

## تحلیل نظام نوآوری فناورانه با تأکید بر نقش عوامل زمینه‌ای؛ مورد مطالعه: فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی

حسین حیرانی<sup>۱\*</sup>، ناصر باقری مقدم<sup>۲</sup>، حسن قدسی‌پور<sup>۳</sup>، علی وطنی<sup>۴</sup>، حبیب‌الله طباطباییان<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران

۲- استادیار مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران

۳- استاد گروه تولید صنعتی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

۴- دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه تهران

۵- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران

### چکیده

روزافزون بودن سهم گاز طبیعی در سبد منابع تأمین انرژی و نیز جایگاه ایران به عنوان دومین دارنده ذخایر گاز جهان، اهمیت مدیریت تولید و مصرف گاز را امری بدیهی می‌سازد و در این زمینه، فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز به عنوان یکی از ابزارهای مدیریت منابع گازی می‌تواند نقش مهمی در آینده صنعت گاز کشور ایفاء کند. این در حالی است که روند رشد دستیابی به فناوری‌های این حوزه در سال‌های اخیر متوقف شده است. به منظور تحلیل و برنامه‌ریزی روند توسعه این فناوری، نخستین گام، ریشه‌یابی و تحلیل مشکلات و موانع موجود در این مسیر است. این مقاله تلاش کرده با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه چارچوبی برای تحلیل مشکلات و موانع منجر به توقف فرآیند توسعه فناوری مذکور در کشور ارائه دهد. همچنین نقش مشکلات برون‌سیستمی و زمینه‌ای در این خصوص مورد بررسی قرار گرفته و رابطه بین مشکلات زمینه‌ای، ساختاری و کارکردی نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری تحلیل شده است. یافته‌ها مؤید آن است که عوامل زمینه‌ای از طریق اثرگذاری بر ساختار نظام نوآوری فناورانه - به طور مستقیم و غیرمستقیم - نقشی مهم و اثرگذار بر مشکلات کارکردی موجود در نظام پیرامون این فناوری دارند تا جایی که شدت اثر این عوامل در بروز مشکلات موجود حتی از شدت اثر عوامل ساختاری داخل خود نظام نوآوری مذکور هم بیشتر است.

**کلیدواژه‌ها:** مشکلات سیستمی، تحلیل نظام نوآوری فناورانه، عوامل زمینه‌ای، ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز، مدل‌سازی معادلات ساختاری

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

Heirani, H., Bagheri Moghadam, N., Ghodsipour, H., Vatani, A., & Tabatabaeian, H. (2018). **Technological System Analysis by Emphasizing the Role of Contextual Factors; Case Study: Underground Gas Storage Technology.** *Journal of Science & Technology Policy*, 10(1), 1-16. {In Persian}.

DOI: 10.22034/jstp.2018.10.1.539419

### ۱- مقدمه

به رشد را طی می‌کند. جمعیت جهان تا سال ۲۰۴۰ میلادی به ۸/۱ میلیارد نفر می‌رسد و مصرف انرژی نیز ۲۵ درصد افزایش خواهد داشت. در میان حامل‌های انرژی گاز طبیعی یک منبع فراوان و گسترده است که تا سال ۲۰۴۰ با کسب سهم ۲۵ درصدی از کل تقاضای انرژی، بیشترین میزان

نگاهی به روند رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و پیشرفت فناوری‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی در جهان روندی رو

اثرگذار در توسعه فناوری و شکل‌گیری نظام‌های نوآوری در هر کشور [۵و۵] این مقاله کوشیده ارتباط بین عوامل زمینه‌ای<sup>۵</sup> با مشکلات سیستمی موجود در توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز را نیز بررسی کند چرا که تاکنون نقش عوامل و مشکلات برون‌سیستمی که در پیشینه نظام نوآوری فناورانه از آنها تحت عنوان عوامل زمینه‌ای یاد شده به ندرت به صورتی ساختاریافته مورد بررسی قرار گرفته است. هدف مقاله این است که مشکلات سیستمی عدم توسعه فناوری مورد مطالعه با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه استخراج و بررسی شود که عوامل زمینه‌ای مربوط به کشور ایران به عنوان عواملی برون‌سیستمی، چه میزان تأثیر در ایجاد این مشکلات داشته‌اند. سؤالات این پژوهش به طور خلاصه عبارتند از:

- چه مشکلاتی در قالب اجزاء نظام نوآوری فناورانه (ساختار و کارکرد) باعث کندی یا توقف توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در کشور شده‌اند؟
- چه مشکلاتی خارج از نظام نوآوری فناورانه و در قالب عوامل زمینه‌ای اثرگذار بر آن، باعث کندی یا توقف توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در کشور شده‌اند؟
- رابطه بین مشکلات مربوط به عوامل زمینه‌ای و مشکلات درون‌سیستمی (ساختاری یا کارکردی) نظام نوآوری فناورانه در توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در کشور به چه صورت است؟

## ۲- پیشینه پژوهش

### ۲-۱ نظام نوآوری فناورانه

مفهوم نظام‌های نوآوری در دهه ۱۹۸۰ با مطالعات انجام‌گرفته توسط نلسون<sup>۶</sup>، لاندوال<sup>۷</sup> و فریمن<sup>۸</sup> به عنوان یک مفهوم سیاستی مطرح شد. از بین رویکردهای مختلف نظام‌های نوآوری شامل بخشی، منطقه‌ای و فناورانه، رویکرد نظام نوآوری فناورانه<sup>۹</sup> (TIS) را می‌توان نخستین رویکردی دانست که در مطالعه فناوری‌های حوزه انرژی از آن استفاده شده است [۴] تا جایی که به عنوان ابزاری برای تحلیل عوامل موفقیت و شکست توسعه و گسترش فناوری‌های این حوزه

افزایش مصرف را در میان انواع سوخت‌ها به خود اختصاص خواهد داد. همچنین با توجه به سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تقاضای انرژی به سمت انرژی‌های با آلودگی کمتر مانند گاز طبیعی سوق می‌یابد [۱]. قطعاً گاز طبیعی در آینده‌ای نه چندان دور به عنوان یکی از منابع اصلی و اثرگذار انرژی در سطح جهانی مطرح می‌شود. طبیعی است که برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از منابع گاز خصوصاً در کشوری مانند ایران که دارنده دومین ذخایر گاز طبیعی در جهان است [۲] امری ضروری و مورد توجه سیاست‌گذاران خواهد بود.

پروژه‌های ذخیره‌سازی گاز طبیعی در ایران با هدف 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. بر اساس برنامه ششم توسعه باید تا سال ۱۴۰۰ با اجرای طرح‌های مختلف ذخیره‌سازی، امکان ذخیره و برداشت روزانه ۱۳۰۰ میلیون متر مکعب گاز در کشور وجود داشته باشد. در همین راستا از مجموع ۲۱۷ مخزن مورد مطالعه، بیش از ۱۰ مخزن و گنبد نمکی برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی مناسب شناخته شده‌اند. از این دست پروژه‌ها می‌توان مخازن حوزه مرکزی ایران، غرب کشور، تبریز و کرمان و همچنین مخازن تلخه، شوریجه و قزل‌تپه را برشمرد [۳]. علی‌رغم پروژه‌های اشاره‌شده به نظر می‌رسد روند توسعه این فناوری و فناوری‌های وابسته در سال‌های اخیر کند شده و نظام نوآوری این فناوری در کشور هنوز با مشکلات زیادی روبرو است.

برای تحلیل و ارزیابی چرایی و چگونگی توسعه فناوری، مدل‌های مختلفی وجود دارد که از جدیدترین نسل این مدل‌ها می‌توان به تحلیل چندسطحی<sup>۱</sup>، مدیریت گذار<sup>۲</sup>، مدیریت راهبردی آشیانه‌ها<sup>۳</sup> و نظام‌های نوآوری<sup>۴</sup> اشاره کرد. رویکرد نظام نوآوری به عنوان یکی از جدیدترین و پرکاربردترین رویکردهای تحلیل توسعه فناوری، ابزار مناسبی را برای تحلیل، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری فناوری در اختیار سیاست‌گذاران و تحلیلگران قرار می‌دهد [۵و۵]. از سوی دیگر با توجه به تأثیر بسزای عوامل زمینه‌ای یا محیطی

5- Contextual factors

6- Nelson

7- Lundvall

8- Freeman

9- Technological Innovation System

1- Multi-Level Perspective

2- Transition Management

3- Strategic Niche Management

4- Innovation Systems

مؤثر بر توسعه فناوری محسوب می‌شوند. در واقع کارکردها وضعیت یک نظام نوآوری مشخص را در یک مقطع زمانی خاص نشان می‌دهند. بدین منظور محققان مختلفی اقدام به معرفی کارکردهای نظام نوآوری کرده‌اند که در جدیدترین دسته‌بندی، کارکردهای مذکور در قالب هفت کارکرد کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به پژوهش، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع و مشروعیت‌بخشی دسته‌بندی شده‌اند [۴ و ۶ و ۱۱ و ۱۲].

## ۲-۲ عوامل زمینه‌ای

با توجه به اینکه نظام نوآوری فناورانه یک چارچوب تحلیلی با مرکزیت فناوری است در تحلیل‌های آن همواره تمرکز بر عوامل مختص فناوری بوده است. رویکردهای مختلفی به منظور غلبه بر پیچیدگی‌های تحلیل نظام نوآوری فناورانه و جمع‌بندی عوامل اثرگذار بر عملکرد این نظام به وجود آمده است [۱۱] اما هیچکدام از آنها توجه چندانی به عوامل زمینه‌ای اثرگذار بر توسعه نظام نوآوری فناورانه نداشته‌اند و به این دلیل در سال‌های اخیر محققان به روابط بین نظام‌های نوآوری فناورانه با نظام‌های زمینه‌ای توجه بیشتری کرده‌اند.

