فصلنامه
سیاست‌نامهٔ علم و فناوری
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۲

مقالهٔ پژوهشی
صفحات ۲۶-۳۹

ارائهٔ الگویی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها و ارائهٔ دلالتهای سیاستی

: 20.1001.1.24767220.1402.13.1.2.4

علیرضا مسیبی[۱]
ناصر باقری مقدم[۲]
میثم تراب مستعدی[۳]

چکیده

اکوسیستم نوآوری درحوزه کاربرد پرتوها شامل مجموعه ای از نهادهای فعال در حوزه فناوری هسته ای کشور می باشند که نقش آنها از مرحله پژوهش و تولید علم، تا توسعه فناوری، نوآوری و تجاری سازی پرتوها می باشد. هدف از پژوهش حاضر ارائهٔ الگویی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها است. براین‌اساس سؤالات تحقیق به‌منظور احصای چالشهای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری و بیان توصیه‌های سیاستی به تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران این بخش مطرح شده‌اند. جامعهٔ پژوهش حاضر صنعت هسته‌ای کشور و جامعهٔ آماری آن خبرگان علمی و تجربی، نمایندگان بخش‌های مختلف علمی، فعالان بخش خصوصی و دولتی و نهادهای حمایتی مالی و غیرمالی حاکمیتی فعال در این صنعت هستند. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوهٔ گردآوری داده‌ها، با توجه به ماهیت پژوهش، کیفی و توصیفی و از نوع پیمایشی است. همچنین مطالعه‌ای موردی است و در آن ضمن مطالعات کتابخانه‌ای، از نشست‌های تخصصی با ۲۷ خبرهٔ این صنعت در راستای هدف تحقیق و از رویکرد نظام‌مند نظریهٔ داده‌بنیاد استفاده شده است تا دستیابی به هدف پژوهش محقق شود. براساس یافته‌های پژوهش، عناصر کلیدی توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها شامل حضور اثرگذار بر بازیگران متولی کاربرد، بازآرایی ساختار درونی سازمان انرژی اتمی، بازسازی برند سازمان و تدوین نقشهٔ راه توسعهٔ اکوسیستم نوآوری با محوریت سازمان انرژی اتمی است.

واژگان کلیدی: اکوسیستم نوآوری، کاربرد پرتوها، فناوری هسته‌ای

تاریخ دریافت: ۲۳ اسفند ۱۴۰۰ **تاریخ بازنگری: ۳ شهریور ۱۴۰۱** **تاریخ پذیرش: ۵ شهریور ۱۴۰۱**

۱. پژوهشگر پسادکتری مدیریت فناوری و نوآوری، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران. mosayebi.alireza8@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار سیاست‌گذاری علم و فناوری، گروه سیاست فناوری و نوآوری، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران (نویسنده مسئول)؛ bagheri@nrisp.ac.ir
۳. استاد مهندسی شیمی، پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران؛ mmostaedi@aeoi.org.ir

مقدمه

صنعت هسته‌ای، که صنعتی راهبردی است و انرژی اتمی، که منبع انرژی پاک است، در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته از موتورهای محرک توسعهٔ اقتصادی هستند که به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی، پزشکی و صنعتی کاربردهای فراوانی دارند (Goldring, 2013; Kubendran et al., 2020). اگر توسعهٔ کاربرد پرتوها را از بُعد کلان عرضه و تقاضا بررسی کنیم، در سمت عرضه تاکنون تلاش‌هایی با هدف توسعهٔ کاربرد پرتوها در سطح سازمان انرژی اتمی صورت گرفته است (برای مثال، دیدگاه پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای به‌منظور تکمیل چرخهٔ ایده از پژوهشکده‌ها تا تجاری‌سازی ضمن تأسیس و توسعهٔ دفتر تجاری‌سازی). از سوی دیگر، به نظر می‌رسد در سمت تقاضا و نهادهای متولی دیگر در حوزهٔ کاربردها، مانند وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (در حوزهٔ پزشکی)، وزارت جهاد کشاورزی (در حوزهٔ کشاورزی) و وزارت صنعت، معدن و تجارت (در حوزهٔ صنعتی) نتوانسته‌اند این کاربرد را به‌خوبی توسعه دهند و تبیین کنند. ازاین‌رو در ایران این صنعت به‌سبب بسیاری از عوامل، با وجود پیشرفت‌های بسیار چشمگیر در حوزهٔ زیرساخت‌ها، در حوزهٔ کاربرد و تجاری‌سازی به توسعهٔ مطلوبی دست نیافته است.

لازمهٔ سیاست‌گذاری صحیح در حوزهٔ توسعهٔ فناورانهٔ اکوسیستم نوآوری درنظرگرفتن جامع اجزا و کارکردهای اکوسیستم نوآوری است که تاکنون در پژوهش‌های اندکی به آن پرداخته شده است. ازاین‌رو، هدف از پژوهش حاضر ارائهٔ الگویی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها است. در پژوهش حاضر، ضمن بررسی اجزای صنعت هسته‌ای کشور که در توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها مؤثر هستند و بررسی چهاربُعدی‌که‌خلیل (۲۰۰۴) مطرح‌کرده‌است، این دوسؤال پژوهشی پی گرفته خواهد شد: ۱. چالش‌های توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها در کشور کدام‌اند؟ ۲. توصیه‌های سیاستی، راهکارها و الگوی بومی‌شدهٔ توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها کدام‌اند؟ پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند راهگشای توسعهٔ صنعتی در این بخش و، به‌تبع آن، دستیابی به پیامدها و ارزش‌های اجتماعی و اقتصادی برای کشور باشد.

۱. پیشینهٔ تحقیق

۱-۱. کاربرد پرتوها در صنعت هسته‌ای

براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (۲۰۱۸) کاربردهای فناوری هسته‌ای به دو دستهٔ کلی تولید برق هسته‌ای[1] و کاربردهای غیر انرژی[2] (کاربرد پرتوها) تقسیم می‌شوند. ازجمله کاربردهای صلح‌جویانهٔ انرژی هسته‌ای استفاده از آن در صنعت کشاورزی است. به‌سبب افزایش بی‌رویهٔ جمعیت جهان روش‌های نوین کشاورزی، که فقط به اصلاح روش‌های آبیاری یا تقویت خاک محدود می‌شوند، یا فرایندهای سنتی نگهداری مواد غذایی، همچون انجماد یا کنسروسازی، به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای مردم سیاره نیستند (Moran, 1987).

از کاربردهای مهم انرژی هسته‌ای در صنعت کشاورزی می‌توان به این موارد اشاره کرد: طرح‌های باردهی و جهش ژنتیکی گیاهانی از قبیل گندم، برنج و پنبه، کنترل و ازبین‌بردن حشرات و آفات گیاهی، جلوگیری از جوانه‌زدن محصولات غذایی با اشعهٔ گاما، تعویق در زمان رسیدن محصولات غذایی، افزایش زمان نگهداری محصولات غذایی، کاهش میزان آلودگی میکروبی و ازبین‌بردن ویروس‌ها (Matsumoto et al., 2012). انرژی هسته‌ای در صنعت نیز کاربردهای فراوانی دارد که برخی کاربردهای مهم آن نشت‌یابی با اشعه، دبی‌سنجی پرتویی (سنجش شدت تشعشعات، نور و فیزیک امواج)، سنجش پرتویی میزان ساییدگی قطعات در حین کار، سنجش پرتویی میزان خوردگی قطعات، چگالی‌سنجی مواد معدنی با اشعه و کشف عناصر نایاب در معادن است (Krug et al., 2021).

مهم‌ترین و مشهورترین کاربرد انرژی در حوزهٔ تولید الکتریسیته یا همان برق هسته‌ای است. نیروگاه‌های هسته‌ای را می‌توان اصلی‌ترین کاربرد فناوری هسته‌ای نامید که، بدون تولید گازهای آلاینده، برق تولید می‌کنند. درواقع در نیروگاه‌های هسته‌ای تنها راکتور همراه با مولد بخار جانشین دیگ بخار نیروگاه‌های معمولی شده است. علاوه‌بر نیروگاه‌های هسته‌ای که برق شهرها و صنایع را تأمین می‌کنند، نیروگاه‌های هسته‌ای کاربردهای وسیع‌تری در زمینه‌های دیگر مانند پیشرانش زیردریایی‌ها، ناوهای دریایی، کشتی‌های یخ‌شکن و سفینه‌های فضایی دارند (de Faria Castro Fleury et al., 2021; Castano et al., 2007).

