

Pathology of Iranian Oil Industry Innovation System on the Basis of Functional-Institutional Analysis

Reza Payandeh* Sara Sadat Mortazavi Ravari**

Abstract

Understanding innovation system of industry is a requirement for progress in the knowledge-based economy. On the other hand, each industry plays a special role with specific importance, and some parent industries, such as oil industry, take a special position in the Iranian economy. This research is intended to provide policy recommendations for the country's oil industry after drawing an institutional map of the Iranian oil industry innovation system, with the pathology of the role of institutions based on a functional approach. Hence, analysis of the innovation system on the basis of active institutions in the innovation system of the oil industry was carried out through institutional mapping by the participation of ten experts in the oil industry through Delphi method. Then, the functional network of the innovation system was identified by reviewing the literature, and the weights of functions were determined by seventeen innovation experts. Afterwards, the matrix of the functional institution for the Iranian oil industry was designed with the participation of nine experts in innovation and the oil industry. It can be concluded from the functional-institutional analysis of the oil industry innovation system that, although research and educational institutions such as the University of Petroleum Industry, International Institute for Energy Studies, Petroleum Industry Research Institute, Expropriation Research Institute, etc. are active in the development of knowledge development and dissemination, they play little role in entrepreneurial projects which are highly important, only support knowledge-based companies. As a result, it seems that in order to improve the functioning of the oil industry innovation system, institutions must be designed to strengthen this aspect.

Keywords: *technological innovation system; Iranian oil industry; institutional mapping; institution-function matrix; Fuzzy network analysis decision making.*

* Corresponding author: PhD candidate of technological management, University of Tehran, Iran.

reza.payandeh87@gmail.com

** PhD candidate of technological management, University of Tehran, Iran

mortazavis2@ripi.ir



آسیب‌شناسی نظام نوآوری صنعت نفت ایران مبتنی بر تحلیل کارکردی - نهادی

رضا پاینده* سارا سادات مرتضوی راوری**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

چکیده

فهم نظام نوآوری حاکم در صنعت، لازمه پیشرفت در اقتصاد دانش‌بنیان است. از سوی دیگر، هریک از صنایع، نقش و اهمیت متفاوتی دارند و بعضی صنایع مادر همچون نفت، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد ایران دارند. هدف پژوهش این است تا پس از ترسیم نگاهت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت ایران، با آسیب‌شناسی نقش نهادها براساس رویکرد کارکردی، پیشنهادهایی سیاستی برای صنعت نفت کشور ارائه کند. بدین منظور، تحلیل نظام نوآوری براساس تعیین نهادهای فعال در نظام نوآوری صنعت نفت از طریق نگاهت نهادی با مشارکت ده نفر از خبرگان صنعت نفت به روش دلفی صورت گرفت. سپس با مرور ادبیات، شبکه کارکردی نظام نوآوری استخراج شده و اوزان کارکردها، توسط هفده نفر از خبرگان نوآوری مشخص شد. در ادامه، با مشارکت نه نفر از خبرگان نوآوری و صنعت نفت، ماتریس نهاد کارکرد برای صنعت نفت ایران نوشته شد. در تحلیل کارکردی - نهادی نظام نوآوری صنعت نفت می‌توان نتیجه گرفت، اگرچه نهادهای بخش تحقیقاتی و آموزشی نظیر دانشگاه صنعت نفت، مؤسسه بین‌المللی مطالعات انرژی، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه ازدیاد برداشت و ... در توسعه دانش و انتشار دانش، فعال عمل می‌کنند، اما در خصوص فعالیت‌های کارآفرینی که وزن مهمی دارد، تنها متولی، شرکت‌های دانش‌بنیان هستند و در نتیجه به‌نظر می‌رسد به‌منظور بهبود کارکرد نظام نوآوری صنعت نفت، نهادهایی برای تقویت بعد کارآفرینی طراحی شدند.

کلیدواژه‌ها: نظام نوآوری فناورانه؛ صنعت نفت ایران؛ نگاهت نهادی؛ ماتریس نهاد - کارکرد؛ روش تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای فازی

* نویسنده مسئول: عضو مرکز رشد دانشگاه امام صادق علیه السلام؛ دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

reza.payandeh87@gmail.com

mortazavis2@ripi.ir

** دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۱. مقدمه

تغییرات بسیار سریع در نیازهای عمومی و لزوم تغییرات سریع در محصولات و فرایندها، شرایطی را به وجود آورده که نوآوری به‌عنوان مهم‌ترین عامل رقابت‌پذیری مطرح شده است. در فضای اقتصاد دانش‌بنیان، توانمندی‌های علمی و فناوری و توانایی تغییرات سریع در این توانمندی‌ها از طریق نوآوری به‌عنوان موتور محرک رشد اقتصادی از اهمیتی اساسی برخوردار است (لندوال^۱، ۱۹۹۲). کشورهای بسیاری که از نوآوری استقبال نموده و موفق به گذاشتن بنیان علم و فناوری شده‌اند، از رشد جهش‌گونه و قدرتمند تولید ناخالص داخلی همراه با استانداردهای بالای زندگی برخوردار شده‌اند (تیس^۲، ۱۹۸۶). بنابراین، ارتقای نوآوری، به‌ویژه نوآوری فناورانه، در کشورهای در حال توسعه به موضوع روز تبدیل شده و به‌موازات آن سیاست‌گذاری دولت‌ها برای حمایت از نوآوری نیز با توجه فزاینده‌ای همراه بوده است (آبرت^۳، ۲۰۰۵). اهمیت تقویت نوآوری در صنایع و حوزه‌های مختلف برای دولت‌ها یکسان نیست و بعضی صنایع مادر مثل صنعت نفت جایگاه ویژه‌ای دارند. نفت و فراورده‌های آن، امروزه بیش از ۶۵ درصد احتیاجات دنیای صنعتی به مصارف انرژی را تأمین می‌کنند. این میزان برای کشورهای نفت‌خیزی همچون ایران، به حدود ۹۷ درصد بالغ می‌شود. نفت علاوه بر اینکه منبع عمده تأمین انرژی در دنیای امروز است، نقش مهمی نیز در تعیین میزان قدرت ملی و اعتبار بین‌المللی کشورهای مختلف ایفا می‌کند (میرترابی، ۱۳۸۷). از آن زمان که مردم تنها برای روشنایی از نفت خام استفاده می‌کردند تاکنون که تقریباً در هر صنعتی ردپایی از نفت خام و فراورده‌هایش دیده می‌شود، پژوهشگران مختلف در تمام زمینه‌ها و کاربردهای مربوط به نفت تحقیقات فراوانی انجام داده‌اند که پیشرفت‌های فناوری وسیعی را در زمینه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در پی داشته است. اما با این حساب، تحقیق و پژوهش در صدسالگی صنعت نفت ایران، بسیار جوان‌تر از این صنعت است و هنوز گام‌های اولیه فعالیت‌های علمی در این صنعت برداشته شده است (کریمی و اسدزاده، ۱۳۹۴). در این پژوهش با بهره‌گیری از ادبیات نظام نوآوری تلاش می‌شود، تصویری واقعی از این صنعت ارائه شده،

1. Lundvall
2. Teece
3. Aubert

نهادهای موجود در این نظام جایابی شده و ضمن تحلیل شبکه مؤلفه‌های اثرگذار، خلأهای موجود بررسی شود؛ مسئله‌ای که پیش از این مقاله به صورت نظام‌مند در صنعت نفت مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف پژوهش این است تا پس از ترسیم نگاشت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت ایران، با آسیب‌شناسی نقش نهادها براساس رویکرد کارکردی، پیشنهادهای سیاستی برای صنعت نفت کشور ارائه کند. پژوهش حاضر، در راستای آسیب‌شناسی نظام نوآوری صنعت نفت ایران، به این سؤالات فرعی می‌پردازد:

- نگاشت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت ایران به چه شکل است؟

- کارکردهای متصور برای نهادهای فعال در نظام نوآوری صنعت نفت ایران چه مواردی است و کدام یک نقش بیشتری دارند؟

- کدام یک از کارکردهای نظام نوآوری صنعت نفت دچار آسیب است؟

به منظور پیشبرد هدف مقاله، در بخش دوم، پیشینه پژوهش بیان شده و مدل مفهومی جهت تحلیل نظام نوآوری صنعت نفت ایران تدوین می‌شود. سپس در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش تشریح شده و مراحل پیاده‌سازی مدل در یک نمودار زنجیره‌ای توضیح داده می‌شود. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش و پاسخ سؤالات بیان می‌شود. بیان نتیجه‌گیری و پیشنهادهای بخش پایانی مقاله حاضر است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نظام نوآوری

رویکرد نظام‌مند به نوآوری اگرچه از حدود دهه ۶۰ میلادی آغاز شده بود اما در دهه ۹۰ به شکوفایی رسید. بینش نظام‌مند بودن نوآوری، تغییراتی اساسی در تحلیل تغییرات فناورانه و همچنین مطالعات سیاست‌گذاری ایجاد کرده است. در این رویکرد، بنگاه‌ها دیگر نوآوران مستقل نیستند، بلکه نوآوری آنها به شدت به مجموعه‌ای از ساختارهای نهادی تولید دانش (سازمان‌های پژوهشی و دانشگاه‌ها)، فرهنگ مؤثر بر یادگیری، سازمان‌های اشاعه‌دهنده دانش (مدارس و دانشگاه‌ها)،

سیاست‌های دولتی و سایر بنگاه‌هایی که با یکدیگر تعامل دارند، وابسته است. این متغیرهای نظام‌مند بر مسیر تکامل نظام نوآوری تأثیر می‌گذارند (ویکستد^۱، ۲۰۰۹). رویکرد نظام‌مند در تحلیل‌های اقتصادی رویکرد جدیدی نیست و در بسیاری از مطالعات و شیوه‌های تحلیل اقتصادی نظیر تحلیل‌های داده - ستانده، الماس پورتر، بلوک‌های توسعه و... می‌توان مشاهده کرد. اما عبارت نظام نوآوری (IS) اشاره به رویکردی خاص در مطالعات نوآوری دارد که ریشه آن به اقتصاد تکاملی و نظریه شومپتر برمی‌گردد. این دیدگاه به فرایند نوآوری، با اقتباس از نظریه تکاملی داروین (۱۸۸۲ - ۱۸۰۹)، به‌عنوان فرایندی پویا و به‌طور مداوم در حال تکامل است (شومپتر و بکهاوس^۲، ۲۰۰۳).