تلاش‌های مختلفی در خصوص ارتباط دادن عناصر مختلف زمینه‌ای صورت گرفته اما در مقاله برگک و دیگران برای نخستین بار دسته‌بندی جامعی از عوامل زمینه‌ای اثرگذار بر نظام نوآوری فناورانه ارائه شده است [۷]. هدف از معرفی و تحلیل عوامل زمینه‌ای، تحلیل روابطی است که از مرزهای نظام نوآوری فناورانه عبور کرده و شامل تعاملات و اثرات متقابل بین اجزاء و دیگر ساختارهای زمینه‌ای مرتبط با آن است. به گفته هلسمارک<sup>۳</sup> [۱۳]، عوامل زمینه‌ای که یک نظام نوآوری فناورانه در آن شکل می‌گیرد نه تنها منابع در دسترس، بلکه جهت کلی حرکت آن نظام را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن عوامل زمینه‌ای، این اصل مورد توجه قرار می‌گیرد که فناوری‌های مختلف در بسترهای محیطی مختلف و به صورتی متفاوت توسعه پیدا می‌کنند. علاوه بر این، با توجه به عدم ثبات عوامل زمینه‌ای و تغییرات مداوم آنها، با تحلیل اثرات عوامل زمینه‌ای، چالش‌های و فرصت‌های توسعه فناوری‌های جدید بهتر شناخته می‌شوند. همچنین وارد کردن عوامل زمینه‌ای به تحلیل‌های مبتنی بر

شناخته می‌شود [۶]. تحلیل‌های مبتنی بر نظام نوآوری فناورانه علاوه بر شناسایی نقاط ضعف، راهکارهایی برای بهبود توسعه و انتشار فناوری ارائه می‌دهند [۵]. در این مقاله، با تأکید بر کاربرد اول یعنی شناسایی و تحلیل مشکلات و نقاط شکست، رویکرد منتخب جهت شناسایی و تحلیل شکست‌ها یا مشکلات توسعه فناوری مدنظر، رویکرد نظام نوآوری فناورانه خواهد بود.

برگک<sup>۱</sup> و دیگران (۲۰۱۵) نظام نوآوری فناورانه را مجموعه‌ای از اجزاء شامل فناوری‌ها، بازیگران، شبکه‌ها و نهادها که فعالانه در جهت توسعه یک حوزه فناورانه خاص ایفاء نقش می‌کنند دانسته‌اند [۷] و در آن، مرز بازیگران و نهادهایی که در داخل یک نظام فناورانه جای می‌گیرند با سایر نهادها و بازیگران بر اساس فعالیت مستقیم آنها در حوزه فناورانه خاص تعریف می‌شود. تعریف مبنا در این مقاله نیز همین تعریف می‌باشد.

همچنین بر اساس مطالعات این حوزه، نظام نوآوری فناورانه از دو عنصر عمده تشکیل می‌شود: عوامل ساختاری و کارکردهای نظام [۸] که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

## ۲-۱-۱ عوامل ساختاری

عوامل ساختاری که در واقع اجزاء یک نظام نوآوری هستند را می‌توان همه بخش‌های ساختار اقتصادی دانست که به نوعی بر یادگیری و تحقیق و توسعه یک حوزه مشخص اثرگذار هستند [۸]. این عوامل می‌توانند به صورت ملی، بخشی یا مربوط به یک فناوری خاص در نظر گرفته شوند [۴].

دسته‌بندی‌های مختلفی از عوامل ساختاری توسط نویسندگان مختلف ارائه شده است [۹ و ۱۰]. در جدیدترین دسته‌بندی که توسط وایزورک و هکرت<sup>۲</sup> [۵] مطرح شده و عوامل اشاره‌شده توسط سایر محققین را نیز دربر می‌گیرد عوامل ساختاری عبارتند از: بازیگران، ارتباطات (تعاملات)، نهادها و زیرساخت‌ها که دسته‌بندی مبنا در این مقاله است.

## ۲-۱-۲ کارکردهای نظام

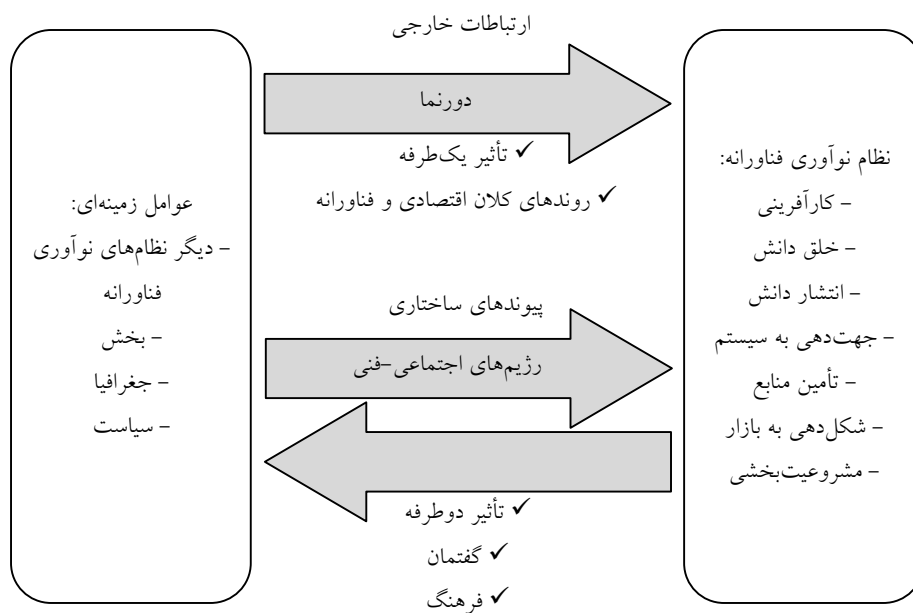
کارکردهای نظام بر عملکرد اجزاء نظام و در واقع بر فرآیندهایی تمرکز می‌کنند که برای عملکرد بهینه نظام نوآوری دارای اهمیت می‌باشند. این کارکردها عوامل فرایندی

نظام نوآوری فناورانه. در این حالت، اثرات می‌تواند دوطرفه باشد یعنی اجزاء نظام نوآوری فناورانه هم می‌توانند بر عوامل زمینه‌ای اثرگذار باشند. در نوع دوم ارتباطات، مواردی مانند فرهنگ بخشی، گفتمان غالب و یا مسائل مورد توافق مدنظر هستند. شکل ۱ انواع ارتباطات عوامل زمینه‌ای با نظام نوآوری فناورانه را نشان می‌دهد.

دیگر نظام‌های نوآوری فناورانه: ارتباطات بین نظام‌های فناورانه مختلف، نوع اول عوامل زمینه‌ای است. این ارتباطات که وابسته به تعاملات فناورانه هستند باعث می‌شوند تا فناوری‌های مختلف با یکدیگر رقابت و یا یکدیگر را کامل کنند. این روند تکاملی، منجر به تغییراتی در هر یک از نظام‌های نوآوری فناوری‌های مربوطه می‌شود که در اینجا تمرکز بر اثرات سایر فناوری‌ها بر فناوری مدنظر است. این فناوری‌ها می‌توانند هم نقش تقویت‌کننده و هم نقش بازدارنده در توسعه فناوری مدنظر داشته باشند. مرز نظام نوآوری فناورانه با دیگر نظام‌ها، مطابق آنچه در تعریف عوامل زمینه‌ای مطرح شد بر اساس تمرکز بر زنجیره ارزش یک حوزه فناورانه خاص تعیین می‌شود. ارتباط این نظام با نظام‌های زمینه‌ای خود می‌تواند مربوط به تأمین مواد خام یا خدمات مورد نیاز نیز باشد.

نظام نوآوری فناورانه، چارچوب جامع‌تری را برای تحلیل فرآیندهای توسعه یک فناوری خاص و نیز فرآیندهای مرتبط با آن در سایر بخش‌های پیرامونی آن فناوری ارائه می‌کند [۷]. برگگ و همکاران دو نوع ارتباط را برای نظام نوآوری فناورانه با زمینه خود مطرح کرده‌اند [۷]: ارتباطات خارجی<sup>۱</sup> و ارتباطات ساختاری<sup>۲</sup>. آنها ضمن تقسیم ارتباطات عوامل زمینه‌ای به این دو نوع ارتباط، این ارتباطات را به دو مفهوم دورنما<sup>۳</sup> و رژیم‌های اجتماعی-فنی<sup>۴</sup> مرتبط می‌کنند که تفاوت اصلی آنها در اثرپذیری یا عدم اثرپذیری از بازیگران نظام نوآوری فناورانه است.

ارتباطات خارجی ارتباطاتی هستند که بر نظام نوآوری فناورانه اثرگذارند اما از فرآیندهای داخلی آن اثر نمی‌پذیرند. در ارتباطات خارجی، محیط نظام نوآوری فناورانه شامل روندهای کلان فرابخشی نظیر روندهای اقتصادی و فناورانه کلان می‌شود. اثر متقابل از سمت نظام نوآوری فناورانه بر روی این محیط کلان گرچه غیرممکن نیست اما بسیار نادر است. نوع دوم ارتباط یعنی ارتباطات ساختاری، بیانگر ارتباطات اجزاء نظام نوآوری فناورانه با دیگر نظام‌های نوآوری فناورانه و نظام‌های اجتماعی است. برای مثال عوامل مشترکی مانند بازیگران یا شبکه‌ها در دو یا چند نظام مختلف



شکل ۱) انواع ارتباطات عوامل زمینه‌ای با نظام نوآوری فناورانه [۷]

1- External links  
2- Structural coupling  
3- Landscape  
4- Socio-technical regime

فناورانه خاصی تعریف شود اما به مرور و با طی روند تکامل، وارد بخش‌های دیگر شده و از آنها اثر می‌پذیرد. این عامل زمینه‌ای بیانگر نهادها و زیرساخت‌هایی است که به صورت مشترک بین نظام‌های نوآوری فناورانه مختلف و در سطح ملی قرار دارند. مفهوم تعاملات نظام با بخش مربوط به خود، همان مفهوم رژیم‌های اجتماعی-فنی مطرح شده توسط گیلز<sup>۱</sup> است. مطابق تعریف مالربا<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) بخش به معنی مجموعه نهادهایی است که در زمینه تولید، انتشار و استفاده از فناوری‌ها و محصولات برای تحقق یک کارکرد ویژه برای مشتریان مربوطه، فعال هستند [۱۰]. اجزاء بخش با اجزاء ساختاری نظام نوآوری فناورانه یکسان هستند با این تفاوت که محدوده بزرگتری از فناوری‌های مرتبط را دربر می‌گیرند [۷]. برگک و دیگران [۷] همچنین از قوانین و مقررات و همچنین هنجارها و گفتمان‌های موجود در بخش، به عنوان عوامل اثرگذار بر یک نظام نوآوری نام برده‌اند.

### ۲-۳ تحلیل نظام نوآوری فناورانه

یکی از مهم‌ترین مزایای تحلیل بر اساس نظام‌های نوآوری، ابزاری است که این تحلیل‌ها برای شناسایی نقاط ضعف سیستمی در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهند [۴]. در اینجا منظور از این نقاط ضعف، مشکلاتی هستند که بر سرعت و جهت‌گیری فرآیند نوآوری در یک نظام نوآوری تأثیر منفی داشته و از آنها با عناوینی مانند نقاط شکست [۱۵]، نقاط ضعف [۵] یا عوامل بازدارنده [۹] یاد می‌شود.