ازدیدگاه‌احمدی‌پوروهمکاران (۲۰۱۳)، رشدوتوسعهٔ‌اقتصادی‌و بهبود سطح زندگی آحاد جامعه به تأمین انرژی لازم برای تداوم فعالیت‌های تولیدی و گسترش آن‌ها منجر شده است. همچنین وابستگی اقتصادی کشور به درآمدهای ارزی حاصل از فروش نفت و وابستگی انکارناپذیر بخش‌های اقتصادی و اجتماعی به درآمد این بخش و به‌احتمال‌قوی پایان‌پذیری این منابع در دهه‌های آینده، چگونگی بهره‌برداری از منابع انرژی را مبهم کرده است. در این میان، در صورت رفع موانع و مسائل سیاسی مربوط به گسترش انرژی هسته‌ای در جهان، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه و جهان سوم، این انرژی در دهه‌های آینده و در رهیافت زیست‌محیطی نقش مهمی در کاهش آلودگی‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا می‌کند. در ایران نیز نهادها و سازمان‌های مربوط در فرایند رشد و توسعهٔ اقتصادی، نیاز فزاینده‌ای به انتقال

1. Power
2. Non-Power

فناوری و کاربرد علوم و فنون هسته‌ای در زمینه‌های مختلف دارند تا بتوانند شاهد حضور بیشتر در بازارهای جهانی، صدور محصولاتی با کیفیت بالا و تأییدشده از نظر استانداردهای جهانی و همچنین توسعهٔ بخش‌های کشاورزی، پزشکی و خدمات مانند کشورهای صنعتی باشند. در این رهگذر، با توجه به محدودیت‌هایی که کشورهای صاحب این فناوری‌ها برای انتقال آن به ایران به وجود آورده‌اند و می‌آورند، راهی جز عزم و ارادهٔ محکم و پشتیبانی و حمایت جدی سیاست‌گذاران در انجام پروژه‌های هسته‌ای وجود ندارد. همچنین باید از فرصت‌های پراکنده و محدود در بازارهای بین‌المللی و ارتقای فناوری داخلی هسته‌ای برای نیل به خوداتکایی در زمینه‌های مختلف کاربردی هسته‌ای استفاده کرد.

۱-۲. اکوسیستم نوآوری در حوزه‌کاربرد پرتوها

نوآوری را می‌توان اجرای هر ایده‌ای تعریف کرد که برای سازمان اجراکنندهٔ آن جدید باشد، اعم از ایدهٔ جدید در فرایندها، محصول، شیوهٔ مدیریت، بازاریابی و فروش (Mohamadi et al., 2015)، اما وقتی این نوآوری ناشی از هم‌افزایی بین طیف متنوعی از تلاش‌های همکارانهٔ بازیگران مختلف ازجمله شرکت‌های کوچک و بزرگ، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و مؤسسات سرمایه‌گذاری باشد، می‌توان گفت در بستری با عنوان اکوسیستم نوآوری رخ داده است (Wessner et al., 2005). اکوسیستم نوآوری ازجمله مفاهیمی است که به‌منظور رشد توجه و علاقهٔ محققان به نگاه شبکه‌ای به نوآوری رواج یافته است (Gomes et al., 2016). این اصطلاح بر پایهٔ مفهوم اکوسیستم کسب‌وکار بنا شده است که ابتدا مور (1993) آن را مطرح کرد. از نظر او، اکوسیستم شبکه‌ای با ارتباطات آزاد میان بازیگران ازجمله شرکت‌ها و سایر نهادها است که توانایی‌های خود را حول یک نوآوری با یکدیگر ارتقا می‌دهند (Amiri niya et al., 2016). همچنین دانش، فناوری، مهارت و منابع خود را به اشتراک می‌گذارند و با یکدیگر همکاری[1] و رقابت[2] دارند.

آندر (2006) برای اولین بار به‌جای واژهٔ اکوسیستم کسب‌وکار از واژهٔ اکوسیستم نوآوری استفاده کرده است. پژوهش‌هایی که به موضوع اکوسیستم‌های نوآوری پرداخته‌اند از چند منظر تقسیم‌بندی شده‌اند. از منظر هدف، در برخی پژوهش‌ها به توسعهٔ مفهوم اکوسیستم نوآوری پرداخته شده است (ازجمله Gomes et al., 2016; Hwang and Horowit, 2012; Rabelo and Bernus, 2015; Shaw and Allen, 2016)؛ درحالی‌که در برخی دیگر اکوسیستم‌های خاص را بررسی کرده‌اند؛ مثل اکوسیستم چاپگرهای سه‌بعدی (Xu et al., 2017) یا اکوسیستم سازمان ناسا[3] (Mazzucato and Robinson, 2017). از منظر روش می‌توان به مطالعهٔ مروری[4] (Durst and Poutanen, 2013; Tsujimoto, Kajikawa et al., 2017)، مطالعهٔ موردی[5] (Chen, Liu and He, 2016; Ritala et al., 2013)، مدل‌سازی[6] (Engler and Kusiak, 2011; Weil et al., 2014) و پژوهش علمی[7] (Spena, et al., 2016) اشاره کرد. از منظر چرخهٔ عمر اکوسیستم، در برخی مقالات به مرحلهٔ تولد (Spena et al., 2016; Surie, 2017, Wu et al., 2017)، در برخی دیگر به مرحلهٔ رشد (Kwak et al., 2017) و در برخی نیز به مرحلهٔ پایانی چرخهٔ عمر توجه کرده‌اند (Rong, 2011). از منظر صنعت و محیط جغرافیایی می‌توان به نمونه‌های متفاوتی از صنایع ازجمله صنعت فضایی (Mazzucato and Robinson, 2017) و صنعت استخراج مس (Dedehayir and Seppänen, 2015) و طیف متنوعی از محدوده‌های جغرافیایی مثل اکوسیستم‌های مرتبط با چندین کشور (Valkokari et al., 2016)، در سطح یک کشور (Suorie, 2017) یا در سطح یک شهر (Oksanen and Hautamäki, 2014) اشاره کرد. البته با وجود پژوهش‌های فوق، همچنان ابهاماتی در تعریف مفهوم اکوسیستم نوآوری و حوزهٔ کاربرد آن وجود دارد (Oh et al., 2016).

نهادهای مختلفی در حوزهٔ کاربرد پرتوها فعالیت می‌کنند. پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای که متولی اصلی پژوهش در حوزه است، ضمن ایجاد دفتر تجاری‌سازی و توسعهٔ مرکز نوآوری رسا، گام‌های مؤثری دراین‌باره برداشته است. شرکت توسعهٔ کاربرد پرتوها در سال ۱۳۹۰ با هدف بسط و توسعهٔ کاربردهای صلح‌آمیز فناوری هسته‌ای در حوزه‌های سلامت و بهداشت، پزشکی، کشاورزی، محیط‌زیست، امنیت و تحقیقات علمی آغاز به کار کرد. در میان دانشگاه‌های کشور نیز دانشگاه‌های ارائه‌دهندهٔ رشتهٔ مهندسی هسته‌ای در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دانشگاه اصفهان، دانشگاه شیراز و دانشگاه علوم و تحقیقات هستند. همان‌گونه که دانشگاه‌های برتر امریکا مانند دانشگاه میشیگان، اِم‌آی‌تی، ویسکانسین و تگزاس نیز رشته‌هایی با شاخه‌ها و گرایش‌های هسته‌ای دارند. مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور یک مرجع نظارتی ـ دولتی است که برای توسعهٔ ایمنی در تأسیسات و فعالیت‌های هسته‌ای و پرتویی و نظام‌مندکردن استفادهٔ ایمن از انرژی هسته‌ای و منابع پرتو

