

Formation of Technological Capabilities for Catch-up in Complex Product Systems (The case of directional drilling equipments for oil & gas wells)

Ali Daghaieghi¹, Ahmad Jafar Nezhad Chaghoushi^{2*}, Naser Bagheri Moghadam³

1. Ph.D. Candidate of Technology Management, University of Tehran (Alborz Campus), Tehran, Iran.

2. Faculty Member, Faculty of Management, University of Tehran (Alborz Campus), Tehran, Iran.

3. Faculty Member, Technology and Innovation Policy Departments, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran.

*. Corresponding Author: jafarnjd@ut.ac.ir

Abstract

In the oil industry, most downhole drilling pieces of equipment are considered complex product systems. During the last decades, the National Iranian Drilling Company has made considerable efforts to acquire knowledge and technology of manufacturing related to directional drilling and reserves evaluation equipment. In this regard, this study uses the qualitative case study research strategy to examine the stages of technological capability formation for the production and development of diversion drilling equipment in this company during 27 years (1992 to 2019). According to the research findings, the company has achieved the necessary technological capabilities to manufacture equipment, despite the limitations in international cooperation. Also, these capabilities have been formed in three stages: 1) cooperation with foreign firms; 2) purchasing, installation, and exploitation of the imported equipment; and 3) independently manufacturing by developing an innovation network.

Keywords: technological catch-up, complex product and systems (CoPS), technological capabilities, drilling industry.

Citation: Daghaieghi, A., Jafar Nezhad Chaghoushi, A., & Bagheri Moghadam, N. (2021). Formation of technological capabilities for catch-up in complex product systems (The case of directional drilling equipments for oil & gas wells) [In Persian]. *Journal of Technology Development Management*, 9(1), 13-45. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2021.4050.2440>

شکل‌گیری قابلیت‌های فناوریانه برای فرارسی در محصولات پیچیده (مطالعه تجهیزات حفاری انحرافی چاه‌های نفت و گاز)

علی دقایقی^۱، احمد جعفر نژاد چقوشی^۲، ناصر باقری مقدم^۳

۱. دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه تهران (پردیس البرز)، تهران.

۲. عضو هیئت‌علمی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران (پردیس البرز)، تهران.

۳. عضو هیئت‌علمی، گروه سیاست فناوری و نوآوری، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران.

* نویسنده مسئول: jafarnjd@ut.ac.ir

چکیده

بخش عمده‌ای از تجهیزات صنعت حفاری چاه‌های نفت - که مرتبط با کار در اعماق زمین هستند - در زمره محصولات و سامانه‌های پیچیده قرار دارند. براین اساس در دهه‌های گذشته، تلاش‌هایی برای دستیابی به دانش و فناوری ساخت تجهیزات موردنیاز برای حفاری‌های انحرافی و ارزیابی پارامترهای مخزن در شرکت ملی حفاری ایران به‌عمل آمده است. در این راستا پژوهش حاضر با راهبرد مطالعه موردی کیفی، به بررسی مراحل شکل‌گیری قابلیت‌های فناوریانه جهت تولید و توسعه تجهیزات حفاری انحرافی در این شرکت طی ۲۷ سال (۱۳۷۱ الی ۱۳۹۸) پرداخته است. براساس یافته‌های پژوهش، این شرکت علی‌رغم محدودیت در همکاری‌های بین‌المللی، به قابلیت‌های فناوریانه لازم برای ساخت تجهیزات دست‌یافته است. همچنین شرکت طی سه مرحله (۱) بهره‌برداری مشترک با شریک خارجی، (۲) خرید، راه‌اندازی و بهره‌برداری از تجهیزات وارداتی و (۳) ایجاد شبکه نوآوری و ساخت تجهیزات به‌صورت مستقل، به توسعه قابلیت‌های مذکور پرداخته است.

کلمات کلیدی: فرارسی فناوریانه، محصولات و سامانه‌های پیچیده، قابلیت‌های فناوریانه، صنعت حفاری.

مقدمه

مسیر رشد بسیاری از کشورهای در حال توسعه در راستای کاهش شکاف با کشورهای توسعه‌یافته، به کمک فرارسی فناورانه میسر می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در موفقیت فرارسی فناورانه، تجمع قابلیت‌های فناورانه در سطح بنگاه است (بل و پویت^۱، ۱۹۹۵). بررسی تجربه کشورهای مرکز و شرق اروپا نشان می‌دهد که هیچ فرآیند خودکاری برای فرارسی وجود ندارد. ساندبرگ^۲ (۱۹۹۲) این یافته را به این شکل توضیح می‌دهد که واردات فناوری به خودی خود پویایی یادگیری فناورانه را فعال نمی‌کند. به بیان دیگر، فرارسی فناورانه موفق ناشی از ایجاد قابلیت‌های فناورانه در داخل به صورت فعال و هدفمند است؛ بنابراین موفقیت یا عدم موفقیت بنگاه‌ها و صنایع، به قابلیت‌های فناورانه آن‌ها مربوط می‌شود (راش^۳ و همکاران، ۲۰۱۴).

به دلیل وابستگی بالای اقتصاد جهانی به منابع هیدروکربنی، صنعت نفت و گاز یکی از ارکان اصلی اقتصاد و منبع محوری ایجاد فرصت‌های جدید برای کشورهای دارنده منابع مذکور می‌باشد. دستاوردهای شرکت‌های نفت پتروبراس^۴ برزیل (فارتادو و دفریتاس^۵، ۲۰۰۰)، سینیوپک^۶ چین (ایشیدا^۷، ۲۰۰۷) و آرامکو^۸ عربستان سعودی (روبرتو^۹، ۲۰۱۷) در فرارسی، بهره‌مندی از فناوری پیشرفته و صادرات موفق به خلق ثروت منتج شده است. بخش قابل توجهی از محصولات و سامانه‌هایی که در حوزه‌های اکتشاف و حفاری چاه‌های نفت و گاز وجود دارند در زمره محصولات و سامانه‌های پیچیده قرار دارند. توسعه این محصولات با توجه به ویژگی‌های متمایز آن‌ها در مقایسه با محصولات و کالاهای مصرفی و تولید انبوه، مستلزم قابلیت‌های سازمانی و فناورانه متعدد و متمایزی است (هابدی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۰؛ رن و یو^{۱۱}، ۲۰۰۶). علی‌رغم وجود چالش‌ها و موانع متعدد پیش روی بنگاه‌های متأخر در زمینه ساخت محصولات و سامانه‌های پیچیده، کشور در سال‌های اخیر به توانمندی‌های

1 . Bell & Pavitt

2 . Sandberg

3 . Rush

4 . Petrobras

5 . Furtado & de Freitas

6 . Sinopec

7 . Ishida

8 . Aramco

9 . Roberto

10 . Hobday

11 . Ren & Yeo

قابل توجهی در این عرصه دست یافته است (کیامهر^۱، ۲۰۱۳؛ صفدری رنجبر^۲ و همکاران، ۲۰۱۶ الف؛ طهماسبی^۳ و همکاران، ۲۰۱۷).

شرکت ملی حفاری به‌عنوان یک شرکت فعال در صنایع بالادستی نفت و گاز، در پاسخ به نیازهای تولید نفت و گاز کشور در سال ۱۳۵۸ تأسیس شده است و در ادامه خدمات خود را در زمینه حفاری چاه‌های نفت و گاز در دریا و خشکی توسعه داده است. باتوجه‌به پیشروی شرکت‌های بزرگ چندملیتی غربی در صنعت حفاری، شرکت ملی حفاری در دسترسی به فناوری روزآمد و پشتیبانی فنی تجهیزات با چالش مواجه بوده است و برای‌اساس تلاش نموده با کمک به توسعه فناوری در داخل، بخشی از نیازهای خود را رفع نماید. به‌کارگیری فناوری‌های نوین در بخش بالادستی صنعت نفت و گاز، مزایای متعددی نظیر مدیریت هزینه، افزایش میزان بازیافت از مخازن و افزایش درآمد ملی به‌همراه دارد. همچنین فناوری‌های مذکور با کاهش افراد و گروه‌های موردنیاز و همچنین توسعه و بهبود مسائل ایمنی، به ایجاد ارزش‌افزوده کمک می‌نمایند. باتوجه‌به هزینه‌های بالای اکتشاف، حفاری و تولید و همچنین شرایط کار بسیار پرخطر، توسعه فناوری‌های نوین در این عرصه بسیار حائز اهمیت است (بهروز و مدرس^۵، ۲۰۱۲). در سال‌های اخیر رویکرد این شرکت، توسعه فناوری به‌ویژه در مبحث محصولات و سامانه‌های پیچیده بوده است. یکی از این سامانه‌ها، تجهیزات حفاری انحرافی چاه‌های نفت و گاز می‌باشد که شرکت ملی حفاری علی‌رغم وجود چالش‌ها و موانع متعدد پیش روی بنگاه‌های متأخر، توانسته به‌عنوان تنها شرکت ایرانی به دانش و فناوری ساخت آن دست یابد.

حال پرسش اصلی این است که شرکت ملی حفاری در زمینه ساخت تجهیزات حفاری انحرافی، چه مرحله‌ای را برای شکل‌گیری و توسعه قابلیت‌های فناورانه یک محصول و سامانه پیچیده طی کرده است. یافتن پاسخ پرسش‌های فرعی که در ادامه آمده است به شناسایی این مسیر کمک شایانی خواهند کرد: این بنگاه چه مرحله‌ای را برای کسب دانش و فناوری ساخت طی کرده است؟ ترتیب و توالی زمانی مراحل چگونه بوده است؟ راهبرد کسب فناوری در هر گام چه بوده است؟ یادگیری فناورانه چگونه حاصل شده است؟ بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر تبیین مراحل و الگوی شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده در سازمان موردبررسی با استفاده از رویکرد

1 . Kiamehr

2 . Safdari Ranjbar

3 . a

4 . Tahmasebi

5 . Behrouz & Modares

کیفی و راهبرد موردکاوی است. برای بیان این موضوع، نقاط عطف اصلی در توسعه قابلیت‌های فناورانه شناسایی شده‌اند و همچنین اقدامات به‌عمل‌آمده و برنامه‌های محقق‌شده در هر مقطع نیز بررسی شده‌اند. در ادامه ابتدا پیشینه پژوهش مرور شده است و سپس روش‌شناسی پژوهش و روش گردآوری و تحلیل داده‌ها تبیین شده است. در بخش بعدی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش در دستور کار قرار گرفته است. در نهایت نیز ضمن بحث و نتیجه‌گیری پیرامون یافته‌ها، دلالت‌های مدیریتی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی ارائه شده است.

پیشینه پژوهش

محصولات و سامانه‌های پیچیده، کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، گران‌قیمت و دارای فناوری پیشرفته می‌باشند که مؤلفه‌های سفارشی‌شده فراوان و درهم‌تنیده دارند و با هدف پاسخگویی به نیاز مشتریان خاص تولید می‌شوند. هواپیماها، سامانه‌های ارتباطی پیشرفته، قطارهای سریع‌السیر، فناوری هسته‌ای، تأسیسات حفاری در اقیانوس‌ها، توربین‌ها و شناورهای دریایی از شناخته‌شده‌ترین محصولات و سامانه‌های پیچیده می‌باشند (هابدی، ۱۹۹۸). محصولات و سامانه‌های پیچیده نقشی کلیدی در گسترش فناوری‌های جدید و توسعه فناورانه صنعتی و اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه ایفا می‌کنند (آچا^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به تفاوت‌های محصولات مذکور با محصولات تولید انبوه، در ادامه مسیر طی‌شده در پیشینه برای ایجاد قابلیت‌های فناورانه توسعه این محصولات بررسی شده است.

تیوبال^۲ (۱۹۸۴) به بررسی قابلیت‌های بهره‌برداری و تولید، سرمایه‌گذاری و مدیریت پروژه و تحقیق و توسعه در ۸ شرکت پیشرو در زمینه تولید کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته در برزیل پرداخته است. براساس یافته‌های این پژوهشگر، شرکت‌های مورد مطالعه ابتدا به قابلیت‌های تولید خود را توسعه داده‌اند و به تدریج به سمت قابلیت‌های طراحی در حوزه‌های محدود حرکت کرده‌اند. چادنوسکی^۳ (۱۹۸۳) الگوی انباشت فناوری در شرکت‌های تولید کالای سرمایه‌ای پیچیده را شامل شروع از نگهداری و بهره‌برداری از سامانه‌های وارداتی می‌داند که به شرکت‌ها دانش و توانمندی مورد نیاز برای تولید کالاهای سرمایه‌ای را می‌دهد. براین اساس پس از مدتی این شرکت‌ها می‌توانند بهبود در

1 . Acha

2 . Teubal

3 . Chudnovsky

تجهیزات و تا حدی طراحی محصول را انجام دهند.

هوانگ^۱ (۲۰۰۰) گام‌های توسعه توانمندی‌های فناوریانه در صنعت ساخت هواپیما در کره جنوبی را در قالب مونتاژ، ساخت برخی اجزای با پیچیدگی کم، طراحی و ساخت برخی زیرسامانه‌ها و سرانجام تلاش‌هایی برای طراحی، آزمون و توسعه فرآیند تولید هواپیما تعریف کرده است. مشاهدات این پژوهشگر بیانگر موفقیت نسبی شرکت‌های کره‌ای است چراکه طراحی‌ها محدود به هواپیماهای کوچک بوده است و به کسب جایگاه مناسبی در فرآیند فروش منجر نشده است. لی و یون^۲ (۲۰۱۵) با مطالعه صنعت هواپیماهای نظامی، ابعاد کسب قابلیت‌های فناوریانه و ایجاد قابلیت‌های سازمانی در زمینه توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده را در ۳ کشور در حال توسعه (چین، برزیل و کره جنوبی) بررسی کرده‌اند. براین اساس در مطالعه موردی چین مشخص شد که در این کشور فرآیند با خرید فناوری آغاز شده است و در ادامه پس از تولید مشترک، مهندسی معکوس انجام یافته است. ازسوی دیگر در برزیل فرآیند با ساخت آغاز و با تولید مشترک و توسعه مشترک ادامه یافته است. درنهایت کره جنوبی با خرید فناوری، تولید مشترک و توسعه مشترک این مسیر را طی کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عواملی نظیر نقش بنگاه‌ها، شرکای خارجی و سیاست‌های دولت در اتخاذ روش‌های کسب قابلیت‌های فناوریانه در این کشورها تأثیرگذار بوده است.

در سطح کشور و در صنعت نفت، صفدری رنجبر و همکاران (۲۰۱۶ب^۳) با مطالعه شرکت توربو کمپرسور نفت به تبیین الگوی ساخت و انباشت قابلیت‌های فناوریانه تولید محصولات و سامانه‌های پیچیده پرداخته‌اند. نتایج و یافته‌های پژوهش ایشان حاکی از آن است که شرکت توربو کمپرسور نفت در ابتدا اقدام به خرید توربین از خارج کشور، مونتاژ و بهره‌برداری از آن‌ها نموده است. این شرکت سپس با استفاده از اهرم‌های قراردادی، به تولید مشترک توربین تحت لیسانس صاحبان فناوری پرداخته و سرانجام با ارتقای برخی زیرسامانه‌ها، موفق به ساخت توربین‌های گازی با نام خود شده است. طهماسبی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه مسیر طی‌شده در یک سازمان صنعتی در صنایع دریایی (تولیدکننده شناورهای تندرو)، شکل‌گیری قابلیت‌های فناوریانه را تشریح نموده‌اند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان می‌دهد که سازمان ابتدا با سرمایه‌گذاری اولیه، زیرساخت‌های موردنیاز برای ساخت محصولات را ایجاد نموده است و پس از آن به صورت تدریجی و با بهره‌گیری از مهندسی معکوس

1 . Hwang

2 . Lee & Yoon

3 . b

به ارتقای قابلیت‌ها پرداخته است. در مراحل بعدی سازمان با همان روش مهندسی معکوس به‌سوی قطعات پیچیده‌تر رفته و قابلیت‌های طراحی و نوآوری خود را گسترش داده است. به‌طور خاص در پروژه ساخت و تولید محصول اول، نمونه‌ای از پیش آماده مبنای عمل قرار گرفته است؛ براین‌اساس این محصول با تغییراتی جزئی وارد خط تولید شده است و سپس محصولات به‌دست‌آمده در عملیات مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در مطالعه صنعت انرژی بادی، باقری مقدم^۱ و همکاران (۲۰۱۱) قابلیت‌های فناورانه، نهادها، سیاست‌ها و قوانین مؤثر بر این صنعت در کشور را تحلیل کرده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که به‌دلیل وابستگی شدید به انرژی‌های فسیلی از جمله نفت و گاز، قابلیت‌های فناورانه لازم در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی باد و انرژی خورشیدی در کشور شکل نگرفته است. کیامهر (۲۰۱۳) با مطالعه سامانه‌های تولید الکتریسیته برقابی شرکت فراب، به تشریح مسیر توسعه قابلیت‌های فناورانه پرداخته است. از دیدگاه این پژوهشگر، توسعه قابلیت‌ها از فائق آمدن بر موانع ورود آغاز شده و در مرحله دوم با درک طراحی خارجی و یادگیری نحوه تحقق آن‌ها در پروژه‌ها ادامه یافته است. در گام بعدی، فراب رفع نواقص و خطاهای توربین‌های عملیاتی‌شده را در دستورکار قرار داده است. در نهایت نیز شرکت به مرحله اول بازگشته است و از طریق سرمایه‌گذاری جدی روی فعالیت‌های تیم طراحی توانسته است به بهبودهای تدریجی در طراحی‌های ارائه‌شده توسط شرکت‌های خارجی بپردازد و توربین‌های برقابی خاص خود را تولید نماید. همچنین در ادامه کیامهر (۲۰۱۵) با مطالعه شرکت مپنا به‌عنوان یک شرکت تولیدکننده سامانه‌های تولید الکتریسیته حرارتی به بررسی قابلیت‌های ایجادشده در یک شرکت متأخر در حوزه سامانه‌ها و محصولات پیچیده پرداخته است. مطالعه این پژوهشگر نشان می‌دهد که مپنا نیز قابلیت‌های فناورانه را با غلبه بر موانع ورود به بازار آغاز نموده است و در مرحله دوم به قابلیت‌های ساخت و تولید دست یافته است. این شرکت در ادامه به خلق قابلیت‌های طراحی و مهندسی برای گسترش بازار و صادرات پرداخته است و در مرحله چهارم کسب رهبری بازار را در سال‌های آتی مدنظر قرار داده است.

بنگاه‌ها برای باقی‌ماندن در عرصه رقابت بازارها ناچارند که به بهره‌مندی از ظرفیت‌های نوآوری روی آورند (چونگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). در سال‌های اخیر بنگاه‌ها بیش از آنکه نوآوری را در درون

1 . Bagheri Moghaddam

2 . Choung

خود دنبال کنند، به انجام فعالیت‌های نوآورانه در قالب همکاری‌ها و شبکه‌ها تمایل نشان می‌دهند (نمبیسان و ساهنی^۱، ۲۰۱۱). در شبکه‌های نوآوری هدف مشترک اعضا، رشد دانش و تجاری‌سازی آن است (مالربا و ونورتاس^۲، ۲۰۰۹). در این شبکه‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی توسعه‌دهنده دانش و بنگاه‌های تولیدی و صنعتی به توسعه محصولات و خدمت مبتنی بر دانش عمل می‌پردازند (گوبو و اولسون^۳، ۲۰۱۰). در مسیر فرارسی فناوریانه شبکه‌های نوآوری به‌عنوان یکی از روش‌های همکاری‌های فناوریانه می‌توانند زمینه‌ساز کاهش شکاف فناوریانه شوند؛ هرچند لازم است فعالیت‌های داخلی فراوانی برای یادگیری و جذب فناوری صورت پذیرد. در این زمینه پارک^۴ (۲۰۱۳) در مطالعه صنعت مخابرات کره جنوبی و پارک و کیم^۵ (۲۰۱۴) در مطالعه نظام دولت الکترونیک کره جنوبی به نقش برجسته شبکه‌سازی در موفقیت بنگاه‌ها پرداخته‌اند. در کشور نیز نقی‌زاده^۶ و همکاران (۲۰۱۶) بر نقش شبکه نوآوری در طرح هواپیمای ایران آی آر ۱۵۰^۷ پرداخته‌اند. از دیدگاه ویوتی^۸ (۲۰۱۵) یادگیری از طریق جذب فنون موجود و نوآوری‌های ایجادشده در محیط‌های دیگر و ارتقای آن در قالب نوآوری تدریجی رُخ می‌دهد. در این راستا قاضی‌نوری و مهاجری^۹ (۲۰۱۹) با تأکید بر نقش یادگیری در کاهش شکاف فناوریانه، به بررسی نظریه‌های یادگیری پرداخته‌اند.

همان‌گونه که مشاهده شد پیچیدگی دانش در محصولات و سامانه‌های پیچیده و میزان تسلط بر آن و همچنین در دسترس بودن فناوری از جمله عوامل اصلی در شکل‌دهی مسیر طی شده در تجارب مختلف بوده‌اند؛ بنابراین الگوهایی که بر اهمیت بهره‌برداری و کسب قابلیت‌های تولید دلالت دارند - نظیر چارچوب چادنوسکی (۱۹۸۳) - می‌توانند به‌عنوان چارچوب تحلیل داده‌ها انتخاب شوند.

-
- 1 . Nambisan & Sawhney
 - 2 . Malerba & Vonortas
 - 3 . Gobbo & Olsson
 - 4 . Park
 - 5 . Park & Kim
 - 6 . Naghizadeh
 - 7 . IR-150
 - 8 . Viotti
 - 9 . Ghazinoory & Mohajeri

جدول ۱: الگوهای شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه در محصولات پیچیده

پژوهشگران	صنعت مورد مطالعه	الگوی شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه
چادنوسکی (۱۹۸۳)	صنایع پیچیده در جهان سوم	بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر تجهیزات وارداتی، ساخت و تولید نمونه‌های مشابه، بهبود در تجهیزات، طراحی محصول و نوآوری
تیوبال (۱۹۸۴)	تولید محصولات پیچیده در برزیل	بهره‌برداری، تولید، طراحی
هوانگ (۲۰۰۰)	هواپیماسازی کره جنوبی	مونتاژ تجهیز وارداتی، ساخت و تولید قطعات ساده، طراحی و ساخت برخی زیرسامانه‌ها، طراحی و ساخت نمونه کامل
لی و یون (۲۰۱۵)	هواپیمای نظامی در چین	خرید فناوری، تولید مشترک، مهندسی معکوس
لی و یون (۲۰۱۵)	هواپیمای نظامی در برزیل	ساخت، تولید مشترک، توسعه مشترک
لی و یون (۲۰۱۵)	هواپیمای نظامی در کره جنوبی	خرید فناوری، تولید مشترک، توسعه مشترک
صفدری رنجبر و همکاران (۲۰۱۶)	توربین گازی در ایران	بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر تجهیزات وارداتی، تولید مشترک، تولید مستقل به همراه بهبود در تجهیزات
کیامهر (۲۰۱۳)	تولید الکتروسیسته برقایی در ایران	غلبه بر موانع ورود، درک طراحی خارجی و یادگیری نحوه تحقق آن‌ها در پروژه‌ها، رفع نواقص، بهبود تدریجی و طراحی
کیامهر (۲۰۱۵)	تولید الکتروسیسته حرارتی در ایران	غلبه بر موانع ورود، ساخت و تولید، طراحی و مهندسی، نوآوری
طهماسبی و همکاران (۲۰۱۷)	صنایع دریایی در ایران	ایجاد زیرساخت پایه، ارتقای قابلیت‌ها (مهندسی معکوس و همکاری)، ارتقای قابلیت‌ها (مهندسی زیرسامانه‌های پیچیده‌تر)، طراحی و نوآوری

روش‌شناسی پژوهش

پرسش اصلی پژوهش حاضر به شرح زیر است: «مراحل شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه برای فرارسی در محصولات پیچیده در یک بنگاه متأخر چیست؟» این سؤال را می‌توان در قالب ۲ پرسش فرعی

بازتعریف کرد: «اجزای قابلیت‌های فناوریانه در این صنایع چیست؟ و گام‌های پیاپی ایجاد این قابلیت‌ها کدامند؟» پژوهش حاضر با هدف درک ابعاد و مسیر تحولات مفهومی انجام شده است؛ بنابراین پژوهش حاضر رویکردی کیفی دارد. در این راستا ایجاد زمینه مناسب برای بیان پدیده‌های مختلف و مسائل خاص این فرآیند در دستور کار قرار گرفته است؛ از این رو مطالعه حاضر پژوهشی اکتشافی می‌باشد. نهایتاً این مطالعه ذیل پژوهش‌های کاربردی طبقه‌بندی می‌شود زیرا هدف آن توسعه دانش کاربردی در زمینه وسایل حفاری انحرافی چاه‌های نفت و گاز است.

راهبرد موردنظر برای انجام پژوهش حاضر، موردکاوی می‌باشد. روش مطالعه موردی، با قابلیت عمیق شدن در یک مورد، امکان شناسایی جریانی از وقایع و اتفاقاتی پیرامون یک موضوع با توالی زمانی خاص را فراهم می‌کند. از سوی دیگر بررسی وقایع و شواهد با روش مطالعه موردی، ارائه نظریه‌های جدید، معتبر و قابل‌آزمون را میسر می‌سازد. روش تحلیل ترتیب و توالی زمانی روشی متداول در مطالعه موردی است که رویدادها را برحسب ترتیب تاریخی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد و شناسایی رویدادهای علی طی دوره زمانی مورد مطالعه را امکان‌پذیر می‌نماید. داده‌های پژوهش حاضر عمدتاً کیفی می‌باشند و برای تحلیل داده‌ها و اعتبارسنجی نتایج نیز از روش‌های کیفی استفاده شده است؛ در این راستا به‌جای تعریف رابطه میان متغیرها، توصیف روابط مدنظر قرار گرفته است. بین^۱ (۲۰۱۴) چهار رویکرد کلی را برای موردکاوی بیان نموده است: (۱) تکیه بر قضایای نظری گذشته، (۲) بیان نظریه مبتنی بر داده‌ها، (۳) تحلیل داده‌ها براساس بیان مورد مطالعه و (۴) آزمودن مشاهدات بدیل (مستخرج از سه راهبرد پیشین). بر این اساس در پژوهش حاضر رویکرد تحلیل داده‌های گردآوری شده، بیان نظریه مبتنی بر داده‌ها می‌باشد.

برای انجام موردکاوی، شرکت ملی حفاری ایران به‌عنوان مورد مطالعه انتخاب شده است. شرکت ملی حفاری نخستین شرکت ایرانی است که خدمات حفاری انحرافی را ارائه داده است. این شرکت در حال حاضر بزرگ‌ترین ناوگان عملیاتی را در سطح کشور دارا می‌باشد. علاوه بر این تا زمان انجام پژوهش حاضر، شرکت ملی حفاری تنها شرکتی است که اقدام به کسب دانش فنی و ساخت تجهیزات در داخل کشور کرده است. از منظر بازه زمانی، پژوهش حاضر تجارب شرکت ملی حفاری ایران را از بدو تأسیس سازمان حفاری انحرافی در سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۳۹۸ مورد تحلیل قرار داده است.

برای اجرای پژوهش مطالعه موردی، منابع و شیوه‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند که

شامل اسناد، آرشیوها، مصاحبه‌ها، مشاهده مستقیم، مشاهده مشارکتی و مصنوعات فیزیکی می‌باشند (میلز و هابرمَن^۱، ۱۹۹۴). براین اساس مهم‌ترین منبع مورد استفاده برای گردآوری اطلاعات در پژوهش حاضر، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته عمیق می‌باشد. در مصاحبه نیمه‌ساختاریافته عمیق، پژوهشگر با طرح‌ریزی چارچوب اولیه مبتنی بر هدف پژوهش، تلاش می‌کند تا موضوعات اصلی پژوهش را ضمن رعایت ساختار و عقاید پاسخ‌دهنده دریابد. خبرگان با روش نمونه‌گیری غیر تصادفی و قضاوتی از میان افرادی انتخاب شدند که دانش، تجربه و خبرگی آن‌ها در این حوزه محرز شده بود. براین اساس در این پژوهش مجموعاً ۱۹ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته در شرکت ملی حفاری، دو شرکت دانش‌بنیان و یک مرکز پژوهشی دانشگاهی صورت پذیرفت (جدول ۲). کلیه مصاحبه‌ها به صورت دیجیتالی ضبط شدند و عمدتاً در همان روز مصاحبه نیز پیاده‌سازی شدند. پیش از انجام مصاحبه‌ها، اهداف پژوهش و پیشینه مناظر در چهار جلسه آموزشی برای مدیران حفاری، کارشناسان حفاری، تیم دانشگاهی و اعضای شرکت‌های دانش‌بنیان تبیین شد تا امکان ورود مصاحبه‌شونده به فرآیند مصاحبه با پیش‌زمینه ذهنی فراهم شود. برای مصاحبه‌ها سه رهنمود (اختصاصی برای مصاحبه‌شوندگان در شرکت ملی حفاری، مرکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان) طراحی شد. رهنمود مصاحبه با کارکنان شرکت ملی حفاری شامل سه زمینه اکتشافی بود؛ بخش ابتدایی بر سوابق تحصیلی، آموزشی و تجربیات شغلی مصاحبه‌شونده تمرکز داشت، بخش دوم به شناخت تغییرات و تحولات از جمله سیر تحولات سازمان، سازوکارهای یادگیری، تغییرات نیروی انسانی، همکاری با شرکت‌های خارجی، اقدامات کسب فناوری در داخل کشور، سیاست‌های حاکمیتی و دستاوردهای شرکت توجه داشت و نهایتاً بخش سوم به جایگاه شرکت نسبت به شرکت‌های پیشرو، اقدامات مناسب برای رشد آتی سازمان و تبیین روش‌های بدیل در گذشته برای حصول به دستاوردهای بهتر اختصاص یافت. از سوی دیگر در رهنمود مصاحبه با دو بخش دانشگاهی و شرکت‌های دانش‌بنیان، فرآیندهای شکل‌گیری قابلیت‌های طراحی و مهندسی محصول، ساخت، سطوح پیچیدگی، استانداردها و آزمایش نمونه‌های اولیه و صنعتی مورد تأکید قرار گرفت. در پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، در صورت وجود ابهام مجدداً با مصاحبه‌شونده از مسیرهای مختلف ارتباط برقرار شد و ابهامات برطرف شد. در پایان نسخه کتبی هر مصاحبه به رؤیت مصاحبه‌شونده رسید و صحت محتوای آن تأیید شد. علاوه بر این، مدارک مورد استناد مصاحبه‌شونده (در صورت محرمانه نبودن) دریافت شد. براین اساس مطالعه اسناد و مدارک موجود، ابزار دیگری بود

که برای جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش مورداستفاده قرار گرفته است. براین اساس اگرچه به‌واسطه محرمانه‌بودن بخشی از اسناد، امکان دسترسی به کلیه مدارک وجود نداشت یا امکان انتشار آن مقدور نبود، مطالعه سایر منابع (معرفی شده توسط مصاحبه‌شوندگان) به شناخت عمیق‌تر مورد مطالعه منتج شد. درنهایت اطلاعات تکمیلی درخصوص تجارب سایر شرکت‌ها در بومی‌سازی، برنامه‌های کلان و بلندمدت شرکت‌های نفتی و فرصت‌های موجود، چالش‌های قراردادی و نقشه‌های راه فناوری صنعت نفت نیز از طریق شرکت در سه کنفرانس داخلی صنعت حفاری کسب شد.

پس از گردآوری اطلاعات، براساس رویکرد میلز و هابرم (۱۹۹۴) داده‌های خام در یک جدول براساس عوامل ورودی (نظیر نیروی انسانی، سرمایه‌گذاری و توسعه سازمان و فناوری) و خروجی‌های قابلیت‌های ایجادشده طبقه‌بندی شدند. همچنین ضمن دسته‌بندی متن نهایی مصاحبه‌ها، به هر دسته یک شماره تخصیص یافت.

جدول ۲: مشخصات کلی مصاحبه‌شوندگان

ردیف	نقش و جایگاه مصاحبه‌شونده	تحصیلات	محل فعالیت	سابقه (سال)	مدت مصاحبه (ساعت)
۱	مسئول و خبره صنعت در امور پژوهش و فناوری	دکتری	شرکت ملی حفاری	۲۰	۲
۲	مسئول و خبره صنعت در امور فنی و مهندسی	دکتری	شرکت ملی حفاری	۲۵	۲:۳۰
۳	سرپرست گروه و نخبه علمی در الکترونیک	دکتری	دانشگاه	۲۷	۱:۴۵
۴	سرپرست گروه و نخبه علمی در مخابرات	دکتری	دانشگاه	۲۳	۱:۳۰
۵	سرپرست گروه و نخبه علمی در علم مواد	دکتری	دانشگاه	۲۲	۱:۲۰
۶	سرپرست گروه و نخبه علمی در مکانیک	دکتری	دانشگاه	۲۴	۱:۴۰
۷	مسئول و نخبه علمی	دکتری	شرکت دانش‌بنیان	۱۷	۲:۱۰

ردیف	نقش و جایگاه مصاحبه‌شونده	تحصیلات	محل فعالیت	سابقه (سال)	مدت مصاحبه (ساعت)
۸	مسئول و نخبه علمی	دکتری	شرکت دانش‌بنیان	۱۵	۲:۲۰
۹	طراح و مجری طرح	کارشناسی ارشد	شرکت دانش‌بنیان	۱۴	۲
۱۰	طراح و مجری طرح	کارشناسی ارشد	دانشگاه	۱۶	۱:۴۵
۱۱	طراح و مجری طرح	کارشناسی ارشد	دانشگاه	۱۲	۲:۲۰
۱۲	طراح و مجری طرح	کارشناسی ارشد	شرکت دانش‌بنیان	۱۰	۱:۵۰
۱۳	سرپرست عملیات	کارشناسی ارشد	شرکت ملی حفاری	۲۵	۲:۳۰
۱۴	سرپرست تعمیرات	کارشناسی ارشد	شرکت ملی حفاری	۱۹	۲:۱۵
۱۵	خبیره صنعت در زمین‌شناسی	کارشناسی ارشد	شرکت ملی حفاری	۲۲	۱:۴۵
۱۶	خبیره صنعت در عملیات	کارشناسی ارشد	شرکت ملی حفاری	۲۰	۱:۲۰
۱۷	خبیره صنعت در تعمیرات	کارشناسی ارشد	شرکت ملی حفاری	۱۵	۱:۳۰
۱۸	کارشناس امور پژوهشی	کارشناسی	شرکت ملی حفاری	۱۰	۱:۱۵
۱۹	کارشناس امور مهندسی	کارشناسی	شرکت ملی حفاری	۱۱	۱:۵۰

تحلیل داده‌های مورد‌کاوی براساس بررسی، دسته‌بندی و ترکیب داده‌های کمی و کیفی صورت می‌پذیرد تا بر این مبنا، فرضیه‌های اولیه پژوهش بیان شود و یافته‌های موردنظر از داده‌ها استخراج شود (میلز و هابرم، ۱۹۹۴). در این پژوهش، راهبرد منتخب جهت تحلیل داده‌های گردآوری‌شده، راهبرد استخراج نظریه مبتنی بر داده‌های است. از آنجاکه پژوهش حاضر به صورت اکتشافی انجام یافته است انتظار می‌رود که علی‌رغم وجود وجوه اشتراکی با نظریه‌های پیشین، نتایج حاصله به دلیل متفاوت بودن تجربه مورد مطالعه تا حدی متفاوت باشند.

پس از بررسی الگوهای ارائه‌شده برای مراحل ایجاد قابلیت‌های فناورانه برای محصولات و سامانه‌های پیچیده در کشورهای در حال توسعه و عوامل مؤثر در شکل‌گیری آن‌ها، اجزای کلیدی (روش‌های کسب فناوری، نقش حاکمیتی دولت، قابلیت‌های فناورانه، قابلیت‌های مدیریتی، سازوکارهای یادگیری فناورانه) با مرور مصاحبه‌های پیاده‌سازی‌شده و اسناد و مدارک مختلف شناسایی شدند. در ادامه با

شناسایی زمان وقوع آن‌ها، این عوامل براساس زمان مرتب شدند. براین اساس پس از بررسی اطلاعات مرتب‌شده، تجربه شرکت در سه دوره زمانی تفکیک شد.

یافته‌ها

در روش‌های معمول برای حفر چاه، دکل حفاری بر روی مخزن نفت و گاز استقرار می‌یابد و چاه به‌صورت عمودی حفاری می‌شود. در مواردی که دسترسی به مخزن با حفر چاه عمودی به دلیل عوامل طبیعی یا وجود تأسیسات امکان‌پذیر نباشد، دکل در مکان دیگری مستقر می‌شود و با حفاری در یک مسیر از پیش طراحی‌شده، دسترسی به مخزن نفت و گاز صورت می‌پذیرد. عواملی دیگری نظیر نیاز به ایجاد حفره‌های افقی در مخزن، حفاری چاه امدادی برای کنترل فوران چاه و اطفای حریق چاه اهمیت استفاده از این خدمات را آشکار می‌سازند. برای اجرای این نوع حفاری دو تجهیز اصلی با نام‌های موتورهای حفاری^۱ درون‌چاهی و تجهیزات جهت‌یابی و اندازه‌گیری در حین حفاری^۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل ایجاد و توسعه قابلیت‌های فناورانه در سازمان مورد مطالعه شامل سه مرحله است. مرحله اول (۱۳۷۱ تا ۱۳۷۳) با عنوان دوران بهره‌برداری مشترک معرفی می‌شود چراکه دانش بهره‌برداری در این دوران حاصل شده است. مرحله دوم (۱۳۷۴ تا ۱۳۹۸) دوران بهره‌برداری مستقل از خریدهای خارجی نام دارد زیرا طی این دوران دانش مهندسی سامانه در سازمان تعمیق یافته است. این دوره باتوجه به نمانام همکار، به دو زیر دوره ۱۳۷۴ الی ۱۳۸۴ (توسعه ناوگان با نمانام‌های غربی) و ۱۳۸۵ الی ۱۳۸۸ (توسعه ناوگان با نمانام‌های چینی) تقسیم می‌شود. نهایتاً مرحله سوم - که از سال ۱۳۸۹ آغاز شده و تاکنون ادامه دارد - دوران دستیابی به دانش و فناوری ساخت می‌باشد.

مرحله اول: کسب دانش بهره‌برداری از طریق بهره‌برداری مشترک با شریک خارجی (۱۳۷۱ - ۱۳۷۳)

در زمان تأسیس شرکت، تجهیزات اندکی از زمان فعالیت شرکت‌های بین‌المللی باقی مانده بود که به دلیل فقدان تجربه بهره‌برداری، قابل به‌کارگیری توسط کارکنان ایرانی نبود. با توسعه فناوری حفاری انحرافی نزد پیشروان این صنعت، تجارب به‌دست‌آمده در مهار فوران چاه‌ها در زمان جنگ و مشارکت در اطفای حریق چاه‌های نفت کویت، نیاز به تأمین این خدمات در بدنه شرکت ملی نفت ایران مطرح

1 . Down Hole Motor

2 . Measuring While Drilling (MWD)

شد و شرکت ملی حفاری در سال ۱۳۷۱ به‌عنوان متولی تأمین این خدمات انتخاب شد. براین اساس در نخستین گام، قرارداد مشارکتی برای ارائه خدمات با شرکت شلمبرژه-آنادریل^۱ به‌عنوان یکی از معتبرترین شرکت‌های بین‌المللی در این عرصه - منعقد شد. در این قرارداد دو گروه عملیاتی تجهیز و آماده‌به‌کار شدند. فعالیت شرکت در این دوران شامل راهبری قرارداد با مشتری و مشارکت در عملیات بود. طی این قرارداد ضمن به‌خدمت‌گرفتن سامانه‌های کارآمد، اولین تجربیات انجام عملیات حفاری انحرافی به دست آمد. پیش از اجرای تعهدات عملیاتی و باتوجه‌به نیازهای شدید آموزشی، تعدادی از کارشناسان دارای سوابق اجرایی در حوزه‌های مرتبط با حفاری انتخاب شدند و به‌مدت شش ماه در شرکت سازنده تحت آموزش قرار گرفتند. دریافت محتوای آموزشی به‌صورت جامع و شفاف پیش از شروع دوره‌ها، تعیین معیارهای انتخاب افراد برای شرکت در آموزش‌ها و آماده‌سازی تیم‌های اعزامی پیش از فراگیری از اقدامات مؤثر برای اثربخشی آموزش بودند.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت که دوره اول تأسیس خدمات حفاری جهت‌دار، به کسب توانمندی ارائه خدمات تخصیص یافت. علاوه‌بر تأسیس سازمان و آموزش کارکنان، زیرساخت‌های توسعه فعالیت‌ها نظیر ایجاد پایگاه عملیاتی نیز در این بازه زمانی پیش‌بینی شدند. در زمان تأسیس سازمان، هیچ‌گونه تجربه بهره‌برداری وجود نداشت؛ در نتیجه قابلیت‌های فناورانه در این مرحله به‌روش مشارکت در بهره‌برداری (بدون خرید) و برگزاری دوره‌های آموزش ایجاد شد و به‌بیانی دیگر فرآیند یادگیری از طریق به‌کارگیری^۲ صورت پذیرفت.

مرحله دوم: کسب دانش مهندسی سامانه از طریق بهره‌برداری مستقل از خریدهای خارجی (۱۳۹۸ - ۱۳۷۴)

در این دوره زمانی، سازمان با تکیه بر فناوری‌های غربی و چینی توسعه یافت. طبق مستندات موجود در سازمان، آخرین خریدها مربوط به سال ۱۳۸۸ بود اما فرآیند بهره‌برداری از تجهیزات خریداری شده تا زمان این پژوهش ادامه داشت. البته پس از سال ۱۳۸۸ نیز خرید خارجی به‌صورت محدود (به‌عنوان مثال خرید قطعات یدکی) انجام یافته است. باتوجه‌به استمرار بهره‌برداری از خریدهای خارجی، این دوران تا سال ۱۳۹۸ در نظر گرفته شده است. در ادامه قابلیت‌های به‌دست‌آمده در مراحل توسعه سازمان تشریح شده است.

1 . Schlumberger Anadrill

2 . Learning by Using

توسعه ناوگان با نمانام اروپایی (۱۳۸۴ - ۱۳۷۴)

در این بازه زمانی توجه مشتریان به صیانت از مخازن نفت و گاز و به‌کارگیری روش‌های افزایش تولید افزایش یافت. یکی از ابزارهای تحقق این خواسته، به‌کارگیری بیشتر خدمات حفاری جهت‌دار بود که به ایجاد موج فزاینده در فشار بازار منتج شد. با توجه به محدودیت‌های ناوگان، امکان جذب بخش عظیمی از ظرفیت قراردادهای منعقد در آن زمان میسر نشد؛ بنابراین جذابیت کسب درآمدها و همچنین تهدید پرشدن خلأ بازار توسط رقبای جدید موجب حرکت سازمان به سوی توسعه ناوگان خود شد. براین اساس تیم کارشناسی حفاری انحرافی یک پژوهش مفصل در خصوص فناوری‌های موجود در بازارهای بین‌المللی به عمل آورد و کارایی این فناوری‌ها را در میدان‌های نفت و گاز مشابه بررسی کرد. محدودیت تعداد شرکت‌های صاحب‌نام در بازارهای بین‌المللی، کم‌رنگ بودن جنبه‌های فنی اطلاعات در دسترس و سیاست‌های داخلی برخی شرکت‌ها مبنی بر عدم فروش تجهیزات (و صرفاً ارائه خدمات)، انتخاب منابع را با محدودیت جدی مواجه نمود. با جمع‌بندی بررسی‌های به‌عمل آمده در اوایل سال ۱۳۷۴، قرارداد خرید سه مجموعه تجهیزات (با روش اجاره به‌شرط تملیک) با شرکت بیکر هیوز^۱ منعقد شد. این شرکت پیشرو غربی در این حوزه فناوری، تجربیات عملیاتی متعدد در میدان‌های نفت و گاز خاورمیانه را نیز در سوابق خود داشت.

پس از ورود تجهیزات به ایران و آغاز عملیات‌های اولیه در دوران راه‌اندازی، اشکالات عمده در سامانه مشاهده شد به نحوی پیاده‌سازی کامل امکان‌پذیر نبود. براین اساس یک تیم کارشناسی متشکل از کارکنان شرکت ملی حفاری و شرکت بیکر هیوز تحلیل شرایط سازگاری تجهیزات با شرایط خاص حفاری در میدان‌های نفت و گاز کشور را آغاز نمودند. تحلیل‌های به‌عمل آمده به بازطراحی زیرسامانه‌ها و اصلاح و ارتقای فنی تجهیزات منتج شد. این همکاری مشترک زمینه‌ساز شکل‌گیری درکی جدید نزد کارکنان شد که با تجربیات بهره‌برداری و تعمیراتی پیشین متفاوت بود. براین اساس کارکنان با روش‌های رفع عدم‌انطباق‌های محصول و رویکردهای طراحی محصول، ارتقای زیرسامانه‌ها و مونتاژ زیرسامانه‌ها آشنا شدند.

پس از این تجربه و در پاسخ به نیازهای بازار، توسعه برای تأمین پنج مجموعه تجهیزات در سال ۱۳۷۹ در دستور کار قرار گرفت. با توجه به عدم‌علاقه‌مندی شرکت بیکر هیوز به همکاری (به دلیل سیاست‌های بین‌المللی)، پس از انجام بررسی‌های فنی جدید در فرآیند برگزاری مناقصه شرکت

جئولینک^۱ از کشور اسکاتلند به‌عنوان نماینده مناقصه خرید پذیرفته شد. راه‌اندازی این تجهیزات به‌مراتب دشوارتر از راه‌اندازی تجهیزات شرکت بیکر هیوز بود و براین‌اساس فرایند مذکور حدود یک سال زمان (بیش از دو برابر تجربه همکاری با شرکت بیکر هیوز) به طول انجامید.

توسعه ناوگان با نماینده‌های چینی (۱۳۸۱ - ۱۳۸۵)

با شدت یافتن تحریم‌ها در سال ۱۳۸۵، شرکت‌های معتبر در این صنعت - که ملیت آمریکای شمالی و بعضاً اروپایی دارند - ارتباط خود را با ایران قطع کردند و براین‌اساس حضور شرکت‌های چینی در برنامه‌های توسعه‌ای و جایگزینی پُررنگ شد. هرچند تأمین قطعات یدکی برای پشتیبانی سامانه‌های موجود از طریق واسطه‌ها میسر بود اما هزینه تمام‌شده با این روش، رشد چشمگیری یافت. برای بقای سازمان، اجرای تعهدات قراردادی با مشتریان و جایگزینی تجهیزات مستهلک‌شده، توسعه ناوگان با نماینده‌های در دسترس (شرکت‌های چینی) اجتناب‌ناپذیر بود. اگرچه این تجهیزات از لحاظ چرخه بلوغ فناوری هنوز به دوره بلوغ خود نرسیده بودند، مشاهده نقاط قابل بهبود متعدد و تمایل طرف چینی به ارتقای کیفی، امیدبخش حفظ جایگاه شرکت در بازار با تکیه بر فرصت‌های اندک بود. برای کنترل ریسک‌های فنی، توسعه ناوگان با ده مجموعه جدید در سه مرحله برنامه‌ریزی شد. با انعقاد قرارداد تأمین دو مجموعه تجهیزات با شرکت چینی هایلن^۲، در فاز نخست تجهیزات لازم برای ایجاد دو گروه عملیاتی خریداری شد. در مرحله دوم، تجهیزات لازم برای ایجاد ۶ گروه عملیاتی از شرکت چینی گلتک^۳ وارد ایران شد. در مرحله سوم نیز دو مجموعه دیگر از طریق شرکت چینی اچ‌تی^۴ تأمین شد.

خرید تجهیزات به‌وش برگزاری مناقصه عمومی، تنوع فناوری و نماینده‌های کالایی را در سازمان افزایش داد. براین‌اساس علی‌رغم دشوار شدن پشتیبانی فنی سامانه‌ها، متخصصان حفاری انحرافی با رویکردهای مختلف طراحی و نقاط ضعف و قوت آن‌ها آشنا شدند. پس از ورود تجهیزات و در زمان راه‌اندازی، مشکلات عملیاتی به‌مانند تجربیات قبلی و البته با شدت بیشتر ظاهر شد و راه‌اندازی هر مجموعه بین شش ماه تا یک سال به‌طول انجامید. قابلیت‌های ایجادشده در مرحله قبل و دانش شکل‌گرفته در متخصصان داخلی در زمینه رفع عدم‌انطباق‌ها از یک‌سو و مهارت اندک طراحان چینی

1 . Geolink

2 . Hailan

3 . Golteck

4 . HT

برای ارتقای تجهیزات در مواجهه با شرایط متنوع کاربری، این مرحله را از مرحله دوم متمایز ساخت. جریان انتقال دانش کاربردی در این مرحله از طرف ایرانی به طرف خارجی فزونی یافت و کارکنان علاوه بر تشخیص علل عدم انطباق‌ها، به تبیین گزینه‌های ارتقای زیرسامانه‌ها با پیشینه فنی قابل درک برای طراح پرداختند. یکی از دستاوردهای این مرحله، دستیابی شرکت ملی حفاری به این دانش بود که هریک از اجزا و قطعات چگونه تأمین یا ساخته می‌شوند. از سوی دیگر در تجربه‌های پیشین امکان مشاهده اجزای زیرسامانه‌ها وجود نداشت و شرکت صاحب فناوری از افشای این اطلاعات با روش‌های مختلف محافظت می‌نمود. براین اساس در سازمان این اعتقاد ایجاد شد که برای دستیابی به فناوری‌های یک محصول تسلط بر تمام فناوری‌های ساخت اجزای زیرسامانه‌ها ضروری نیست و سازمان می‌بایست تنها به هنر مدیریت این زنجیره تأمین دست یابد. اتخاذ این رویکرد در مراحل بعدی، ساخت داخل را امکان‌پذیر کرد.

در مرحله دوم تصمیم مدیران وقت در زمینه اتخاذ رویکرد خرید با روش اجاره به‌شرط تملیک برای کنترل ریسک‌های فنی، استفاده از ظرفیت‌های قراردادی و سهولت مواجهه با مشکلات (در مقایسه با سایر روش‌ها از جمله عودت کالای خریداری‌شده و مختومه کردن قرارداد)، زمینه‌ساز ایجاد قابلیت‌های فنی در سازمان شد. از دیدگاه بازار نیز در کنار ایجاد اعتبار برای شرکت ملی حفاری، بارزترین دستاورد این دوره، شکست نرخ ارائه خدمات به‌میزان حدود یک‌سوم نرخ‌های متداول در کشور بود. باتوجه به آنکه شرکت ملی حفاری بخشی از بدنه وزارت نفت است، این دستاورد صرفه‌جویی ارزی قابل ملاحظه‌ای نیز به‌همراه داشت. قابلیت‌های فناورانه ایجادشده در این مرحله شامل بهره‌برداری مستقل از تجهیزات خارجی، قابلیت تعمیر و نگهداری تجهیزات خارجی، قابلیت مونتاژ، قابلیت‌های مهندسی در رفع عدم انطباق‌ها در شرایط محیطی جدید و قابلیت مشارکت در بهبود و ارتقای زیرسامانه‌ها بود؛ قابلیت‌هایی که به‌صورت تدریجی در هر پروژه توسعه ناوگان عمیق‌تر شدند.

طراحی و ساخت سامانه جهت یابی در حین حفاری (۱۳۹۸ - ۱۳۸۹)

با دشوار شدن فضای رقابتی کسب‌وکار از یک‌سو و دشوارتر شدن ارتباطات با شرکت‌های خارجی و اخذ پشتیبانی فنی از سوی دیگر، در شرکت ملی حفاری برای حفظ سهم بازار رویکردهای جدید تأمین نیازهای تعمیراتی در دستور کار قرار گرفت. با شناخت نسبی به‌دست‌آمده از فناوری و برای چاره‌اندیشی رفع نیازها در داخل کشور، الگوهای مختلف توسط مدیران بررسی شد. براساس جمع‌بندی مستندات

موجود در شرکت، لزوم توسعه شبکه نوآوری مورد تأکید قرار گرفت: با توجه به گستره و تنوع فناوری، امکان وابستگی به تعداد محدودی تأمین‌کننده داخلی وجود ندارد. با توجه به تخصصی بودن فناوری، بهتر است قطب‌هایی با مدیریت علمی و فنی این مراکز و مدیریت کلان شرکت ملی حفاری شکل گیرند. اعضای شبکه، شرکت‌ها و مراکز پژوهشی توانمند برای توسعه فناوری‌های صنعت خواهند بود.

به منظور ایجاد قطب علمی، سمینارها و پانل‌های علمی متعددی برای آشناسازی مراکز پژوهشی با صنعت حفاری انحرافی برگزار شد و پس از آن با فراخوان نیاز، دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای اجرای پروژه انتخاب شد. اعضای شبکه نیز از طریق اطلاع‌رسانی عمومی و پایش توانمندی‌ها انتخاب شدند و با تعریف پروژه‌های تعمیراتی، گام به گام با فناوری مانوس شدند. این تلاش‌ها منجر به تشکیل یک هسته پژوهشی دانشگاهی متشکل از ۷ پژوهشگر با تخصص‌های مختلف و شکل‌دهی ۲ شرکت دانش‌بنیان شد. کارکنان این تیم‌ها بیش از ده سال تجربه در زمینه طراحی و توسعه محصول در سایر صنایع داشتند. شایان ذکر است شرکت ملی حفاری به دلیل رسالت سازمانی، امکان ایجاد زیرساخت‌های طراحی و ساخت تجهیزات را در سازمان خود نداشت؛ در نتیجه این شرکت با تکیه بر الگوهای تدوین شده در شرکت ملی نفت ایران به ایجاد قابلیت‌های مذکور در خارج از سازمان پرداخت. برای بیان مسیر رشد و توسعه قابلیت‌های فناورانه، گام‌های طی شده در سازمان در سه دسته طبقه‌بندی شد. طی این گام‌های پیاپی، به تدریج سطح پیچیدگی تجهیزات افزایش یافت و توان سازمان و اعضای شبکه رفته‌رفته نیز ارتقا یافت.

قابلیت‌های ایجاد شده در تجهیزات گروه اول (۱۳۹۲ - ۱۳۸۹)

تجهیزات گروه اول منابع تغذیه درون‌چاهی، اجزای بدنه خارجی و اتصالات مکانیکی بودند. منابع تغذیه شامل مجموعه‌های باتری و توربین درون‌چاهی هستند که توان تقریبی ۱۰۰ وات را برای کارکرد حداقل ۱۰۰ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۲۰ هزار پی‌اس‌ا^۱ تأمین می‌کنند. اجزای بدنه نیز ساختاری مقاوم برای تحمل فشار و شوک‌های مکانیکی دارند و علاوه بر آن نقش یک کاهنده حرارتی را برای جلوگیری از انتقال دما به درون ابزار و تجهیزات الکترونیکی آن ایفا می‌نمایند. در این مرحله الگوگیری از نمونه‌های موجود، نقطه شروع حرکت بود. مطابق الگوی تعریف شده، تیم مشترک

خبرگان حفاری به همراه شرکت‌های دانش‌بنیان، اقدامات زیر را برای ساخت تجهیزات به عمل آوردند:

- **مطالعات فاز شناخت:** در این مرحله که توسط خبرگان حفاری انجام شده است، ورودی‌ها و خروجی‌های موردانتظار، الزامات و استانداردهای حاکم بر زیرسامانه‌ها، نقشه‌های شماتیک اولیه، تجزیه و تحلیل نمونه‌های موجود و روش‌های آزمون تهیه و تدوین شد. علاوه بر آن با تحلیل سوابق تعمیر و نگهداری و همچنین بازخوردهای بهره‌برداران از خریدهای خارجی، فهرستی از اقدامات اصلاحی برای ساخت در نظر گرفته شد.

- **ایجاد زیرساخت‌ها:** براساس چارچوب به‌دست‌آمده از فاز شناخت، اعضای شبکه منتخب به تکمیل نیروی انسانی ماهر در تخصص‌های موردنیاز پرداختند و فضای کارگاهی خود را تجهیز کردند. همچنین در گزینش شرکت‌های منتخب عواملی نظیر برخورداری از تجربیات مشابه موردتأکید بوده است؛ بنابراین سرمایه‌گذاری به‌عمل‌آمده جهت توسعه و ترمیم زیرساخت در دو بُعد نیروی انسانی و فضای کار انجام شد.

- **ساخت نمونه:** براساس گام‌های پیشین، تولید و صحت عملکرد نمونه‌ها موردبررسی قرار گرفت. طبق اظهارات خبرگان تعمیرات ساخت ماژول باتری محصولات ساخت شرکت‌های ژئولینک، گلتک و هایلین و همچنین بخش‌هایی از توربین ژئولینک در این مرحله صورت پذیرفت.

سطح پیچیدگی تجهیزات در این مرحله ساده و معمولی بود و تنها قابلیت‌های پایه‌ای در شبکه ایجاد شد. قابلیت‌های ایجادشده در این مرحله شامل به‌کارگیری امکانات موجود، مشابه‌سازی، به‌کارگیری دانش جذب‌شده و تیم‌سازی (به‌صورت محدود) بود. به بیان کیم^۱ (۱۹۹۷، ۱۹۹۹) در این مرحله قابلیت‌های فناورانه اولیه شامل سرمایه‌گذاری و ایجاد زیرساخت به دست آمد. طبق نظریه وینتر^۲ (۲۰۰۳) نیز قابلیت‌های عملیاتی سطح اول در این مرحله ایجاد شد.

قابلیت‌های ایجادشده در تجهیزات گروه دوم (۱۳۹۵ - ۱۳۹۱)

در تجهیزات گروه دوم تمرکز اصلی بر سامانه‌های تبادل داده، بخش جهت‌یابی و بخش الکترونیکی ابزار سنجش تشعشعات هسته‌ای بود. پیاده‌سازی این تجهیزات در کنار سایر علوم، نیازمند احاطه عمیق به مباحث الکترونیک برای کاربرد در شرایط غیرمتعارف بود. از این رو نقش قطب فناوری در تدوین الزامات

1 . Kim

2 . Winter

اولیه و ایجاد دانش بااهمیت بود. اقدامات انجام‌شده در این مرحله عبارت بودند از:

- **مطالعات فاز شناخت و توسعه زیرساخت:** بیان علمی شرح کار و الزامات آن در یک همکاری مشترک بین خبرگان حفاری و قطب‌فناوری صورت پذیرفت. در این فرآیند به تدریج احاطه قطب‌فناوری بر ابعاد دانش کاربردی موردنیاز رشد یافت. براساس این تجربه، تجهیزات آزمایشگاهی و پژوهشی قطب‌فناوری توسعه یافت. براین‌اساس مشابه مرحله قبل، فهرستی از مزایا و معایب فناوری‌های در اختیار (تجهیزات خریداری‌شده از خارج) تهیه شد. حفظ سازگاری زیرسامانه‌ها با نمونه‌های موجود یکی از محدودیت‌های این مرحله بود.

- **ساخت نمونه اولیه:** با الگوبرداری از نمونه‌های موجود و انجام مهندسی معکوس، طراحی تجهیزات آغاز شد. با توجه به دقت نظر کامل سازندگان تجهیزات خارجی بر حفظ مالکیت معنوی، پیاده‌سازی تجهیزات مستلزم دستیابی به الگوریتم‌های عملکرد بود. به بیان دیگر مشخصات فنی زیرسامانه‌های کلیدی کاملاً توسط شرکت سازنده خصوصی‌سازی شده بود و دسترسی به آن‌ها میسر نبود؛ بنابراین رویکرد طراحی شکست زیرسامانه‌ها به اجزای کوچک و پیاده‌سازی براساس عملکرد اتخاذ شد.

- **ساخت نمونه صنعتی:** در این مرحله شرکت‌های دانش‌بنیان به‌عنوان توسعه‌دهنده محصول به تیم اضافه شدند. فرآیندهای صنعتی‌سازی و انطباق با شرایط عملیاتی در این مرحله عمده فعالیت‌ها را تشکیل می‌دادند. طراحی و ساخت سامانه تبادل داده شرکت‌های هایلن و جنولینک، ساخت و واسنجی^۱ بخش جهت‌یابی تجهیزات ساخت شرکت‌های جنولینک و اچ‌تی، ساخت بخش الکترونیکی ابزار سنجش پرتوهای هسته‌ای جنولینک، هایلن و گلتک در این دوره صورت پذیرفت.

ازلحاظ دسته‌بندی سطوح پیچیدگی، تجهیزات گروه دوم در دسته متوسط قرار داشتند. قابلیت‌های ایجادشده در این مرحله شامل تعمیق قابلیت تیم‌سازی و رشد منابع انسانی، قابلیت تحقیق و توسعه مشترک، قابلیت طراحی نمونه‌های مشابه و ارتقای زیرسامانه‌ها و استفاده کارآمد از دانش فناورانه بود. به بیان فیگیردو^۲ (۲۰۰۳) در این مرحله قابلیت‌های پایه در سازمان نهادینه شد. همچنین به‌واسطه رشد تجربه و افزایش مهارت نیروی انسانی، نوآوری جزئی نیز در محصول صورت پذیرفت.

1 . Calibration

2 . Figueiredo

قابلیت‌های به‌دست‌آمده در گروه سوم (۱۳۹۸ - ۱۳۹۵)

در گام‌های پیشین حفظ ناوگان و توان عملیاتی سازمان در اولویت بود. براین‌اساس با تکیه بر تجربیات موفق به‌دست‌آمده و با رویکرد توسعه ناوگان، برنامه‌ریزی برای طراحی و ساخت مجموعه کامل در دستور کار قرار گرفت؛ بنابراین در گام نخست زیرسامانه‌های باقی‌مانده برای تکمیل یک مجموعه کامل مشخص شدند. این زیرسامانه‌ها شامل سامانه‌های نمایشگر، بخش ابزار دقیق اندازه‌گیری پرتوهای هسته‌ای و تجهیزات واسطه و جانبی بود. سایر اقدامات این گام عبارت بودند از:

- **جمع‌آوری بازخورد از به‌کارگیری تجهیزات ساخته‌شده:** طبق برنامه‌ریزی انجام‌شده، زیرسامانه‌های پیشین تحت پایش دائمی قرار گرفتند. در ادامه براساس تحلیل اشکالات گزارش‌شده، نمونه‌های جایگزین طراحی و ساخته شدند. براین‌اساس اصلاح بخش جهت‌یابی فناوری جنولینک و اصلاح فناوری تبادل داده تجهیزات ساخت شرکت چینی هایلند صورت پذیرفت.

- **طراحی پایه و ساخت محصول:** براساس تحلیل بازخوردها، فرآیند طراحی مجموعه کامل صورت پذیرفت. همچنین شرکت‌های توسعه‌دهنده محصول (اعضای شبکه) تحت نظارت قطب فناوریانه و خبرگان حفاری، زیرسامانه‌های جدید را تولید کردند و مجموعه کامل را مونتاژ کردند.

فعالیت‌های این دوره، بالاترین سطح پیچیدگی فناوریانه را دارا بود. قابلیت‌های به‌دست‌آمده در این دوره شامل قابلیت طراحی و مهندسی سامانه، قابلیت تحقیق و توسعه به‌منظور به‌روزرسانی فناوری، قابلیت یکپارچه‌سازی سامانه بود. در این زمینه بلانچارد و بلایلر^۱ (۲۰۱۶) بر قابلیت‌هایی نظیر تحلیل مسئله، تعریف نیاز، تعریف الزامات عملیاتی، طراحی مفهومی، طراحی تفصیلی، آزمون و ارزیابی به‌عنوان برخی قابلیت‌های کلیدی برای توسعه محصولات پیچیده تأکید کرده‌اند. در این تجربه به‌تدریج آشنایی با طراحی و مهندسی سامانه در فرایندهای راه‌اندازی و رفع اشکالات سامانه‌های خریداری‌شده از خارج شکل گرفت و در فعالیت‌های مهندسی معکوس و مشارکت با اعضای شبکه در ایجاد زیرسامانه‌ها تعمیق یافت. همچنین اعتبارسنجی نهایی تجهیزات ساخته‌شده با تحلیل عملکرد در شرایط واقعی انجام شد. باتوجه‌به تنوع شرایط درون‌چاهی در میدان‌های نفتی مختلف، برای اعتبارسنجی، تجهیزات به مدت ۶ ماه در میدان‌های مختلف مورد‌استفاده قرار گرفتند. میانگین فاصله

جغرافیایی محل آزمون‌ها تا پایگاه عملیاتی، حدود ۵۰۰ کیلومتر بود. اخذ مجوزهای لازم از شرکت‌های نفتی توسعه‌دهنده میدان‌های نفتی برای رانش تجهیزات به درون چاه، اخذ مجوزهای ایمنی برای حضور اعضای شبکه نوآوری در محل چاه، زمان موردنیاز برای رانش ابزار به درون چاه، تأثیر آن بر زمان‌بندی حفاری چاه و سایر محدودیت‌های عملیاتی، انجام آزمون‌ها را با دشواری‌های فراوانی روبرو نمود؛ بنابراین هر مرحله آزمون شامل چندین شبانه‌روز تلاش بی‌وقفه برای بررسی عملکرد ابزار در اعماق چاه بود. براساس شواهد دریافت‌شده به‌صورت برخط از اعماق زمین، تصمیم‌گیری برای اقدامات اصلاحی به‌عمل آمد و پس از انجام اصلاحات با رانش مجدد ابزار به درون چاه، بازخوردها مشاهده و تحلیل شد؛ بنابراین مدت‌زمان قابل‌ملاحظه‌ای به مرحله آزمون میدانی و انجام اصلاحات در مقایسه با زمان طراحی و ساخت محصول تخصیص یافت.

ازسوی‌دیگر تحلیل بازخوردها در آزمون‌های میدانی و اقدامات اصلاحی سریع، نیازمند احاطه بر دانش فنی بود. این تجربه تأیید می‌کند که تجهیزات درون‌چاهی را به‌هیچ‌وجه نمی‌توان به روش همانندسازی و مهندسی معکوس و با الگوی دستیابی به قابلیت ساخت تک‌تک اجزا و قطعات تولید کرد. با توجه به تنوع پدیده‌های درون‌چاهی، پس از مونتاژ زیرسامانه‌ها لازم است که تجهیز با شرایط عملیاتی در میدان‌های مختلف نفتی انطباق داده شود. در این تجربه، الگوبرداری از نمونه‌های موجود در کاهش زمان و هزینه‌های پروژه بسیار مؤثر بود. شایان‌ذکر است که طراحی یک مجموعه ابزار جهت‌یابی از پایه، نیازمند ۱۰ سال زمان و صرف ۳ میلیون دلار می‌باشد.

اگرچه شروع اقدامات براساس رفع اولویت‌های عملیاتی بوده است اما تحلیل مراحل درگذر زمان - که بیانگر سیر تحولات و نحوه ارتقای قابلیت‌های فناورانه در سازمان است - با یافته‌های لال^۱ (۱۹۹۲) هم‌پوشانی دارد. در یک نگاه کلی قابلیت‌های فناورانه ایجادشده در این مرحله شامل قابلیت ساخت مرحله‌به‌مرحله زیرسامانه‌های اندازه‌گیری حین حفاری (خریداری‌شده از خارج با همکاری اعضای شبکه)، بهبود و ارتقای زیرسامانه‌ها، تحقیق و توسعه، پشتیبانی فنی و قابلیت طراحی، مهندسی و ساخت تجهیزات اندازه‌گیری حین حفاری به‌صورت مستقل بوده است. براساس یافته‌های مطالعه موردی، مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در سازمان خدمات حفاری انحرافی و ساخت تجهیزات در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناوریانه در سازمان مورد مطالعه

منبع (شماره مصاحبه)	مرحله سوم: توسعه زیرسامانه‌ها و بازطراحی کلی	مرحله دوم: دانش مهندسی سامانه	مرحله اول: دانش بهره‌برداري	مقوله‌ها
۸، ۲، ۹، ۱۳ و ۱۴	ساخت مرحله به مرحله زیرسامانه‌های اندازه‌گیری حین حفاری (خریداری شده از خارج با اعضای شبکه)؛ بهبود و ارتقای زیرسامانه‌ها؛ پشتیبانی فنی؛ تحقیق و توسعه؛ طراحی، مهندسی و ساخت ابزار اندازه‌گیری حین حفاری به صورت مستقل	بهره‌برداري مستقل از تجهیزات خریداری شده؛ انجام تعمیرات و نگهداری تجهیزات خارجی مونتاژ؛ مهندسی در رفع عدم انطباق‌ها در شرایط محیطی جدید از طریق همکاری مشترک؛ مشارکت در بهبود و ارتقای زیرسامانه‌ها	بهره‌برداري به صورت مشترک با شرکت خارجی	قابلیت‌های فناوریانه
۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶	سرمایه‌گذاری و حمایت از پروژه‌های اتکا به توان داخلی؛ زمینه‌سازی برای ایجاد شبکه نوآوری	واگذاری پروژه‌های عملیاتی برای تقویت رقابت‌پذیری در برابر شرکت‌های خارجی؛ سرمایه‌گذاری برای توسعه ناوگان با هدف تسلط بر بازار	تأسیس سازمان با هدف رفع نیازهای عملیاتی	راهبردهای حاکمیتی دولت
۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۹ و ۱۰	انتقال دانش و فناوری عملکرد اجزاء، مونتاژ و استانداردها به اعضای شبکه؛ طراحی و مهندسی معکوس تجهیزات اندازه‌گیری جهت گلتک؛ تحقیق و توسعه مشترک بر روی مؤلفه‌ها و زیرسامانه‌های موجود؛ انتقال بازخورد از بهره‌برداري به مهندسی و طراحی	همکاری با شرکت‌های خارجی حین راه‌اندازی و مشارکت در مراحل پیاده‌سازی فرآیندهای اصلاحی برای رفع عدم انطباق‌ها و ارتقای زیرسامانه‌ها؛ مطالعه استانداردهای مرتبط؛ تحقیق و توسعه درون‌زا (به صورت محدود)	کسب دانش و فناوری بهره‌برداري با آموزش و کتابچه‌های فنی تجهیزات	راهبردهای کسب فناوری
۱، ۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹	یادگیری از طریق همکاری با اعضای شبکه؛ یادگیری از طریق تحقیق و توسعه مشترک	یادگیری از طریق بهره‌برداري و انجام کار؛ یادگیری از طریق ظرفیت‌های قراردادی	یادگیری از طریق همکاری با شرکت خارجی؛ یادگیری از طریق انجام کار	سازوکارهای یادگیری فناوریانه

منبع (شماره مصاحبه)	مرحله سوم: توسعه زیرسامانه‌ها و بازطراحی کلی	مرحله دوم: دانش مهندسی سامانه	مرحله اول: دانش بهره‌برداری	مقوله‌ها
۱، ۲، ۸، ۱۱ و ۱۲	قابلیت مدیریت شبکه نوآوری؛ مدیریت تولید بومی با ظرفیت رشد مستمر	قابلیت مدیریت پروژه‌های عملیاتی؛ قابلیت مدیریت راه‌اندازی تجهیزات؛ قابلیت مدیریت بازار؛ قابلیت مدیریت زنجیره تأمین	قابلیت مدیریت پیمان	راهبردهای مدیریتی

نتیجه‌گیری

این پژوهش به بیان مسیر طی شده در شرکت ملی حفاری به‌عنوان یک شرکت متأخر ایرانی پرداخته است؛ شرکتی که توانسته طی ۲۷ سال گذشته با ایجاد سازمان و ارائه خدمات فنی و مهندسی چاه‌های نفت و گاز، شرایط شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه و ارتقای تجهیزات حفاری انحرافی را فراهم آورد. در تجارب گذشته و مدل‌های ارائه‌شده برای ایجاد و توسعه قابلیت‌های فناورانه در کشورهای درحال توسعه، تمرکز بر کالا و محصولات فیزیکی بوده است. به‌بیان‌دیگر، هیچ مطالعه‌ای به ایجاد قابلیت‌های فناورانه و تولید تجهیزات موردنیاز در شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات فنی نپرداخته است. در تجارب صنایع دریایی (طهماسبی و همکاران، ۲۰۱۷) و نیروگاهی (صفدری رنجبر و همکاران، ۲۰۱۶ ب) و پتروشیمی (اصغری و مدنی^۱، ۲۰۱۶) نیز سازمان مورد مطالعه، تولیدکننده کالا بوده است. در یک نگاه کلی قابلیت‌های فناورانه در خدمات حفاری انحرافی با پیمودن گام‌های قابلیت‌های بهره‌برداری، قابلیت‌های مهندسی سامانه و قابلیت‌های ساخت و توسعه زیرسامانه‌ها و بازطراحی کلی نظام حاصل شده است. در سایر مطالعاتی که در زمینه تحقق محصول در کشورهای درحال توسعه صورت پذیرفته است بر همکاری بین‌المللی با کشورهای پیشرو برای کسب فناوری تأکید شده است. این موضوع در مطالعات انجام‌شده در دو شرکت مپنا و فراب به‌عنوان شرکت‌های ایرانی نیز مشاهده شده است. کیامهر (۲۰۱۵، ۲۰۱۳) در مطالعات خود بیان می‌دارد که این دو شرکت به‌غیر از دانش و فناوری شرکت‌های آمریکایی نظیر جنرال الکتریک، امکان همکاری و انتقال فناوری از سایر کشورهای صاحب فناوری را داشته‌اند. هرچند فعالیت‌های انجام‌شده در شرکت توربوکمپرسور نفت به زمان

تحریم‌ها بازمی‌گردد ولی این فعالیت‌ها بر مبنای تجارب قابلیت‌های ایجادشده در دوران اولیه بوده است و بیانگر راهبرد استمرار مسیر پس از قطع همکاری‌های بین‌المللی می‌باشد. بر این اساس در سازمان مورد مطالعه، همکاری‌های بین‌المللی متمرکز بر نحوه انجام کار (خدمات فنی) و خارج از مقوله تولید تجهیزات بوده است. همچنین در حوزه ساخت محصولات پیچیده با کاربرد دوگانه (نظامی و غیرنظامی) و در شرایط تحریم، امکان همکاری‌های فناوریانه در سطح بین‌المللی مقدور نبوده است. البته این مسئله در سازمان مطالعه‌شده در صنایع دریایی (طهماسبی و همکاران، ۲۰۱۷) نیز تأثیرگذار بوده است اما در خدمات حفاری انحرافی حتی پس از کسب دانش طراحی با تلاش‌های داخلی، محدودیت‌های دسترسی به منابع کالا و مواد اولیه نظیر حس‌گرها یا تراشه‌های الکترونیکی بارها مسیر طراحی و تولید را تحت‌الشعاع خود قرار داده است. طبق اظهارات مصاحبه‌شوندگان، ویژگی محصول مورد مطالعه در حوزه صنایع بالادستی نفت و گاز در مقایسه با سایر محصولات پیچیده در این است که به دلیل تنوع و ناشناخته‌بودن شرایط تحت‌الارضی، رعایت استانداردها در تولید محصولات کفایت نمی‌کند و لازم است تجهیزات به روش‌های سفارشی‌سازی و اعمال تغییرات، با شرایط عملیاتی انطباق داده شوند؛ بنابراین داشتن قابلیت‌های فنی برای مشارکت با سازنده جهت انطباق محصول بسیار حیاتی می‌باشد. در واقع تا زمانی که شرکت به‌طور جدی به تلاش نپردازد، همکاری با شرکا الزاماً به توسعه قابلیت‌ها منتج نمی‌شود (دفتر سیاست صنعتی مرکز مطالعات فناوری دانشگاه صنعتی شریف^۱، ۲۰۰۶). شایان ذکر است در سایر مطالعات انجام‌شده وابستگی محصول به شرایط کارکردی و تأثیر آن بر فرایندهای منبع‌یابی و قابلیت‌های سازمان مورد توجه نبوده است.

مقایسه یافته‌های پژوهش حاضر با الگوهای ارائه‌شده در زمینه محصولات و سامانه‌های پیچیده در کشورهای در حال توسعه نیز بیانگر موارد قابل تأملی است. در سازمان مورد مطالعه پس از بهره‌برداری، به تدریج قابلیت‌های مهندسی سامانه در مراحل رشد و توسعه سازمان، شکل گرفته‌اند و با شروع به ساخت زیرسامانه‌ها، این قابلیت‌ها تعمیق یافته است. در مقایسه با الگوی ارائه‌شده توسط چادونسکی (۱۹۸۳)، کلیات مسیر شامل گام‌های بهره‌برداری و نگهداری از نظام‌های وارداتی، بهبود در پارامترهای تجهیزات و بهبود در طراحی، شباهت زیادی با تجارب مشاهده‌شده در این پژوهش دارند هرچند قابلیت‌های نگهداری و تعمیرات در سازمان مورد مطالعه در مراحل بعدی شکل گرفته است و نقش مهندسی سامانه در شروع فعالیت‌های ساخت نیز مشهود است. در یافته‌های تیوبال (۱۹۸۴)، تقدم و

تأخر ایجاد قابلیت‌ها مشاهده شده است بدین ترتیب که نخست قابلیت‌های ساخت و تولید و به دنبال آن قابلیت‌های طراحی توسعه یافته است. این موضوع با یافته‌های سازمان مورد مطالعه انطباق نسبی دارد چراکه سازمان در ابتدا و با شروع از قطعات با سطح پیچیدگی کمتر، ساخت و تولید زیرسامانه‌ها ایجاد شده است و در ادامه به سمت کسب تدریجی قابلیت‌های بازطراحی کلی نظام پیش رفته است. لی و یون (۲۰۱۵) در الگوی ساخت قابلیت فناورانه هواپیماهای نظامی در چین، راهبرد خرید، تولید مشترک، مهندسی معکوس را به‌عنوان گام‌های ایجاد قابلیت‌ها معرفی نموده‌اند. طبق نظر ایشان نقش شرکای خارجی تأثیر زیادی در انتخاب راهبرد کسب فناوری در کشورهای متأخر دارد؛ به‌نحوی که حضور فعال شرکای خارجی می‌تواند به به‌کارگیری راهبردهایی نظیر تولید مشترک منجر شود و از سوی دیگر عدم حضور آن‌ها به اتخاذ راهبردهایی نظیر مهندسی معکوس منتج می‌شود. این موارد با یافته‌های پژوهش حاضر کمتر انطباق دارد زیرا تولید مشترک در سازمان در دستور کار قرار نگرفته است و مهندسی معکوس نیز به‌تنهایی منجر به تحقق محصول نشده است. از سوی دیگر الگوی معرفی شده توسط کیامهر (۲۰۱۳) بر شناخت طراحی محصول خارجی، پیاده‌سازی، رفع نواقص و عملیاتی‌سازی، بهبود طراحی و ساخت محصول دلالت دارد و این در حالی است که در پژوهش حاضر اقدامات و تسلسل زمانی مراحل متفاوت می‌باشند. در این راستا سازمان مورد مطالعه در پژوهش حاضر فعالیت خود را با بهره‌برداری و عملیاتی‌سازی نمونه خارجی آغاز می‌کند و در ادامه با دانش مهندسی به‌دست آمده، به توسعه زیرسامانه‌ها و طراحی محصول جدید می‌پردازد. به‌عنوان پیشنهاد‌های سیاستی و مدیریتی به‌دست آمده از پژوهش حاضر، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- با توجه به موانع اولیه و نیاز به سرمایه‌گذاری برای ایجاد زیرساخت‌ها، به‌کارگیری روش شبکه‌سازی پیشنهاد می‌شود. تولید محصولات و سامانه‌های پیچیده نیازمند تسلط بر چندین حوزه دانشی است. پرورش قطب‌های علمی و اعضای شبکه ضمن ایجاد و انباشت دانش عمیق در حوزه‌های تخصصی، موجب تسریع اقدامات (در مقایسه با تأسیس شرکت سازنده تجهیزات حفاری انحرافی) شده است. همچنین تجمیع تقاضاهای داخلی منجر به توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه در میان اعضای شبکه می‌شود.
- در فرآیند توسعه سازمان، اقدامات انجام‌شده در راستای بهبود قابلیت‌های سازمان و شبکه‌سازی علمی، نقش برجسته‌ای در انعقاد قراردادهای خرید داشته است. با توجه به پیچیدگی‌های فناوری در سامانه‌ها و محصولات پیچیده، استفاده از خدمات مشاوره مهندسی اعضای شبکه، زمینه‌ساز

- افزایش قدرت چانه‌زنی قراردادی و رعایت موارد امنیتی خصوصاً در صنایع راهبردی کشور نظیر صنایع نظامی، مخابرات و نفت می‌شود.
- استفاده از ظرفیت‌های قراردادی می‌تواند امکان رشد قابلیت‌های منابع انسانی را توسعه دهد. برخلاف روش‌های معمول - که قابلیت‌ها از طریق قراردادهای رسمی انتقال فناوری و یا تولید مشترک با یک شرکت خارجی ایجاد می‌شوند - در این مورد برای ایجاد قابلیت‌ها و انتقال فناوری هزینه مستقیم پرداخت نشده است.
- این پژوهش مسیر شکل‌گیری قابلیت‌های فناوریانه را در یک شرکت غیرتولیدی و نحوه سرریز دانش به‌دست‌آمده برای ایجاد قابلیت‌های فناوریانه در شبکه نوآوری تحت مدیریت خود را به‌تصویر کشیده است. با توجه به محدودیت‌های همکاری‌های بین‌المللی خصوصاً در حوزه تجهیزات و سامانه‌های پیچیده، ایجاد شبکه‌های همکاری فناوریانه و قراردادهای تحقیق و توسعه با مراکز علمی در داخل کشور می‌تواند یک گزینه مناسب باشد.
- تسلط به فناوری به‌صورت تدریجی و با شروع از سطوح پیچیدگی پایین‌تر، روش مناسبی برای درونی‌سازی قابلیت‌های فناوریانه است. در گام‌های بعدی تمرکز بر سطوح میانی فناوری و پس‌از آن سطوح پیچیده امکان تجمیع توانمندی‌ها و درونی‌سازی را فراهم می‌سازد.
- یکی از دلایل گران‌قیمت‌بودن محصولات و سامانه‌های پیچیده، دانش عمیق حاکم بر تجهیزات است که کسب آن مستلزم صرف وقت و هزینه فراوان می‌باشد؛ بنابراین برای کوتاه‌کردن مسیر و کاهش هزینه‌ها، بهبود و نوآوری در فناوری‌های بالغ موجود در کشور می‌تواند گزینه‌ای مناسب باشد.
- دستیابی به محصولات و سامانه‌های پیچیده با تمرکز بر مهندسی معکوس امکان‌پذیر نمی‌باشد. براین‌اساس ایجاد قابلیت‌های مهندسی محصول و یکپارچه‌سازی سامانه در کنار قابلیت‌های مدیریتی اجتناب‌ناپذیر است.

همچنین برخی از پیشنهاد‌های پژوهش حاضر برای مطالعات آینده نیز به شرح زیر است:

- این پژوهش الگوی شکل‌گیری قابلیت‌های فناوریانه ساخت تجهیزات حفاری انحرافی در شرکت ملی حفاری ایران را مورد بررسی قرار داده است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که از طریق طراحی مطالعات موردی دیگر در مبحث محصولات و سامانه‌های پیچیده در صنایع بالادستی نفت،

تعمیم‌پذیری آن نیز ارزیابی شود.

- الگوی تجمیع هوشمند تقاضاهای خرید در دو حوزه محصولات و سامانه‌های پیچیده و محصولات تولید انبوه و اقدام برای ساخت داخل در وزارت نفت در دست اقدام می‌باشد. این فعالیت در زمان نگارش پژوهش حاضر در مراحل اجرایی می‌باشد و نتایج آن در مطالعات جداگانه‌ای می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

- پژوهش حاضر نظیر اغلب مطالعات دیگر بر حوزه انرژی متمرکز نموده است. براین اساس مطالعات آتی می‌توانند به محصولات و سامانه‌های پیچیده در سایر حوزه‌ها (نظیر صنایع نظامی، هواپیمایی و مخابراتی) بپردازند.

- این پژوهش بر حوزه جغرافیایی کشور متمرکز بوده است. براین اساس مطالعات تطبیقی آینده می‌توانند با در نظر گرفتن برخی ویژگی‌های مشترک ایران با سایر کشورهای همجوار و یا در حال توسعه، تأثیر سایر عوامل را در شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه بررسی نمایند.

- در پژوهش حاضر بدون پرداخت هزینه جداگانه، متخصصان سازمان مورد مطالعه با روش‌ها و چارچوب‌های طراحی محصول و استانداردهای طراحی آشنا شدند و نتایج آن را در آزمون‌های میدانی مشاهده نمودند. براین اساس در پژوهش‌های آتی بررسی امکان‌پذیری این موضوع در صنایع مشابه پیشنهاد می‌شود.

منابع

- Acha, V., Davies, A., Hobday, M., & Salter, A. (2004). Exploring the capital goods economy: Complex product systems in the UK. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 505-529. <https://doi.org/10.1093/icc/dth020>
- Asghari, M., & Madani, S. H. (2016). *Designing a model for managing technological capabilities with a structural equation approach in the Iranian petrochemical industry (Case study: Fanavaran Petrochemical Company)* [In Persian]. International Conference of Management Elites, Tehran, Iran. Retrieved from <https://civilica.com/doc/528981>
- Bagheri Moghaddam, N., Mousavi, S. M., Nasiri, M., Moallemi, E., & Yosefdehi, H. (2011). Wind energy status of Iran: Evaluating Iran's technological capability in manufacturing wind turbines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 4200-4211. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.029>
- