قرار می‌دهیم؛ بنابراین، نتیجه می‌گیریم که در حال حاضر، شکل‌گیری ناقص موتور ساختاردهی دیده می‌شود. در موتور ساختاردهی سورس، کارکردهای مشروعیت بخشی [FV] و شکل‌دهی بازار [F5]، از اهمیت حیاتی برخوردارند؛ بنابراین در بخش بعد، توصیه‌هایی برای تقویت این دو کارکرد ارائه می‌گردد تا شکل‌گیری کامل موتور ساختاردهی محقق گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی با استفاده از الگوی موتورهای نوآوری سورس انجام شد. سورس، مبحث موتورهای نوآوری را در حوزه فناوری‌های سوختی مطرح نمود و باین حال موتورهای متفاوتی را برای فناوری‌های سوختی مختلف

شناسایی کرد. این پژوهش در حوزه فناوری پیچیده رادیو دارو انجام شد که انتظار می‌رفت موتورهای متفاوتی از الگوی سورس را تجربه کند. جهت شناسایی موتور فعال نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران از رویکرد پژوهش تلفیقی استفاده شد. روش تلفیقی مورد استفاده، روش اکتشافی (کرسول و همکاران، ۲۰۰۳) بود و بدین جهت ابتدا روش کیفی و سپس کمی مورد استفاده قرار گرفت. لذا نوآوری پژوهش حاضر از جنبه حوزه فناورانه مورد بررسی (رادیو دارو) و نیز روش تحقیق مورد استفاده جهت شناسایی موتور نوآوری نظام است.

یافته‌ها نشان داد که نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو از سه موتور فشار علم و فناوری، موتور کارآفرینی و نیز موتور ساختاردهی در مراحل مختلف توسعه خود بهره برده است. این موضوع در مقایسه با پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، به سه موتور اول استخراج شده در رساله سورس (۲۰۰۹) شبیه است. با این تفاوت که مشخصات مشاهده‌شده در موتور سوم سورس (ساختاردهی) به طور کامل در نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در ایران قابل مشاهده نیست. بدین لحاظ شکل‌گیری موتور کارآفرینی را پذیرفته و نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو را در آستانه صعود به موتور ساختاردهی شناسایی کردیم. جهت صعود کامل به این موتور، تقویت کارکردهای مشروعیت بخشی (F1) و شکل‌گیری بازار (F5) الزامی است. موتورهای استخراج شده در این پژوهش با الگوهای استخراجی نگرو و هکرت (۲۰۰۹) تفاوت دارد زیرا آن‌ها تنها الگوهای تعاملی را استخراج کردند و به الگوی خاصی تحت عنوان موتور نوآوری نرسیدند.

توصیه‌های سیاستی مربوطه بر اساس شاخص‌های استفاده شده در این پژوهش برای بررسی وضعیت کارکردهای نظام (موجود در پرسشنامه ضمیمه) ارائه می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو در آستانه ورود به موتور ساختاردهی به سر می‌برد. در این مرحله، تکنولوژی یا محصول به میزان بیشتری توزیع شده و بازار بیشتر رشد خواهد کرد. تأکید بر این موضوع که این نظام در آستانه صعود به موتور ساختاردهی است می‌تواند به ما کمک کند تا بدانیم بر چه کارکردهایی باید تأکید بیشتری کرد تا محرکی برای جهش روبه‌جلو باشند.

- همان‌گونه که در بخش قبل دیدیم، در موتور ساختاردهی، مهم‌ترین کارکردها، مشروعیت بخشی [F7] و شکل‌دهی بازار [F5] می‌باشند. کارکرد مشروعیت بخشی، با ایجاد اتحادیه‌ها و تشکیل شبکه‌های قدرتمند میان کارآفرینان حوزه فناورانه شکل می‌گیرد. در موتور ساختاردهی می‌توانیم ببینیم که کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، منجر به شکل‌گیری کارکرد مشروعیت بخشی می‌شود؛

