Volume 15, Number 1, Spring 2022

Journal of

Science & Technology Policy

The Analysis of Development Process of Natural Gas Storage Technology with the Method of Motors of Innovation

Naser Bagheri Moghaddam[1], Maryam Nozari[2*], Zoha Chiniforoushan[3]

1- Assistant Professor, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran.
2- Ph.D. of Technology Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
3- M.Sc. of technology management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

Before policy making for technology development and implementation, the state of technology in the country must be evaluated and analyzed. In this study, considering the importance and necessity of developing underground natural gas storage technology, the process of developing this technology has been evaluated using the approach of the technological innovation system and using the method of motors of innovation. The approach of this research is qualitative and the data collection tool is document review and interview with experts. The results of this study show that the underground natural gas storage technology in Iran is in the second stage of development of the four stages of growth of the technology system in the country. This means that the country has acquired the basic knowledge of this technology and the prototype has been used experimentally in a repository, but the number of these experiments should be increased and other industrial players should enter this field and the mechanisms for creating knowledge-based companies. Also, a model proposed that based on, problems that are exists on the way to development of this technology in the country and policy recommendations are provided. According to this model, the engine of entrepreneurship is the main engine and there is weakness in all functions, including key, support and marginal of this engine.

Keywords: Technology Development Process, Evaluation, Technological Innovation System, Motors of innovation, Underground Gas Storage (UGS).

* Corresponding author: mn1193@gmail.com

فصلنامه علمی-پژوهشی

سیاست علم و فناوری

سال پانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

تحلیل فرایند توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی با روش موتورهای نوآوری

ناصر باقری‌مقدم[۱]، مریم نوذری[۲*]، ضحا چینی‌فروشان[۳]

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران

۲- دکترای مدیریت فناوری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۳- کارشناس ارشد مدیریت فناوری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

پیش از تدوین سیاست برای توسعه فناوری و اجرای آن، باید وضعیت فناوری در کشور ارزیابی و تحلیل گردد. نظر به اهمیت و ضرورت توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در کشور، در این مقاله به ارزیابی فرایند توسعه این فناوری با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه و با بهره گیری از روش موتورهای نوآوری پرداخته شده است. رویکرد این پژوهش کیفی و راهبرد آن پیمایش نظر خبرگان بر مورد مطالعه یعنی فناوری ذخیره‌سازی گاز طبیعی است. ابزار جمع‌آوری داده بررسی اسناد و مصاحبه با خبرگان می باشد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران، در مرحله دوم توسعه از چهار مرحله رشد نظام نوآوری فناورانه در کشور قرار دارد. به این معنی که کشور به دانش اولیه این فناوری دست پیدا کرده و نمونه اولیه نیز به صورت آزمایشی در یک مخزن بکار گرفته شده است اما بایستی تعداد این آزمایشات افزایش یافته و بازیگران صنعتی دیگر نیز به این حوزه ورود کرده و سازوکارهای ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان و صنعتی در این فناوری افزایش یابد. همچنین در انتها مدلی ارائه شده که بر اساس آن مشکلاتی موجود برای توسعه این فناوری در کشور، شناسایی و توصیه‌های سیاستی ارائه شده است. مطابق با این مدل، موتور محرک کارآفرینی موتور اصلی می باشد و در همه کارکردها، اعم از کلیدی، حمایتی و حاشیه ای این موتور ضعف وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی فرایند توسعه فناوری، نظام نوآوری فناورانه، موتورهای محرک نوآوری، ذخیره سازی زیرزمینی گاز طبیعی.

برای استنادات بعدی به این مقاله، قالب زیر به نویسندگان محترم مقالات پیشنهاد می‌شود:

Bagheri Moghaddam, N., Nozari, M., & Chiniforoushan, Z. (2022). **The Analysis of Development Process of Natural Gas Storage Technology with the Method of Motors of Innovation.** *Journal of Science & Technology Policy*, 15(1), 54-67. {In Persian}.
DOI: 10.22034/jstp.2022.15.1.13928

۱- مقدمه

توسعه فناوری از نگاه جامعه‌شناختی چیزی فراتر از ماهیت فنی است و به‌صورت پیکربندی[۲] با ماموریت خاص تعریف می‌شود [۱]. در این تعریف منظور از "پیکربندی"، مجموعه به‌هم‌پیوسته‌ای[۳] از اجزا و عناصر اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی است و "ماموریت" هم به نقش فناوری در برآورده نمودن نیازهای اقتصادی-اجتماعی اشاره دارد. با درنظرگرفتن این تعریف، ظهور فناوری‌های تازه در جوامع همواره با مشکل عدم‌تطابق[۴] با پیکربندی‌های جاافتاده[۵] نظام‌های فنی-اجتماعی روبه‌رو خواهد بود [۲]. در واقع توسعه فناوری

DOI: 10.22034/ jstp.2022.15.1.13928

* نویسنده مسئول: mn1193@gmail.com

[2] Configuration
[3] Interrelated
[4] Mismatched
[5] Established configuration

مفهومی گسترده‌تر از خلق یک فناوری جدید است و تغییرات ساختارهای اجتماعی-اقتصادی را نیز شامل می‌شود.

مطالعات متعددی به تحلیل توسعه فناوری‌های مختلف با رویکرد نظام نوآوری فناورانه پرداخته‌اند. به عنوان مثال جاکوبسون عملکرد نظام نوآوری فناورانه تولید برق از زیست توده در سوئد را طی روند توسعه این فناوری در قالب کارکردهای نظام نوآوری تحلیل می‌کند [۳]. هکرت و همکارانش بررسی کردند که آیا تغییرات فناوری را فقط به صورت فناوری باید دید، یا می‌بایست در قالب نظام نوآوری که شامل مولفه‌های اقتصادی و اجتماعی نیز می‌باشد، بررسی شود [٤]. آلکمید[1] و همکاران طی پنج دوره، به بررسی روند توسعه فناوری توربین بادی در آمریکا و سنجش عملکرد فرایند توسعه با بررسی روند شکل‌گیری نظام نوآوری بخش باد (بدون بیان روابط علی) به همراه میزان برآورده‌شدن کارکردهای نظام نوآوری پرداختند [٥]. بررسی مطالعات انجام‌گرفته نشان‌می‌دهد که استفاده از نظام‌های نوآوری فناورانه برای ارزیابی و تحلیل دلایل توسعه یا عدم توسعه فناوری در صنایع مختلف مورد استفاده قرارگرفته لیکن تمامی این مطالعات از یک طرف به تحلیل یک فناوری کاملا نوظهور پرداخته‌اند و نه یک فناوری بالغ که نظام آن در یک کشور درحال توسعه جدید است و از طرفی کمتر به تحلیل پویایی بین کارکردها (موتورهای نوآوری) پرداخته شده‌است. لذا در این پژوهش بناست با روش پویایی بین کارکردها به تحلیل یک فناوری بالغ که نظام آن در کشور ایران، جدید است بپردازیم.

ایران به عنوان دومین کشور دارای ذخایر عظیم گاز طبیعی در جهان (با بیش از ۳۰ تریلیون مترمکعب گاز قابل استحصال)، در حوزه گاز طبیعی اهداف مهمی چون رسیدن به سومین تولیدکننده گاز طبیعی در جهان، افزایش سهم سبد انرژی گاز در کشور، افزایش صادرات گاز و افزایش تزریق گاز به مخازن نفتی کشور را دنبال می‌کند. مخازن زیرزمینی گاز طبیعی[2](UGS) به عنوان فناوری شناخته شده و دوست‌دار محیط زیست ، راهبردی است که از یکسو امکان تامین سوخت پاک گاز، کنترل نوسانات مصرف و امنیت عرضه را تامین کرده و از سوی دیگر، به ایجاد و حفظ جایگاه جهانی صنعت گاز ایران، بهینه‌سازی شبکه گازرسانی، انعطاف‌پذیری شبکه گاز در برابر حوادث، انتقال گاز از مخازن مشترک به مخازن مستقل، تداوم تامین گاز مورد نیاز جهت تزریق به مخازن نفتی با هدف ازدیاد برداشت و داشتن پشتوانه موثر در جهت تامین و رفع نیازهای انرژی کشور همگام با برنامه چشم‌انداز توسعه کشور، کمک می‌نماید. بر اساس وضعیت کشورهای دارنده منابع گازی در دنیا میزان ذخیره‌سازی گاز در کشور باید ۱۰ درصد بیشینه مصرف سالانه باشد که در حال حاضر این عدد برای ایران در حدود ۱ درصد است که باید با استفاده از فناوری ذخیره‌سازی گاز در کشور افزایش یابد. بنابراین می‌توان گفت که ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در کشور نه تنها توجیه‌پذیر است بلکه ضرورت دارد.