ابزارهای مختلفی برای شناسایی و تحلیل مشکلات سیستمی در نظام‌های نوآوری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. عمده مطالعات صورت‌گرفته در این حوزه را می‌توان در این موارد خلاصه کرد: تحلیل بر پایه خروجی نظام، تحلیل بر پایه عوامل ساختاری، تحلیل بر پایه عوامل کارکردی و تحلیل توأمان ساختاری-کارکردی [۱۶].

جدیدترین و تکامل‌یافته‌ترین رویکرد، تحلیل توأمان ساختاری-کارکردی است. برگک و دیگران (۲۰۰۸) در اولین تلاش‌ها عناصر تحلیل ساختاری را با تحلیل فرآیندی نظام نوآوری ترکیب کردند تا به کمک آن بتوانند مکانیزم‌های بازدارنده و مشوق نظام نوآوری فناورانه را مشخص و از این

عوامل جغرافیایی: رابطه نظام نوآوری فناورانه با عوامل جغرافیایی می‌تواند به دو صورت تعریف شود: اولین نوع ارتباطات، به صورتی است که اجزاء نظام در ساختارهای موجود در محیط جغرافیایی مورد نظر جای می‌گیرند که این ارتباط منجر به تأثیراتی دوطرفه خواهد شد. نوع دوم ارتباط، ارتباط اجزاء نظام با بازیگران، شبکه‌ها و نهادهایی است که بخش‌های مختلف جغرافیایی را به هم مرتبط می‌کنند مانند زنجیره‌های تأمین جهانی. برگک و دیگران [۷] عوامل جغرافیایی را مجموعه‌ای از عوامل سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و قانونی می‌دانند که در مرزهای جغرافیایی یک نظام نوآوری فناورانه وجود دارد. از این جهت ممکن است نوعی هم‌پوشانی در عوامل جغرافیایی با دیگر عوامل زمینه‌ای ایجاد شود. این تعاملات بین عوامل جغرافیایی می‌تواند سبب نوعی هم‌افزایی بین نظام مورد نظر با سیاست‌های کلی آن محدوده جغرافیایی شوند و یا به صورت برعکس، اثرات بازدارنده‌ای بر توسعه فناوری داشته باشند. در این مورد مهم‌ترین مثال درباره ایران می‌تواند تحریم‌ها و سیاست‌های کلی روابط بین‌الملل باشد که بر توسعه یا عدم توسعه فناوری‌های مختلف مؤثر است.

محیط سیاسی: ارتباط بین محیط سیاسی و نظام نوآوری فناورانه را می‌توان محور اصلی فرآیندهای گذار بلندمدت و عامل کلیدی توسعه نظام نوآوری فناورانه نامید [۷]. برای مثال در دسترس بودن منابع مالی عمومی برای توسعه فناوری یا مشروعیت بخشی به فناوری را می‌توان از عوامل مربوط به محیط سیاسی نام برد. به طور کلی ساختار سیاسی را می‌توان مجموعه عوامل نهادی خارج از نظام نوآوری دانست که می‌توانند در نقش محرک و یا مانع توسعه فناوری عمل کنند. ارتباط نظام نوآوری فناورانه با نظام سیاسی به عنوان عامل اصلی تغییرات بلندمدت محسوب شده چرا که بر آرایش نهادی و هنجارها، باورها و مقررات، اثرگذار است. برای مثال در کشوری که سیاست‌گذاران بر توسعه یک فناوری اجماع دارند قوانین و مقررات پشتیبان برای توسعه آن فناوری، راحت‌تر از کشوری با شرایط متفاوت وضع می‌شود. ساختار حکمرانی و باورهای عمیق سیاسی هم می‌توانند از مثال‌های دیگری باشند که بر نظام مورد نظر اثرگذارند [۱۴].

محیط بخش: یک فناوری در ابتدا ممکن است در بخش

خصوصاً در کشورهای در حال توسعه داشته باشند [۲۳] در پیشینه تحلیل مشکلات نظام نوآوری فناورانه به صورتی جدی مورد توجه نبوده‌اند. نقطه تمرکز این مقاله اضافه کردن عوامل زمینه‌ای به تحلیل ساختاری-کارکردی نظام نوآوری فناورانه و بررسی نقش آنها در مشکلات سیستمی نظام نوآوری مدنظر است. تحلیل‌های ساختاری-کارکردی صورت گرفته، مشکلات موجود در نظام را از طریق مرتبط کردن عناصر ساختاری با کارکردها، استخراج و تحلیل می‌کنند [۱۲ و ۵] اما بررسی نمی‌کنند که چه عواملی در محیط نظام مورد مطالعه وجود دارند که جدا از عوامل ساختاری و کارکردها، می‌توانند بر عملکرد نظام اثرگذار باشند. هدف اصلی، ارائه چارچوبی برای شناسایی مشکلات سیستمی توسعه فناوری شامل عوامل کارکردی و ساختاری و مشکلات برون‌سیستمی مشتمل بر عوامل زمینه‌ای بوده است. در پژوهش‌های پیشین، ارتباط بین مشکلات موجود در ساختار با مشکلات کارکردی بررسی شده اما در این مطالعه، ارتباط بین مشکلات زمینه‌ای با مشکلات ساختاری و کارکردی، مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۳- نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز

#### طبیعی در ایران

اولین گام در بررسی نظام نوآوری فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز، تعیین مرزهای این نظام است که یکی از مبانی مرزبندی، مرزبندی جغرافیایی است [۱۲]. در این مقاله با توجه به هدف پژوهش که بررسی نظام نوآوری مورد نظر در سطح ملی و بررسی تأثیر مشکلات زمینه‌ای بر آن است مرز نظام، از نظر جغرافیایی، ملی در نظر گرفته شده است. منظر دیگری که برای مرزبندی یک نظام مطرح می‌باشد تعیین سطح تحلیل است [۱۲ و ۲۸]. در این مرزبندی می‌توان مرز نظام را بر اساس یک حوزه دانشی، یک محصول و یا یک بخش فناورانه (مجموعه چند حوزه دانشی و محصول) مشخص کرد. از لحاظ حوزه دانشی، تمرکز این مطالعه بر حوزه دانشی ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی است. در مجموع می‌توان، مرز نظام مورد مطالعه در این پژوهش را به این صورت تعریف کرد: مجموعه نهادها و بازیگرانی که به طور مستقیم در توسعه مجموعه فناوری‌های مربوط به فناوری

طریق گزینه‌ها و اهداف سیاستی کلیدی را تنظیم نمایند [۱۲]. وایزورک و هکرت [۵] ترکیب تحلیل‌های کارکردی و ساختاری را از یک سو به عنوان ابزاری برای شناسایی مشکلات و از سوی دیگر برای ارائه راهکارهای سیاستی پیشنهاد کرده‌اند. برای مثال وایزورک و دیگران از این رویکرد برای تحلیل نظام نوآوری مزارع بادی فراساحلی در چهار کشور اروپایی استفاده و مجموعه‌ای از مشکلات و موانع پیش‌روی این نظام‌ها را استخراج نموده‌اند [۱۷]. در پژوهش دیگری، نویسندگان تأثیر مشکلات ساختاری بر کارکردهای نظام نوآوری کشاورزی را مطالعه و به مقایسه آنها در هلند و اسکاتلند پرداخته‌اند [۱۸]. در مطالعه دیگری از چارچوب تحلیل ساختاری-کارکردی برای شناسایی مشکلات توسعه نظام نوآوری کشاورزی کشور ایتالیایی استفاده و فهرستی از مشکلات موجود از میان عوامل کارکردی و ساختاری ارائه شده است [۱۹].

از نمونه‌های داخلی می‌توان به پژوهش میرعمادی و رحیمی (۲۰۱۶) اشاره کرد که بر اساس تحلیل ساختاری-کارکردی، مشکلات سیستمی نظام نوآوری فناورانه سوخت زیستی در ایران را استخراج کرده‌اند [۲۰]. نمونه دیگر تحلیل صفدری و همکاران [۲۱] در خصوص نظام نوآوری بخشی صنعت توربین‌های گازی است. در مقاله اخیر، نویسندگان مسیر توسعه فناوری تولید توربین‌های گازی در ایران را در قالب نظام نوآوری بخشی تحلیل و اثرات برخی عوامل زمینه‌ای نظیر تحریم‌ها و تأثیر سیاست‌های دولت بر این فرآیند را نیز بررسی کرده‌اند. مطالعه نیلفروشان و آراستی [۲۲] نیز در چارچوب تحلیل ساختاری به تحلیل شکست شبکه‌های نوآوری به عنوان یکی از شکست‌های نظام نوآوری فناورانه در صنعت گاز ایران پرداخته است.

مجموع مطالعات انجام‌شده در هر یک از رویکردهای تحلیلی اشاره‌شده به استخراج مشکلات سیستمی در دسته‌های مختلفی منجر شده که جدول ۱ مجموعه این مشکلات را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود مشکلات و یا نقاط شکست استخراج‌شده در مطالعات پیشین، عمدتاً متمرکز بر مشکلات درون‌سیستمی نظام نوآوری فناورانه هستند و عوامل زمینه‌ای که می‌توانند نقش بسیار مهمی در بروز مشکلات و موانع توسعه نظام‌های نوآوری

جدول (۱) مشکلات سیستمی نظام نوآوری فناورانه در پیشینه

[۲۴]	[۱۵]	[۹]	[۲۵]	[۲۶]	[۲۷]		[۵]	
ضعف در عملکرد و اطلاعات شرکتها	شکست گذار	ارتباط ضعیف با طرف تقاضا	شکست قابلیت‌ها	مشکلات مربوط به یادگیری و قابلیت‌ها	عدم تقارن اطلاعات	شکست قابلیت‌ها	مشکلات بازیگران	وجود
عملکرد نامناسب نهادهای انتقال فناوری	شکست نهادی	شکست قانونی	شکست نهادهای سخت	مشکلات گذار	مشکلات سرریز دانش	شکست جهت‌دهی		قابلیت
نبود تعاملات بین بازیگران	قفل‌شدگی	ارتباطات ضعیف	شکست نهادهای نرم	مشکلات نهادی نرم و سخت	هزینه‌های بیش از حد	شکست شکل‌دهی تقاضا	مشکلات نهادی	وجود
عدم هماهنگی تحقیقات پایه و کاربردی	شکست تأمین زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری	هدایت اشتباه	شکست تعاملات (شبکه‌ها)	مشکلات شبکه‌ها	بهره‌برداری بیش از حد از منابع عمومی	شکست همکاری سیاستی		قابلیت
		کنترل بازار	شکست زیرساختی	مشکلات قفل‌شدگی	مشکلات زیرساختی	شکست بازتابی	مشکلات تعاملات	وجود
		شکست نظام آموزش		مشکلات مکمل	مشکلات نهادی	شکست شبکه‌ها و تعاملات		کیفیت/ شدت
				مشکلات تأمین زیرساخت‌ها			مشکلات زیرساختی	وجود
				مشکلات سرمایه‌گذاری				کیفیت/ ظرفیت