نظام، مجموعه‌ای از اجزای به‌هم‌مرتبط است که در جهت هدفی مشترک حرکت می‌کنند. نظام‌ها سه مشخصه اساسی دارند: اول، هر نظام از بازیگران، روابط و ویژگی‌های تشکیل شده که با هم یک کل منسجم را تشکیل می‌دهند. بازیگران همان بخش‌های عملیاتی نظام هستند که می‌توانند انواع مختلفی نظیر افراد، بنگاه‌ها، بانک‌ها، دانشگاه‌ها، مؤسسات تحقیقاتی و ادارات سیاست‌گذاری دولتی داشته باشند. نهادهایی مانند قوانین، آئین‌نامه‌ها، سنت‌ها و هنجارهای اجتماعی نیز از اجزای نظام‌های اجتماعی و از جمله نظام نوآوری هستند. روابط، همان ارتباطات بین اجزای مختلف هستند. ویژگی‌ها و رفتار هر جزء از مجموعه، بر ویژگی‌ها و رفتار کل مجموعه تأثیر می‌گذارد. ویژگی‌ها، خصوصیات و اجزاء و روابط بین آنها هستند و مشخصات نظام را تعیین می‌کنند. از آنجا که اجزای نظام نوآوری با هم تعامل دارند، خصوصیات آنها نیز از نظام نشئت می‌گیرد. دوم، نظام یک کارکرد دارد، یعنی مختص انجام یا به‌دست آوردن چیزی است. آنچه برای درک نظام لازم است، بستگی به کارکرد یا هدف نظام و ابعاد تحلیل نظام دارد (کارلسون و همکاران^۳، ۲۰۰۲). کارکرد اصلی نظام نوآوری، اجرای فرایندهای نوآوری، یعنی توسعه و اشاعه نوآوری‌هاست. بنابراین، ویژگی اصلی این نظام، توانایی بازیگران آن در تولید، کسب و به‌کارگیری فناوری‌هایی است که ارزش اقتصادی دارند (ادکوئیست و هومن^۴، ۲۰۰۹). سوم، نظام دارای مرز است؛ یعنی باید بتوان نظام را از بقیه جهان تمیز داد. در رویکرد

1. Wixted
2. Schumpeter & Backhaus
3. Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne
4. Edquist & Hommen

نظام نوآوری، این نظام اجتماعی و پیچیده، علاوه بر این سه ویژگی، ویژگی‌های خاصی نظیر عدم اطمینان در توسعه، عقلانیت محدود بازیگران، فرایندهای بازخورد و وابستگی به مسیر نیز دارد (الکمد، کلین اشمیت و هکرت^۱، ۲۰۰۷).

نظام نوآوری فناورانه مفهومی است که در بطن رویکرد نظام نوآوری با تمرکز بر تشریح طبیعت و آهنگ تغییر فناورانه، توسعه یافته است. کارلسون و استانکویز نظام‌های نوآوری فناورانه را این گونه تعریف کرده‌اند: «شبکه پویایی از بازیگران که در یک زمینه اقتصادی و صنعتی و تحت چهارچوب نهادی خاصی با یکدیگر در تعاملند و در خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری مشارکت دارند» (کارلسون و استانکویز^۲، ۱۹۹۱). هکرت و همکاران، برگک و همکاران و مارکارد و تروفر نیز نظام نوآوری فناورانه را به‌عنوان مجموعه‌ای از بازیگران و قوانین معرفی کرده‌اند که بر سرعت و راستای تغییر فناورانه در یک حوزه فناورانه معین، تأثیر می‌گذارند (برجک و همکاران^۳، ۲۰۰۸؛ هکرت و همکاران^۴، ۲۰۰۷؛ مارکارد و ترافر^۵، ۲۰۰۸).

با استناد به تعاریف ارائه شده، هدف از تحلیل یک نظام نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی وضعیت توسعه‌یافتگی حوزه فناورانه مشخصی است که بر سرعت و جهت‌گیری فرایند نوآوری تأثیر می‌گذارند. به این ترتیب، نقاط آسیب نظام قابل شناسایی خواهد بود که از آنها با عناوینی چون مسائل و نقاط ضعف، موانع نظام یا نقاط شکست یاد می‌شود.

تحلیل نظام نوآوری فناورانه

رویکردهای دانشمندان برای مطالعه نظام‌های نوآوری فناورانه متفاوت و گوناگون است. برخی باتأکید بر این امر که وجود چهارچوب‌های مشخص تحلیلی می‌تواند مقایسه و درک تشابه و تفاوت‌های نظام‌های نوآوری را برای سیاست‌گذاری ساده کند، از شیوه‌هایی نظیر نگاشت نهادی و یا بررسی کارکردها و فعالیت‌های نظام را پیشنهاد کرده‌اند. برای نمونه، میرعمادی و همکاران در سال

1. Alkemade, Kleinschmidt & Hekkert
2. Carlsson & Stankiewicz
3. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne
4. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits
5. Markard & Truffer

۱۳۹۷، نظام نوآوری فناورانه بالگرد در ایران را با این رویکرد بررسی کرده‌اند. برخی در مقایسه نظام‌ها، روش‌های ریاضی را به کار برده‌اند. بعضی دیگر نیز باتا کیدبر پویایی و پیچیدگی نظام اجتماعی، از مدل‌سازی پویایی‌های نظام و نظریه آشوب بهره گرفته‌اند. در جدول ۱، چهار رویکرد از مهم‌ترین رویکردهای تحلیل نظام نوآوری طرح شده و در ادامه رویکرد تحلیلی انتخاب و توضیح داده شده است.

جدول ۱. رویکردهای تحلیل نظام نوآوری (ریاحی و قاضی نوری، ۱۳۹۲)

رویکرد	توضیح
۱ مطالعات کلاسیک	این نوع مطالعات، تلاش در درک و شناخت عملکرد نظام نوآوری با توصیف عمیق نظام و محیطی که در آن عمل می‌کند، دارند. اگرچه استفاده از سری‌های زمانی برای درک مسیر طی شده به‌وفور در این نوع مطالعات دیده می‌شود، اما به‌ندرت استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و یا شبیه‌سازی و سایر روش‌های پیچیده ریاضی در آن به چشم می‌خورد. هدف اصلی این مطالعات، توصیف، مقایسه و درک (دو کشور) است و از نظریه‌پردازی پرهیز شده است.
۲ بررسی کارکردها	یکی از رویکردهای رایج، بررسی عملکرد نظام نوآوری با توجه به فعالیت‌ها یا کارکردهای منسوب به آن است. در این رویکرد، نظام نوآوری در چهارچوب کارکردهای آن تحلیل می‌شود. محققان با توجه به هدف مطالعه و کانون توجه خود، کارکردهای مختلفی را برای نظام نوآوری متصور بوده‌اند.
۳ نگاشت نهادی	در این رویکرد به دلیل اهمیت و نقش محوری نهادها در پیشبرد و حمایت از خلق، توزیع و به کارگیری دانش در نظام نوآوری، ارزیابی عملکرد نظام از طریق ارزیابی وجود و ارتباط نهادهای مؤثر بر نوآوری در نظام صورت می‌گیرد. برای این کار باید بازیگران مرتبط، کارکردها و تعاملات بین آنها و همچنین نهادهای مؤثر بر رفتار آنها تشخیص داده شده و به تصویر کشیده شوند.
۴ تحلیل شکست نظام	برخی از محققان در تحلیل نظام، به شکست‌های آن توجه دارند و این روش را برای ارزیابی و یا تصمیم‌های سیاست‌گذاری مناسب می‌دانند. منطق شکست با منطق مداخله دولت ارتباط دارد. از دیدگاه نظام نوآوری، بروز مشکلات نظام‌مند خاصی که در داخل نظام رخ می‌دهد، دولت را مجاز به دخالت در آن می‌کند، یعنی زمانی که نظام در حمایت از خلق، جذب، حفظ، کاربرد و انتشار دانش، از طریق یادگیری یا سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، ناتوان است.