دو ویژگی اساسی یک UGS که به طور معمول بر سایر مولفه‌های تصمیم‌گیری اثر دارد عبارتند از: حجم عملیاتی، که می تواند به صورت درصدی از کل ظرفیت UGS ارائه شود و حداکثر ظرفیت برداشت که به صورت حجم گاز تولیدی در روز بیان می شود. نسبت این دو ویژگی، بیانگر تعداد روزهایی است که می‌توان با حداکثر ظرفیت از مخزن گاز برداشت کرد. پروژه‌های ذخیره‌سازی گاز طبیعی ایران، برای جلوگیری از افت فشار در لوله‌های گاز و تضمین روند تأمین مستمر جریان گاز، به ویژه در زمان اوج مصرف در ماه‌های سرد سال برنامه‌ریزی شده است. از این‌رو پروژه‌های ذخیره سازی کشور از لحاظ مکان جغرافیایی، به طور عمده در مناطق سردسیر، پرجمعیت و قطب‌های صنعتی قرار دارند. در ایران از مجموع ۲۱۷ مخزن مورد مطالعه، بیش از ۱۰ مخزن و گنبد نمکی برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی مناسب شناخته شده است. از این پروژه‌ها می‌توان مخازن حوزه ایران مرکزی، غرب کشور، تبریز و کرمان و همچنین مخازن تلخه، شوریجه و قزل‌تپه را برشمرد. مطالعه و بررسی در ناحیه ایران مرکزی به وسعت تقریبی ۱۷۰ هزار کیلومتر، به منظور شناسایی مخازن دارای قابلیت ذخیره‌سازی گاز طبیعی از سال ۱۳۸٦ آغاز شد. در پروژه‌های مطالعاتی و اکتشافی در دست اقدام، تاکنون بالغ بر ٤۰ ساختار و ۵۰ – ٦۰ گنبد نمکی مورد بررسی قرار گرفته است.

[1] Alkemade
[2] Underground Storage

هرچند که پیش از این نیز برخی محققین به مطالعه توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی که فناوری مورد مطالعه این مقاله است پرداخته‌اند [٦-٨] لیکن این موضوع با رویکرد ارزیابی فرایند موجود و شناخت مشکلات سیستمی جهت ارائه پیشنهادات سیاستی تاکنون انجام نشده و از این رو در این مقاله تلاش شده تا با رویکردی روش‌مند از طریق روش موتور محرک نوآوری به تحلیل فرایند توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران پرداخته و مشکلات بر سر راه توسعه این فناوری شناسایی شود. سیاست‌گذاران می‌توانند پس از مشخص شدن شکست‌های سیستمی، راهکارهای سیاستی مقتضی را برای رفع موانع و توسعه فناوری تعیین نمایند. با این دیدگاه، هدف این پژوهش شناسایی و دسته‌بندی موانع و مشکلات سیستمی موجود بر سر راه توسعه فناوری UGS در ایران است که جهت تحقق آن ابتدا مرحله توسعه یافتگی این فناوری با روش موتورهای نوآوری شناسایی شده است. درواقع سوالاتی که این مطالعه به دنبال پاسخ به آن است عبارتند از:

بر مبنای تحلیل موتورهای محرک نوآوری، فناوری UGS در ایران در چه فاز توسعه‌ای از منظر موتورهای نوآوری قرار دارد؟

چه مشکلاتی بر سر راه توسعه فناوری UGS در کشور وجود دارد؟

راهکارهای رفع این مشکلات و توسعه این فناوری چیست؟

۲- پیشینه پژوهش

در نظام‌های نوآوری فناورانه و در هر مرحله از رشد بر حسب بلوغ فناوری، تحقق تعدادی از کارکردها لازم است. منظور از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، فعالیت های کلی آن و یا حلقه‌های زنجیره دانش از خلق ایده تا تجاری‌سازی و بازاریابی می‌باشد. کارکردها عوامل فرایندی موثر بر توسعه فناوری محسوب می‌شوند. به عبارتی کارکردهای نظام نوآوری، برآیندی از فعالیت‌های رخ داده در آن می‌باشند [٧]. یعنی با دسته بندی فعالیت های متجانس می توان کارکردهای نظام را شناسایی کرد. کارکردهای هفت گانه ارائه شده توسط هکرت (۲۰۱۰) یکی از نسخه‌های ارائه شده در مورد کارکردهاست. این ۷ کارکرد عبارتند از فعالیت‌های کارآفرینی (F1)، خلق دانش (F2)، انتشار دانش (F3)، جهت‌دهی به نظام (F4)، شکل گیری بازار (F5)، تامین و تسهیل منابع (F6) و مشروعیت‌بخشی (F7). برآورده شدن این کارکردها بایستی به سمتی باشد که حلقه‌های[1] سازنده کارکردی ایجاد کند تا روند رشد نظام و برآورده شدن کارکردها سرعت بیشتری بگیرد. بنابراین اگر مرحله شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه دارای چهار مرحله باشد، در هر مرحله لازم است که مجموعه‌ای از این حلقه‌ها شروع به حرکت کند. مجموع این حلقه‌ها، موتورهای محرک نوآوری نام دارند. در واقع موتورهای نوآوری از مجموعه کارکردهایی تشکیل شده‌اند که تعاملاتی با یکدیگر دارد و تحقق هر فعالیت از یک کارکرد، سبب تسهیل در برآورده کردن کارکردهای دیگر می‌گردد. این مجموعه تعاملات میان کارکردی (که همان حلقه‌های علی تجمعی را تشکیل می‌دهند) منجر به ایجاد شتاب بیشتری در برآوردن کارکردهای یک موتور شده و تکانه‌ای بر نظام نوآوری فناورانه در جهت رشد وارد می‌نماید. در حالتی که نظام در شرایط ابتدایی خود به سر می‌برد (طفولیت)، این تکانه می‌تواند منجر به ایجاد سرعت اولیه‌ای در رشد نظام نوآوری فناورانه شده، از شکست نظام در مراحل آغازین جلوگیری نموده و رسیدن به بلوغ نظام را سهل نماید. هدایت بازیگران مختلف در انجام فعالیت برطبق الگوی توالی کارکردهای این موتورها در هر دوره‌ی زمانی، رشد موفق نظام را در آن دوره زمانی تضمین می‌نماید. نکته‌ای که در این قسمت باید اشاره نمود، این است که موتورهای نوآوری در ترتیب برآورده شدن خود، یکی پس از دیگری بر روی موتور قبلی سوار می‌شوند. به‌عبارت دیگر، با ظهور هر موتور جدید، تمام کارکردهای فعال در موتورهای قبلی و حلقه‌های فعال در آن موتورها کماکان برقرار است [٧]. بنابراین، درصورت شکل‌گیری موتور بازار، بقیه‌ی موتورهای موجود در روند شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه فعال شده‌اند[٨]. موتورهای محرک نوآوری عبارتند از: ۱. موتور محرک علم و فناوری[2]، ۲. موتور محرک کارآفرینی[3]، ۳. موتور محرک ایجاد نظام[4] و ٤. موتور محرک بازار[5].

[1] توالی کارکردهای مختلف در پی هم (در اثر نقش تسهیل گری میان آن ها)، می‌تواند منجر به ایجاد حلقه‌هایی گردد که در نهایت به همان کارکرد ابتدایی ختم می گردد. به این حلقه‌ها که از کارکردهای مختلف تشکیل می‌شوند حلقه‌های علی و معلولی تجمعی می‌گویند.