1. Cooperation
2. Competition

3. NASA
4. Literature Review
5. Case Study
6. Modeling
7. Action Research

به‌منظور حصول اطمینان از حفاظت کارکنان، مردم، نسل‌های آینده و محیط‌زیست در برابر آثار زیان‌آور پرتوها در سطح کشور تشکیل شده است؛ ازاین‌رو با وجود نهادهای فعال در این حوزه، اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها چنان‌که باید و شاید توسعه نیافته است. بنابراین در این پژوهش، با استفاده از دیدگاه نظام‌مند، الگویی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها در صنعت هسته‌ای کشور و سیاست‌ها و دلالت‌های مناسب ارائه خواهد شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها، با توجه به ماهیت پژوهش، کیفی و از نوع توصیفی و پیمایشی است. برای رسیدن به هدف پژوهش، از رویکرد نظام‌مند نظریهٔ داده‌بنیاد[1] استفاده شده است؛ نظریه‌ای که مستقیم از داده‌هایی استخراج می‌شود که در جریان پژوهش به‌صورت منظم گردآوری و تحلیل شده‌اند. سه رویکرد مسلط در نظریه‌پردازی داده‌بنیاد عبارت‌اند از: (۱) رویکرد ظاهرشوندهٔ گلیسر، (۲) رویکرد نظام‌مند اشتراوس و کوربین و (۲) رویکرد ساخت‌گرایانهٔ چارمز (Azizi, 2018). ایدهٔ اصلی استفاده از این رویکرد این است که، به‌جای آزمون فرضیه‌ها، از گزارش کلامی افراد دربارهٔ تجاربشان به‌عنوان داده استفاده شود تا مجموعه‌ای از مفاهیم نظری که به بهترین شکل داده‌ها را توصیف کند فراهم شود. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این رویکرد از سه نوع کدگذاری استفاده می‌شود: کدگذاری باز، محوری و انتخابی. در کدگذاری باز، داده‌ها به کوچک‌ترین واحد خود شکسته می‌شود و مقوله‌ها و مشخصه‌های آن‌ها کشف می‌شود. در کدگذاری محوری، رابطهٔ مقوله‌ها شناسایی می‌شود و مقولهٔ محوری، زمینه‌ای، مداخله‌گر، راهبردها و پیامدها تعیین می‌شوند. در کدگذاری انتخابی نیز ارتباط مقولهٔ محوری با سایر مقوله‌ها برقرار می‌شود و مدل نهایی تکوین می‌شود (اشتراوس و کوربین، ۱۳۹۰). گردآوری داده‌های پژوهش به‌وسیلهٔ مصاحبهٔ عمیق با ۲۷ خبرهٔ علمی و تجربی حوزهٔ کاربرد پرتوها انجام شد. در پژوهش حاضر در شناسایی افراد خبره مواردی مانند آشنایی با اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها، اجزا و کارکردهای آن و همچنین پوشش آشنایی با هر چهار بعد سخت‌افزار، نرم‌افزار، مغزافزار و سازمان‌افزار در حوزهٔ کاربرد پرتوها در نظر گرفته شده است. در جدول ۱ تعداد مصاحبه‌شوندگان براساس معیارهای مدنظر نشان داده شده است.

با توجه به هدف تحقیق، از نمونه‌گیری هدفمند و روش گلوله‌برفی برای انتخاب نمونه‌ها استفاده شد و انجام مصاحبه‌ها تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت. در این رویکرد، از افراد خواسته شد با توجه به معیارهای مدنظر تحقیق خبرهٔ بعدی را برای مصاحبهٔ بیشتر، تکمیل اطلاعات و رسیدن به اشباع نظری معرفی کنند. سؤالات مصاحبه شامل پرسش‌های کلیدی دربارهٔ احصای چالش‌های توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها و راهکارهای پیشنهادی رفع این چالش‌ها و پیامدهای آن بود. اشتراوس و کوربین (۱۳۹۰) معیار قابلیت اعتبار[2] را برای سنجش میزان کیفیت نظریهٔ داده‌بنیاد پیشنهاد داده‌اند.

سؤالات فرعی پژوهش براساس رویکرد اشتراوس و کوربین در نظریهٔ داده‌بنیاد (۱۳۹۰) به‌صورت زیر طراحی و بحث و بررسی شدند: عواملی در صنعت هسته‌ای کشور که به بروز، توسعه‌یافتن یا نیافتن اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها منجر می‌شوند (عوامل علی)، عوامل کلان و ریشه‌ای که لزوماً در صنعت هسته‌ای کشور نیستند و می‌توانند موجب توسعه‌یافتن یا نیافتن اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها شوند (عوامل زمینه‌ای)، عوامل درونی و ساختاری سازمان انرژی اتمی که می‌توانند موجب توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها شوند و تأثیرگذاری عوامل علّی و زمینه‌ای را تسهیل یا دشوار کنند (شرایط مداخله‌گر)، راهبردها و توصیه‌های سیاستی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها و درنهایت پیامدهای جاری‌سازی توصیه‌ها و توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها در چهار بعد سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، مغزافزاری و سازمان‌افزاری (Khalil, 2000) و متناسب با سوابق، تجربه و تخصص خبرگان.

در این پژوهش، از شاخص تناسب و کاربردی‌بودن برای سنجش قابلیت اعتبار استفاده شد. در شاخص تناسب، نتایج پژوهش باید برای مشارکت‌کنندگان پذیرفتنی باشد. برای این منظور پس از اتمام پژوهش، نتایج آن برای نُه نفر از مشارکت‌کنندگان ارسال و از نظر آن‌ها تأیید شد. در بعد کاربردی‌بودن، یافته‌های پژوهش هم باید به دانش موجود در حوزهٔ موردمطالعه بیفزاید و هم بتوان از آن برای درک و مدیریت علمی موقعیت‌های پیش رو در حوزهٔ مربوط استفاده کرد. کاربردی‌بودن نیز با استفاده از نظر سه نفر از مشارکت‌کنندگان تأیید شد.

۳. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

هر مصاحبه به‌طور متوسط ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه طول کشید. پس از هر مصاحبه، ابتدا متن کامل مصاحبهٔ ضبط‌شده پیاده‌سازی می‌شد تا شرایط مناسب برای کدگذاری فراهم شود. کدگذاری مصاحبه‌ها در سه مرحله صورت گرفت. در هر مرحله، محقق پیوسته به متون مصاحبه‌ها مراجعه می‌کرد و برخی کدها را حذف یا کد جدیدی را اضافه می‌کرد. این اقدام آن‌قدر ادامه یافت تا پژوهش به مرحلهٔ اشباع نظری رسید. درنهایت طی سه مرحلهٔ کدگذاری، ۷۲ کد باز، ۲۳ کد محوری و ۵ کد انتخابی استخراج شد.

1. Grounded Theory

2. Credibility

جدول ۱: تعداد مصاحبه‌شوندگان براساس معیارها

معیارهای انتخاب مصاحبه‌شوندگان	تعداد افراد مرتبط با معیار
دانش‌آموختگان دکتری و پسادکتری در حوزهٔ علوم هسته‌ای و کاربردهای آن با سابقهٔ فعالیت تحقیقاتی در حوزهٔ پژوهش حاضر	۴
معاونان و مدیران اجرایی با بیش از ده سال سابقهٔ فعالیت مؤثر در سازمان انرژی اتمی	۶
خبرگان نهادهای حاکمیتی و فرابخشی مرتبط با صنعت هسته‌ای	۳
استادان، خبرگان و مدیران اجرایی حوزهٔ کشاورزی هسته‌ای، پزشکی هسته‌ای و صنعت هسته‌ای در وزارتخانه‌ها و نهادهای مرتبط با بیش از ده سال سابقهٔ فعالیت	۴
شرکت‌های کوچک و متوسط با بیش از ده سال سابقهٔ فعالیت در صنعت هسته‌ای	۳
خبرگان نهادهای تأمین مالی، استانداردگذاری و آگاهی‌رسانی مرتبط با صنعت هسته‌ای با بیش از پنج سال سابقهٔ فعالیت	۳
استادان با مرتبهٔ علمی دانشیار و بالاتر هیئت‌علمی در حوزهٔ علوم هسته‌ای در دانشگاه‌های کشور	۴

مقولهٔ محوری (پدیدهٔ اصلی): این مقوله همان موضوع اصلی موردبررسی است (Azizi, 2018). براین‌اساس مقولهٔ محوری در این پژوهش توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها انتخاب شد.