تحلیل کارکردی نظام نوآوری فناورانه

در ادبیات نظام‌های (سیستم) نوآوری فناورانه، مطالعات بسیاری با استفاده از رویکرد کارکردی صورت پذیرفته است (برجک و همکاران، ۲۰۰۸؛ هکرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ هکرت و نگرو،

۲۰۰۹). این گونه خاص تجزیه و تحلیل نظام‌های (سیستم) نوآوری فناورانه در سال‌های اخیر بسیار پر بار بوده و شامل مطالعات تجربی می‌شود که در آنها براساس این چهارچوب، گستره وسیعی از مطالعات موردی (اغلب درخصوص سیستم‌های نوآوری در حوزه فناوری‌های سبز) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند (دیوالد و ترافر^۱، ۲۰۱۱؛ مارکارد، استادلمن و ترافر^۲، ۲۰۰۹؛ نگر و هکرت، ۲۰۰۸؛ ون آلفن، هکرت و تارکنبرگ^۳، ۲۰۱۰). این مطالعات بیشتر تلاش داشت تا درک بهتری را نسبت به تغییرات فناورانه در بخش‌های مختلف ایجاد نماید. مفهوم «کارکرد» به طرق مختلفی به مطالعات نظام نوآوری کمک کرده است: اول، ابزاری برای تعیین مرزهای نظام مهیا می‌کند؛ دوم، مفهوم کارکرد ممکن است به‌عنوان ابزاری برای توصیف وضع فعلی نظام به کار گرفته شود؛ سوم، هنگام مطالعه پویایی نظام نوآوری مفید است. ترسیم «الگوی کارکردی^۴» به این معنا که کارکردها در طول زمان چگونه ارائه شده‌اند، به فهم این مسئله کمک می‌کند که این نظام چگونه پدید آمده است؛ چهارم، مفهوم کارکرد این امکان را به ما می‌دهد تا عملکرد یک نظام نوآوری را بسنجیم؛ درنهایت، با تمرکز بر کارکردها، بازیگران از آنچه که در نظام نوآوری اتفاق می‌افتد، تفکیک می‌شوند (جانسون^۵، ۲۰۰۱).

کارکردهای یک نظام نوآوری، گونه‌ای از فعالیت‌هاست که برای ساخت یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هفت کارکرد کلیدی در ادبیات موضوع مورد اشاره قرار گرفته که در ادامه هر کدام به اختصار توضیح داده شده است: فعالیت‌های کارآفرینی^۶، خلق دانش^۷، انتشار دانش^۸، جهت‌دهی به جستجو^۹، شکل‌دهی به بازار^{۱۰}، تأمین و تخصیص منابع^{۱۱}، حمایت گروه‌های پشتیبان^{۱۲}

1. Dewald & Truffer
2. Markard, Stadelmann & Truffer
3. Van Alphen, Hekkert & Turkenburg
4. Functional Pattern
5. Johnson
6. Entrepreneurial Activities
7. Knowledge Development
8. Knowledge Diffusion
9. Guidance of the Search
10. Market Formation
11. Resource Mobilisation
12. Creation of Legitimacy

(کب و همکاران^۱، ۲۰۱۵).

کارکرد ۱. فعالیت‌های کارآفرینی: کارآفرینان کسانی هستند که با داشتن چشم‌انداز جدیدی از فرصت‌های کسب‌وکار و یا تنوع‌بخشی به راهبردهای فعلی شرکت‌ها، در پیشرفت‌های جدید مزیت کسب کنند. کارآفرینان با ایجاد ترکیبات جدیدی از دانش فناورانه، اپلیکیشن‌ها و بازارها ریسک می‌کنند و در نتیجه این فعالیت، اطلاعات بیشتری در خصوص عملکرد فناوری در شرایط مختلف به دست می‌آید. یک نظام عملکردی خوب، در جو ناشی از شکوفایی فعالیت‌های کارآفرینی به وجود می‌آید.

کارکرد ۲. خلق دانش: سازوکارهای یادگیری، قلب هر فرایند نوآوری هستند. براساس گفته لندوال، اساسی‌ترین منبع در اقتصاد نوین، دانش و مهم‌ترین فرایند، یادگیری است. بنابراین، فعالیت‌های تحقیق و توسعه و خلق دانش، پیش‌نیازهای نظام نوآوری هستند. نوعاً شاخص‌هایی که برای نگاشت این کارکرد در طول زمان ارائه شده، عبارتند از: ۱. پروژه‌های تحقیق و توسعه، ۲. پتنت و ۳. سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه.

کارکرد ۳. انتشار دانش از طریق شبکه‌ها: اهمیت شبکه‌ها، در تبادل اطلاعات است. این موضوع به‌ویژه در مفاهیم ناهمگونی که فعالیت‌های تحقیق و توسعه را به دولت، رقبا و بازار مرتبط می‌سازد، اهمیت بیشتری می‌یابد. این کارکرد را می‌توان از طریق نگاشت تعداد کارگاه‌ها و کنفرانس‌های اختصاص‌یافته به یک موضوع فناورانه خاص، و نیز از طریق نگاشت اندازه شبکه و چگالی آن در طول زمان، مورد تجزیه و تحلیل قرارداد.

کارکرد ۴. جهت‌دهی به جستجو: از آنجا که منابع تقریباً همیشه محدود هستند، به منظور دستیابی به کارایی لازم است تا زمانی که گزینه‌های فناورانه متعدد وجود دارد، کانون توجه برای سرمایه‌گذاری بیشتر انتخاب شود. راهنمای تحقیق و توسعه صرفاً موضوعی در خصوص تأثیرات بازار یا دولت نیست، بلکه اغلب یک فرایند تعاملی و تجمعی از تبادل ایده‌ها بین تولیدکنندگان فناوری، کاربران فناوری و بسیاری از بازیگران دیگر است. این کارکرد می‌تواند از طریق نگاشت اهداف

1. Kebebe, Duncan, Klerkx, Boer & Oosting

ویژه‌ای که توسط دولت یا صنعت برای یک فناوری تعریف می‌شود و یا با بررسی مقالاتی که در مجلات تخصصی در مورد فناوری و انتظارات توسعه فناوری جدید وجود دارند، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

کارکرد ۵. شکل‌دهی به بازار: فناوری‌های جدید اغلب برای رقابت با فناوری‌های جاافتاده مشکل دارند. این کارکرد می‌تواند از طریق نگاهت تعداد نیچ مارکت‌هایی که معرفی شده‌اند، رژیم‌های مالیاتی ویژه برای فناوری‌های جدید و یا استانداردهای محیطی جدید که شانس را برای فناوری‌های محیطی جدید افزایش می‌دهد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

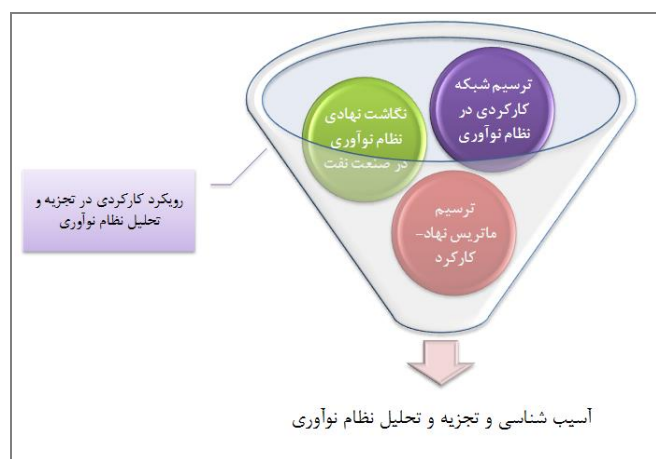
کارکرد ۶. تأمین و تخصیص منابع: هم منابع مالی و هم سرمایه انسانی، ورودی نظام نوآوری هستند. برای یک فناوری، اختصاص منابع کافی به منظور ایجاد امکان تولید دانش ضروری است. تجزیه و تحلیل این کارکرد کار بسیار دشواری است. اگرچه بررسی میزان بودجه‌ای که از طرف صنعت یا دولت به فعالیت‌های تحقیق و توسعه بلندمدت اختصاص می‌یابند، مفید است.

کارکرد ۷. حمایت گروه‌های پشتیبان: به منظور توسعه موفق یک فناوری، لازم است تا بخشی از ساختار موجود یا تمامی تخریب شود. ذی‌نفعان معمولاً با این تخریب خلاق مخالفت می‌کنند. در این زمان گروه‌های پشتیبان مانند مقوم (کاتالیست) عمل کرده و فناوری جدید را در دستور کار قرار می‌دهند (کارکرد ۴)، برای کسب منابع لابی می‌کنند (کارکرد ۶)، رژیم‌های مالیاتی مناسب به کار می‌گیرند (کارکرد ۵) و بدین ترتیب برای یک مسیر فناوری جدید، مشروعیت ایجاد می‌کنند. این کارکرد می‌تواند از طریق نگاهت و تحلیل میزان رشد گروه‌های علاقه‌مند و فعالیت‌های لابی آنها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۳. ساختاردهی به مدل مفهومی پژوهش

چنانچه پیش‌تر در بخش ادبیات تحقیق اشاره شد، رویکردهای تحلیل نظام نوآوری را می‌توان به‌طور کلی به چهار رویکرد: مطالعات کلاسیک، بررسی کارکردها، نگاهت نهادی و تحلیل شکست نظام، افراز نمود.