#### ۴- مدل مفهومی پژوهش

با توجه به مطالعات قبلی انجام‌شده در خصوص ویژگی‌های منحصر به فرد محیطی و زمینه‌ای نظام‌های نوآوری، می‌توان گفت که عوامل مرتبط با محیط که تحت عنوان عوامل زمینه‌ای مطرح می‌شوند بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه اثرگذارند [۷ و ۵]. در مورد مدنظر این مقاله به عنوان مثال عدم کفایت تخصیص زیرساخت‌های موجود در صنعت نفت کشور به توسعه این فناوری، می‌تواند تأثیری منفی بر روند تولید ایده‌ها یا طرح‌های نوآورانه در حوزه این فناوری داشته باشد. بر این اساس می‌توان ریشه مشکلات کارکردی را در عواملی خارج از نظام یا به عبارتی عوامل زمینه‌ای نیز جستجو کرد و در نتیجه، سؤال مطرح‌شده این است که آیا این عوامل

ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در سطح کشور فعال هستند. بر اساس این تعریف، سایر نهادها و بازیگرانی که به طور مستقیم در حوزه توسعه این فناوری فعالیتی ندارند اما فعالیت آنها می‌تواند بر فعالیت بازیگران اصلی، اثرگذار باشد بیرون از نظام و جزء عوامل زمینه‌ای و برون‌سیستمی تلقی شده‌اند [۷]. پس از تعیین مرز نظام مورد مطالعه، گام بعدی، شناسایی عناصر ساختاری آن نظام است. جدول ۲ تفکیک عناصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران را بر اساس دسته‌بندی وایزورک و هکرت [۵] نشان می‌دهد که این عناصر بر اساس مصاحبه‌های انجام‌شده با ۱۸ تن از خبرگان حوزه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز حاصل شده‌اند.

جدول ۲) عناصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ایران (بر اساس مصاحبه با خبرگان)

عناصر ساختاری	انواع	مصادیق
بازیگران	جوامع مدنی	
	شرکت‌ها	شرکت دانا انرژی؛ شرکت نفت منابع مرکزی؛ شرکت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز؛ شرکت نفت و گاز پرشیا؛ شرکت پترواسمای بین‌الملل؛ شرکت مهندسیین مشاوره پی، سازه و معدن
	نهادهای دانشی	دانشگاه تهران؛ دانشگاه امیرکبیر؛ دانشگاه شریف؛ دانشگاه شیراز؛ دانشگاه شهید بهشتی؛ دانشگاه شاهرود؛ پژوهشگاه صنعت نفت
	دولت	شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)؛ وزارت نفت؛ شرکت ملی گاز ایران؛ شرکت ذخیره‌سازی گاز طبیعی
	نهادهای مردمی (NGO)	
	بخش‌های دیگر (مشاوران، واسطه‌ها، بانک‌ها و ...)	
تعاملات	در سطح شبکه	ارتباطات موجود بین دانشگاه تهران، شرکت ذخیره‌سازی، وزارت نفت و شرکت گاز در قالب طرح کلان شورای عتف
	در سطح افراد	ارتباطات موجود بین وزیر نفت، معاون وزیر و مدیران پژوهش و فناوری شرکت‌های ملی نفت و گاز و همچنین مشاورین آنها
نهادهای	سخت: قوانین و دستورالعمل‌ها	مصوبه شورای اقتصاد در خصوص واگذاری قرارداد پروژه ذخیره‌سازی گاز طبیعی در منطقه یورتشا به مشارکت ایرانی-خارجی؛ برنامه ملی ششم توسعه؛ مصوبه شورای عالی عتف در خصوص طرح کلان ملی «توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی»
	نرم: عادات، سنت‌ها، هنجارها و انتظارات	انگیزه و باور عمومی در میان بازیگران توسعه دانش به لزوم توسعه فناوری در کشور
	فیزیکی: ابزارآلات، جاده‌ها و ساختمان‌ها	مخزن سراجه؛ مخازن تخلیه‌شده نفت و گاز موجود؛ تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی موجود در دانشگاه تهران
زیرساخت‌ها	دانش: تخصص‌ها و اطلاعات راهبردی	متخصصین موجود در شرکت ذخیره‌سازی گاز طبیعی؛ اساتید و دانشجویان متخصص در دانشگاه‌های تهران و امیرکبیر، پژوهشگاه صنعت نفت و سایر دانشگاه‌ها
	مالی: یارانه‌ها و کمک‌های مالی	بودجه‌های مربوطه در وزارت نفت و شورای عالی عتف

نظام نیز باعث بهبود یا ضعف عملکرد نظام نوآوری فناورانه می‌شوند؟ بنابراین فرضیه دوم به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

⊖ مشکلات ناشی از عوامل زمینه‌ای، رابطه‌ای مستقیم و معنادار با ضعف‌های موجود در عوامل ساختاری نظام نوآوری فناورانه دارند.

برای شناسایی مشکلات و ضعف‌های نظام، تمرکز برخی مطالعات صرفاً بر کارکردها و سنجش آنها است [۱۱ و ۱۲] در صورتی که در مطالعات بعدی، عوامل ساختاری و تأثیر آنها بر عملکرد نظام و تحقق بهینه کارکردهای آن، مورد بررسی قرار گرفته است [۲۹ و ۳۰]. بنابراین تمرکز بر عوامل ساختاری

که مثال‌هایی از آنها ذکر شد را می‌توان علت عدم تحقق کارکردهای نظام دانست؟ بر این اساس فرضیه اول به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

⊕ مشکلات مرتبط با عوامل زمینه‌ای نظام نوآوری فناورانه، ارتباطی مستقیم و معنادار با ضعف در کارکردهای نظام نوآوری فناورانه دارند.

برگک و دیگران [۷] همچنین تأثیر عوامل زمینه‌ای بر ساختارهای نظام نوآوری را به صورت کلی نیز بررسی کرده‌اند. در واقع سؤال مطرح‌شده این است که آیا عوامل زمینه‌ای علاوه بر تأثیری که به طور مستقیم بر کارکردهای نظام نوآوری می‌گذارند از طریق اثرگذاری بر ساختارهای



### ۵- روش تحقیق

این پژوهش یک مطالعه کاربردی با استفاده از روش تحلیل معادلات ساختاری است. برای حصول هدف پژوهش و شناسایی مشکلات نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز، گام‌های ذیل برداشته شد:

در گام اول، پس از استخراج عناوین انواع مشکلات کارکردی از پیشینه و تنظیم پرسشنامه‌ای بر اساس سؤالات مطرح شده توسط ویزورک و هکرت [۵]، از کارشناسان و مدیران فعال در این حوزه در خصوص هر یک از کارکردها نظرخواهی و افراد به هر یک از شاخص‌های مورد اشاره برای هر کارکرد، امتیازی از ۱ تا ۵ (بر حسب میزان تحقق آن شاخص در وضع موجود) دادند. البته به دلیل عدم وجود اطلاعات جامع از خبرگان دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری بخش ذخیره‌سازی گاز و نیز دسترسی محدود محققین، جامعه

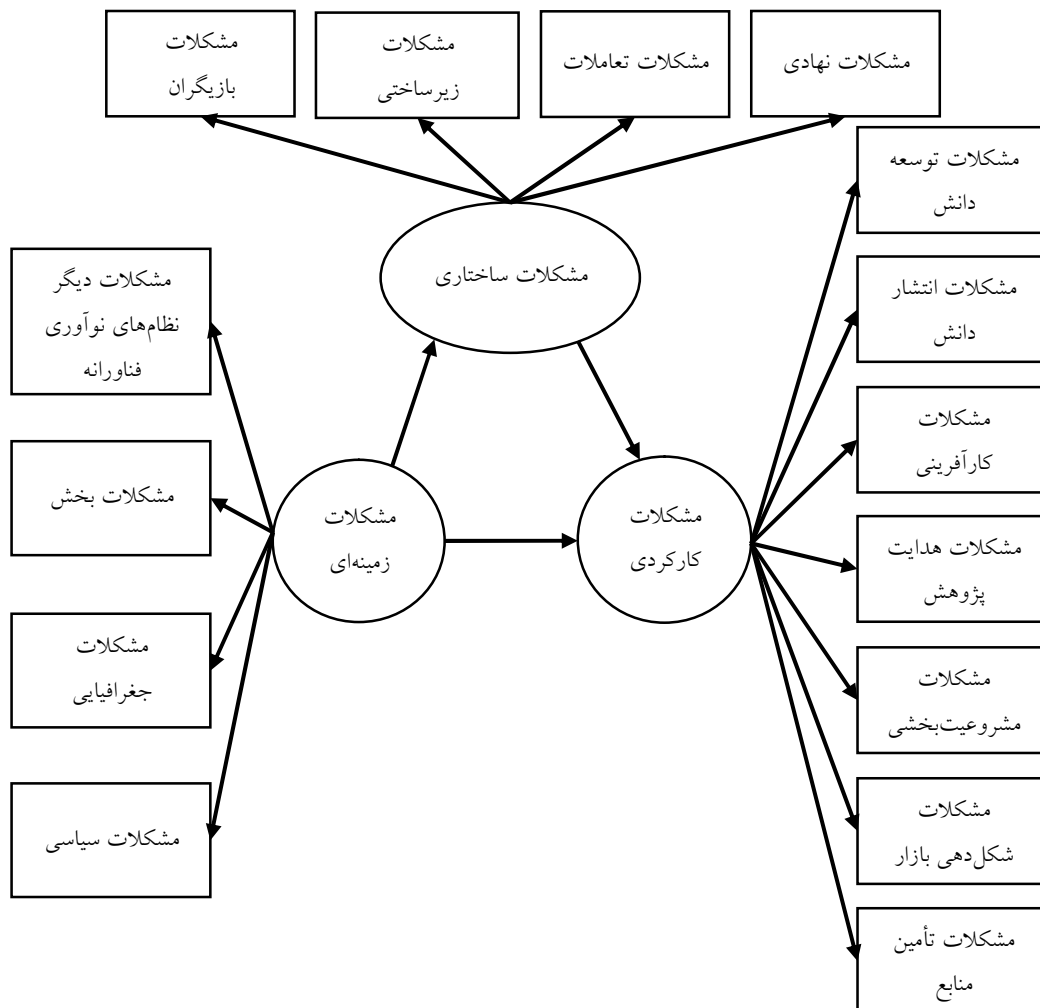
به عنوان علت بروز مشکلات کارکردی، می‌تواند یک ابزار را برای تحلیل و بهبود مشکلات نظام در اختیار سیاست‌گذاران قرار دهد. با توجه به این، فرضیه سوم پژوهش به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

⊕ ضعف در عوامل ساختاری نظام نوآوری فناورانه با مشکلات کارکردی آن رابطه‌ای مستقیم و معنادار دارد.