بنابراین طبیعی است که با تقویت کارکرد فعالیت‌های کارآفرینانه، می‌توان خود به خود، کارکرد مشروعیت بخشی را نیز تقویت کرد. طی مراحل تحلیل تاریخی رویدادها، مشاهده کردیم 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 مثلاً از سطح بیمارستان‌ها و شرکت‌های زیرمجموعه سازمان انرژی اتمی فراتر رود. البته این امر نیازمند نظارت و بررسی مداوم و در اختیار گذاشتن امکانات است. قوانین و نهادهای حمایت‌کننده، تدوین نهادها و استانداردهای ویژه برای این حوزه، قوانین حمایت از مالکیت فکری، حمایت از این حوزه فناورانه در رسانه‌ها، ایجاد یک نهاد متولی قدرتمند برای سیاست‌گذاری و هدایت حوزه رادیو دارو در سطح ملی، یکپارچگی و وفاق میان فعالان این حوزه و شکل‌گیری شبکه‌ها و انجمن‌های حمایتی هوادار، از جمله اقدامات سیاستی است که می‌تواند به بهبود این کارکرد و در نتیجه شکل‌گیری کامل موتور ساختاردهی کمک کند؛ اما این موضوع تنها به اقدامات و تصمیمات سیاست‌گذاران محدود نمی‌شود. به نظر می‌رسد تلاش کارآفرینان حوزه فناورانه برای ایجاد ارتباط هر چه بیشتر با یکدیگر و تشکیل شبکه، به شکل‌گیری اتحادهای استراتژیکی می‌انجامد که می‌تواند قدرت بالایی برای رایزنی و تأثیرگذاری بر بازیگران سطوح کلان ایجاد نماید؛ اما یکی از مشکلات این نظام، ضعف ساختاری در شکل‌گیری شبکه‌ها و ارتباطات است. این موضوع نیازمند توجه بیشتر هم از جانب سیاست‌گذاران و هم کارآفرینان نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو است. برای شکل‌دهی بازار نیز، افزایش اندازه بازار علی‌الخصوص با تسهیل صادرات، ارائه معافیت‌های مالی و تعرفه‌ای برای ورود فعالان جدید، خریدهای دولتی و حمایتی ویژه، حمایت‌های ویژه برای ورود شرکت‌های خصوصی دانش‌بنیان و وضع استانداردهای حمایتی خاص برای ایجاد بازارهای ویژه برای فناوری رادیو دارو، می‌تواند به بهبود پیشبرد اهداف این کارکرد کمک کند.

- سیاست‌گذاران، مهم‌ترین عنصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه می‌باشند. 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 شکل می‌گیرد. 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 به صورت هدفمند ایجاد می‌گردند. توصیه می‌شود بازیگران حوزه نظام نوآوری فناورانه رادیو دارو، از تعامل و ارتباط بیشتری بهره‌مند گردند و انجمن‌های تخصصی بیشتری در این زمینه شکل گیرند تا به اشتراک‌گذاری دانش و تجارب و همکاری در اجرای فعالیت‌های کارآفرینانه و از همه مهم‌تر شکل‌گیری اتحادهای استراتژیک توسعه یابد؛ زیرا یکی از نقاط ضعف و موانع مهم این حوزه، حضور و توانمندی ضعیف شبکه‌ها و ارتباطات است. موضوع مهم دیگر، نیاز مبرم این حوزه به فناوری‌های خارجی در شرایط موجود است. به همین دلیل هرگونه کدورت و تیرگی در روابط با دیگر کشورها می‌تواند دسترسی به این فناوری‌ها 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.

محدودیت پژوهش حاضر، از نظر امنیتی بودن حوزه و افشای محتاطانه اطلاعات توسط برخی مصاحبه‌شوندگان است. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی، الگوی مورد استفاده در این پژوهش در حوزه فناوری‌های نوظهور دیگر در کشور نیز به کار گرفته شود و از مفهوم آمیخته‌های سیاستی و تأثیر متقابل ابزارهای سیاستی که در این بحث نمی‌گنجید، جهت ارائه توصیه‌های سیاستی استفاده گردد.

منابع

- سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، ۱۳۸۹، سند راهبرد ملی توسعه صنعت برق بادی ایران، تدوین متدولوژی تحلیل عملکرد بخش باد.
- محمدی، مهدی، طباطبائیان، سید حبیب‌الله، الیاسی، مهدی و روشنی، سعید، ۱۳۹۲، تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور در ایران؛ مطالعه موردی بخش نانوفناوری، سیاست علم و فناوری، ۵(۴)، صص ۳۲-۱۹.
- متوسلی، محمود؛ میگون پوری، محمدرضا؛ میگون پوری، الهه، ۱۳۹۲، شناسایی عوامل مؤثر بر فرآیند شکل‌گیری سیستم نوآوری فناورانه در کشور: الگوی مبتنی بر نظریه بر خاسته از داده. فرآیند مدیریت و توسعه، دوره بیست و ششم شماره ۸۳.

- Annemarth E.M. Bleeker, 2013. Diffusion of Solar PV From a TIS Perspective & its Transnational Factors, A case study of Tanzania, *Institute for Environmental Studies*.
- Bergek, A., 2002. Shaping and exploiting technological opportunities: the case of renewable energy technology in Sweden, thesis, *Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden*.

- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. and Rickne, A. 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37: 407-429
- Bleeker, E.M., 2013. Diffusion of Solar PV from a TIS Perspective & it's Transnational Factors, *Institute for Environmental Studies*, A case study of Tanzania.
- Brannen, J., 2005. Mixing methods: The entry of qualitative and quantitative approaches into the research process. *The International Journal of Social Research Methodology*. Special Issue. 8(3) 173-185.
- Bryman, A., 2006. Integrating quantitative and qualitative research: how is it done? *Qualitative Research*. 6(1) 97-113. 22
- Carlsson, B., Jacobsson, S., 2004. Dynamics of Innovation Systems. Policy-Making in a complex and nondeterministic world, *International Workshop on Functions of Innovation Systems, the University of Utrecht*, pp. 24-23.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M. and Rickne, A., (2002). Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy* 245-233 : (2)31.
- 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
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., 2007. Research methods in education. 6th ed. *London; New York: Routledge*; 2007.
- Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M. L., Hanson, W. E., 2003. Advanced mixed methods research designs. In A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*. 209–240. Thousand Oaks, CA: Sage
- Creswell, J.W., Plano Clark, V. L., 2011. Designing and Conducting Mixed Methods Research. *2th edition CA: Sage publication*.
- Hesse-Biber, S.N., Leavy, P., 2008. Handbook of emergent methods., *New York; London: Guilford*; 2008.
- IAEA, 2005. Beneficial Uses and Production of Radioisotopes. *NEA/IAEA Joint Publication. OECD* 2005.
- IAEA, 2006. Advances in medical radiation imaging for cancer diagnosis and treatment. *Nuclear Technology Review* 2006, 110-127.

- Jacobsson, S., 2008. The emergence and troubled growth of a “biopower” innovation system in Sweden, *Energy Policy* 36 (4)1491–1508.
- Jacobsson, S., Johnson, A., 2000. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research, *Energy Policy* 28 625–640.
- Köhler, J., Braungardt, S., Hettesheimer, T., Lerch, C., Nabitz, L., Sartorius, C., Walz, R., 2016. The dynamic simulation of TIS functions in transitions pathways, *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis*, No. 48
- Markard, J., and Truffer, B. 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework. *Research Policy* 37:596-615.
- Negro, S. O., Alkemade, F., Hekkert, M.P., 2012. Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (6), 3836-3846
- Negro, S.O., 2007. Dynamics of Technological Innovation Systems, *The case of biomass energy (Thesis)*.
- Negro, S.O., Suurs, R.A.A., Hekkert, M.P., 2008. The bumpy road of biomass gasification in the Netherlands: explaining the rise and fall of an emerging innovation system. *Technological Forecasting and Social Change*;75:57–77.
- 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. *Semin. Nucl. Med.* (2016) 46: 265 272.
- 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;46:265-272
- Steele, F., 2005. Event history analysis, NCRM/004. *National Centre for Research Methods*.
- Suurs, R.A.A., Hekkert, M.P., 2009. Competition between first and second generation technologies: lessons from the formation of a biofuels innovation system in the Netherlands. *Energy*;34:669–79.
- 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* 2009;76:1003–20.

- 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., 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. *Energy Policy* 38, 419–431.
- Tashakkori, A., Creswell, J., 2007. The New era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*. 2(1) 3-5.
- Teddlie, C., Tashakkori, A., 2009. Foundations of Mixed Methods Research: Integrating Quantitative and Qualitative Approaches in the Social and Behavioral Sciences. *Los Angeles: Sage Publications, Inc*.
- Tigabu, A. D., Berkhout, F., van Beukering, P., 2013. Technology innovation systems and technology diffusion: Adoption of bio-digestion in an emerging innovation system in Rwanda, *Technological Forecasting & Social Change*. 90(2015)318-330
- Van Alphen, K., Hekkert, M.P. and Van Sark, W.G.J.H.M., 2008a. Renewable Energy Technologies in the Maldives – Realizing the potential. *Renewable and Sustainable Energy Review* 12(1): 162-180.
- Van Alphen, K., Van Ruijven, J., Kasa, S., Hekkert, M. and Turkenburg, W., 2008b. The performance of the Norwegian Carbon Dioxide, Capture and Storage Innovation System. *Energy Policy (in press)*.
- Van de Ven, A.H., Polley, D.E., Garud, R., Venkataraman, S., 1999. The Innovation Journey, *Oxford University Press*.
- Wieczorek, A.J., Berkhout, F., and Raven, R., 2013a. Transnational linkages in sustainability experiments of India, *Paper presented at International Sustainability Transition Conference in Zurich, Switzerland, June 19-21, 2013*
- Wieczorek, A.J., Hekkert, M., 2012. Systematic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39:74-87.
- Wieczorek, A.J., Negro, S.O., Harmsen, R., Heimeriks, G.J., Luo, L. and Hekkert, M.P., 2013b. A review of the European offshore wind innovation system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26:294-306.
- World Health Organization, 2008. Radiopharmaceuticals, Final text for addition to The International Pharmacopoeia. *Forty-third WHO Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations*. Document QAS/08.262/FINAL November 2008.