در رویکرد کلاسیک (توصیفی عمیق) باوجود ارائه درس‌هایی درخصوص درک فضای نوآوری از طریق مطالعه و مقایسه نظام‌های نوآوری پیچیده با یکدیگر، به دلیل تفاوت‌های بسیار میان نظام‌های نوآوری، چندان اثربخش نمی‌باشد. علاوه‌براین محققین، چهارچوب‌های تحقیقاتی یکسانی در این‌گونه مطالعات نداشته و در نتیجه جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده در این رویکرد با مشکل مواجه است. در رویکرد نگاشت نهادی نیز چهارچوب‌های نظری ارائه‌شده بر پایه پاسخگویی به تعداد زیادی از سؤالات درخصوص جایگاه و عملکرد و خصوصیات هر نهاد استوار است. اگرچه در اختیار داشتن این اطلاعات به وضوح فضای نوآوری کمک شایان توجهی می‌کند، اما نبود امکان پاسخگویی به تمامی این سؤالات، آن را نیازمند وجود چهارچوبی عملیاتی و اجرایی کرده است. به همین دلیل، در مدل مفهومی ارائه‌شده به منظور تحلیل نظام نوآوری صنعت نفت تلاش شده است با تلفیق دو رویکرد کارکردی و نهادی، دیدی جامع جهت شناسایی و تحلیل نظام نوآوری مهیا شود. بر این اساس، مدل مفهومی تحلیل نظام نوآوری صنعت نفت مطابق شکل زیر تدوین شد:



شکل ۱. مدل مفهومی آسیب‌شناسی نظام نوآوری صنعت نفت ایران

چنانچه پیش‌تر اشاره شد، براساس رویکرد کارکردی، نظام نوآوری، با تعیین مرزهای نظام نوآوری و تفکیک بازیگران براساس عملکرد آنها و سپس سنجش عملکردهای نظام نوآوری و

توصیف وضعیت فعلی و درک پویایی آن، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. براساس این مفهوم، در مدل تجزیه و تحلیل نظام نوآوری صنعت نفت به سه مؤلفه اساسی پرداخته شد.

نگاشت نهادی

نگاشت نهادی با ارائه تصویری نسبتاً روشن از وضعیت بازیگران و عناصر نظام ملی نوآوری و میزان و چگونگی تعاملات آنها، کمک قابل ملاحظه‌ای در شناسایی عوامل ایجادکننده نارسایی سیستمی می‌کند. هکرت و نگرو معتقدند که هنگامی که نظام‌های نوآوری در سطح ملی مورد بررسی قرار می‌گیرند، به دلیل وجود نهادها، روابط و بنگاه‌های بسیار، نگاشت فرایند پویایی آنها مشکل است؛ لذا بسیاری از محققینی که نوآوری را در سطوح ملی مورد بررسی قرار می‌دهند، به جای تمرکز بر این موضوع، بر ساختار نهادی متمرکز می‌شوند. در همین راستا، با توجه به گستردگی نظام نوآوری در صنعت نفت، ساختار نظام نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرد (هکرت و نگرو، ۲۰۰۹).

براین اساس، چهارچوب کلمن و آرنولد^۱ مطابق شکل زیر، مبنای نگاشت قرار گرفت. در این چهارچوب، پنج بخش سازمان‌های سیاست‌گذار، سازمان‌های پشتیبان، سازمان‌های تحقیقاتی و آموزشی، سازمان‌های طرف تأمین و سازمان‌های طرف تقاضا مورد بررسی قرار می‌گیرند (کلمن و آرنولد، ۲۰۰۱).



شکل ۲. نگاشت نهادی یک نظام نوآوری (Kuhlmann & Arnold, 2001)

نگاشت ماتریس نهاد - کارکرد

با مشخص شدن خروجی‌های فرایند نگاشت نهادی از یک سو و نیز داشتن رویکرد کارکردی از سوی دیگر، می‌توان از ماتریس نهاد - کارکرد به منظور تحلیل نظام نوآوری بهره برد. در این فرایند با مشخص نمودن کارکردهای کنونی هر یک نهادهای فعال در نظام نوآوری، می‌توان علاوه بر شناسایی نهادهای موازی، کارکردهایی را که بدون متولی بوده و یا در قیاس با دیگر کارکردها، به قدر کفایت تحت پوشش نهادهای نظام نوآوری قرار نمی‌گیرند، مشخص شده و در نهایت با تحلیل و جمع‌بندی مشخصه‌های ماتریس ترسیم‌شده، تصمیم‌سازی لازم جهت رفع نارسایی‌های سیستمی صورت می‌پذیرد.

ترسیم شبکه کارکردی در نظام نوآوری

در این پژوهش سعی شده است تا اتخاذ رویکرد کارکردی صرفاً به اندازه‌گیری ابعاد کارکردی در یک بخش محدود نگردد، بلکه با توجه به متولیان هر شاخص و نیز در نظر گرفتن میزان اثرگذاری ابعاد عملکردی بر یکدیگر به تحلیل شبکه نهادهای فعالی در بخش مورد نظر پرداخت. مطالعه آکمیید و همکاران، نشان می‌دهد که اهمیت و تأثیرگذاری کارکردهای مختلف در دوره‌های زمانی مختلف

می‌تواند متفاوت باشد، به صورتی که در فازهای اولیه شکل‌گیری یک نظام نوآوری، کارکرد هدایت تحقیقات بسیار مهم است ولی به تدریج اهمیت خود را ازدست داده و کارکردهایی مانند فعالیت‌های کارآفرینانه، شکل‌گیری بازار، تأمین منابع و خلق دانش اهمیت می‌یابند (الکمداد و همکاران، ۲۰۰۷). این‌گونه تحلیل‌های تاریخی می‌تواند زوایای تازه‌ای برای شناخت و ارزیابی نظام‌های نوآوری نوظهور ارائه کند و باتوجه به میزان رشد و شکل‌گیری یک نظام، میزان اهمیت و تأثیرگذاری کارکردها را متفاوت تحلیل نماید. در این مطالعه سعی شده است براساس مدل هکرت و روابط تأثیرگذاری میان ابعاد عملکردی آن، وزن هر یک از ابعاد عملکردی در نظام نوآوری صنعت نفت ایران باتوجه به زمان و شرایط صنعت سنجیده شده و تحلیل نهایی باتوجه به اهمیت نسبی میان ابعاد صورت پذیرد (هکرت و همکاران، ۲۰۰۷).

پیش از تشریح فرایند اجرای پژوهش و روش‌شناسی آن، لازم است تا سایر مطالعات مرتبط با این مقاله تحلیل شود. صنعت نفت ایران از منظر نوآوری و فناوری در مقالات متعددی بررسی شده است. برخی از این تلاش‌ها عبارتند از:

- باقری، سید کامران و صدرایی، ساسان (۱۳۸۹)، گذار از پژوهش جزیره‌ای به نوآوری شبکه‌ای در صنعت نفت ایران، فرصت‌ها و چالش‌ها، چهارمین کنفرانس مدیریت فناوری.

- نوری، جواد (۱۳۹۵)، ساخت داخل و توسعه فناورانه کالا و تجهیزات صنعت نفت و تأثیر آن در تعاملات بین‌المللی و صادرات منطقه‌ای، همایش «صنعت نفت دانش‌بنیان تبلور اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی».

- امیرقدسی، سیروس؛ ملکی، علی و شوال‌پور، سعید (۱۳۹۵)، آسیب‌شناسی عدم توفیق توسعه تکنولوژیک صنعت نفت ایران از طریق مطالعه تطبیقی با کشور نروژ، مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۶ (۲۱).

- حسنی، سید حمزه؛ رفیعی، سعیدحسین و بخشی‌آنی، علی (۱۳۹۵)، بررسی نقش سازمان‌های پژوهش و فناوری در نظام ملی نوآوری، مطالعه موردی: پژوهشگاه صنعت نفت ایران، سیاست علم و فناوری.

اما بررسی مقالات فوق نشان می‌دهد، هیچ مقاله جامعی نظام نوآوری صنعت نفت را آسیب‌شناسی نکرده است و لازم است پژوهشی به صورت اختصاصی این موضوع را تحلیل کرده که مقاله حاضر با چنین هدفی تنظیم شده است.