در نهایت، فرضیه نهایی به منظور سنجش تأثیر غیرمستقیم عوامل زمینه‌ای بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه مدنظر به صورت زیر لحاظ می‌شود:

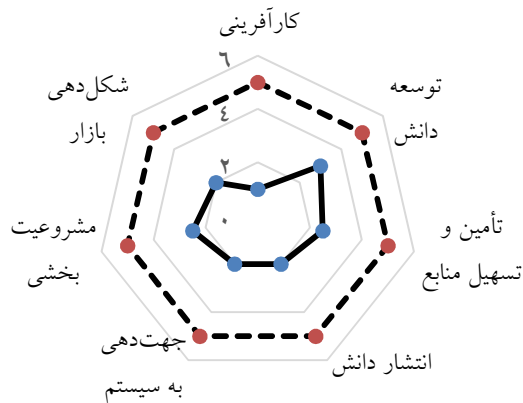
⊖ مشکلات موجود در عوامل زمینه‌ای از طریق اثرگذاری بر عوامل ساختاری نظام نوآوری فناورانه، ارتباطی مستقیم و معنادار با مشکلات موجود در کارکردهای آن نظام دارند.

شکل ۲ مدل مفهومی پژوهش را بر اساس فرضیات مطرح شده ارائه می‌کند.



شکل ۲) مدل مفهومی پژوهش

نهایی تخصیص داده‌شده به هر کارکرد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی کارکردها امتیازی کمتر از ۴ کسب کرده‌اند و بنابراین مشکلات کارکردی در هر هفت کارکرد وجود دارد. جدول ۳ مهم‌ترین مشکلات نهایی (مشکلات کارکردی، ساختاری و زمینه‌ای) نظام نوآوری فناورانه مدنظر را بر اساس نظر خبرگان که از مصاحبه‌های گام‌های دوم و سوم فوق بر اساس روش تحلیل مضمون حاصل شده‌اند نشان می‌دهد.



شکل ۳) وضعیت کارکردهای مختلف در نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز

قبل از ورود به مرحله برآورد مدل مفهومی تحقیق و آزمون فرضیات، اطمینان یافتن از صحت مدل‌های اندازه‌گیری متغیرهای برون‌زا و درون‌زا ضروری بوده که در اینجا از طریق تحلیل عاملی تأییدی دومرتبه‌ای صورت گرفت [۳۲]. از آنجا که مقادیر تمامی بارهای عاملی در مرتبه‌های اول و دوم تحلیل عاملی بیش از ۰/۵ و همگی معنی‌دار بوده‌اند بنابراین هم‌سویی سؤالات پرسشنامه برای اندازه‌گیری مفاهیم مورد نظر معتبر بوده و روابط بین سازه‌ها یا متغیرهای پنهان نیز قابل استناد است [۳۱]. همچنین وجود سطحی قابل قبول از روایی همگرا برای مدل، مورد تأیید است چرا که تمام سازه‌ها دارای میانگین واریانس استخراج‌شده بالاتر از ۰/۵ بوده‌اند [۳۳]. به علاوه اینکه همه مقادیر آلفا کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز بزرگتر از ۰/۷ بوده و این نشان از پایایی قابل قبول نتایج است. ضمناً مقدار شاخص برازش که سازش بین کیفیت مدل ساختاری و مدل اندازه‌گیری‌شده را نشان می‌دهد برابر ۰/۷۲۱ (بزرگتر از ۰/۴) به دست آمده و برازش مناسب مدل را نشان می‌دهد [۳۴].

آماري خبرگان برای این مرحله به صورتی محدود و حدود ۴۰ تا ۴۵ نفر در نظر گرفته شد که این جامعه با جامعه آماری مرحله آخر یکسان و هر دو شامل ۳۹ نفر از خبرگان (۱۹ خبره دانشگاهی، ۷ خبره سیاست‌گذاری و ۱۳ خبره صنعتی حوزه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز) بوده است.

در گام دوم، از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، مشکلات و علل ساختاری ضعف کارکردی بر اساس عناوین مورد اشاره وایزورک و هکرت [۵] استخراج شد.

در گام سوم نیز مشابه مرحله قبل و با توجه به عناوین ارائه‌شده توسط برگک و دیگران [۷] مهم‌ترین علل محیطی یا زمینه‌ای مشکلات کارکردی و ساختاری بر اساس نظر خبرگان استخراج شد. خبرگان این مرحله شامل ۸ متخصص دانشگاهی، ۴ متخصص سیاست‌گذاری به علاوه ۶ مدیر صنعتی بودند.

در گام آخر این بخش بر اساس مشکلات استخراج‌شده در سه مرحله قبل، پرسشنامه‌ای شامل ۳۲ سؤال برای جامعه آماری مورد نظر (جامعه آماری گام اول) ارسال شد که در انتها ۳۵ پرسشنامه عودت شد. در پرسشنامه مزبور برای هر یک از مشکلات اشاره‌شده یک طیف پنج‌تایی لیکرت از «کاملاً درست» تا «کاملاً نادرست» لحاظ و از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که میزان موافقت خود را با وجود مشکلات مورد اشاره بر مبنای عددی از ۱ تا ۵ اعلام نمایند.

با توجه به عدم کفایت اندازه نمونه برای حصول پاسخ ارزیابی فرضیات پژوهش، از تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری بر مبنای روش حداقل مربعات جزئی استفاده شده است (از روش حداقل مربعات، زمانی که حجم نمونه کوچک بوده و یا توزیع متغیرها نرمال نباشد استفاده می‌شود چرا که این روش به فرض نرمال بودن جامعه و همچنین حجم نمونه متکی نیست). همچنین این روش به صورت هم‌زمان امکان بررسی روابط متغیرهای پنهان و سنجه‌ها (متغیرهای قابل مشاهده) را فراهم می‌کند. [۳۱]. ضمناً محاسبات آماری با نرم‌افزار SmartPLS انجام شد.

## ۶- یافته‌ها

همان‌طور که اشاره شد در گام اول، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه توسط خبرگان امتیازدهی شدند و شکل ۳ امتیازات

جدول ۳) مشکلات سیستمی و برون سیستمی نظام نوآوری فناورانه ذخیره سازی زیرزمینی گاز (استخراج شده از مصاحبه های نیمه ساختاریافته)

مشکلات استخراج شده (ابعاد عامل ها)	شاخص ها (عامل ها)	متغیرها (مجموعه عوامل)
- عدم وجود دانش فنی در فناوری های بررسی و تحلیل های پیشرفته پتروفیزیکی (Q1) - مقاومت رژیم مرتبط با خطوط لوله به عنوان رویکرد رقیب ذخیره سازی زیرزمینی گاز (Q2)	دیگر نظام های نوآوری فناورانه	مشکلات زمینه ای
- عدم امکان تهیه برخی تجهیزات نظیر ژئوفون های مورد نیاز برای بررسی میزان مقاومت به دلیل تحریم ها (Q3) - دولتی بودن صنعت و عدم توسعه بخش خصوصی در تأمین تجهیزات (Q4)	جغرافیا	
- عدم وجود برنامه های کلان اقتصادی و صنعتی یکپارچه و مشخص (Q5) - عدم توجه به طرح های کلان شورای عتف در دولت جدید (Q6) - وجود دیدگاه کوتاه مدت در اجرای برنامه های توسعه کشور و عدم دیدگاه راهبردی به مسئله ذخیره سازی زیرزمینی گاز (Q7)	ساختار سیاسی	
- عدم پایداری بخش نفت و گاز به اجرایی سازی موارد مرتبط با حوزه ذخیره سازی در اسناد بالادستی (Q8) - عدم برخورداری مدیران مرتبط با حوزه ذخیره سازی گاز بخش نفت و گاز از وجود دانش تخصصی فنی (Q9) - عدم تکیه به توانمندی های داخلی در توسعه فناوری در بخش نفت و گاز و وابستگی بیش از حد به خارج از کشور (Q10)	بخش	
- فقدان هماهنگی های لازم میان شرکت ملی گاز، سازمان محیط زیست و همچنین شرکت ذخیره سازی گاز در اجرای پروژه ها (Q11) - عدم وجود مرجع مشخص تصمیم گیری در خصوص توسعه فناوری ذخیره سازی (Q12)	بازیگران	
- خارج شدن تجهیزات و ماشین آلات مخازن موجود از ذیل اختیار شرکت ذخیره سازی گاز (Q13) - عدم وجود بستر انباشت دانش کسب شده به صورت یکپارچه (Q14)	زیرساخت ها	مشکلات ساختاری
- نبود همکاری و تعاملات لازم بین مدیران پژوهش و فناوری شرکت های نفت و گاز (Q15) - نبود همکاری های بین المللی در انتقال فناوری (Q16)	تعاملات	
- غلبه نگاه اقتصادی بر نگاه امنیتی در مدیران صنعت نفت و گاز (Q17) - مصوبه وزارت نفت مبنی بر تبدیل شرکت ذخیره سازی به طرح (Q18)	نهادهای	
- توقف روند توسعه فناوری ذخیره سازی در گنبد های نمکی (Q19) - تضعیف محرک اصلی توسعه دانش (شرکت ملی ذخیره سازی) و از بین رفتن دانش انباشته (Q20)	توسعه دانش	مشکلات کارکردی
- عدم تبادل دانش بین متخصصان شرکت ذخیره سازی و بدنه مدیران صنعت نفت (Q21) - عدم انتشار عمومی نتایج پیشرفت پروژه ها و همچنین توانمندی های موجود (Q22)	انتشار دانش	
- عدم وجود تقاضای مناسب برای فناوری ذخیره سازی (Q23) - عدم امکان ورود بخش خصوصی به دلیل ماهیت و مرحله توسعه فناوری (Q24)	کارآفرینی	
- عدم وجود برنامه و سیاست مشخص و بلندمدت در خصوص توسعه فناوری ذخیره سازی (Q25) - واگذاری شرکت ذخیره سازی زیرزمینی گاز (به عنوان سیاست گذار اجرایی حوزه مربوطه) در قالب اصل ۴۴ (Q26)	هدایت پژوهش	
- نداشتن توجیه منطقی سرمایه گذاری در فناوری ذخیره سازی در حال حاضر برای سیاست گذاران و دیگر ذینفعان (Q27)	مشروعیت بخشی	
- عدم وجود شبکه های همکاری و لابی های سیاسی و تبلیغاتی با مجلس و سازمان پدافند غیرعامل (Q28) - محدود بودن بازار محصول فناورانه (Q29)	شکل دهی بازار	مشکلات کارکردی
- عدم وجود مشوق های خاص از قبیل مشوق های مالیاتی برای ورود به بازار فناوری ذخیره سازی (Q30)	تأمین منابع	
- عدم تخصیص منابع مصوب اشاره شده در طرح کلان شورای عتف (Q31) - عدم تأمین بودجه کافی برای اجرای پروژه های ذخیره سازی زیرزمینی گاز (Q32)	تأمین منابع	

بر مشکلات کارکردی به واسطه مشکلات ساختاری نیز برابر ۰/۲۷۲ (و معنی‌دار) به دست آمده است (جدول ۴).