عوامل علّی: این عوامل رخدادها و متغیرهایی‌اند که به بروز یا توسعهٔ پدیدهٔ موردبررسی منجر می‌شود. درحقیقت عوامل علّی نقش متغیرهای مستقل را در مقابل متغیر وابسته یا همان پدیدهٔ موردمطالعه و شناخته‌شده ایفا می‌کنند (Azizi, 2018). براین‌اساس مشارکت‌کنندگان عوامل علّی مهم مؤثر بر فرایند توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها را توانمندی تجاری‌سازی، یکپارچگی دانش فنی هسته‌ای، تنظیم‌گری صنعت هسته‌ای، تحریک تقاضا، تأمین منابع، اولویت توجه، ترویج کارآفرینی و نوآوری می‌دانند. این متغیرها با عنوان عوامل بخشی معرفی شده‌اند (جدول ۲).

جدول ۲: کدهای شرایط علّی

مقوله	مصاحبه‌شونده‌ها	مقولهٔ فرعی (مفهوم)	مؤلفه
عوامل بخشی	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P17	توانمندی تجاری‌سازی	تفاوت فاصلهٔ دانش پژوهشگاه با فناوری هسته‌ای، در مقایسه با فاصلهٔ دانشگاه با فناوری هسته‌ای، توانمندی نیروی انسانی متخصص در پژوهشکده‌ها، انگیزه و توان نیروی انسانی پژوهشکده‌ها در تجاری‌کردن محصول، توسعهٔ دانش با کمک تخصص مرتبط با تجاری‌سازی (غیر فنی)
	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P26	یکپارچگی دانش فنی هسته‌ای	مدیریت، یکپارچگی و حفظ دانش فنی موجود، آگاهی از کاربرد فناوری در صنعت، تمایل به کاربرد فناوری در صنعت، دسترسی به اطلاعات به‌روز دنیا در حوزهٔ فناوری هسته‌ای، جریان دانش میان بازیگران فناوری هسته‌ای، میزان همایش‌ها و مجلات تخصصی صنعت هسته‌ای در حوزهٔ کاربرد، میزان تسهیل جریان دانش از پژوهشکده‌ها به شرکت‌های کوچک و متوسط و استارتاپ‌ها
	P7-P8-P9- P11-P12- P10-P6-P13-P25	تنظیم‌گری صنعت هسته‌ای	تنظیم‌گری صنعت هسته‌ای در حوزهٔ کاربرد پرتوها، هدایت هدفمند رسانه‌ای در حوزهٔ کاربرد پرتوها، هدایت و ارتباط نهادها و بازیگران هسته‌ای در حوزهٔ کاربرد پرتوها
	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P18	تحریک تقاضا	حمایت از ساخت بار اول تجهیزات، حمایت از تولید به مقیاس در حوزه‌های کشاورزی، پزشکی و صنعت، وضع قوانین حمایتی برای استفاده از نهادهای اصلی متولی مانند جهاد کشاورزی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت صمت و...، قوانین حمایتی مالی و غیرمالی استارتاپ‌ها، شرکت‌های کوچک و متوسط
	P9- P11-P12-P13-P12-P19-P16-P3-P1-P5-P6-P7-P17	تأمین مالی تخصصی	حمایت از صندوق‌های پژوهش و فناوری تخصصی به‌منظور تجاری‌سازی ایده‌های پژوهشکده‌ها، حمایت از تجاری‌سازی و کاربردی‌سازی ایده‌ها در قالب تفاهم‌نامه‌ها و تأمین مالی در پروژه‌های بین دستگاهی
	P6-P7-P8-P9-P10- P1-P2-P3-P4-P5-P11-P12-P13-P15	گفتمان کاربرد پرتوها	توجیه مدیران سازمان در زمینهٔ کاربردی‌سازی پرتوها، توجیه مدیران نهادها و بازیگران دربارهٔ کاربردی‌سازی پرتوها، استفادهٔ مناسب از رسانه‌ها مانند مطبوعات و صداوسیما متناسب با مخاطب
	P13-P12- P14-P11-- P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P20-P19	موانع قانونی و ذهنی کارآفرینی هسته‌ای	آگاهی کارآفرینان و بخش خصوصی از جذابیت‌های اقتصادی و روند فرصت‌های موجود در صنعت هسته‌ای، بسترسازی شرکت‌های نوآور در حوزهٔ هسته‌ای

شرایط زمینه‌ای: مجموعه‌ای از شرایط خاص است که زمینه را برای بروز رفتار/ اقدام فراهم می‌کند. شرایط زمینه‌ای حالت ریشه‌ای دارد و تحت کنترل سازمان نیست (Azizi, 2018). در بعد زمینه‌ای بیشتر مشارکت‌کنندگان به تحریم‌های بین‌المللی فعالان هسته‌ای، مطلوبیت سرمایه‌گذاری اولیه برای بخش خصوصی، فرهنگ و باور عمومی، ماهیت فناوری هسته‌ای، استانداردگذاری و تنظیم‌گری و آسیب‌های زیست‌محیطی اشاره کردند. این متغیرها با عنوان عوامل فرابخشی مطرح شده‌اند (جدول ۳).

جدول ۳: کدهای شرایط زمینه‌ای

مقوله	مصاحبه‌شونده‌ها	مقولهٔ فرعی (مفهوم)	مؤلفه
عوامل فرابخشی	P1-P2-P4-P5-P6-P11-P12-P21	تحریم‌های بین‌المللی فعالان هسته‌ای	قرارگرفتن فعالان صنعت هسته‌ای در فهرست تحریم‌های بین‌المللی در حوزه‌های غیرصلح‌آمیز، تعدد نهادهای غیرتخصصی به‌منظور سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در صنعت هسته‌ای
	P10-P11-P12-P13-P14-P4-P11-P12	مطلوبیت سرمایه‌گذاری اولیه برای بخش خصوصی	سرمایه‌گذاری اولیهٔ زیاد، نرخ بازگشت سرمایهٔ طولانی، بودجهٔ سازمان در حوزهٔ کاربرد و سرمایه‌آغازین و مقایسهٔ آن با بودجهٔ مرتبط با توسعهٔ زیرساخت
	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P20	فرهنگ و باور عمومی	فرهنگ و باورهای عمومی از ترس ورود به صنعت هسته‌ای، فرهنگ و باور عمومی دربارهٔ اثربخشی و توانایی علمی خود در ورود به صنعت هسته‌ای
	P19-P16-P3-P1-P5-P6-P7-P8-P9-P9-P11-P12-P13-P24	ماهیت فناوری هسته‌ای	تنوع فناوری‌های جایگزین، وابستگی فرایند تولید بسیاری از تجهیزات هسته‌ای به سایت اصلی سازمان، تنوع کاربرد فناوری هسته‌ای در اصلاح بذر، نهال، برداشت، تولید تجهیزات پزشکی و...
	P19-P16-P3-P1-P5-P6-P7-P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P25	استانداردگذاری و رگولاتوری	نبود استانداردها و دستورالعمل‌های مناسب در حوزهٔ کاربرد پرتوها، اطلاع‌رسانی‌نکردن استانداردها و دستورالعمل‌های مناسب، ضعف در بومی‌سازی استانداردها و دستورالعمل‌ها
	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P23	آسیب‌های زیست‌محیطی	میزان آلودگی هوا و شناخت فناوری به‌منزلهٔ فناوری پاک، تضمین کیفیت سلامت جامعه دربارهٔ مصرف محصولات با فناوری هسته‌ای

شرایط مداخله‌گر: شرایطی است که تحت کنترل عوامل درونی از جمله مدیران سازمان انرژی اتمی ایران قرار دارد. این شرایط تأثیرگذاری عوامل علّی و زمینه‌ای را تسهیل یا دشوار می‌کند. در این زمینه باید به محیط درونی سازمان انرژی اتمی ایران توجه کرد. محیط درونی شامل افراد، منابع، قابلیت‌ها و سایر عوامل کلیدی درون‌سازمانی است. مشارکت‌کنندگان به عوامل مداخله‌گر مهم به دو صورت ساختار موازی و پیچیده و تعامل و روابط عمومی اشاره کرده‌اند. این متغیرها با عنوان عوامل درون‌سازمانی مطرح شده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴: کدهای شرایط مداخله‌گر

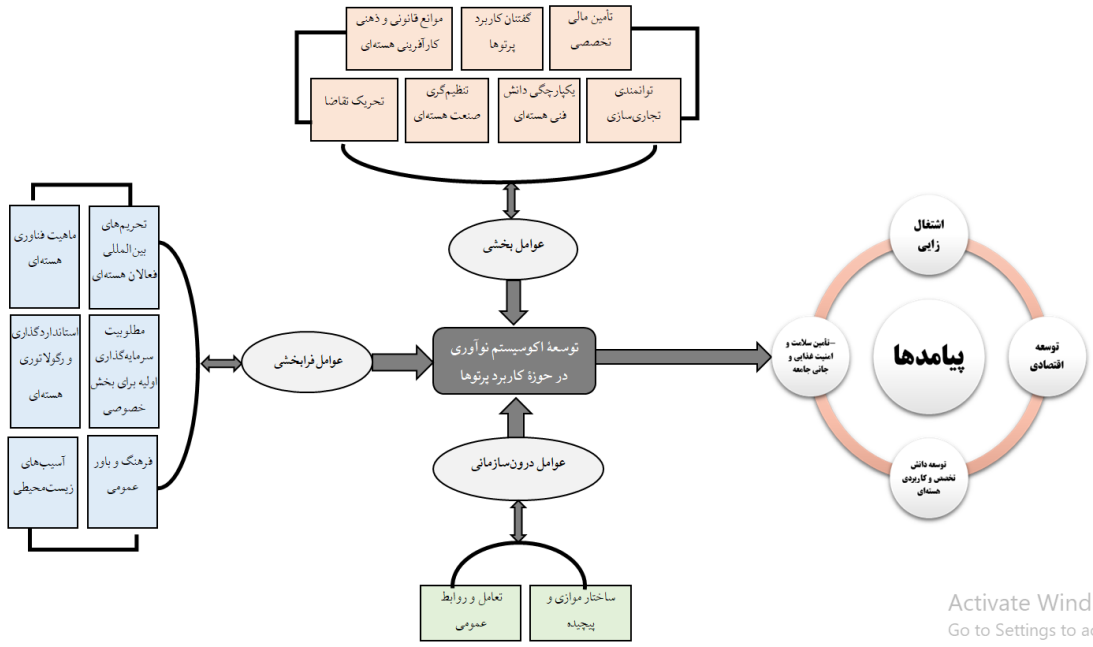
مقوله	مصاحبه‌شونده‌ها	مقولهٔ فرعی (مفهوم)	مؤلفه
عوامل درون‌سازمانی	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10-P11-P12-P13-P17	ساختار موازی و پیچیده	شفافیت ساختار سازمانی، روند صدور مجوز در فرایند تولید تجهیزات توسط بخش خصوصی
	P3-P4-P7-P8-P9-P10-P21	تعامل و روابط عمومی	محدودیت‌های تردد پژوهشگران غیر عضو سازمان به محوطهٔ سازمان، محدودیت اطلاع‌رسانی خدمات حوزهٔ کاربرد از طریق وبگاه سازمان، محدودیت معرفی افراد و اعضای هیئت‌علمی سازمان، روند تصویب پروژه‌های بین دستگاهی در حوزهٔ کاربرد پرتوها و تعیین سهم مشارکت، میزان تأثیرگذاری سازمان بر دستگاه‌های اجرایی دیگر در حوزهٔ کاربرد پرتوها، حق مالکیت فکری و معنوی در محصولات پرتودهی‌شده

پیامدها: پیامدها خروجی حاصل از به‌کارگیری راهبردها هستند. در این پژوهش، مشارکت‌کنندگان توسعهٔ دانش تخصصی و کاربردی هسته‌ای، تأمین سلامت و امنیت غذایی و جانی جامعه، توسعهٔ اقتصادی و اشتغال‌زایی را پیامدهای حاصل از به‌کارگیری راهبردهای ذکرشده معرفی کردند (جدول ۵).

جدول ۵: کدهای مربوط به پیامدها

مقوله	مصاحبه‌شونده‌ها	مقولهٔ فرعی (مفهوم)	مؤلفه
پیامدها	P9-P10-P11-P12	توسعهٔ دانش تخصص و کاربردی هسته‌ای	توسعهٔ بال کاربردی و اجرایی صنعت هسته‌ای در کشور، توسعهٔ دانش هسته‌ای با رویکرد کاربردی در کشور
	P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P25-P11-	تأمین سلامت و امنیت غذایی و جانی جامعه	حل مسئلهٔ نهادهای دامی و کشاورزی، حل مسئلهٔ صادرات‌محورشدن محصولات غذایی، حل مسئلهٔ ماندگاری محصولات غذایی، توسعهٔ تولید تجهیزات پزشکی در حوزهٔ تشخیص و درمان بیماری‌های خاص، حل مسئلهٔ آسیب محصولات کشاورزی به سلامت مردم در اثر استفاده از سم‌ها و کودها
	P9-P10-P11-P12-P13	توسعهٔ اقتصادی	ارزآوری برای کشور در نتیجهٔ صادرات محصولات مطابق با استانداردهای بین‌المللی، درآمدزایی برای سازمان به‌منزلهٔ نهاد دولتی فناوری‌محور، درآمدزایی برای بخش خصوصی و سرمایه‌گذاران، افزایش تولید ناخالص داخلی[1]
	P16-P3-P1-P5-P6-p27	اشتغال‌زایی	مشارکت جوانان بیرون از سازمان در قالب شرکت‌های کوچک و متوسط و استارتاپ‌ها در بخش هسته‌ای، افزایش شرکت‌های زایشی سازمان در اثر تبدیل ایده‌های پژوهشی به کاربرد

براساس نظریهٔ داده‌بنیاد با رویکرد اشتراوس و کوربین، راهبردها نیز در بخشی از مدل ارائه شده‌اند که& براساس گام‌های منطقی پژوهش حاضر، در قالب توصیه‌های سیاستی و در بخش بحث و نتیجه‌گیری مطرح شده‌اند.



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

Activate Wind
Go to Settings to a

1. Gross domestic product (GDP

بحث و نتیجه‌گیری

توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها می‌تواند به پیامدهایی مانند توسعهٔ بال کاربردی و اجرایی صنعت هسته‌ای در کشور و توسعهٔ دانش هسته‌ای با رویکرد کاربردی و درنتیجه اشتغال‌زایی و توسعهٔ اقتصادی در کشور بینجامد؛ ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر ارائهٔ الگویی برای توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها در صنعت هسته‌ای کشور و نشان‌دادن سیاست‌ها و دلالت‌های سیاستی است. تاکنون مطالعات متعددی در حوزهٔ فناوری هسته‌ای و کاربردهای آن در داخل و خارج از کشور انجام شده است، اما در بیشتر آن‌ها یا حوزه‌های کاربرد در زمینه‌ای خاص را اولویت‌بندی کرده‌اند (Majdabadi and Alamkhah, 2018; Morokina, 2016) یا از منظر حقوقی مسئلهٔ توسعهٔ صنعت هسته‌ای را مدنظر قرار داده‌اند (Solberg et al., 2020; Mohajed, 2021, Blinder, 2021) یا از منظر سیاسی و دیپلماسی بین‌المللی آن را بررسی کرده‌اند (Rentetzi, 2021; Woo, 2010; Karimifard and Bineshfar, 2020) یا ملزومات توسعهٔ صنعت را در کشورهای مختلف تحلیل کرده‌اند (Solberg et al., 2020). بااین‌حال تاکنون در پژوهشی به‌صورت جامع به چالش‌ها و توصیه‌های سیاستی توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در این صنعت پرداخته نشده است. همچنین در میان پژوهش‌های صورت‌گرفته در کشور، با توجه به شرایط خاص ایران از نظر جغرافیاسیاسی و سیاسی، به‌صورت خاص و جامع دربارهٔ توسعه کاربرد پرتوها در ایران نیز تاکنون پژوهش داخلی یا خارجی صورت نگرفته است؛ بنابراین ضمن بررسی جامع نهادهای مؤثر و بازیگران فعال در صنعت هسته‌ای کشور، چالش‌ها و مفاهیم کلیدی تأثیرگذار و توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در این صنعت بررسی شد. همچنین با استفاده از نظریهٔ داده‌بنیاد براساس چهارچوب اشتراس و کوربین، الگوی مورد نظر پیشنهاد شد. در این چهارچوب، عوامل مؤثر بر مقولهٔ محوری (شامل توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها) در سه بُعد عوامل فرابخشی، عوامل بخشی و عوامل درون‌سازمانی بررسی شدند و توصیه‌های سیاستی برای دستیابی به پیامدهای مطلوب تحقیق پیشنهاد شد. براساس یافته‌های پژوهش توصیه‌های سیاستی مهم مطرح‌شده در سه سطح فرابخشی، بخشی و درون‌سازمانی به‌صورت زیر است.

سیاست‌های پیشنهادی در سطح فرابخشی شامل موارد زیر است:

فعال‌ترکردن بخش توسعهٔ کاربرد پرتوها در شورای عالی عتف و در تعامل با وزارت خارجه، شورای عالی امنیت ملی و... به‌منظور سیاست‌گذاری و تصمیم‌سازی مؤثرتر در این حوزه. با توجه به اینکه حوزهٔ کاربرد پرتوها مسئله‌ای اقتصادی و همچنین بین بخشی است، سازمان انرژی اتمی به‌تنهایی نمی‌تواند به توسعهٔ فناوری و نوآوری در آن بپردازد؛ ازاین‌رو باید در شورایی مشترک، که نزدیک‌ترین شورا به آن از نظر موضوعی شورای عالی عتف است، مسئولان نهادهای دیگر مانند وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت امور اقتصادی و دارایی، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت صنعت، معدن و تجارت و... نیز حضور داشته باشند و با حضور رئیس‌جمهور، مشروعیت و قدرت تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در حوزهٔ توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حیطهٔ کاربرد پرتوها نیز ارتقا یابد. یکی از اقدامات راهبردی دراین‌باره ذیل شورا می‌تواند ایجاد دفتر مشترک کاربرد فناوری هسته‌ای در صنعت هدف باشد.

حمایت از تجاری‌سازی و کاربردی‌سازی ایده‌ها، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان تجهیزات و محصولات بخش خصوصی در حوزه‌های کشاورزی، صنعت و پزشکی که استفاده‌کننده از فناوری هسته‌ای باشند، در قالب تفاهم‌نامه‌ها و تأمین مالی در پروژه‌های بین دستگاهی در قالب مشوق‌های مالی و قانونی مانند معافیت‌های مالیاتی می‌تواند نقش مهمی در تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این حوزه و توسعهٔ اکوسیستم نوآوری در حوزهٔ کاربرد پرتوها داشته باشد.

برنامه‌های تخصصی صداوسیما دربارهٔ توانمندی‌های مورد نیاز، نحوهٔ سرمایه‌گذاری و فعالیت بخش خصوصی در این صنعت و مراحل ایده تا تجاری‌سازی بر ذهنیت و مانع ذهنی جامعه دربارهٔ فعالیت صلح‌آمیز و بخش خصوصی اثرگذار است. از سوی دیگر ممکن است سبب آگاهی از نوع سرمایه‌گذاری، میزان سرمایهٔ مورد نیاز، فناوری‌های مؤثر اقتصادی و اجتماعی و شاخص‌های مرتبط با بازگشت سرمایه شود و به‌این‌ترتیب تأثیر چشمگیری داشته باشد. متناسب‌سازی قوانین و دستورالعمل‌ها در حوزهٔ استفاده از فناوری هسته‌ای از سوی نهادهای قانون‌گذار مانند مؤسسهٔ ثبت گواهی بذر و نهال، سازمان غذا و دارو، سازمان ملی استاندارد و... با همکاری نظام ایمنی هسته‌ای و سازمان ملی استاندارد می‌تواند گام مؤثری برای تنظیم‌گری در این حوزه باشد.

سیاست‌های پیشنهادی در سطح بخشی شامل موارد زیر است:

حمایت از صندوق‌های پژوهش و فناوری تخصصی به‌منظور تجاری‌سازی ایده‌های پژوهشکده‌ها. سازمان انرژی اتمی می‌تواند با تصویب آیین‌نامهٔ حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و استارتاپ‌ها و ضمن تشکیل صندوق تخصصی با سهامداری مشخص و ترکیبی از بخش دولتی و خصوصی نقش محوری در این خصوص ایفا کند. یکی از اقدامات اثربخش دراین‌باره می‌تواند سیدمانی صحیح، مناسب و هدفمند برای ورود شرکت‌های کوچک و متوسط فناوری‌محور باشد. برگزاری دوره‌های توانمندسازی در حوزهٔ تجاری‌سازی برای دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و پژوهشکده‌های فعال در حوزهٔ فناوری هسته‌ای.

دفتر تجاری‌سازی سازمان با همکاری مرکز نوآوری رسا می‌تواند دوره‌های توانمندسازی ایده تا تجاری‌سازی را برای مخاطبان بالقوه و بالفعل برگزار کند.

سیاست‌های پیشنهادی در سطح درون‌سازمانی شامل موارد زیر است:

اصلاح ساختار سازمانی براساس رویکرد STI با توجه به اینکه نقش بخش‌های درونی سازمان از مرحلهٔ پژوهش تا کاربرد تعریف شده‌اند. ساختار فعلی سازمان انرژی اتمی به‌گونه‌ای است که پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای بازوی اصلی دانشی و تحقیقاتی سازمان به شمار می‌آید. همچنین شرکت‌هایی مانند شرکت توسعهٔ کاربرد پرتوها به‌منزلهٔ بخش نیمه‌دولتی به فعالیت اقتصادی می‌پردازند. رویکرد سازمان می‌تواند به‌گونه‌ای باشد که شرکت‌های کوچک و متوسط، استارتاپ‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در مرکز نوآوری رسا با کمک پژوهشکده‌ها که ذیل پژوهشگاه هستند، از نظر علمی و فناوری توانمند شوند. از نظر اقتصادی و تجاری نیز شرکت‌ها با تغییر نقش به‌منزلهٔ نهادهای توسعه‌گر نقش مهمی در شرکت‌های کوچک و متوسط ایفا کنند. همچنین بین زیرمجموعه‌های سازمان با سازوکاری مشخص، تبادل دانشی پژوهشی و اقتصادی هدفمند و مشخص تعریف شود تا هر سه ضلع مثلث پژوهشگاه ـ شرکت‌های سازمان ـ شرکت‌های بیرونی اثربخش‌تر فعالیت کنند.

برندسازی عمومی سازمان انرژی اتمی باید از نهاد راهبردی نخبه‌محور امنیتی و سیاسی به نهاد راهبردی توسعهٔ اقتصادی آغاز شود و همچنین سازمان از برند مستقل غیرتعاملی به برند دوست خوب در حوزهٔ کاربرد پرتوها تبدیل شود. معاونت برنامه‌ریزی سازمان می‌تواند دراین‌باره نقشهٔ راهی داشته باشد و در قالب برنامه‌های مناسب با رعایت محدودیت‌های امنیتی در فضای مجازی و همچنین صداوسیما گام مهمی در این حوزه بردارد. ازجمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد در این پژوهش به‌صورت جامع با خبرگان آگاه با چالش‌ها و راهکارهای توسعهٔ کاربرد پرتوها مصاحبه صورت گرفت و نشست‌های تخصصی برگزار شد؛ ازاین‌رو با توجه به اینکه شرط توقف مصاحبه‌ها رسیدن به اشباع نظری بوده است، سعی شد این مورد لحاظ شود، ولی بنا به شرایط امنیتی و سیاسی خاص خبرگان و ملاحظات دسترسی، احساس می‌شود در برخی زمینه‌ها چالش‌ها و راهکارهای بیشتری نیز می‌توان ارائه کرد تا نتایج با قابلیت بیشتری تعمیم داده شوند. همچنین برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود محققان محترم دربارهٔ هریک از موارد زیر پژوهش کنند: اجزا و بازیگران این صنعت، نقش فعلی آن‌ها و نقش مطلوب آن‌ها برای توسعهٔ اکوسیستم کاربرد پرتوها تا رسیدن به اشباع نظری، همچنین مواردی مانند بازآرایی ساختار سازمان انرژی اتمی، برندسازی سازمان انرژی اتمی، نحوهٔ تعامل و شکل‌گیری شتاب‌دهنده‌ها و مراکز نوآوری تخصصی در صنعت هسته‌ای و تدوین نقشهٔ راه توسعهٔ کاربرد پرتوها در هریک از حوزه‌های کشاورزی هسته‌ای، پزشکی هسته‌ای و صنعت به‌طور جداگانه و درنظرگرفتن ذی‌نفعان و تعاملات فرابخشی.

منابع فارسی که معادل لاتین آن‌ها در فهرست منابع آمده است

احمدی‌پور، زهرا، میرشکاران، یحیی و ویسی، هادی (۱۳۹۲). «نقش انرژی هسته‌ای در تغییر وزن ژئوپلیتیکی ایران (با تأکید بر منطقهٔ خلیج فارس)»، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۱، ص ۱۹-۱.

اقشاری، پ، (۱۳۸۶)، انرژی هسته‌ای و ذخایر نفت و گاز جمهوری اسلامی ایران، مجله رویدادها و تحلیل‌ها، ۲۱۴، صفحات ۳۷-۳۵.

امیری‌نیا، حمیدرضا، باقری‌مقدم، ناصر، طباطبائیان، سید حبیب‌الله و محمدپور، سید مصطفی (۱۳۹۵). «تبیین کارکردهای نظام نوآوری فناورانهٔ پیل سوختی در ایران»، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی سیاست‌گذاری عمومی، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، ص ۷۵-۵۱.

کریمی‌فرد، حسین و بینش‌فر، علیرضا (۱۳۹۹). «آثار سیاسی فناوری هسته‌ای بر قدرت ملی جمهوری اسلامی ایران»، سیاست، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، ص ۲۸۷-۲۷۱.

مجاهد، افشین (۱۳۹۹). «مطالعهٔ تطبیقی استفادهٔ صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای از منظر فقه امامیه و حقوق ایران و حقوق بین‌الملل». پژوهش‌های حقوق تطبیقی عدل و انصاف، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱۱، ص ۴۷- ۳۰.

مجدآبادی، ع‌باس و علم‌خواه، عبدالله (۱۳۹۶). «اولویت‌بندی توسعهٔ کاربرد فناوری هسته‌ای ایران با رویکرد تاپسیس (مطالعهٔ موردی: زیربخش‌های بخش کشاورزی، صنعت و پزشکی)»، نشریهٔ راهبرد، دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ٤، ص ۱۶۷-۱۵۱.

یوسف پور، ب.، رحیمی، ع. ا. (۱۳۸۱)، انرژی هسته‌ای؛ ضرورت‌ها و سیاست‌ها، مجله اقتصاد انرژی، شماره ۴۶ و ۴۰، صفحات ۴۳-۳۶

منابع

Ahmadipour, Zahra, Mireshkaran, Yahya and Veisi, Hadi (2012). "The role of nuclear energy in changing Iran's geopolitical weight (with an emphasis on the Persian Gulf region)", Planning and Space Planning, Volume 17, Number 1, pp. 1-19.

Aghshari, P, (2016), Nuclear energy and oil and gas reserves of the Islamic Republic of Iran, Journal of Events and Analysis, 214, pp. 37-35.

Amirinia, H., Bagheri Moghaddam, N., Tabatabaeian, S. H., and Mohamadpour, S. M. (2016). "Functions of Technological Innovation System for Fuel Cell technology in Iran", Iranian Journal of Public Pol-

Reconstructive Surgery". *Technical Innovations & Patient Support in Radiation Oncology*. 18, pp. 8-11.

Feugeas, J. L., Nicolaï, P., Page, J., Birindelli, G., Caron, J., Dubroca, B., Kantor, G., & Tikhonchuk, V. (2017). "A New Entropic Algorithm to Measure the Impact of Magnetic Field on Dose Distribution: Application to MRI-Guided Radiation Therapy". International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics, 99(2, Supplement), p. E659.

Ghazinoory, S., Sarkissian, A., Farhanchi, M., & Saghafi, F. (2020). "Renewing a dysfunctional innovation ecosystem: The case of the Lalejin ceramics and pottery". *Technovation*, pp. 96-97, 102122.

Goleń, M., Składowski, K., Wygoda, A., Pilecki, B., Przeorek, W., Sąsiadek, W., Rutkowski, T., d'Amico, A., & Kołosza, Z. (2007). "The influence of radiation technique on xerostomia in head and neck cancer patients – prospective study". *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy,* 12(5), pp. 253-260.

Gomes, L., Facin, A., Salerno, M. S., & Ikenami, R. (2016). Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. Technological Forecasting and Social Change, 136. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.11.009

Jiang, Y., & Zheng, W. (2021). "Coupling Mechanism of Green Building Industry Innovation Ecosystem Based on Blockchain Smart City". *Journal of Cleaner Production*, 307, p. 126766.

Krug, D., Vonthein, R., Illen, A., Olbrich, D., Barkhausen, J., Richter, J., Klapper, W., Schmalz, C., Rody, A., Maass, N., Bauerschlag, D., Heßler, N., König, I. R., Dellas, K., and Dunst, J. (2021). "Metastases-directed Radiotherapy in Addition to Standard Systemic Therapy in Patients with Oligometastatic Breast Cancer: Study protocol for a randomized controlled multi-national and multi-center clinical trial (OLIGOMA)". *Clinical and Translational Radiation Oncology*, 28, pp. 90-96.

Khalil, T. (2004). Management of technology: The key to competitiveness and wealth creation. New York: McGraw Hill

icy, 2(2), pp. 51-71. {In Persian}

Karimifard, H., and Bineshfar, A. (2020). "The Political Effects of Nuclear Technology to the Islamic Republic of Iran National Power", Political Quarterly, 50(1), pp. 271-287. {In Persian}

Mohajed, A. (2021). "A Comparative Study of the Peaceful Use of Nuclear Energy from the Perspective of Imami Jurisprudence and Iranian Law and International Law". Adl va Ensaf Comparative Law Researches Quarterly, 3(11), pp. 30-47. {In Persian}

Majdabadi, A., and Alamkhah, G. (2018). "Prioritization of Developing Nuclear Technology Applications in Iran by Using TOPSIS Approach (Case Study: Sub-sectors of Agriculture, Industry and Medicine)". Strategy, 26(4), pp. 151-167. {In Persian}

Yusefpour, B., Rahimi, A. A. (2011), nuclear energy; Necessities and policies, Journal of Energy Economics, No. 46 and 40, pp. 36-43

Blinder, S. M. (2021). "Chapter 10 - Atomic structure and the periodic law". In Blinder, S. M. (Ed.), *Introduction to Quantum Mechanics* (Second Edition) (pp. 159-175). Academic Press.

Burström, T., Parida, V., Lahti, T., & Wincent, J. (2021). "AI-enabled business-model innovation and transformation in industrial ecosystems: A framework, model and outline for further research". *Journal of Business Research*, 127, pp. 85-95.

Buscombe, J. (2021). "The Future of Molecular Radiotherapy Services in the UK". *Clinical Oncology*, 33(2), pp. 137-143.

Castano, R., Puerta, J. D., Sanin, E., Restrepo, J. I., Ruiz, M. H., Juliao, F., Erebrieg, F. E., and Nuñez, E. (2007). "Argon Plasma Coagulation Versus Aplication of 4 Percent Formalin for the Treatment of Radiation Induced Hemorrhagic Proctitis". *Gastrointestinal Endoscopy*, 65(5).

De Faria Castro Fleury, E., Jasmin Huanca Bernal, K., Lucena Miranda Madeiro, A., Luis Cervera Ocana, W., Carlos Vendramini Fleury, J., and Caobianco, L. (2021). "Side Effects in Breast Implants Related to Radiotherapy in Breast Cancer

knowledge fusion in an innovation ecosystem based on a GA-BP neural network". Cognitive Systems Research, 66, pp. 201-210.

Wei, F., Feng, N., Yang, S., & Zhao, Q. (2020). "A Conceptual Framework of Two-Stage Partner Selection in Platform-Based Innovation Ecosystems for Servitization". Journal of Cleaner Production, 262, p.121431.

Wu, Q., and He, Q. (2020). "DIY Laboratories and business innovation ecosystems: The case of pharmaceutical industry". Technological Forecasting and Social Change, 161, p. 120336.

Xie, X., & Wang, H. (2020). "How Can Open Innovation Ecosystem Modes Push Product Innovation Forward? An Fsqca Analysis". Journal of Business Research, 108, p. 29-41.

Xie, X., & Wang, H. (2021). "How to Bridge the Gap Between Innovation Niches and Exploratory and Exploitative Innovations in Open Innovation Ecosystems". *Journal of Business Research*, 124, p. 299-311.

Yap, M. L., O'Connell, D. L., Goldsbury, D. E., Weber, M. F., & Barton, M. B. (2021). "Actual Versus Optimal Radiotherapy Utilisation for Metastatic Cancer Patients in the 45 and Up Study Cohort, New South Wales". Clinical Oncology. 33(10), pp. 650-660.

Yi, L., Wang, Y., Upadhaya, B., Zhao, S., & Yin, Y. (2021). "Knowledge Spillover, Knowledge Management Capabilities, and Innovation Among Returnee Entrepreneurial Firms in Emerging Markets: Does Entrepreneurial Ecosystem Matter?" *Journal of Business Research*, 130, pp. 283-294.

Goldring, M. (2013). "Chapter 10 - Britain's Atomic Future". In M. Goldring (Ed.), *Economics of Atomic Energy*. Butterworth-Heinemann. pp. 154-173.

Kubendran, S., Rao, Y. J., Dor, A., Ojong-Ntui, M., and Goyal, S. (2020). "The Relationship between Industry Payments on Research Productivity and Career Success of Academic Radiation Oncologists". *International Journal of Radiation Oncology BiologyPhysics*, 108(3), p. e445.

Matsumoto, K., Otsuka, M., Shimomura, K., Asai, Y., Okumura, M., Tamura, M., & Nishimura, Y. (2012). "Ep-1447 Comprehensive Linear Accelerator Qa Using Commercial Analytic Software Aplication". *Radiotherapy and Oncology*, 103, p. S552.

Moran, M. J. (1987). "Recent measurements of coherent transition radiation. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research", *Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 24-25, pp. 335-338.

Rholl, K. S. (1997). Noninvasive Diagnosis of Peripheral Vascular Disease. Journal of Vascular and Interventional Radiology, 8(1, Supplement), 265-268. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1051-0443(97)70127-1 Rentetzi, M. (2021). "With strings attached: Gift-giving to the International Atomic Energy Agency and US foreign policy". Endeavour, 45(1), p. 100754.

Rush, H., Marshall, N., Bessant, J., & Ramalingam, B. (2021). "Applying an ecosystems approach to humanitarian innovation". Technological Forecasting and Social Change, 165, P. 120529.

Šarac, T., Quiévy, N., Gusarov, A., and Konstantinović, M. J. (2016). "The Study of Temperature and Radiation Induced Degradation of Cable Polymers: A Comparison Between the Mechanical Properties of Industrial and Neat EPDM". Procedia Structural Integrity, 2, pp. 2405-2414.

Slevin, F., & Henry, A. M. (2021). "Muscle-invasive Bladder Cancer in the Elderly Patient With a Focus on Hypofractionated Radiotherapy". Clinical Oncology. 33(6), pp. 369-375.

Torres-Bayona, S., Gil-Durán, M., Rodríguez-Hernández, P., Monroy, J., Africano, P., Miranda-Acosta, Y., Samprón, N., & Úrculo, E. (2021). "Radiotherapy versus Observation after Surgical Resection of Atypical Meningiomas". Interdisciplinary Neurosurgery, 25, p. 101201.

Vaz, P. (2015). "Radiological protection, safety and security issues in the industrial and medical applications of radiation sources". Radiation Physics and Chemistry, 116, pp. 48-55.

Wang, L., & Bi, X. (2021). "Risk assessment of

Mohammadi, H. (2015). Investigating users' perspectives on e-learning: An integration of TAM and IS success model. Computers in Human Behavior, 45, 359-374. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.044

Morokina, G. S. (2016). "The Radiation Control with the Different Energy Resources in the Engineering Industry". *Procedia Engineering*, 150, pp. 827-831.

Solberg, L. I., Wang, Y., Whitebird, R., Lopez-Solano, N., and Smith-Bindman, R. (2020). "Organizational Factors and Quality Improvement Strategies Associated With Lower Radiation Dose From CT Examinations". *Journal of the American College of Radiology*, 17(7), pp. 951-959.

Wessner, C. W. (2005). Entrepreneurship and the Innovation Ecosystem Policy Lessons from the United States. In D. Audretsch, H. Grimm, & C. W. Wessner (Eds.), Local Heroes in the Global Village: Globalization and the New Entrepreneurship Policies (pp. 67-89). Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-23475-6_5

Woo, T. H. (2010). "Management of Energy Policy in Atomic-Multinology (AM) Using the System Dynamics (SD) Method". *Annals of Nuclear Energy*, 37(5), pp. 707-714.

Science and Technology Policy Letters
Volume 13, Issue 1, Spring 2023

A Model for the Development of Innovation Ecosystem in the Field of Application of Radiation and Provide Policy Implications

Alireza Mosayebi[1]
Naser Bagheri Moghaddam[2]
Meisam Torab Mastaedi[3]

Abstract

In the present study, a systemic approach while examining the innovation ecosystem in the field of radiation application and using the data theory method, while analyzing the challenges of developing an innovation ecosystem in the field of radiation application, solutions appropriate to key challenges and appropriate policy recommendations and implications for Country is provided. Findings from the research show that the key elements of innovation ecosystem development in the field of application of radiation in the country include the presence of influential actors in charge of application, rearrangement of the internal structure of the Atomic Energy Organization, brand reconstruction and development of innovation ecosystem-centered roadmap It is nuclear and this is the basis for the conceptual model of developing the domestic share in the country›s oil and gas industry.

Keywords: Innovation Ecosystem, Application of Rays, Nuclear Technology

1. Researcher of Iran Migration Observatory; m.edalat@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Assistant Professor of Science and Technology Policy, Department of Technology and Innovation Policy, Scientific Policy Research Center, Tehran, Iran. Email: bagheri@nrisp.ac.ir

3. Professor of Chemical Engineering, Nuclear Fuel Cycle Research Institute, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran. Email: mmostaedi@aeoi.org.ir

نقش‌نامه و فرم تعارض منافع

الف) نقش نامه

پدیدآورندگان	علیرضا مسیبی	ناصر باقری مقدم	میثم تراب مستعدی
نقش	نویسنده	نویسندهٔ مسئول	نویسنده
نگارش متن	نگارش و بازنگری متن	نگارش و بازنگری متن	نگارش و بازنگری متن
ویرایش متن و ...	ویرایش متن، پاسخ به داوران	ویرایش متن، پاسخ به داوران	ویرایش متن، پاسخ به داوران
طراحی / مفهوم‌پردازی	طراحی تفصیلی	طراحی/ مفهوم‌پردازی	طراحی کلی
گردآوری داده	گردآوری میدانی و کامل داده‌ها	همکاری و هماهنگی در گردآوری داده	همکاری و هماهنگی در گردآوری داده
تحلیل / تفسیر داده	تحلیل و تفسیر داده‌ها	همکاری در تحلیل داده و اعتبارسنجی مدل	همکاری در تحلیل داده و اعتبارسنجی مدل
سایر نقش‌ها	انجام طرح پسادکتری	راهنمایی و نظارت بر طرح پسادکتری	راهنمایی و نظارت بر طرح پسادکتری

ب) اعلام تعارض منافع

در جریان انتشار مقالات علمی تعارض منافع به این معنی است که نویسنده یا نویسندگان، داوران و یا حتی سردبیران مجلات دارای ارتباطات شخصی و یا اقتصادی می‌باشند که ممکن است به طور ناعادلانه‌ای بر تصمیم‌گیری آن‌ها در چاپ یک مقاله تأثیرگذار باشد. تعارض منافع به خودی خود مشکلی ندارد بلکه عدم اظهار آن است که مسئله‌ساز می‌شود.

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که رابطه مالی یا غیرمالی با سازمان، نهاد یا اشخاصی که موضوع یا مفاد این تحقیق هستند ندارند، اعم از رابطه و انتساب رسمی یا غیررسمی. منظور از رابطه و انتفاع مالی از جمله عبارت است از دریافت پژوهانه، گرنت آموزشی، ایراد سخنرانی، عضویت سازمانی، افتخاری یا غیررسمی، اشتغال، مالکیت سهام، و دریافت حق اختراع، و البته محدود به این موارد نیست. منظور از رابطه و انتفاع غیرمالی عبارت است از روابط شخصی، خانوادگی یا حرفه‌ای، اندیشه‌ای یا باورمندانه، و غیره.

چنانچه هر یک از نویسندگان تعارض منافعی داشته باشد (و یا نداشته باشد) در فرم زیر تصریح و اعلام خواهد کرد:

مثال: نویسندهٔ الف هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد. نویسندهٔ ب از شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است گرنت دریافت کرده است. نویسندگان ج و د در سازمان فلان که موضوع تحقیق بوده است سخنرانی افتخاری داشته‌اند و در شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است سهامدارند.

اظهار (عدم) تعارض منافع: با سلام و احترام؛ به استحضار می‌رساند نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

نویسندهٔ مسئول: ناصر باقری مقدم

تاریخ: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