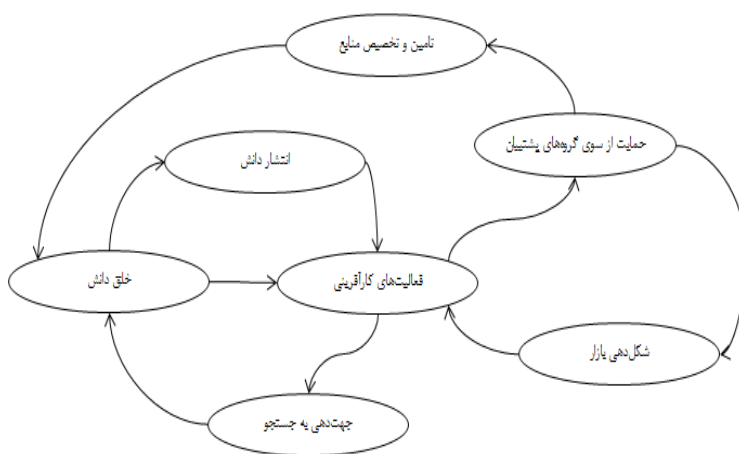
۴. روش‌شناسی پژوهش

جهت‌گیری این پژوهش کاربردی است و بر نظریه نظام‌های نوآوری فناورانه مبتنی است. راهبرد مورد استفاده آن پیمایش و هدف آن توصیفی - تبیینی است. روش جمع‌آوری اطلاعات در این مقاله به شکل مصاحبه ساختاریافته به روش دلفی، مطالعه اسناد و استفاده از پرسشنامه (پیمایش) بوده است. در راستای ارتقای سطح اعتبار و اطمینان از تحلیل‌ها از نوعی مثلثی‌سازی (هم‌زمانی استفاده از دو روش کمی و کیفی) کمک گرفته شده است (یاسمین و رحمان^۱، ۲۰۱۲). هدف پژوهش پیش رو این است تا پس از تشریح نگاهت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت ایران، با آسیب‌شناسی نقش نهادها بر اساس رویکرد کارکردی، پیشنهادهای سیاستی برای صنعت نفت کشور ارائه کند.

بدین منظور، نسخه اولیه نگاهت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت با اتکا به اسناد و مدارک و بررسی‌های تجربی، شکل داده شد و در ادامه از طریق مشارکت ده نفر از خبرگان صنعت نفت، پیکره‌بندی یادشده به روش دلفی تکمیل شد. این ده نفر از افراد با سابقه و مسئول و با دانش و تخصص کافی حداقل ۸ ساله نسبت به جوانب و موضوعات این پژوهش بودند. این خبرگان از یک سو با صنعت نفت آشنایی داشتند و از سوی دیگر بر مفهوم نظام نوآوری و نگاهت نهادی تسلط داشتند. از ده پرسشنامه ارسالی، نه عدد پرسشنامه دریافت شد. پس از جمع‌بندی نظرات خبرگان در دور اول، مجدداً بر اساس نقطه نظرات مطرح شده، پرسشنامه دور دوم تدوین و برای ده تن از خبرگان ارسال شد. در این دور نه پرسشنامه تکمیل شده دریافت شد.

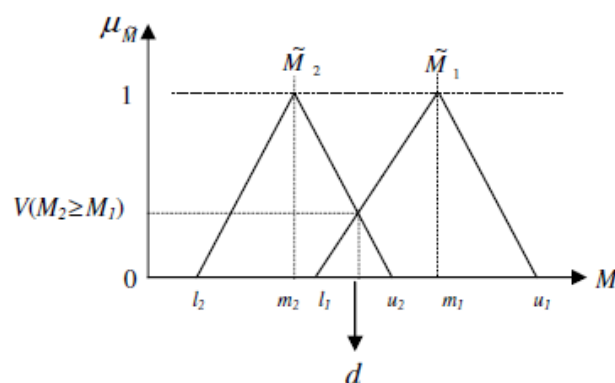
با مشخص شدن نهادهای فعال در نظام نوآوری صنعت نفت و پس از مطالعه ادبیات در خصوص تحلیل نظام نوآوری بر اساس رویکرد کارکردی، ماتریس نهاد - کارکرد به منظور تحلیل میزان ایفای

نقش نهادهای فعال در نظام نوآوری صنعت نفت از بعد کارکردی، به کار گرفته شد. در این ماتریس، ابعاد کارکردی نظام نوآوری براساس مدل ابعاد هفت‌گانه هکرت تنظیم شد. با توجه به اینکه تسلط بر کارکردهای نهادهای صنعت نفت (همانند استفاده از نظرات خبرگان در مرحله قبل) نیازمند تسلط بر مفهوم نظام نوآوری و نگاشت نهادی در صنعت نفت است، از همان ده خبره شناسایی شده در مرحله قبل به منظور ترسیم ماتریس نهاد - کارکرد کمک گرفته شد. براین اساس، پرسشنامه نهاد - کارکرد تنظیم و برای ده تن از خبرگان صنعت ارسال و در نهایت نه پرسشنامه تکمیل شده دریافت گردید. در گام بعد و به منظور آسیب‌شناسی نهادهای فعال در نظام نوآوری، لازم است تا میزان تأثیرگذاری ابعاد مختلف بر یکدیگر و نیز اهمیت هر یک از این ابعاد با توجه به شرایط صنعت، مدنظر قرار گیرد. لذا در گام نخست روابط اثرگذاری و اثرپذیری میان ابعاد کارکردی مورد بررسی قرار گرفت. هکرت در پژوهش خود در سال ۲۰۰۷، روابط کلی میان این ابعاد را مستقل از شرایط بخش و صنعت دانسته و شبکه اثرگذاری میان آنها را تعیین نمود. این شبکه به عنوان مبنا برای ترسیم شبکه ابعاد کارکردی در نظام نوآوری صنعت نفت قرار گرفت.



شکل ۳. شبکه ابعاد کارکردی [۲۹]

گذشته از نوع ارتباط میان این ابعاد، وزن هر یک جهت تحلیل نهادی - کارکردی، دارای اهمیت است. لذا در این بخش با توجه به شرایط مسئله، از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP^۱) فازی بهره گرفته شد. ساعتی در سال ۱۹۸۶ روش AHP را به منظور حل مسائلی که بین شاخص‌ها ارتباط وجود داشت، پیشنهاد کرد و در سال ۱۹۹۶ روش ANP را نیز ارائه نمود (ستی و تاکیزاوا^۲، ۱۹۸۶). در حالی که روش AHP چهارچوبی را به منظور روابط سلسله‌مراتبی ارائه می‌کرد، روش ANP به وابستگی‌های درونی بین سطوح تصمیم‌گیری می‌پردازد (داگدویرن و همکاران^۳، ۲۰۰۸). ANP جایگزین روش سلسله‌مراتبی شد که در آن روابط بین سطوح الزاماً از سطوح بالاتر به پایین‌تر نیست (مید و سرکیس^۴، ۱۹۹۹). زاده، نظریه فازی را بر مبنای عدم قطعیت بنا نهاد. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده شده که در شکل زیر نشان داده شده است (زاده^۵، ۱۹۶۵).



شکل ۴. منطق فازی مثلثی

به منظور استفاده از نظرات خبرگان در تحلیل فرایند شبکه‌ای در این بخش از پژوهش، نیاز نیست تا خبرگان رویکرد دقیقی نسبت به نهادهای صنعت نفت داشته باشند، بلکه آشنایی آنها با نظام

1. Analytical network process
2. Saaty & Takizawa
3. Dağdeviren, Yüksel, & Kurt
4. Meade & Sarkis
5. Zadeh

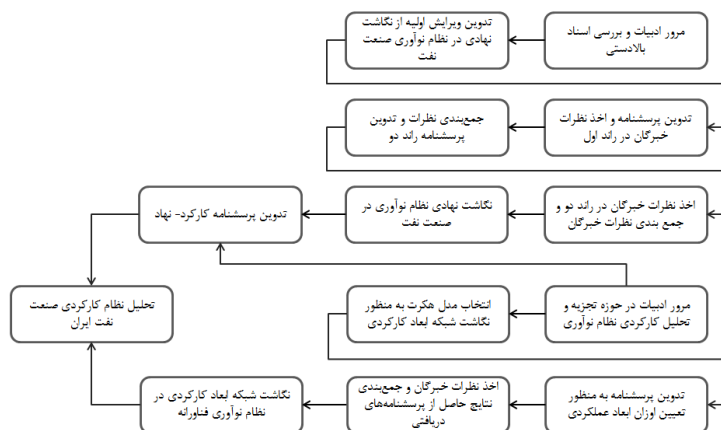
آسیب‌شناسی نظام نوآوری صنعت نفت ایران مبتنی بر تحلیل کارکردی - نهادی

نوآوری و کارکرد نهادها کافی است. با توجه به این ویژگی‌ها، بیست‌وپنج نفر از خبرگان شناسایی شدند. از پرسشنامه‌های ارسالی، هفده پرسشنامه در نهایت دریافت شد. در تحلیل فرایند شبکه‌ای براساس منطق فازی، ابتدا پرسشنامه مقایسات زوجی تدوین و نظرات خبرگان اخذ شد. سپس به منظور محاسبه داده‌های به دست آمده، از جدول زیر جهت تبدیل داده‌های کیفی به داده‌های کمی فازی استفاده شد.

جدول ۲. تبدیل مقیاس کیفی میزان اهمیت به اعداد فازی

مقیاس فازی معکوس	مقیاس فازی مثلثی	مقیاس اهمیت
(۰, ۰, ۱)	(۰, ۰, ۱)	اهمیت یکسان
(۰, ۱/۲, ۱)	(۰, ۱, ۲)	اهمیت کم
(۱/۳, ۱/۲, ۱)	(۱, ۲, ۳)	اهمیت قوی
(۱/۴, ۱/۳, ۱/۲)	(۲, ۳, ۴)	اهمیت خیلی قوی
(۱/۴, ۱/۴, ۱/۳)	(۳, ۳, ۴)	اهمیت کامل و مطلق

همه مراحل روش تحقیقی که برای پیاده‌سازی پژوهش بیان شد، در شکل زیر، نمایش داده شده است.



شکل ۵. فرایند اجرای پژوهش

همچنین اطلاعات نخبگانی که در این پژوهش همکاری داشته‌اند، در جدول زیر فهرست شده است.

جدول ۳. اطلاعات نخبگان پژوهش

تعداد	نخبگان تعیین اوزان کارکردهای نوآوری	تعداد	نخبگان دور اول و دوم دلفی
۶ نفر	اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها در رشته مدیریت نوآوری، سیاست‌گذاری علم و فناوری و کارآفرینی	۴ نفر	مدیران و کارشناسان پژوهشگاه صنعت نفت
۷ نفر	مدیران ارشد فناوری صنعت ایران	۳ نفر	کارشناسان ارشد انرژی در مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت
۴ نفر	دانش‌آموختگان و دانشجویان دکتری در رشته مدیریت نوآوری، سیاست‌گذاری علم و فناوری و کارآفرینی	۱ نفر	معاونت پژوهش و فناوری وزارت نفت
		۱ نفر	وزیر نیرو وقت
		۱ نفر	کارشناس ارشد پژوهشگاه نیرو
۱۷ نفر		۱۰ نفر	جمع

۵. یافته‌های پژوهش

نگاشت نهادی نظام نوآوری در صنعت نفت

به منظور ترسیم نگاشت نهادی نظام نوآوری در صنعت نفت و تحلیل ابعاد کارکردی آن که پیش از مقاله حاضر موضوع هیچ‌یک از مقالات این حوزه نبوده است، پس از بررسی ادبیات موضوع و نیز بررسی اسناد بالادستی نظیر اسناد رسمی و مصوب سازمان «پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران» (از جمله دستورالعمل‌های ابلاغی به این معاونت)، پایانامه‌های دانشجویی کارشده در این حوزه نظیر پایان‌نامه سلیمی (۱۳۸۷) در دانشگاه علامه طباطبایی با موضوع «نگاشت نهادی در صنعت نفت»، پروژه‌های تحقیقاتی انجام‌شده در این حوزه، بررسی سرفصل‌های اولویت‌های پژوهشی وزارت نفت و... ویرایش اولیه از نگاشت نهادی ترسیم شد. در این ویرایش، با ایجاد تغییراتی در مدل کلمن و آرنولد، دسته‌بندی مناسب‌تری جهت ترسیم نظام نوآوری صنعت نفت ایران آماده شد. براین اساس، بخش عرضه همچنان سازمان‌های پژوهشی نظیر دانشگاه صنعت نفت، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده ازدیاد برداشت، واحدهای پژوهش و توسعه در چهار شرکت اصلی و... قرار گرفت. در بخش تقاضا نیز چهار شرکت اصلی به‌عنوان مصرف‌کننده در نظام

آسیب‌شناسی نظام نوآوری صنعت نفت ایران مبتنی بر تحلیل کارکردی - نهادی

نوآوری جای گرفت. اما در بخش نهادهای واسطه‌ای، سازمان‌هایی قرارداد شده که به نوعی تحقیقات حاصل از بخش عرضه را به محصولات مورد نیاز بخش تقاضا تبدیل می‌کنند. لذا در این بخش سازمان‌هایی نظیر شرکت‌های دانش‌بنیان و شرکت‌های انشعابی و نیز ازسوی دیگر شرکت‌های مهندسی و خدمات فناورانه (مانند شرکت‌های خدمات حفاری) قرار گرفتند. سازمان‌های سیاست‌گذار (نظیر معاونت مهندسی و ساخت داخل و معاونت پژوهش و فناوری) و سازمان‌های پشتیبان (مانند کمیته تدوین استانداردها و صندوق حمایت از تجاری‌سازی) نیز براساس مدل جانمایی شدند. در ادامه، براساس مراحل بیان شده در بخش روش‌شناسی پژوهش، نتایج حاصل از برگزاری دور اول و دوم دلفی برای کسب آراء نخبگان پیرامون نگاشت نهادی صنعت نفت ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج حاصل از جمع‌بندی نظرات خبرگان در دور اول و دوم

ردیف	نظرات خبرگان در دور اول	درصد خبرگان پیشنهاد دهنده در دور اول	
		موافق	مخالف
۱	چهار شرکت اصلی به بخش سازمان‌های سیاست‌گذار اضافه شوند	۸۳٪	۱۷٪
۲	در پشتیبانی از فرایند نوآوری در صنعت نفت، در این نگاشت به بخش‌های صنعتی توجه کم‌تری شده است تا به بخش تحقیقاتی (تنها شرکت مهندسی و خدمات فناورانه ذکر شده است)	۶۷٪	۳۳٪
۳	به زیرساخت‌های مالی توجه کمی شده و باید نهادهایی در این خصوص ذکر شوند	۵۰٪	۵۰٪
۴	به زیرساخت‌های حقوقی (نظیر مالکیت فکری) توجه کمی شده و باید نهادهایی در این خصوص ذکر شوند	۱۷٪	۸۳٪
۵	بخش تحقیق و توسعه در چهار شرکت اصلی قابل طرح به‌عنوان یک نهاد در بخش نهادهای واسطه‌ای نیستند	۱۷٪	۸۳٪
۶	واحد پژوهش و توسعه شرکت ملی پتروشیمی به‌عنوان یک نهاد جداگانه خارج از واحدهای تحقیق و توسعه چهار شرکت اصلی قابل بررسی نمی‌باشد.	۳۳٪	۶۷٪
۷	ذکر پژوهشکده ازدیاد برداشت به‌عنوان یک نهاد جداگانه در کنار دیگر نهادها قابل بررسی نیست	۶۷٪	۳۳٪

در راستای اعمال جمع‌بندی به‌دست آمده، مواردی که بیش از ۶۰٪ خبرگان با آن مخالف بودند، حذف شد. در خصوص سایر موارد مجدداً مصاحبه‌ای با خبرگان صورت پذیرفت تا دلایل موافقت و مخالفت آنها مورد بررسی مجدد قرار گیرد. نهایتاً تغییرات موردنیاز در نگاشت نهادی به ترتیب زیر صورت پذیرفت:

در خصوص بند شماره یک با توجه به ماهیت تأثیرگذاری تصمیمات چهار شرکت اصلی بر سیاست‌گذاری‌های نظام نوآوری صنعت نفت، این نهاد با نظر ۸۰٪ از خبرگان به بخش سازمان‌های سیاست‌گذار نگاشت نهادی، اضافه شد.

در خصوص بند شماره دو اگرچه بسیاری از شرکت‌های قطعه‌ساز، تولیدکنندگان مواد شیمیایی، کاتالیست‌ها و تجهیزات در این صنعت اشتغال داشته و به‌نوعی در نظام نوآوری صنعت نفت دخیل می‌باشند، اما این بنگاه‌ها ماهیتی برون‌صنعتی داشته و نظیر واحدهای تحقیق و توسعه در چهار شرکت اصلی، ماهیت وجودی آن در درون صنعت تعریف نشده است. با توجه به محدوده تعریف نگاشت در این مطالعه، نهادهای برون‌صنعتی شامل صنایع مکملی که توسط برخی خبرگان اشاره شده، در نگاشت مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. این استدلال در خصوص تشریح دلیل حذف بند شماره سه نیز صادق است.

در خصوص وجود پژوهش‌گده ازدیاد برداشت، از آنجا که در سایت رسمی «پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران» به‌صراحت در کنار پژوهشگاه صنعت نفت، دانشگاه صنعت نفت و مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی قرار گرفته است و نیز با توجه به سابقه سی‌ساله و کارنامه آن در توسعه فناوری‌های ازدیاد برداشت از منابع هیدروکربنی کشور، علی‌رغم نظرات ۶۷٪ از خبرگان، این نهاد همچنان در نگاشت ترسیم شده، باقی می‌ماند. در نهایت، نهادهای فعال در نظام نوآوری صنعت نفت طبق روش دلفی شناسایی و در چهارچوب کلمن و آرنولد (تشریح شده در شکل شماره ۲) به‌صورت شکل زیر جانمایی شد:



شکل ۶. نگاشت نهادی در نظام نوآوری صنعت نفت ایران

ماتریس نهاد - کارکرد نظام نوآوری صنعت نفت

با جمع‌بندی نظرات خبرگان، ماتریس نهاد - کارکرد در نظام نوآوری صنعت نفت، جدول شماره ۳ به‌دست آمد.^۱ به‌منظور جمع‌بندی نظرات دریافتی از خبرگان، هر پرسشنامه به ماتریسی از داده‌های صفر و یک تبدیل شد. بدین ترتیب، که در تقاطع هر نهاد/ کارکرد، چنانچه از نظر خبره محترم، کارکرد موردنظر توسط نهاد موردبحث انجام می‌گرفت، به سلول متناظر عدد یک و درغیراین‌صورت، عدد صفر اختصاص یافت. سپس با محاسبه میانگین به‌دست‌آمده از نظرات خبرگان، ماتریس نهاد/ کارکرد به‌صورت جدول شماره ۳ تشکیل شد. چنانچه مشاهده می‌شود، میزان فراوانی داده‌ها با تمایز رنگ در ماتریس نشان داده شده است. از طریق تحلیل مناطق تیره و روشن در ماتریس می‌توان نتیجه گرفت که در چه ابعاد کارکردی، متولیان تعیین شدند و چه ابعاد کارکردی متولی مستقیمی ندارد. همچنین می‌توان تحلیلی در خصوص چگونگی عملکرد نهادهای مختلف در بخش‌های مختلف نگاشت ارائه نمود.

۱. از آنجا که تکرار نهادها در ماتریس نهاد - کارکرد تأثیری بر نحوه عملکرد آنها در ابعاد کارکردی نوآوری ندارد، لزومی به تکرار چهار شرکت اصلی در بخش نهادهای سیاست‌گذار نمی‌باشد.

جدول ۵. ماتریس نهاد - کارکرد در نظام نوآوری صنعت نفت

کارکرد							نهاد		
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	خلق دانش	فناوری‌های کارآفرینی	سازمان	بعد	
۰,۳۳	۰,۸۳	۰,۳۳	۰,۵۰	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	معاونت مهندسی و ساخت داخل	سازمان‌های سیاست‌گذار	
۰,۱۷	۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۶۷	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۰۰	معاونت پژوهش و فناوری		
۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۰۰	دانشگاه‌ها	سازمان‌های تحقیقاتی و آموزشی	
۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۸۳	۱,۰۰	۰,۰۰	دانشگاه صنعت نفت		
۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۰۰	۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۰۰	مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی		
۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۰۰	پژوهشگاه صنعت نفت		
۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۰۰	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۱۷	پژوهشکده ازدیاد برداشت		
۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۱۷	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۰۰	واحد پژوهش و توسعه شرکت ملی پتروشیمی		
۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۱۷	مؤسسات آموزش حرفه‌ای		
۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۱,۰۰	شرکت‌های دانش‌بنیان (انشعابی)		
۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۵۰	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۵۰	شرکت‌های مهندسی و خدمات فناورانه		نهادهای واسطه‌ای
۰,۱۷	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۰۰	واحدهای پژوهش و توسعه در چهار شرکت اصلی		
۰,۱۷	۰,۵۰	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۰۰	واحدهای پژوهش و توسعه در شرکت‌های تابعه چهار شرکت اصلی		
۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۵۰	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی ایران	مصرف کنندگان	
۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۶۷	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	شرکت ملی صنایع پتروشیمی		
۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۵۰	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	شرکت ملی گاز ایران		
۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۶۷	۰,۱۷	۰,۱۷	۰,۳۳	شرکت ملی نفت ایران		
۰,۱۷	۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۶۷	۰,۱۷	۰,۰۰	۰,۰۰	کمیته تدوین استانداردها	سازمان‌های پشتیبان	
۰,۵۰	۰,۶۷	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۳۳	صندوق حمایت از تجاری‌سازی		
		بین ۶۰ تا ۸۰		بین ۴۰ تا ۶۰		بین ۲۰ تا ۴۰		بین ۱۰ تا ۲۰	
بیش از ۸۰٪								کم‌تر از ۱۰٪	

شبکه ابعاد کارکردی در نظام نوآوری صنعت نفت

براساس شیوه‌ای که در بخش روش‌شناسی پژوهش توضیح داده شد، در این مرحله اوزان کارکردهای نظام نوآوری، توسط هفده نفر از خبرگان نوآوری مشخص شد. در این راستا، پس از جمع‌بندی پرسشنامه‌های دریافتی براساس اعداد فازی و برگردان اعداد فازی به اعداد حسابی، داده‌های نهایی با استفاده از نرم‌افزار Super Decision تحلیل شد. بر این اساس، پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی و محاسبه بردارهای اولویت و نرخ ناسازگاری هر ماتریس، سوپر ماتریس ناموزون به دست آمد. سپس با ضرب اوزان خوشه‌ها در درایه‌های متناظر سوپر ماتریس ناموزون، سوپر ماتریس موزون به صورت شکل زیر تشکیل شد.

جدول ۶. سوپر ماتریس وزن‌دار

هدف	هدف	ابعاد کارکردی						
		انتشار دانش	تأمین و تخصیص منابع	جهت‌دهی به جستجو	حمایت گروه‌های پشتیبان	خلق دانش	شکل‌دهی بازار	فعالیت‌های کارآفرینی
هدف	هدف	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
ابعاد کارکردی	انتشار دانش	۰,۱۲۵۲۴۹	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۴۸۸۷۵۳	۰,۰۰۰۰۰۰
	تأمین و تخصیص منابع	۰,۱۵۴۹۳۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۴۳۱۴۹۷	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
	جهت‌دهی به جستجو	۰,۱۱۸۴۳۴	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۷۳۲۱۶
	حمایت گروه‌های پشتیبان	۰,۱۵۱۶۷۶	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۹۲۶۷۸۴
	خلق دانش	۰,۱۴۸۹۹۵	۰,۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
	شکل‌دهی بازار	۰,۱۵۱۲۲۲	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۵۳۸۵۰۳	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
	فعالیت‌های کارآفرینی	۰,۱۴۹۴۹۴	۱,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۵۱۱۲۴۷	۱,۰۰۰۰۰۰

با همگرانمودن اوزان اولویت‌ها در سوپر ماتریس موزون، سوپر ماتریس کران‌دار مطابق جدول زیر به دست آمد.

جدول ۷. سوپر ماتریس کران‌دار

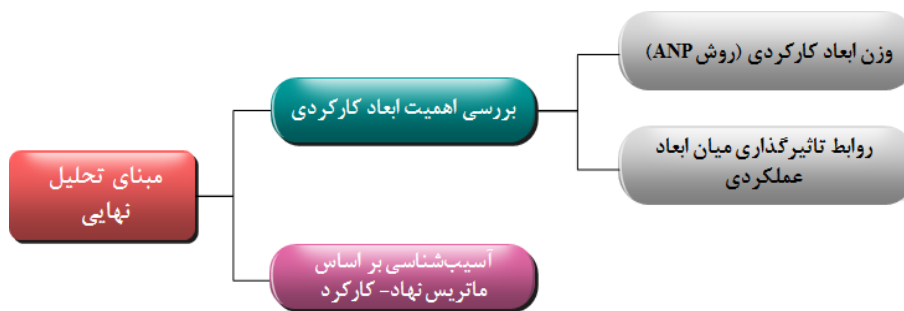
هدف	ابعاد کارکردی								
	هدف	انتشار دانش	تأمین و تخصیص منابع	جهت‌دهی به جستجو	حمایت گروه‌های پشتیبان	خلق دانش	شکل‌دهی بازار	فعالیت‌های کارآفرینی	
هدف	هدف	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰۰۰
ابعاد کارکردی	انتشار دانش	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵	۰,۰۶۶۶۶۵
	تأمین و تخصیص منابع	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱	۰,۱۱۶۴۶۱
	جهت‌دهی به جستجو	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶	۰,۰۱۹۹۳۶
	حمایت گروه‌های پشتیبان	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵	۰,۲۵۲۳۵۵
	خلق دانش	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷	۰,۱۳۶۳۹۷
	شکل‌دهی بازار	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴	۰,۱۳۵۸۹۴
	فعالیت‌های کارآفرینی	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱	۰,۲۷۲۲۹۱

چنانچه پیش‌تر تشریح شد، در پژوهش‌های پیشین نظیر پایان‌نامه کارشناسی ارشد سلیمی در دانشگاه علامه طباطبایی و پژوهش صورت‌گرفته در سازمان «پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران»، تمرکز تنها بر نگاشت نهادی در نظام نوآوری صنعت نفت ایران بود، اما در مطالعه پیش‌رو تلاش شد تا پس از ترسیم نگاشت نهادی نظام نوآوری صنعت نفت، با آسیب‌شناسی نقش نهادها بر اساس رویکرد کارکردی، پیشنهادهایی سیاستی ارائه شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

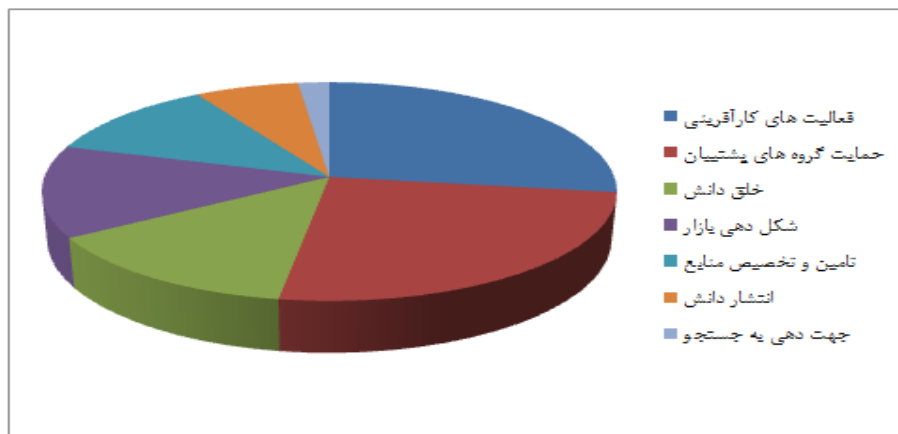
تحلیل نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و ارائه پیشنهادها سیاستی در حوزه نهادی، شامل دو گام کلی است: در گام نخست اهمیت ابعاد کارکردی در نظام نوآوری صنعت نفت ایران مورد بررسی قرار گرفته و سپس در گام دوم با توجه به شرایط کنونی صنعت و جایگاه و نقش‌های تعیین‌شده برای نهادهای نظام نوآوری صنعت نفت، به تحلیل نهادی نظام نوآوری پرداخته و در نهایت پیشنهادهای سیاستی با رویکرد نهادی - کارکردی ارائه می‌شود.

در گام نخست، در تعیین میزان اهمیت ابعاد کارکردی در نظام نوآوری، دو شاخص مطرح می‌شوند: اولاً وزن ابعاد کارکردی که با استفاده از روش ANP فازی به‌دست‌آمده و ثانیاً توجه به روابط تأثیرگذاری میان ابعاد عملکردی. مسلماً ابعدی که بر دیگر ابعاد اثرگذار هستند، به دلیل اثربخش‌تر بودن در بهبود کل عملکرد نظام نوآوری، از منظر سیاست‌گذاری باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند. این منطق تحلیل در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۷. منطق تحلیل داده‌ها

بر اساس منطق ارائه‌شده، در تحلیل «اهمیت ابعاد کارکردی»، اوزان نهایی شاخص‌ها، از روش ANP محاسبه شد. همان‌طور که نتایج اوزان ابعاد کارکردی در نمودار زیر نشان داده شده است، اوزان ابعاد «فعالیت‌های کارآفرینی» و «حمایت گروه‌های پشتیبان» بیش از ۵۰٪ مجموع اوزان را به خود اختصاص می‌دهند. ابعاد «خلق دانش»، «شکل‌دهی بازار» و «تأمین و تخصیص منابع» در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار گرفته‌اند.



شماره ۸. مقایسه اوزان ابعاد کارکردی در مقیاس یک

باتوجه به شبکه روابط میان ابعاد کارکردی نیز ملاحظه می‌شود که سه بعد «حمایت گروه‌های پشتیبان»، «خلق دانش» و «فعالیت‌های کارآفرینی» نسبت به سایر ابعاد روابط اثرگذاری بیشتری دارند. تحلیل کارکردی نظام نوآوری در صنعت نفت، تصویر جدیدی به نسبت پژوهش‌های پیشین در حوزه نفت ارائه می‌کند. تعیین اوزان شبکه کارکردهای نظام نوآوری مشخص کرد که سه بعد «حمایت گروه‌های پشتیبان»، «فعالیت‌های کارآفرینی» و «خلق دانش» نسبت به سایر ابعاد عملکردی، از اهمیت بیشتری در نظام نوآوری برخوردار هستند. از سوی دیگر، با ملاحظه ماتریس نهاد - کارکرد (جدول ۳) می‌توان نتیجه گرفت که ابعاد کارکردی «توسعه دانش» و «انتشار دانش» توسط نهادهای بخش تحقیقاتی و آموزشی صنعت نفت و ابعاد «جهت‌دهی به جستجو»، «شکل‌دهی بازار» و «تأمین و تخصیص منابع» توسط نهادهای بخش‌های دیگر دنبال می‌شوند، اما چنانچه از ترکیب رنگ ماتریس نهاد - کارکرد دریافت می‌شود، در فرایند سیاست‌گذاری نظام نوآوری صنعت نفت، درخصوص دو بعد کارکردی «فعالیت‌های کارآفرینی» و «حمایت گروه‌های پشتیبان» علی‌رغم اهمیتی که در نگاه خبرگان نوآوری دارند، نهادی به‌عنوان متولی تعیین نشده است.

در تحلیل نهادی - کارکردی نظام نوآوری صنعت نفت می‌توان گفت اگرچه نهادهای بخش تحقیقاتی و آموزشی نظیر دانشگاه صنعت نفت، مؤسسه بین‌المللی مطالعات انرژی، پژوهشگاه صنعت

نفت، پژوهش‌گده ازدیاد برداشت و... در توسعه دانش و انتشار دانش، فعال عمل می‌کنند، اما درخصوص فعالیت‌های کارآفرینی تنها متولی، شرکت‌های دانش‌بنیان هستند و در نتیجه به نظر می‌رسد به منظور بهبود کارکرد نظام نوآوری صنعت نفت لازم است نهادهایی به منظور تقویت این بعد کارکردی تعیین شوند و سیاست‌گذاران این حوزه، اهتمام ویژه‌ای به فعالیت‌های کارآفرینی در این صنعت داشته باشند. درخصوص کارکرد «حمایت گروه‌های پشتیبان» نیز با وجود اهمیت بسیار زیاد آن در نظام نوآوری صنعت نفت، تنها حمایت اندکی از سوی چهار شرکت اصلی وجود دارد. درحالی‌که با توجه به مفهوم این کارکرد، لازم است تا نهادهایی در بخش سیاست‌گذاری نظیر معاونت پژوهش و فناوری متولی انجام فعالیت‌های پشتیبان‌کننده از نظام نوآوری صنعت نفت باشند.

منابع

- امیرقدسی، سیروس؛ ملکی، علی و شوال‌پور، سعید (۱۳۹۵)، آسیب‌شناسی عدم توفیق توسعه تکنولوژیک صنعت نفت ایران از طریق مطالعه تطبیقی با کشور نروژ، *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، (۲۱) ۶.
- باقری، سیدکامران و صدرايي، ساسان (۱۳۸۹)، گذار از پژوهش جزیره‌ای به نوآوری شبکه‌ای در صنعت نفت ایران، *فرصت‌ها و چالش‌ها*، چهارمین کنفرانس مدیریت فناوری.
- حسینی، سیدحمزه؛ رفیعی، سعیدحسین و بخشی‌آنی، علی (۱۳۹۵)، بررسی نقش سازمان‌های پژوهش و فناوری در نظام ملی نوآوری؛ مطالعه موردی پژوهشگاه صنعت نفت ایران، *سیاست علم و فناوری*، ۶۳ - ۷۶، (۴) ۸.
- ریاحی، پریسا و قاضی‌نوری، سیدسپهر (۱۳۹۲)، «مقدمه‌ای بر نظام نوآوری»؛ رویکردی گسترده، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- کریمی، مجتبی و اسدزاده، احمد (۱۳۹۴)، «نگاهی نو به فرایند حکمرانی خوب در صنعت نفت»، تهران: انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت.
- میرترابی، سعید (۱۳۸۷)، «مسائل نفت ایران»، تهران، انتشارات قومس.
- میرعمادی، طاهره؛ بهارلو، مهدی و بهزادی‌راد، مریم (۱۳۹۷)، تحلیل ساختاری - کارکردی نظام نوآوری فناورانه بالگرد در ایران، *مدیریت نوآوری*، (۱) ۷: ۳۳ - ۵۶.
- نوری، جواد (۱۳۹۵)، *ساخت داخل و توسعه فناورانه کالا و تجهیزات صنعت نفت و تأثیر آن در تعاملات بین‌المللی و صادرات منطقه‌ای*، همایش «صنعت نفت دانش‌بنیان تبلور اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی».

- 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.
- Aubert, J.-E. (2005). Promoting innovation in developing countries: A conceptual framework: The World Bank.
- 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.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of evolutionary economics*, 1(2), 93–118.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: Analytical and methodological issues. *Research policy*, 31(2), 233–245.
- Dağdeviren, M., Yüksel, İ., & Kurt, M. (2008). A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system. *Safety science*, 46(5), 771–783.
- Dewald, U., & Truffer, B. (2011). Market formation in technological innovation systems—diffusion of photovoltaic applications in Germany. *Industry and Innovation*, 18(03), 285–300.
- Edquist, C., & Hommen, L. (2009). *Small country innovation systems: Globalization, change and policy in Asia and Europe*: Edward Elgar Publishing.
- 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.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. 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.
- Johnson, A. (Ed.) (2001). *Functions in innovation system approaches*: Citeseer.
- Kebebe, E., Duncan, A. J., Klerkx, L., Boer, I. J.M. de, & 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.
- Kuhlmann, S., & Arnold, E. (2001). RCN in the Norwegian research and innovation system: Fraunhofer ISI.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*.
- Markard, J., Stadelmann, M., & Truffer, B. (2009). Prospective analysis of technological innovation systems: Identifying technological and organizational development options for biogas in Switzerland. *Research policy*, 38(4), 655–667.
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research policy*, 37(4), 596–615.
- Meade, L. M., & Sarkis, J. (1999). Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: An analytical network approach. *International Journal of Production Research*, 37(2), 241–261.
- 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.
- Saaty, T. L., & Takizawa, M. (1986). Dependence and independence: From linear hierarchies to

- nonlinear networks. *European journal of operational research*, 26(2), 229–237.
- Schumpeter, J., & Backhaus, U. (2003). The theory of economic development. In Joseph Alois Schumpeter (pp. 61–116). Springer.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6), 285–305. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2)
- Van Alphen, K., Hekkert, M. P., & Turkenburg, W. C. (2010). Accelerating the deployment of carbon capture and storage technologies by strengthening the innovation system. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 4(2), 396–409.
- Wixted, B. (2009). *Innovation System Frontiers. Advances in Spatial Science*.
- Yeasmin, S., & Rahman, K. F. (2012). Triangulation research method as the tool of social science research. *BUP journal*, 1(1), 154–163.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338–353.