[2] Science & Technology Push (STP) Motor

[3] Entrepreneurial Motor

[4] The System Building Motor

[5] Market Motor

مراحل توسعه فناوری در نظام اقتصادی اجتماعی که پویایی فرایند توسعه فناوری را نشان می‌دهد و موتورهای نوآوری که آن نیز پویایی فرایند توسعه فناوری را نشان می‌دهد قابل تطبیق هستند. در واقع می‌توان گفت که هریک از موتورهای نوآوری، پویایی کارکردهای نظام نوآوری فناورانه را در یک مرحله نشان می دهند و انتقال از یک موتور به موتور بعدی در واقع انتقال از یک مرحله توسعه به مرحله دیگر است. هدف یک نظام نوآوری، تقویت موتور فعال در نظام نوآوری و انتقال نظام موردنظر از یک موتور به موتور بعدی (از یک فاز توسعه به فاز توسعه بعدی) است [۹]. براین‌اساس می‌توان گفت هدف گذر از یک مرحله به مرحله بعدی است و باید توجه داشت که مرحله بعدی لزوما وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام مد نظر است. نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک موتور به موتور بعدی است. در هر موتور کارکردی وجود دارد که اگر محقق شود، نظام نوآوری فناورانه از یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود. این کارکرد، کارکرد کلیدی نامیده می‌شود. کارکردهایی در هر موتور وجود دارند که پیش‌نیاز ایجاد کارکرد کلیدی هستند، که این کارکردها، کارکردهای حمایتی نامیده می‌شوند. به همین صورت کارکردهایی که پیش نیاز به وجود آمدن کارکرد حمایتی هستند، کارکرد حاشیه‌ای نام گرفته اند. به‌کارگیری کارکردهای نظام نوآوری به منظور واکاوی شکست‌ها و موفقیت ها، موضوع مقاله‌ای است که نگرو[1] و همکارانش در سال ۲۰۰۶ بر روی آن کار کردند. در این مقاله با رسم الگوی کارکردی در طول زمان و انطباق آن‌ها با یکدیگر، دلایل اصلی شکست نظام در هر بازه زمانی مشخص می‌شود. هم چنین نگرو در سال ۲۰۰۷ به همراه هکرت بر روی این موضوع کار کرد که آیا کارکردهای ساختار نظام‌های نوآوری، یک چارچوب معتبر برای تحلیل فرایند تغییرات فناوری هستند یا خیر [۱۰]. بررسی این موارد نشان می‌دهد که مطالعات انجام شده بیشتر بر تحلیل کارکردی یا ساختاری متمرکز بوده و از تحلیل پویایی کارکردها کمتر استفاده شده است. از مهم‌ترین مطالعات انجام شده در زمینه تحلیل عملکرد، بررسی شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه پیل سوختی و گاز طبیعی خودرو در هلند بود که توسط سارس و همکارانش طی سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ بود. در این دو مطالعه، چهار مرحله شکل‌گیری این نظام از منظر پویایی کارکردی تحلیل شده و عملکرد مسیر توسعه در هر مرحله با شناسایی موانع و محرک‌های موجود سنجیده می شود. با بررسی موانع و محرک ها محققین به این نتیجه رسیدند که ٤ کارکرد انتشار دانش، توسعه دانش، جهت دهی به نظام و تامین منابع با محرک دولتی مدام در حال تکرارند و در نتیجه مانع از ورود فناوری به مرحله کارآفرینی می شوند. پیش از ان، نگرو و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به بررسی علل شکست سیستم نوآوری هلند در صنعت زیست توده پرداخته و به نقش کلیدی سیاست‌های دولت در کاهش یا توقف توسعه این فناوری اشاره می‌کنند [۹].

لذا در مرکزیت این پژوهش، دو مفهوم کارکردهای نظام نوآوری و موتورهای نوآوری قرار دارند. همانگونه که بیان شد کارکردها مجموعه فعالیت‌هایی هستند که وقوع آن‌ها برای شکل‌گیری نظام ضروری است[۱۱]. معلمی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود کارکردهای هر موتور را به سه دسته کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم نمودند. موتورهای نوآوری نیز مفهومی است که شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه را نتیجه تعاملات تقویت‌کننده میان کارکردها می‌داند. در هر مرحله ای از رشد سیستم، تحقق مجموعه‌ای از کارکردهای مرتبط با هم (حلقه های علی و معلولی تجمعی) لازم است[۱۲]. تحقق مجموعه این کارکردهای مرتبط باهم و شکل‌گیری روابط مثبت و تقویت کننده بین آنها، باعث به راه افتادن موتور فعال و انتقال نظام از یک فاز توسعه به فاز بعدی می‌شود. براین‌اساس می‌توان گفت که اگر یک فناوری در مرحله توسعه خود به خوبی کار نمی‌کند (موتور محرک آن فاز، به‌درستی حرکت نمی‌کند) ابتدا باید تشخیص داد که نظام نوآوری در چه مرحله‌ای است و سپس بر اساس اینکه چه کارکردی کلیدی است این کارکرد را بررسی کرد و مشکلات آن را تعیین نمود. این مشکلات ناشی از دو موضوع است [۸]:

۱) مشکلات کارکردی در موتور فعال؛ که این مشکلات خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) مشکل وجود کارکرد اصلی یا حمایتی یا حاشیه ای

ب) مشکل ضعف در کارکرد اصلی یا حمایتی یا حاشیه ای

[1] Negro

۲) مشکلات در روابط کارکردهای موتور فعال؛ که این مشکلات هم به دو دسته تقسیم می شوند:

الف) مشکل وجود رابطه علی و معلولی

ب) مشکل ضعف در شکل‌گیری رابطه علی و معلولی

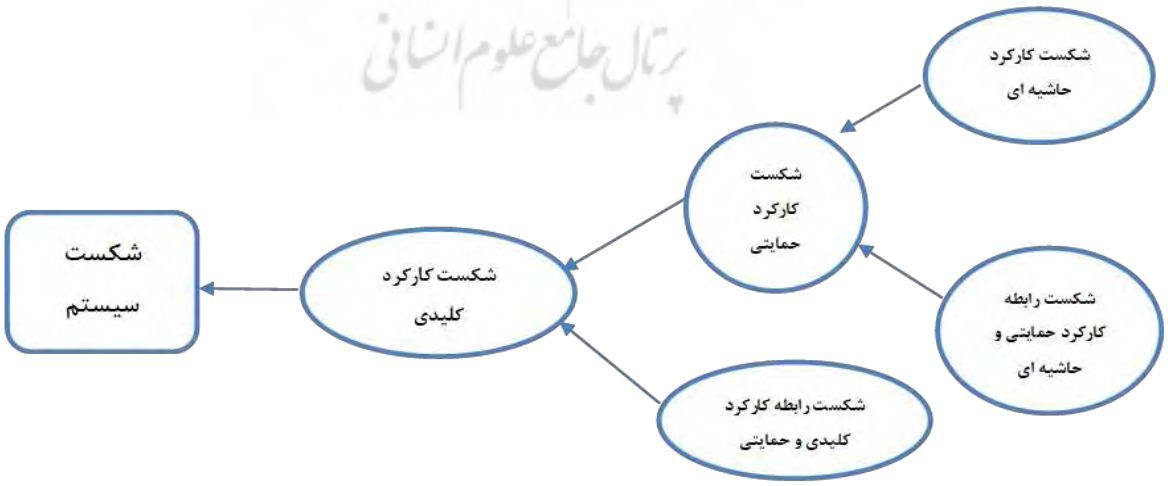
بر این اساس، مدل مفهومی مقاله نیز که بر مبنای موتورهای نوآوری ساخته‌شده به صورت شکل ۱ قابل نمایش است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از این منظر که به توصیف وضع فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران می‌پردازد، یک تحقیق توصیفی است. تحقیق حاضر با توجه به تمرکز بر بخش فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی و تلاش برای پاسخ‌گویی به یک مساله در این زمینه، یک تحقیق کاربردی است. در واقع این پژوهش به دنبال فهم وضعیت کنونی نظام نوآوری فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران می‌باشد و روش جمع‌آوری داده، پیمایش نظر خبرگان است. جامعه آماری این تحقیق، خبرگان فعال در حوزه UGS هستند. خبرگان مورد نظر در یکی از حوزه‌های سه‌گانه مرتبط با فناوری ذخیره‌سازی گاز فعال می‌باشند. اطلاعات مربوط به خبرگان در جدول ۱ ملاحظه می‌شود.

پس از تعریف عملیاتی خبرگان جامعه آماری، به منظور تعیین میزان نمونه آماری لازم است که حجم جامعه آماری برآورد شود. نظر به جوان بودن این فناوری در کشور، تعداد خبرگان آشنا با این حوزه در سطح ملی، کم بود. پس از پیگیری‌های صورت گرفته، تعداد افراد واجد شرایط برای حضور در جامعه آماری خبرگان حوزه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران، ۶۰ نفر احصا شدند. از آن‌جایی که در انجام گام‌های این پژوهش لازم بود تا خبرگان بر حسب میزان و سطح اطلاعاتشان در حوزه فناورانه مربوطه انتخاب شوند، در این حالت برای شناسایی هسته اولیه نمونه از روش غیراحتمالی هدف‌دار قضاوتی براساس میزان تسلط خبرگان بهره گرفته شده است. بدین ترتیب که جامعه آماری خبرگان بر حسب میزان تسلط به موضوع مساله و حوزه فناورانه بر طبق طیف لیکرت به ۵ دسته تقسیم و تنها از خبرگان حاضر در طیف اول که بالاترین سطح تحصیلات مرتبط با موضوع را داشته و بیش از سه سال تجربه مرتبط با موضوع دارند برای مصاحبه یا تکمیل پرسشنامه استفاده شد. از طرف دیگر برای تکمیل مخاطبان با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی، از نظرات خبرگان مشارکت کننده برای معرفی سایر افراد دارای اطلاعات (خبرگان) استفاده شد. درنهایت برای اطمینان از کفایت نمونه‌های استفاده شده، از معیار اشباع استفاده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱) مدل مفهومی تحقیق

جدول ۱) اطلاعات خبرگان پژوهش حاضر

	حوزه فعالیت خبرگان	کد مصاحبه شونده	زمان (دقیقه)
۱	مدیران و کارآفرینان صنعتی فعال در بخش فناوری‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	A11-	۹۰
		A12	۱۰۰
		A13	۸۰
		A14	۹۰
		A15	۸۵
		A16	
۲	پژوهشگران و اساتید دانشگاهی و غیردانشگاهی فعال در بخش فناوری‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	A21	۵۰
		A22	۴۵
		A23	۵۵
		A24	۴۵
		A25	۴۰
		A26	
۳	سیاست‌گذاران و یا مدیران فعال در فرایند سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه فناوری در بخش گاز کشور به ویژه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	A31	۴۰
		A32	۴۵
		A33	۵۰
		A34	۵۵
		A35	
	جمع	۱۷	۸۷۰

در این بخش نتایج و یافته‌های پژوهش براساس روش‌شناسی بیان شده، تحلیل حوزه فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی و نتایج تحلیل که شامل مشکلات سیستمی موجود بر سر راه توسعه این فناوری در کشور می‌باشد، ارائه می‌گردد. همچنین پیاده‌سازی مدل مفهومی در فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران در شکل ۲ نشان داده شده است. جهت پیاده‌سازی مدل بایستی کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مشخص شوند. در مرحله تعیین چرخه عمر سیستم این موضوع مشخص شد که با توجه به وجود نمونه این فناوری در کشور، این فناوری در موتور دوم یعنی موتور کارآفرینی قرار دارد. در موتور کارآفرینی طبیعتا F1 که همان کارآفرینان و کارکرد کارآفرینی است کارکرد اصلی در نظر گرفته می‌شود. در موتور کارآفرینی کارکردهایی هستند که مستقیما به F1 ورودی می‌دهند این کارکردها را حمایتی می‌گویند. در مورد این فناوری، کارکردهای F2، F3، F4 و F6 کارکرد حمایتی هستند. همچنین اگر در رابطه بین کارکردها شکستی وجود داشته باشند آن را شکست رابطه می‌گوییم که برای این فناوری بین کارکردهای F1، F2 و F3 بین F1 و F6 و همچنین بین F1 و F4 شکست رابطه وجود دارد. علاوه برآن اگر کارکردی به کارکرد اصلی متصل نباشد و بر کارکرد حمایتی اثر بگذارد آن را کارکرد حاشیه می‌گویند که در این فناوری کارکرد F7 حاشیه‌ای است.

٤- اجرای پژوهش

٤-١ شناسایی مرحله توسعه نظام ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران

شناسایی و تعیین فاز توسعه نظام نوآوری، از طریق بررسی مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل و در کنار هم در نظر گرفتن آن‌ها انجام می‌شود [۱۳]. ابتدا مشخصه‌های ساختاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. جدول ۲ ویژگی مراحل توسعه نظام نوآوری به تفکیک ساختارها را نشان می‌دهد.

با توجه به مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام، پرسشنامه‌ای برای تعیین مرحله توسعه نظام طراحی شد. در این پرسشنامه سوالاتی مطرح شد از قبیل: آیا نمونه اولیه از فناوری تولید شده؟ آیا فناوری به تولید انبوه رسیده است؟ (در جدول ۳ تمامی سوالات ارائه شده است.) نتایج بدست آمده از پرسشنامه‌ها در مورد نمونه کارهایی که تاکنون در کشور انجام شده نشان می‌دهد که دانش مورد نیاز این فناوری در کشور وجود دارد . لذا از مرحله اول یا موتور اول یعنی موتور علم و فناوری عبور کرده و در مرحله توسعه

یا کارآفرینی قرارداد. شایان ذکر است که از مرحله ۱ به مرحله۲ معیار اصلی این است که آن فناوری حتی به صورت نمونه در کشور تولید شده باشد و فقط کارآفرینان آن وجود نداشته باشند. لذا این فناوری در حال حاضر از مرحله پیش‌توسعه عبور کرده و در مرحله توسعه قرار دارد و در داخل نظام توسعه این فناوری، موتور محرک کارآفرینی در حال جریان است.

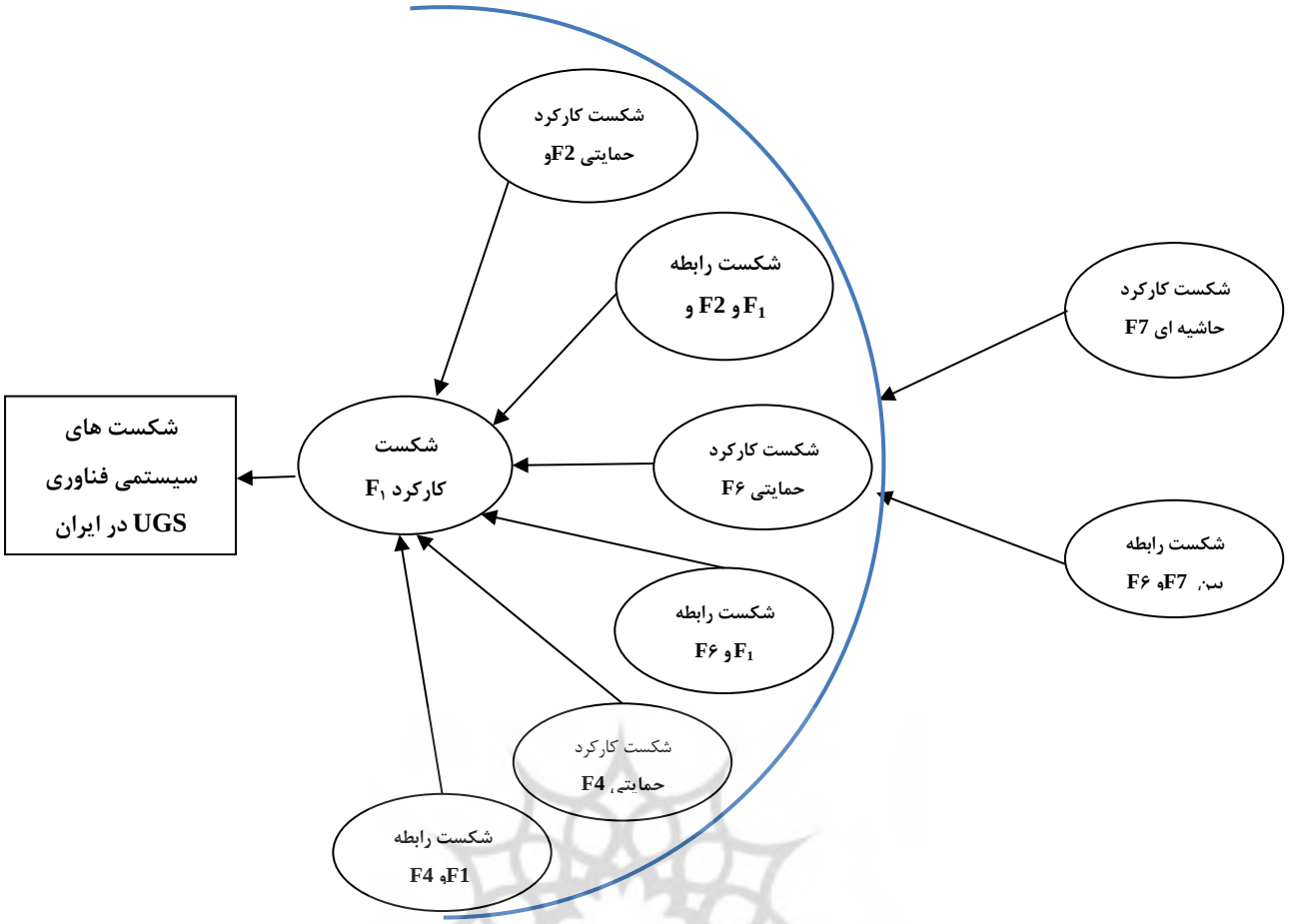
جدول۲) ویژگی مراحل توسعه نظام نوآوری به تفکیک ساختارها [۱۱]

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود	تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند
تعاملات	روابط فردی شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد	نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	نهادهای سخت شکل گرفته است	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳) پرسشنامه تعیین مرحله توسعه نظام فناورانه

	سوالات پرسشنامه
۱.	**آیا نمونه اولیه از فناوری تولید شده است؟**
۲.	**آیا فناوری به تولید انبوه رسیده است؟**
۳.	**آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی بصورت آزاد در بازار فروخته می‌شود؟**
۴.	**نرخ ورود تولیدکنندگان به این حوزه فناورانه را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**
۵.	**اصلی‌ترین بازیگران فعال در حوزه فناوری ذخیره‌سازی را چه کسانی می‌دانید؟ دانشگاه ها و مراکز پژوهشی؟ شرکت‌های دانش بنیان و سرمایه گذاران خطر پذیر؟ دولت؟**
۶.	**آیا روابط بین بازیگران فردی است؟**
۷.	**آیا تعاملات و شبکه‌های علمی بین بازیگران تشکیل شده است؟ شدت این تعاملات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**
۸.	**آیا انجمن ها و سندیکاهای مربوطه شکل گرفته‌اند؟**
۹.	**آیا تعاملات و شبکه های صنفی بین بازیگران فعال این حوزه تشکیل شده است؟ شدت این تعاملات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**
۱۰.	**وضعیت بازار فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ در حال رشد است یا به اشباع کامل رسیده است؟**



شکل ۲) پیاده سازی مدل حاضر در ذخیره‌سازی گاز

٤-۲ تحلیل موتور محرک نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران

مرحله تحلیل موتور محرک نظام فناوری شامل سه گام اصلی است:

الف. تعیین هدف متناظر با مرحله توسعه نظام و توالی کارکردهای موتور محرک

گفته شد که در درجه اول هدف اصلی یک نظام فناورانه، تقویت موتور فعال نظام و انتقال نظام مورد نظر از یک موتور به موتور بعدی (از یک فاز توسعه به فاز بعدی) است[١٤]. هدف بعدی که موتور محرک کارآفرینی به دنبال آن است، شدت بخشیدن به حجم فعالیت‌های کارآفرینی انجام شده در فرایند توسعه فناوری (که غالبا در محیط صنعت اتفاق می‌افتد) خواهد بود [١٥]. به عبارت دیگر هدف دوم این موتور این است که با گسترش فعالیت‌های اجرایی، نیازمندی ها و نقص‌های دانشی موجود را شناسایی کرده و بازخوردی از یک محیط عملیاتی به سیستم‌های تحقیق و توسعه دهد تا فناوری به لحاظ فناورانه نیز به بلوغ برسد. کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی (F_1)، کارکرد محوری موتور محرک کارآفرینی است که نقش اساسی در محقق نمودن اهداف آن بر عهده دارد. خلق دانش (F_2)، انتشار دانش (F_3)، تامین و تسهیل منابع (F_6) و جهت دهی به نظام (F_4)، در نقش کارکرد حمایتی و مشروعیت‌بخشی (F_7) در نقش کارکرد حاشیه‌ای بصورت پرقدرت ظاهر هستند. از آنجا که این فناوری بیشتر در دسترس دولت بوده، لذا کارکرد شکل‌دهی به بازار ($F5$) تاثیر ناچیزی در جریان موضوع در کشور داشته است و در مصاحبه‌ها نیز کمتر به آن اشاره شده و لذا در تحلیل شکست‌ها به آن اشاره نشده است.

ب. ارزیابی خروجی کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای موتور کارآفرینی

در این قسمت پس از تهیه فهرست اولیه‌ای از شاخص ها برای سنجش وضعیت کارکردهای نام برده شده در بخش قبل بر اساس ادبیات نظام نوآوری و پژوهش‌های قبلی صورت گرفته توسط محققین، پرسشنامه اولیه‌ای تهیه شد. این پرسشنامه بارها بر اساس مراجع نظام نوآوری و طی جلساتی با خبرگان این حوزه مورد تدقیق قرار گرفت تا سرانجام نسخه نهایی پرسشنامه بر اساس طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت (جدول ۵) تهیه شد. پرسشنامه طراحی‌شده در اختیار خبرگان قرارگرفت و میزان موافقت خبرگان با اجزا مدل مورد پرسش قرارگرفت. سپس کارکردهای موتور محرک کارآفرینی فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در ایران توسط بازیگران دخیل شامل خبرگان صنعت و دانشگاه و سیاست‌گذاری و بر اساس یک طیف هفت‌سطحی مورد بررسی قرار گرفت. جدول ٤ جمع‌بندی تحلیل خروجی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی و مشکلات کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای در حوزه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران را نشان می‌دهد.

ج. ارزیابی چرخه‌های علی و معلولی موتور محرک کارآفرینی

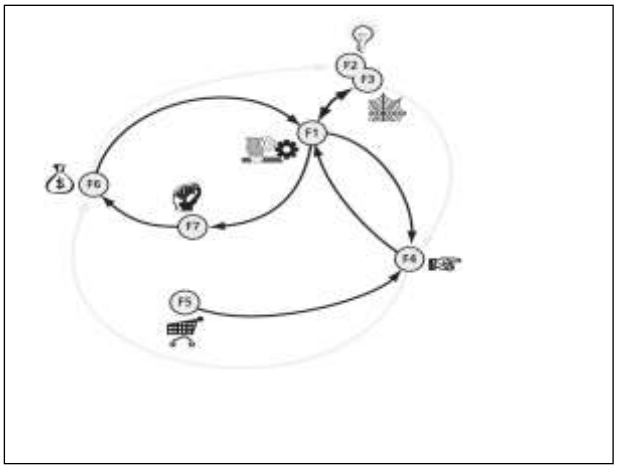
در مرحله آخر نیز ارتباط کارکردها بر روی هم در این موتور مورد بررسی قرارگرفت. در موتور محرک کارآفرینی شاهد حضور بر اساس مدل سورس و هکرت شاهد سه حلقه فزاینده هستیم. شکل ۳ این ارتباط نشان داده شده است.

جدول ٤) مشکلات کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه ای نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران

فاز دوم توسعه: موتور محرک کارآفرینی	نمره کارکرد	مشکلات شناسایی شده
کارآفرینی (کلیدی)	۲,۳	- ناکافی بودن و سهم کم شرکت هایی که از پایه برای فعالیت در این حوزه فناورانه شروع به فعالیت کرده اند. - ناکافی بودن و سهم کم شرکت های خصوصی در این حوزه - کیفیت به نسبت پایین و متوسط کارآفرینان در این حوزه - تعداد محدود مخازن ایجاد شده و در نتیجه عرصه فعالیت محدود برای کارآفرینان و شرکت ها در این حوزه
توسعه دانش (حمایتی)	۱,۶۶	- شمار محدود پروژه ها، تحقیقات و اختراعات ثبت شده در داخل و خارج کشور - سابقه محدود و اندک کشور در این حوزه فناورانه - سطح محدود فعالیت تقریبا تمامی بازیگران این حوزه - سطح محدود منابع مالی حوزه خلق و توسعه دانش ذخیره‌سازی - عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه ای در این حوزه فناورانه
انتشار دانش (حمایتی)	۱,۶۶	- فضای انتشار محدود - سطح رقابت بسیار ضعیف میان بازیگران - عدم صدور لیسانس و حق امتیاز در این حوزه
جهت دهی به سیستم (حمایتی)	۲	- ضعف نسبی در تثبیت اهداف و برنامه‌های مشخص در این حوزه فناورانه - ضعف نسبی ارتباطی با مبادی تصمیم‌گیر و سیاست‌گذار در دولت و مجلس - ضعف نسبی در تبیین انتظارات و مطابات فناورانه در این حوزه - ضعف نسبی بازیگران متخصص در سطوح برنامه‌ریزی و عملیاتی
تامین و تسهیل منابع (حمایتی)	۲,۳	- نبود صندوق تامین مالی دولتی - نبود موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام های بلندمدت و کم بهره - کمبود رشته‌های تخصصی مرتبط که موجب فقدان نیروی انسانی توانمند شده - فرایند پیچیده تضمین بانک مرکزی به بانک های خارجی
مشروعیت بخشی (حاشیه ای)	۲,۳	- عدم جایگاه صحیح دانشگاه ها و پژوهشگاه ها در فرایند انتقال فناوری - ضعف نسبی در پذیرش سرمایه گذاری در این حوزه - ضعف در وجود تشکیلات صنفی و فعالیت های ترویجی در این حوزه - دید کوتاه مدت مدیران

جدول ۵) پرسشنامه ارزیابی خروجی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران

کارکرد	شاخص‌ها	نمره (از ۱ تا ۵)
کارآفرینی	میزان ورود شرکت‌های مختلف به حوزه‌های کاربرد فناوری	
	میزان ورود سازمان‌های دولتی و عمومی (نظیر شهرداری‌ها و بنیادها)	
	میزان رشد تعداد شرکت‌ها و جهادهای دانشگاهی و شرکت‌های مستقر در مراکز رشد و پارک‌های فناوری مربوط	
	میزان پروژه‌های انجام شده برای تولید نمونه‌های اولیه از محصولات و قطعات مبتنی بر توان داخل و یا کمک شرکت‌های خارجی	
	سطح همکاری‌های میان شرکت‌ها و یا سازمان‌های خارجی با شرکت‌ها و یا سازمان‌های داخلی برای ارسال تجهیزات و محصولات جانبی جهت نصب و راه‌اندازی کاربردهای این فناوری	
خلق دانش	میزان پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه ذخیره‌سازی گاز	
	میزان پروژه‌های مشترک تحقیق و توسعه صورت گرفته با سایر کشورها و یا سازمان‌های بین المللی	
	میزان مطالعات امکان‌سنجی، اقتصادی و بازار انجام شده	
	کیفیت پروژه‌های تحقیق و توسعه انجام شده در حوزه ذخیره‌سازی گاز	
	میزان تطابق میان دانش تولید شده توسط مراکز پژوهشی و دانشگاه‌های کشور با تقاضای صنعت	
	میزان تولید مقالات معتبر بین‌المللی، پایان‌نامه‌ها و کتب علمی	
	میزان نوآوری‌ها و اختراعات ثبت شده و ثبت نشده ملی و بین المللی متعلق به ایران در حوزه ذخیره‌سازی	
انتشار دانش	میزان نقش انجام پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک میان سازمان‌های مختلف (دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) در افزایش دانش بازیگران	
	میزان تشکیل شبکه‌های (مجموعه روابط پایدار) متشکل از بازیگران (در دولت، دانشگاه و صنعت) مانند انجمن‌های مختلف برای انجام همکاری‌های گوناگون	
	میزان کنفرانس‌ها، همایش‌ها، سمینارها و کارگاه‌های تخصصی مفید برگزار شده	
	ارتباط و انتقال دانش فنی نیروهای آموزش‌دیده و ماهر در این حوزه بین سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف	
جهت دهی به نظام	میزان آگاهی محققین و توسعه‌دهندگان این فناوری از اهداف و استراتژی‌های دولت	
	میزان اجرایی شدن اهداف کمی و استراتژی‌های توسعه‌ی این فناوری از سوی دولت	
	میزان تنوع قوانین و مقررات حمایتی وضع شده	
	میزان اثربخشی قوانین و مقررات حمایتی وضع شده	
	سطح تحریک دولت ناشی از اهداف تعیین شده	
	میزان شکل گیری انتظارات فناورانه مثبت و منفی	
	میزان شکل گیری چشم انداز برای توسعه فناوری ذخیره‌سازی در کشور	
تامین و تخصیص منابع	میزان نیروی انسانی توانمند و متخصص (با دانش علمی و یا مهارت) موجود	
	حجم آموزش‌ها و کمک‌های فنی مهندسی و تخصصی مرتبط با فناوری از طریق کارشناسان خارجی	
	کفایت منابع مالی برای توسعه نظام	
	میزان سرمایه‌گذاری در تأمین فناوری و دانش فنی از سوی سرمایه‌گذاران بخش خصوصی	
	میزان زیرساخت و تجهیزات مکمل و مواد اولیه مورد نیاز برای بکارگیری این فناوری مانند تجهیزات آزمایشگاهی و تست	
مقبولیت بخشی	میزان حمایت قوانین و مقررات کلان موجود در کشور در بخش انرژی از فناوری	
	سطح قدرت لابی بازیگران فناوری	
	میزان پروژه نمایشی و فعالیت‌های تبلیغاتی انجام شده برای جلب توجه ذینفعان	
	حمایت اجتماعی (پذیرش جامعه و در واقع، مردم) از فناوری ذخیره‌سازی گاز	
	سطح مقاومت در برابر تغییر	



شکل ۳) موتور محرک کارآفرینی

حلقه ۱) حلقه بین (F_1) و (F_4)

حلقه ۲) حلقه بین (F_1) و (F_7) و (F_6)

حلقه ۳) حلقه بین (F_1) و (F_2) و (F_3)

در راستای تحلیل وضعیت موتور کارآفرینی فعال در نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در ایران، با توجه به هر کدام از حلقه‌های فوق الذکر و مطالعه وضعیت کنونی ذخیره‌سازی در ایران با استفاده از اسناد و اطلاعات موجود، پرسشنامه تحلیل موتور به صورت اولیه تهیه شد. این پرسشنامه با استفاده از نظرات خبرگان و تطبیق با منابع و پس از اصلاحات و بازنویسی های فراوان تکمیل و نهایی شد. پرسشنامه مذکور برای تعدادی از خبرگان این رشته ارسال گردید و با تعدادی از خبرگان بصورت حضوری مصاحبه شد و یا پرسشنامه در اختیارشان قرار گرفت.

در این پرسشنامه برای هرکدام از کارکردها شاخص‌هایی بیان گردید که افراد بایستی به هر گزینه عددی بین ۱ تا ۵ اختصاص دهند. به عنوان مثال در کارکرد کارآفرینی سوالاتی در مورد میزان ورود شرکت‌های مختلف به حوزه‌های کاربرد فناوری، میزان ورود سازمانهای دولتی و عمومی (نظیر شهرداری‌ها و بنیادها)، میزان رشد تعداد شرکتها و شرکتهای مستقر در مراکز رشد و پارکهای فناوری و یا در کارکرد خلق دانش سوالاتی در مورد میزان پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه ذخیره‌سازی گاز، میزان پروژه‌های مشترک تحقیق و توسعه صورت گرفته با سایر کشورها و یا سازمان‌های بین المللی پرسیده شد و پس از جمع‌آوری ۵۶ پرسشنامه و پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، اطلاعات بدست آمده مورد بررسی، تحلیل و طبقه بندی قرارگرفت و میانگین نمرات گرفته‌شد.

جدول ٦ وضعیت روابط شکل گرفته در حلقه‌های موتور محرک کارآفرینی و مشکلات شناسایی شده در روابط بین کارکردی در حوزه فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران را نشان می‌دهد.

۵- بحث

درعمده مطالعاتی که تاکنون در دنیا انجام شده، از نظام نوآوری فناورانه برای توسعه فناوری‌های نوظهور استفاده شده [۹-۱۰ و ۱۲]. چنانچه گفته شد با دسته‌بندی فعالیت‌های متجانس می‌توان کارکردهای نظام نوآوری را شناسایی کرد [۱٦-۱۷]. کارکردهای هفت‌گانه ارائه‌شده توسط هکرت یکی از آخرین نسخه‌های ارائه‌شده در مورد کارکردهاست که در این مطالعه نیز از این دسته‌بندی برای توسعه فناوری UGS که نظام آن در کشور ایران نوظهور است استفاده شده است.

عمده مطالعات انجام شده در این حوزه با استفاده از رویکرد ساختاری و یا کارکردی انجام شده [۱۸] و استفاده از تحلیل پویایی بین کارکردها اولین بار توسط سورس و هکرت و سپس معلمی و همکاران انجام گردید [۸-۹].در این مطالعه نیز از تحلیل پویایی بین کارکردها یا همان موتورهای محرک نوآوری استفاده شده است. فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران با توجه به نشانگرهای بدست‌آمده از یافته های این تحقیق در مرحله دوم توسعه از چهار مرحله رشد نظام فناوری در کشور قرار دارد. در این مرحله کشور به دانش اولیه این فناوری دست پیدا کرده و حتی نمونه اولیه این فرایند در یک مخزن بکار گرفته‌شده است. اما در این مرحله باید تعداد این آزمایشات افزایش یافته و بازیگران صنعتی دیگر نیز به این حوزه ورود کرده و سازوکارهای ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان و صنعتی در این فناوری افزایش یابد [۹]. در این مرحله موتور محرک کارآفرینی موتور اصلی می باشد. بر اساس پیمایش در همه کارکردها، اعم از کلیدی، حمایتی و حاشیه ای این موتور ضعف وجود دارد و هیچ کارکردی نمره بالاتر از ۲,۵ به‌دست نیاورده است. در همه کارکردها حداقل ۲ نمره شکست این موتور وجود دارد و هیچ کارکردی وضعیت مطلوبی نداشته و تمامی کارکردها در حد فاصل ضعیف و متوسط قرار دارند. در همه حلقه‌ها و روابط بین کارکردی (اعم از رابطه بین کارکردهای کلیدی و

جدول ٦) مشکلات شناسایی شده در روابط بین کارکردی در نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران

فاز دوم توسعه: موتور محرک کارآفرینی	نمره روابط	مشکلات شناسایی شده
رابطه بین (F_1) و (F_4)	۲,۲۸	- پرداخت کم و حداقلی به موضوع ذخیره‌سازی در اسناد بالادستی و سیاست های کلان کشوری - وجود تصمیم گیران متعدد برای حوزه ذخیره‌سازی (عدم استقلال این حوزه فناورانه) - عدم ثبات شرکت ذخیره‌سازی گاز و تعویض مکرر مدیریت ها و نبود سیاست واحد درباره حضور یا عدم حضور این شرکت. - عدم وجود همگرایی و هماهنگی مناسب میان ارکان مختلف دولت و نبود یک اتاق فکر متشکل از متخصصان علمی و فنی، سیاست‌گذاری و اجرایی درباره موضوع ذخیره‌سازی - قوانین قدیمی صنعت نفت و گاز و تاثیرات بسیار منفی قوانین بخش های دیگر بر حوزه ذخیره‌سازی (به عنوان مثال عدم همکاری واحد اکتشاف شرکت نفت و ندادن اطلاعات لازم به ذخیره‌سازی) - عدم مالکیت مخزن و مطالعات آن در مجموعه شرکت ملی گاز و شرکت ذخیره‌سازی
رابطه بین (F_1) و (F_7)	۲,۳۳	- سطح آشنایی کم جامعه با معقوله فناوری ذخیره‌سازی و عدم شکل‌گیری انتظارات در سطح مطلوب (تاثیر منفی بر افزایش حجم فعالیت های کارآفرینی و پروژه های عملیاتی شده) - کم مطرح شدن موفقیت‌های حاصل از پروژه‌های صورت در گرفته در سطوح بالای مدیریت کشور و به تبع ترغیب کم دولتمردان به مشارکت بیشتر در این حوزه - اطلاع‌رسانی کم که منجر به پایین ماندن سطح مقبولیت فناوری در جامعه شده است. - فعالیت ضعیف و کم تاثیر حامیان فناوری در جهت ایجاد مقبولیت برای فناوری ذخیره‌سازی گاز
رابطه بین (F_7) و (F_6)	۱,۷۱	- حساسیت کم افراد صاحب‌نظر و قدرت به این فناوری که موجب شده رایزنی حامیان دانشگاهی آن به نتایج مطلوبی نرسد - فعالیت کم و کم تاثیر حامیان فناوری ذخیره‌سازی در کشور (رایزنی‌های صورت گرفته به نتایج مطلوبی در جهت بالا رفتن مقبولیت و توسعه فناوری نرسیده‌اند و تنها پروژه موفق و حمایت شده، طرح شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (طرح کلان ملی ذخیره‌سازی) بوده است). - وجود سلسه مراتب غیر تخصصی در کشور و در نتیجه به انجام نرسیدن رایزنی‌های حامیان فناوری
رابطه بین (F_1) و (F_6)	۲,۱	- عدم وجود منبع و مرجعی مشخص برای تامین مالی حوزه ذخیره‌سازی گاز - عدم کفایت منابع مالی تخصیص یافته به حوزه ذخیره‌سازی (ذخیره‌سازی نسبت به سایر فعالیت‌های وزارت نفت، کم اهمیت تشخیص داده می شود) - عدم تامین منابع مالی موردنیاز در سطوح دانشگاهی و دانشی - هدر رفت منابع - تخصیص منابع در حد حرف و مجوز و نرسیدن بدست کارافرینان - مشکلات بر سر راه پروژه‌های ذخیره‌سازی به علت وضعیت نامطلوب منابع فیزیکی و تجهیزات آزمایشگاهی حوزه ذخیره‌سازی (این مشکلات دلایل متفاوتی دارد شامل بحث تحریم ها، عدم اگاهی برای ورود جدی به این حوزه، عدم تامین مالی دانشگاه‌ها برای ساخت تجهیزات مورد نیاز و...) - مشکلات در مدیریت منابع مالی که باعث می شود منابع بدست کارآفرینان واقعی نرسد.
روابط بین (F_1) و (F_2) و (F_3)	۱,۸۵	- عدم شکل‌گیری رابطه مثبت بین صنعت و دانشگاه به دلایل زیر: - عدم اعتقاد اصحاب صنعت به دانشگاه بواسطه نگاه سنتی ایشان - صنعت به دانشگاه به عنوان یک بازوی مشاوره‌ای نگاه نمی‌کند (مشکلات عمدتا فرهنگی است و مربوط به عدم همکاری همیشگی در تمامی مسائل بین دانشگاه و صنعت می باشد). - عدم تعریف صحیح نیازها در بخش صنعت و در نتیجه بلااستفاده ماندن ظرفیت‌های مراکز علمی و دانشگاهی - عدم دعوت از مراکز علمی و در اختیار قرار ندادن جزئیات پروژه‌های انجام شده توسط صنعت به دانشگاه ها - فقدان گروه خبره ارزیاب در مورد پروژه های انجام شده - فقدان افق روشن پیش روی محققین و حمایت از پژوهشگران و دانشگاه‌ها و نبود یک نگاه حمایتی از جانب صنعت علیرغم وجود آیین نامه‌های رسمی حمایتی و در نتیجه پایین بودن رغبت در انجام پروژه‌های مرتبط

حمایتی و رابطه بین کارکردهای حمایتی و حاشیه‌ای) نیز ضعف مشهود است و حداقل نمره تخصیص داده‌شده به شکست روابط بین کارکردی ۲,۷ می باشد.

٦- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در نظام فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گازطبیعی در ایران، هیچ رابطه‌ای حتی در حد متوسط شکل نگرفته و تمام روابط بین کارکردی در حد

ضعیف و بسیار ضعیف هستند. از جمله مهترین علل شکست سیستمی در توسعه این فناوری در کارکرد اصلی که کارکرد کارآفرینی می‌باشد عبارتند از:

ناکافی‌بودن و سهم کم شرکت‌هایی که از پایه برای فعالیت در این حوزه فناورانه شروع به فعالیت کرده‌اند.

ناکافی بودن و سهم کم بنگاه‌های خصوصی در این حوزه

کیفیت به نسبت پایین و متوسط کارآفرینان در این حوزه

تعداد محدود مخازن ذخیره‌سازی ایجاد شده و در نتیجه عرصه فعالیت محدود برای کارآفرینان و شرکت‌ها در این حوزه

در کنار مشکلات کارکرد اصلی بایستی به ضعف کارکرد حمایتی تامین و تسهیل منابع اشاره داشت که باعث و زمینه ساز مشکلات سیستمی کارکرد اصلی می‌باشد. این مشکلات در کارکرد حمایتی عبارتند از:

نبود موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام های بلندمدت و کم بهره

کمبود رشته‌های تخصصی مرتبط با این حوزه باعث شده در زمینه های موردنیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد.

فرایند پیچیده تضمین بانک مرکزی به بانک های خارجی

همچنین بایستی به مشکلات کارکرد حاشیه‌ای نیز که وزن قابل توجهی در ایجاد مشکلات سیستمی توسعه فناوری داشته اشاره داشت. مشکلاتی نظیر:

عدم جایگاه صحیح دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها در فرایند انتقال فناوری

ضعف نسبی در پذیرش سرمایه‌گذاری در این حوزه و ضعف در وجود تشکیلات صنفی و فعالیت‌های ترویجی در این حوزه

به علاوه در این تحقیق مشکلات ارتباطی بین کارکردهای موتور کارآفرینی نیز مورد بحث قرار گرفت که علاوه بر نارسایی هر یک از کارکردها خود نیز می‌تواند باعث شکست سیستمی و عدم پشتیبانی کامل کارکردها از یکدیگر اشاره داشت که مختص این نوع از ارزیابی می‌باشد و در سایر روشهای ارزیابی به این از مشکلات پرداخته نمی‌شود. این مشکلات در جدول ٦ مقاله ارائه شده است.

با توجه به یافته‌های به دست آمده در این پژوهش و براساس شکستهای شناسایی شده در گامهای قبلی، مشکلات موجود در سیستم در جلسات خبرگان به بحث گذاشته شد و جهت حل آنها توصیه‌های سیاستی زیر ارائه می‌گردد:

مهمترین توصیه سیاستی در توسعه این فناوری با توجه به ارزیابی‌های بعمل آمده در جدول ٤ ، (نمره پایین کارآفرینی و ناکافی بودن سهم پایین شرکتهای خصوصی)، کمک دولت به ایجاد شرکتهای بخش خصوصی و یا ایجاد تمایل در شرکتهای حوزه نفت و گاز کشور برای ورود به این فناوری و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعه این فناوری با استفاده از دانش موجود در کشور باشد. زیرا با توجه به شرایط کشور و منابع ناکافی ارزی دولت، توسعه این مخازن بدون استفاده از توان مالی بخش خصوصی تقریبا غیرممکن می‌باشد. از راهکارهای اصلی این کار تضامین لازم دولت به بخش خصوصی برای بازگشت سرمایه‌گذاری است زیرا یکی از مهمترین دلایل عدم اعتماد بخش خصوصی به دولت و تداوم سیاستهای دولت است.

پیشنهاد سیاستی متناظر با مشکل عدم کفایت منابع مالی تخصیص یافته به حوزه ذخیره‌سازی، کمک به ارائه تسهیلات کم‌بهره توسط نهادهای مالی و موسسات اعتباری و کاهش پیچیدگی فرایند تضمین بانک مرکزی به بانکهای خارجی است که مانع سرمایه‌گذاری خارجی در این حوزه است که البته شاید مشکل اصلی را بتوان تحریم‌های بین‌المللی دانست هر چند کشورهای شرق آسیا و بویژه چین شاید از این قاعده مستثنی باشد و با پیگیری نهادهای دولتی مسئول بتوان از این طریق مشکل سرمایه‌های توسعه این مخزان را تا حدودی مرتفع کرد.

- دولت بایستی با ایجاد سیاست‌های لازم جذابیت را برای این‌گونه فعالیت‌ها افزایش دهد. از انواع

ابزارهای سیاستی این افزایش جذابیت می‌توان به استفاده از سیاست تامین دولتی و ایجاد بازارهای لازم و با ریسک کم برای ورود شرکت‌های دانش بنیان اشاره کرد.

در ادامه این مطالعه پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که به تعدادی اشاره می‌شود. .

فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در کشور با استفاده از رویکرد تحلیل توامان مورد بررسی قرارگرفته و نتایج حاصل از آن، با نتایج حاصل از تحلیل موتورهای نوآوری مقایسه شود.

لازم است مشکلات محیطی یا فرامشکلات نیز مورد بررسی قرارگیرند یعنی معضلاتی که از محیط سطح کلان نظام در کشور برمی‌خیزد و مستقیما مربوط به نظام نوآوری فناوری مورد مطالعه نیست.

نظر به اینکه مدل‌های نظام نوآوری با توجه به وضعیت کشورهای توسعه‌یافته ارائه شده‌اند، پیشنهاد می‌شود روند توسعه فناوری ذخیره‌سازی در ایران با استفاده از مدل‌هایی که برای تحلیل وضعیت فناوری در کشورهای در حال توسعه ارائه شده‌اند (مانند روش فرارسی فناوری) مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

References

[1] Rip, A., & Kemp, R. (1998). **Technological change.** Human choice and climate change, 2(2), 327-399.

[2] Freeman, C., & Perez, C. (1988). **Structural crises of adjustment: business cycles.** Technical change and economic theory. Londres: Pinter.

[3] Jacobsson, S. (2008). **The emergence and troubled growth of a 'biopower'innovation system in Sweden.** Energy Policy, 36(4), 1491-1508.

[4] Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). **Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change.** Technological forecasting and social change, 74(4), 413-432.

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

[6] Karimian, H. (2013). **Provide a localized framework to explain the current state of technology for the simultaneous production of electricity and heat in the country using a system of technological innovation.** Master Thesis in Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineerin. {In Persian}

[7] BagheriMoghadam, N., Moosavi, S. M., Nasiri, M., Moallemi, E., Radpoor, S. R. (2013). **Motors of Innovation: A Novel Approach for Analyzing Technological Innovation Systems**. NRISP {In Persian}

[8] Moallemi, E. A., Ahmadi, A., Afrazeh, A., & Moghaddam, N. B. (2015). **Assessing the performance of transition towards renewable energy: case study of Iran's fuel cell technology**. Journal of Corporate Citizenship, (58), 137-157.

[9] Suurs, R., Hekkert, M. (2009). **Motors of sustainable innovation. Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems (Thesis),** Utrecht University, Utrecht, 45-46.

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

[11] Miremadi, S. I. (2019). **Technological Innovation System: a Scheme of Innovation Policy and Technology Development.** Journal of science and technology policy. {In Persian}

[12] lz, R. (2007). **The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: the case of wind energy.** International Journal of Public Policy, 2(1), 57-88.

[13] Heirani, H., BagheriMoghadam, N., Ghodsi Pour, S, H., Vatani, A., Tabatabaiean, S, H. (2018). **Technological System Analysis by Emphasizing the Role of Contextual Factors; Case Study: Underground Gas Storage Technology,** Journal of science and technology policy, 1(11), pp. 2-17. {In Persian}

[14] Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). **Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims.** Technological forecasting and social change, 76(4), 584-594.

[15] Jacobsson, S. & Bergek, A. (2004). **Transforming the Energy Sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology**. Industrial and corporate change, 13(5), 815-849.

[16] Ghazinoory, S. S., & Ghazinoory, S. S. (2008). **Extracting strategies for modification of the national innovation system of Iran based on a comparative study.** Journal of Science and Technology Policy, 1(1), 53-64. {In Persian}

[17] Ghazinoory, S., Nasri, S., Ameri, F., Montazer, G. A., & Shayan, A. (2020). **Why do we need 'Problem-oriented Innovation System (PIS)'for solving macro-level societal problems?** Technological Forecasting and Social Change, 150, 119749.

[18] Bagheri Moghaddam, N., & Mohamadpour, S. M. (2018). **Explaining the process of development of fuel cell technology in Iran by using innovation motors concept.** *Journal of Science and Technology Policy*, *11*(2), 57-72. {In Persian}