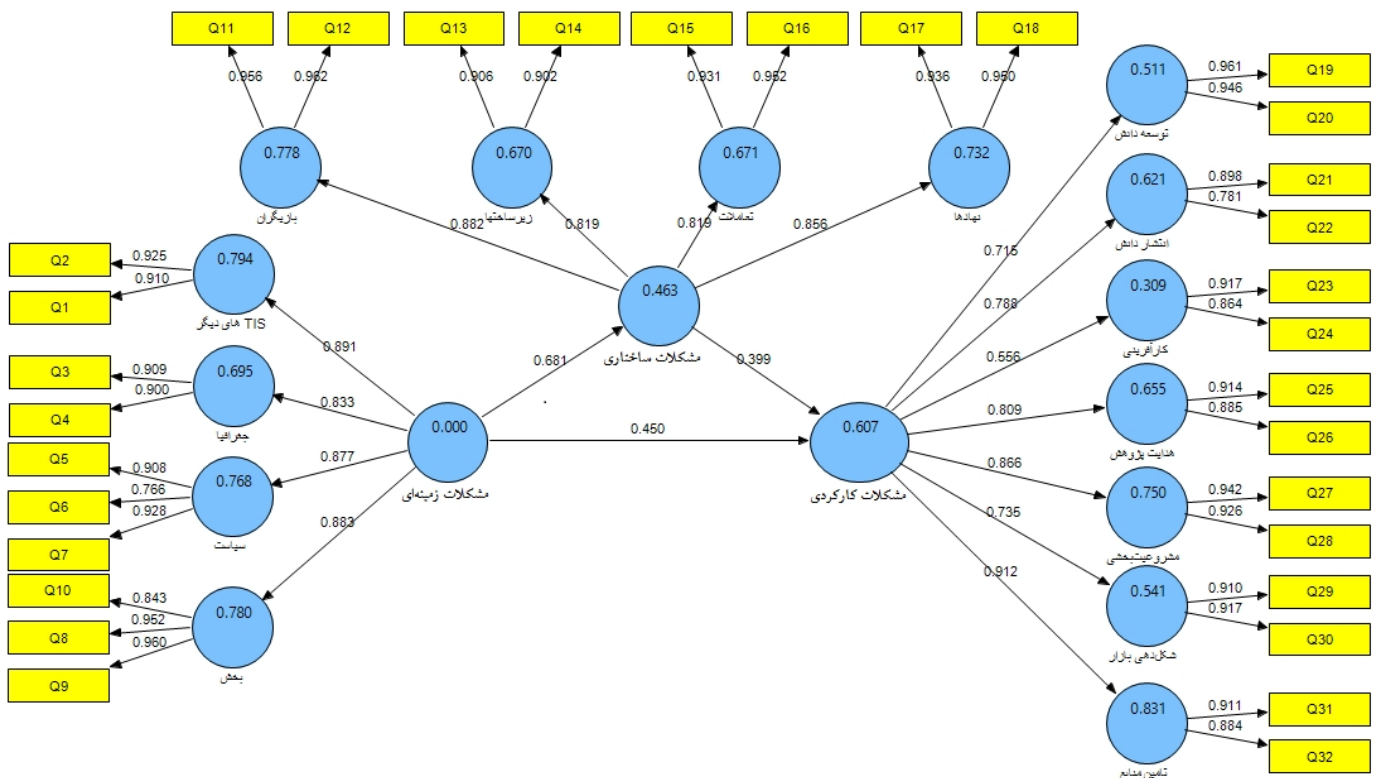
با توجه به اینکه تأثیر مشکلات ساختاری بر مشکلات کارکردی در مطالعات قبلی بررسی شده [۲۱ و ۲۰] در اینجا مشکلات ساختاری به عنوان یک متغیر میانجی در نظر گرفته شده و اثرات غیرمستقیم مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات کارکردی از طریق مشکلات ساختاری تحلیل می‌شوند.

نکته دیگر حائز اهمیت، بیشتر بودن میزان تأثیر مشکلات زمینه‌ای بر روی کارکردهای نظام به نسبت مشکلات ساختاری است. در واقع اگر تنها اثرات مستقیم در نظر گرفته شود بر اساس ضرایب مسیر اشاره‌شده، تأثیر مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات ساختاری بیشتر است لیکن مشکلات زمینه‌ای تأثیر غیرمستقیمی نیز از طریق عوامل ساختاری بر نظام مزبور دارند. بر این اساس، بخشی از پرننگ شدن تأثیر مشکلات ناشی از عوامل زمینه‌ای در کارکردهای نظام نوآوری فناورانه مدنظر به دلیل وجود ضعف‌های ساختاری است.

#### ۷- بحث

با تأیید فرضیات پژوهش مشخص شد که مشکلات موجود در عوامل زمینه‌ای، مشکلات ساختاری و همچنین مشکلات

شکل ۴ مدل معادلات ساختاری محاسبه‌شده را در حالت ضرایب استاندارد نشان می‌دهد. در این مدل، متغیر مشکلات زمینه‌ای برونزا و متغیرهای مشکلات ساختاری و مشکلات کارکردی، درون‌زا می‌باشند. اعداد و ضرایب این نمودار به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول بارهای عاملی که روابط بین متغیرهای پنهان و آشکار را نشان می‌دهند (مانند ۰/۹۱۰ و ۰/۹۲۵ مربوط به متغیر پنهان TIS‌های دیگر) و دسته دوم که برای آزمون فرضیات استفاده شده و به آنها ضرایب مسیر گفته می‌شود. بررسی ضرایب مسیر نشان می‌دهد که اثر مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات کارکردی برابر ۰/۴۵۰ (و معنی‌دار) محاسبه شده و بنابراین مشکلات زمینه‌ای دارای اثر قابل اعتناء بر مشکلات کارکردی است (فرضیه اول). اثر مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات ساختاری هم برابر ۰/۶۸۱ (و معنی‌دار) محاسبه شده و بنابراین مشکلات زمینه‌ای همچنین دارای اثر قابل اعتناء بر مشکلات ساختاری نیز است (فرضیه دوم). علاوه بر اینها، با توجه به اینکه مقدار ضریب مسیر به دست آمده برای فرضیه سوم تحقیق برابر ۰/۳۹۹ (و معنی‌دار) می‌باشد می‌توان گفت که مشکلات ساختاری خود دارای اثر قابل توجه بر مشکلات کارکردی نظام مزبور هستند. جدا از اثرات مستقیم مورد بحث، تأثیر غیرمستقیم مشکلات زمینه‌ای



شکل ۴) مدل معادلات ساختاری محاسبه‌شده در حالت ضرایب استاندارد

جدول ۴) جمع‌بندی ارزیابی فرضیه‌های تحقیق

نوع اثر	فرضیه پژوهش	ضریب مسیر	آماره آزمون	R <sup>2</sup>	جهت رابطه	رد/تأیید فرضیه
مستقیم	عوامل زمینه‌ای ← عوامل ساختاری	۰/۶۸۱	۷/۲۳۳	۰/۴۶۳	+	تأیید
	عوامل ساختاری ← کارکردهای نظام نوآوری فناورانه	۰/۳۹۹	۳/۴۷۹			
	عوامل زمینه‌ای ← کارکردهای نظام نوآوری فناورانه	۰/۴۵۰	۳/۹۲۰			
غیرمستقیم	عوامل زمینه‌ای ← عوامل ساختاری ← کارکردهای نظام نوآوری فناورانه	۰/۲۷۲	۲/۸۱۷	۰/۶۰۷	+	تأیید

کارکردی موجود نظام نوآوری فناورانه با یکدیگر همبستگی داشته و بر هم اثرگذارند. این امر نشانگر اهمیت قابل توجه عوامل محیطی و زمینه‌ای هر کشور بر توسعه فناوری‌ها است. همان‌طور که وایزورک و هکرت [۵] اشاره کرده‌اند علی‌رغم استفاده گسترده از تحلیل ساختاری برای تحلیل مشکلات نظام نوآوری، به دلیل وابستگی شدیدی که عوامل ساختاری به ویژگی‌های بومی دارند سیاست‌گذاران نمی‌توانند به راحتی ساختارهای نظام‌های نوآوری موفق را به عنوان شاخص و مبنا قرار دهند. بنابراین توجه به عوامل محیطی در تحلیل و ریشه‌یابی مشکلات، امری ضروری است و مهم‌ترین دستاورد این مقاله نیز در نظر گرفتن این عوامل و بررسی ارتباط آنها با مشکلات درون‌سیستمی نظام نوآوری فناورانه یعنی مشکلات کارکردی و ساختاری است.

مطابق نتیجه‌گیری کارلسون که در مطالعه خود نقش عوامل بومی بر نهادها را به عنوان یکی از عوامل ساختاری تبیین نموده بر این موضوع اجماع وجود دارد که تغییرات نهادهای مرتبط با نظام نوآوری به صورتی تدریجی اتفاق می‌افتد و علی‌رغم روند جهانی شدن، این نهادها مقاومت شدیدی در باقی ماندن در محدوده مرزهای منطقه‌ای خود دارند [۲۳]. این امر نشانگر نقش حیاتی و اثرگذار عوامل بومی بر توسعه فناوری و نظام پیرامون آن علی‌رغم وضعیت عوامل ساختاری این نظام و خصوصاً در کشورهای در حال توسعه است. در نتیجه می‌توان گفت ساختارها که نقشی اساسی در تحقق کارکردهای نظام نوآوری فناورانه دارند [۲۹ و ۳۰] خود متأثر از عوامل زمینه‌ای بوده و به نوعی واسطه بین این عوامل با تحقق کارکردهای نظام می‌باشند.

با توجه به اینکه اثر مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات کارکردی شدت بیشتری نسبت به اثر مشکلات ساختاری بر کارکردها دارد می‌توان نتیجه گرفت که در مورد مطالعه این مقاله، عوامل زمینه‌ای در قیاس با عوامل ساختاری سهم بیشتری در ایجاد مشکلات نظام نوآوری فناورانه دارند. به بیانی دقیق‌تر و همچنان که در شکل ۴ نیز مشاهده می‌شود مهم‌ترین عامل در مجموعه عوامل زمینه‌ای، دیگر نظام‌های نوآوری فناورانه است که بیشترین تأثیر را در این مجموعه دارد و اثرگذارترین بُعد این عامل (دیگر نظام‌های نوآوری فناورانه) نیز اثر نظام نوآوری رقیب یعنی توسعه خطوط لوله است که به عنوان رژیم غالب موجود در برابر توسعه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز مقاومت می‌کند. تأثیراتی این‌چنینی بر توسعه یک نظام نوآوری فناورانه، در مطالعات قبلی که متمرکز بر مشکلات درون‌سیستمی بوده‌اند دیده نمی‌شود. نتیجه مشابه را می‌توان در مطالعه میرعمادی و رحیمی (۲۰۱۶) دید که گرایش فرهنگی به انرژی‌های فسیلی در جایگاه یک روتین فکری-اداری غالب را به عنوان یکی از عوامل شکست نظام فناورانه سوخت زیستی مطرح کرده‌اند [۲۰]. تا زمانی که آرایش نهادی یک نظام و نظام‌های پیرامونی آن حول توسعه یک فناوری شکل نگیرد کارکردهای آن نظام نوآوری محقق نشده و شکست سیستمی برای همچنان مورد انتظار است [۷ و ۱۳].

دومین عامل اثرگذار از مجموعه عوامل زمینه‌ای، عامل بخش و مهم‌ترین بُعد مربوط به بخش نیز عدم وجود دانش تخصصی ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در بدنه مدیریتی بخش گاز کشور است. اگر چه از نظر میزان اهمیت، بُعد عدم پایداری بخش نفت و گاز به اجرایی‌سازی مفاد اسناد بالادستی، امتیاز پائین‌تری نسبت به مورد نخست دارد اما اختلاف امتیاز مذکور ناچیز بوده که این خود مؤید اهمیت بُعد اخیر در بروز مشکلات کارکردی برای نظام مزبور می‌باشد. هر چند اجزاء ساختاری یک بخش را می‌توان با اجزاء نظام نوآوری فناورانه یکسان در نظر گرفت اما بخش، شامل گستره وسیع‌تری از فناوری‌های گوناگون و در مراحل

کارکردی موجود نظام نوآوری فناورانه با یکدیگر همبستگی داشته و بر هم اثرگذارند. این امر نشانگر اهمیت قابل توجه عوامل محیطی و زمینه‌ای هر کشور بر توسعه فناوری‌ها است. همان‌طور که وایزورک و هکرت [۵] اشاره کرده‌اند علی‌رغم استفاده گسترده از تحلیل ساختاری برای تحلیل مشکلات نظام نوآوری، به دلیل وابستگی شدیدی که عوامل ساختاری به ویژگی‌های بومی دارند سیاست‌گذاران نمی‌توانند به راحتی ساختارهای نظام‌های نوآوری موفق را به عنوان شاخص و مبنا قرار دهند. بنابراین توجه به عوامل محیطی در تحلیل و ریشه‌یابی مشکلات، امری ضروری است و مهم‌ترین دستاورد این مقاله نیز در نظر گرفتن این عوامل و بررسی ارتباط آنها با مشکلات درون‌سیستمی نظام نوآوری فناورانه یعنی مشکلات کارکردی و ساختاری است.

مطابق نتیجه‌گیری کارلسون که در مطالعه خود نقش عوامل بومی بر نهادها را به عنوان یکی از عوامل ساختاری تبیین نموده بر این موضوع اجماع وجود دارد که تغییرات نهادهای مرتبط با نظام نوآوری به صورتی تدریجی اتفاق می‌افتد و علی‌رغم روند جهانی شدن، این نهادها مقاومت شدیدی در باقی ماندن در محدوده مرزهای منطقه‌ای خود دارند [۲۳]. این امر نشانگر نقش حیاتی و اثرگذار عوامل بومی بر توسعه فناوری و نظام پیرامون آن علی‌رغم وضعیت عوامل ساختاری این نظام و خصوصاً در کشورهای در حال توسعه است. در نتیجه می‌توان گفت ساختارها که نقشی اساسی در تحقق کارکردهای نظام نوآوری فناورانه دارند [۲۹ و ۳۰] خود متأثر از عوامل زمینه‌ای بوده و به نوعی واسطه بین این عوامل با تحقق کارکردهای نظام می‌باشند.

با توجه به اینکه اثر مشکلات زمینه‌ای بر مشکلات کارکردی شدت بیشتری نسبت به اثر مشکلات ساختاری بر کارکردها دارد می‌توان نتیجه گرفت که در مورد مطالعه این مقاله،

مشاهده می‌شود اگر چه تفاوت چشمگیری بین عامل‌ها وجود ندارد اما عامل بازیگران از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر عامل‌های ساختاری برخوردار است. نکته قابل توجه این است که عدم وجود مرجع مشخص تصمیم‌گیری در حوزه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر مشکلات ساختاری است. این یافته را می‌توان نزدیک به نتایج مطالعه مارکارد و تروفور (۲۰۰۸) که محدودیت منابع در دسترس و راهبردهای اشتباه بازیگران را بر شکست‌های کارکردی نظام مؤثر دانسته‌اند [۲۹] تلقی کرد. شاید ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین گام در رفع مشکلات ساختاری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز، تعیین مرجع واحد تصمیم‌گیرنده برای توسعه این حوزه فناورانه باشد. این امر خصوصاً پس از کم‌رنگ شدن جایگاه شرکت ملی ذخیره‌سازی و تصمیم وزارت نفت مبنی بر واگذاری آن به بخش خصوصی واجد اهمیت بیشتری است.

در خصوص مشکلات کارکردی، عامل تأمین منابع با اختلافی قابل ملاحظه مهم‌ترین عامل تشکیل‌دهنده مشکلات کارکردی بوده و بُعد عدم تخصیص منابع مصوب اشاره‌شده در طرح کلان شورای عتف، بیشترین تأثیر را بر این عامل دارد. با توجه به جنس فناوری مورد بحث که تا حدود زیادی نیازمند تأمین مالی دولتی می‌باشد عدم تخصیص منابع مقرر، تأثیرگذاری بالایی در شکست نظام نوآوری آن داشته است و بنابراین گام اساسی برای تسریع در حرکت نظام نوآوری این فناوری می‌تواند تأمین منابع لازم از طرق گوناگون باشد.

بر اساس شاخص  $R^2$  که مقادیر آن در جدول ۴ آمده است حصول عدد ۰/۶۰۷ برای مجموع تأثیرات مشکلات زمینه‌ای و ساختاری بر مشکلات کارکردی نظام، نشانگر این نکته مهم برای سیاست‌گذاران است که با بهبود و کنترل این دو مجموعه عوامل و اجزاء مربوطه آنها، بخش قابل توجهی از مشکلات کارکردی نظام مزبور قابل پیشگیری و اصلاح است.

#### ۸- نتیجه‌گیری

دست‌آورد مهم این پژوهش برای سیاست‌گذاران، توجه به عوامل زمینه‌ای و برون‌سیستمی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های توسعه فناوری مورد نظر است. توصیه‌های سیاستی در بیشتر مقالات این حوزه، مربوط به بهبود عوامل

مختلف تکامل است. بخش نسبت به نظام نوآوری فناورانه، ساختار ثابت و جافتاده‌تری دارد بنابراین یک نظام نوآوری در درون یک بخش، باید خود را با ساختارها و روابط موجود در آن بخش منطبق و یا اینکه تلاش کند آن را در جهت منافع خود تغییر دهد [۷]. توجه به این دست مشکلات در مطالعات قبلی به صورتی دقیق دیده نشده و با تمرکز بر مشکلات درون‌سیستمی، نقش ساختاری و نهادی بخش مورد مطالعه، مغفول مانده است. در خصوص مورد مطالعه این پژوهش، با توجه به اینکه اساساً توجه و تمرکز کافی بر توسعه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز وجود ندارد در نتیجه کلیه بخش‌های ساختاری و کارکردی نظام ذخیره‌سازی از این امر متأثر می‌شوند. این عدم توجه و در واقع عدم وجود اراده جدی برای توسعه فناوری، امر مهمی است که در تحلیل‌های سیستمی رایج به صورتی جدی مورد توجه قرار نگرفته است. نمونه دیگر قابل ذکر، وجود تحریم‌ها است. در مدل‌های رایج، حتی در تحلیل‌های ساختاری-کارکردی، عامل کلانی مثل تحریم و اثرات آن بر ضعف عوامل ساختاری و کارکردی نظام به صورت مستقل مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. در خصوص فناوری مورد مطالعه به عنوان مثال وابستگی به فناوری خارجی در حوزه ژئوفون‌ها یا تجهیزات سرچاهی از یک سو و وجود تحریم‌ها و عدم ارتباط و همکاری فناورانه با شرکت‌های پیشرو در جهان از سوی دیگر، از عوامل زمینه‌ای شکست نظام نوآوری مورد بحث است. در این خصوص نسبت به پژوهش صفدری و همکاران (۲۰۱۷) نتایج متفاوتی را می‌توان مشاهده کرد که تحریم را عاملی پیش‌برنده و انگیزاننده در توسعه درون‌زا فناوری‌های توربین‌های گازی معرفی کرده‌اند [۲۱]. شاید علت این تفاوت را بتوان در وجود شرکت‌های فعال در توسعه توربین‌های گازی جستجو کرد در حالی که کارکرد کارآفرینی، ضعیف‌ترین وضعیت را در میان کارکردهای نظام نوآوری ذخیره‌سازی گاز کسب کرده و نشانگر عدم شکل‌گیری اکوسیستم صنعتی در این حوزه است. بنابراین ایجاد مکانیزم‌هایی برای انتقال فناوری و همکاری‌های بین‌المللی و نیز توانمندسازی شرکت‌های داخلی می‌تواند گام سیاستی مهمی در راستای رفع این مشکلات باشد.

در خصوص مشکلات ساختاری همان‌طور که از شکل ۴

عوامل زمینه‌ای اثرگذار بر مشکلات نظام نوآوری وجود ندارد. در این مقاله تعدادی از این عوامل و صرفاً مربوط به فناوری‌های حوزه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز استخراج و اثر آنها بر شکست سیستمی نظام نوآوری فناورانه این حوزه آزموده شد. برای پژوهش‌های آتی می‌توان نقش عواملی دیگر از مجموعه عوامل زمینه‌ای و بومی نظیر فرهنگ و هنجارهای اجتماعی را بر ساختار و کارکردهای نظام نوآوری فناورانه بررسی کرد. علاوه بر این، مشکلات زمینه‌ای مورد مطالعه باید در بخش‌ها و حوزه‌های فناورانه دیگر نیز مورد آزمون قرار گیرند و تأثیر آنها بر دیگر فناوری‌ها نیز بررسی شود.

## References

## منابع

- [1] Colton, W. M. (2011). **The Outlook for Energy: A View to 2040**. Exxon Mobil Corporation. Available from: <http://corporate.exxonmobil.com/en/energy/energy-outlook/highlights/>.
- [2] Duddu, P. (2013). **The world's biggest natural gas reserves**. Available from: <http://www.hydrocarbons-technology.com/features/feature-the-worlds-biggest-natural-gas-reserves/>.
- [3] Kouchaki, E. (2011). **An Introduction to Underground Gas Storage Projects in Iran**. In *The first Iranian Virtual Conference on Underground Storage of Hydrocarbons*, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran. {In Persian}.
- [4] Jacobsson, S., & Bergek, A. (2011). **Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 41-57.
- [5] Wiczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). **Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars**. *Science and Public Policy*, 39(1), 74-87.
- [6] Wiczorek, A. J., Hekkert, M. P., Coenen, L., & Harmsen, R. (2015). **Broadening the national focus in technological innovation system analysis: The case of offshore wind**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 14, 128-148.
- [7] Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., & Truffer, B. (2015). **Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51-64.
- [8] Lundvall, B.-A. (1992). **National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning**. Pinter, London.
- [9] Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). **The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research**. *Energy*

درون‌سیستمی یعنی کارکردها و ساختارها و ارتباط آنها است در حالی که بدون توجه به عوامل زمینه‌ای نمی‌توان ابزارهای سیاستی مناسبی برای تحلیل و بهبود مشکلات نظام نوآوری فناورانه ارائه کرد. در نظر گرفتن این عوامل و مشکلات و موانع ناشی از آنها که نمونه‌هایی از آن در بالا ذکر شد گامی مهم جهت تحلیل و بهبود مشکلات توسعه فناوری مدنظر می‌باشد. بر اساس نتایج حاصله می‌توان توصیه‌های سیاستی به منظور غلبه بر مشکلات توسعه فناوری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز را در موارد زیر خلاصه کرد:

◀ توجه به رژیم فناورانه غالب و رقیب (توسعه خطوط لوله) و تلاش در جهت تغییر الگوی ذهنی و عملیاتی مدیران و نیز جلب مشارکت ذینفعان این حوزه برای همکاری در حوزه ذخیره‌سازی

◀ تعیین یک نهاد مشخص به عنوان مرجع متخصص و تصمیم‌گیرنده در حوزه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز و توجه به دانش انباشته و پیشرفت‌های صورت‌گرفته در شرکت ملی ذخیره‌سازی و احیاء جایگاه این شرکت

◀ برنامه‌ریزی و تسهیل همکاری‌های فناورانه بین‌المللی و توانمندسازی شرکت‌های داخلی از طریق مبادلات دانشی

◀ برنامه‌ریزی و تسهیل انتشار دانش انباشته در شرکت ملی ذخیره‌سازی به شرکت‌های خصوصی

◀ تخصیص منابع مصوب خصوصاً منابع پیش‌بینی شده در طرح کلان شورای عتف به طرح‌های توسعه فناوری و امکان‌سنجی سایت‌ها و مخازن جدید

با توجه به اینکه پژوهش حاضر در خصوص نظام نوآوری فناورانه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی صورت گرفته است می‌توان قابلیت تعمیم مدل ساختاری ارتباطات عوامل مختلف مرتبط با آن را مورد سؤال قرار داد و بنابراین محدودیت اصلی این پژوهش را می‌توان محدود بودن آزمون مدل در محیط یک فناوری خاص دانست. علاوه بر این می‌توان عوامل زمینه‌ای و ساختاری را با جزئیات بیشتری تبیین و اثرات آنها را بر کارکردهای نظام سنجید. این امر نشان‌دهنده محدودیت دیگر این پژوهش یعنی محدود بودن عوامل مورد بررسی یا اجزاء متغیرهای اصلی پژوهش است.

با توجه به اینکه موضوع عوامل زمینه‌ای به تازگی در پیشینه نظام نوآوری مطرح شده است دسته‌بندی جامع و کاملی از

- Technological Innovation System of Iran.** *Journal of Science and Technology Policy*, 8(1), 27-41. {In Persian}.
- [21] Safdari Ranjbar, M., Rahmancesht, H., Manteghi, M., & Ghazinoori, S. (2017). **Sectoral Innovation System of a Complex Product System Industry: Gas Turbine.** *Journal of Science & Technology Policy*, 9(4), 55-70. {In Persian}.
- [22] Nilforoushan, H. & Arasti, M.R. (2014). **The Weak Failure Process of Engineered Innovation Networks in the Initiation Phase: The Case Study of Gas Industry in Iran.** *Journal of Science & Technology Policy*, 6(2), 77-92. {In Persian}.
- [23] Carlsson, B. (2006). **Internationalization of innovation systems: A survey of the literature.** *Research policy*, 35(1), 56-67.
- [24] OECD. (1997). **Local systems of small firms and job creation.**
- [25] Woolthuis, R. K., Lankhuizen, M. & Gilsing, V. (2005). **A system failure framework for innovation policy design.** *Technovation*, 25(6), 609-619.
- [26] Chaminade, C. & Edquist, C. (2010). **Rationales for public policy intervention in the innovation process: A systems of innovation approach, The theory and practice of innovation policy.** An international research handbook, 95-114.
- [27] Weber, K. M. & Rohracher, H. (2012). **Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework.** *Research Policy*, 41(6), 1037-1047.
- [28] Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). **Innovation systems: analytical and methodological issues.** *Research policy*, 31(2), 233-245.
- [29] Markard, J., & Truffer, B. (2008). **Actor-oriented analysis of innovation systems: exploring micro-meso level linkages in the case of stationary fuel cells.** *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(4), 443-464.
- [30] Truffer, B., Rohracher, H., & Markard, J. (2009). **The Analysis of Institutions in Technological Innovation Systems-A conceptual framework applied to biogas development in Austria.** Copenhagen: *Copenhagen Business School*, 7.
- [31] Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Mena, J. A. (2012). **An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research.** *Journal of the academy of marketing science*, 40(3), 414-433.
- [32] Byrne, B. M. (1994). **Structural equation modeling with EQS and EQS/Windows: Basic concepts, applications, and programming.** Sage.
- [33] Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). **Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error.** *Journal of marketing research*, 39-50.
- [34] Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & Van Oppen, C. (2009). **Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration.** *MIS quarterly*, 177-195.
- policy*, 28(9), 625-640.
- [10] Malerba, F. (Ed.). (2004). **Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe.** Cambridge University Press.
- [11] 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.
- [12] Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). **Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis.** *Research policy*, 37(3), 407-429.
- [13] Hellsmark, H. (2010). **Unfolding the formative phase of gasified biomass in the European Union: The role of system builders in realising the potential of second-generation transportation fuels from biomass.** *Chalmers University of Technology*.
- [14] Sabatier, P. A. (2006). **Policy change and learning: An advocacy coalition approach (theoretical lenses on public policy).**
- [15] Smits, R., & Kuhlmann, S. (2004). **The rise of systemic instruments in innovation policy.** *International journal of foresight and innovation policy*, 1(1-2), 4-32.
- [16] Heirani, H., Ghodsipour, H., Bagheri Moghadam, N., & Karimian, H. (2015). **Dynamic Functional-Structural Analysis of Technology Development in Innovation System Framework. Case Study: Co-Production of Heat and Power.** *Journal of Technology Development Management*, 2(2), 49-80. {In Persian}.
- [17] Wieczorek, A. J., Negro, S. O., Harmsen, R., Heimeriks, G. J., Luo, L., & Hekkert, M. P. (2013). **A review of the European offshore wind innovation system.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 294-306.
- [16] Negro, S. O., & Hekkert, M. P. (2008). **Explaining the success of emerging technologies by innovation system functioning: the case of biomass digestion in Germany.** *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(4), 465-482.
- [17] 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.
- [18] Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). **Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors.** *Agricultural Systems*, 129, 40-54.
- [19] Kebebe, E., Duncan, A. J., Klerkx, L., De Boer, I. J. M., & Oosting, S. J. (2015). **Understanding socio-economic and policy constraints to dairy development in Ethiopia: A coupled functional-structural innovation systems analysis.** *Agricultural Systems*, 141, 69-78.
- [20] Miremadi, T. & Rahimi rad, Z. (2016). **Identification of System Failures in Biofuels**





## **Technological System Analysis by Emphasizing the Role of Contextual Factors; Case Study: Underground Gas Storage Technology**

**Hossein Heirani<sup>1\*</sup>, Naser Bagheri Moghadam<sup>2</sup>, Hassan Ghodsipour<sup>3</sup>, Ali Vatani<sup>4</sup>, Habibollah Tabatabaeian<sup>5</sup>**

1- Ph.D. Candidate in Science and Technology Policy, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran

3- Professor, Department of Industrial Engineering, Amirkabir University, Tehran, Iran

4- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

5- Associate Professor, Department of Industrial Management, Allameh Tabatabaie University, Tehran, Iran

### **Abstract**

Due to the increasing significance of natural gas in the global energy portfolio, and also Iran being the holder of second most natural gas reserves in the world, the importance of managing the production and consumption of natural gas is an apparent fact. Therefore, underground gas storage (USG) technology, as a tool of gas reservoir management, could play a considerable role in the future of the gas industry in Iran. Nevertheless, the growing trend of attaining key technologies in this field has experienced a standstill. In order to analyze and plan the development of this technology, there is a need to discover the roots of the problems and failures which hinder this development and also to analyze them. This paper aims to provide a framework for analyzing such problems using the approach of technological innovation

systems. Furthermore, the effect of contextual and environmental factors on the development of this technology has been discussed. Finally, using the structural equation modelling method, the relationship between contextual, structural and functional factors of the technological innovation system of USG has been tested. In the end, it is determined that contextual factors, directly and also indirectly affect the performance of the mentioned system by influencing structural factors, to the extent that the intensity of effects on functions caused by contextual factors is greater than that of structural problems.

**Keywords:** Systemic Problems, Technological Innovation System Analysis, Contextual Factors, Underground Gas Storage, Structural Equation Modeling

---

\* Corresponding author: Heirani@nrsp.ac.ir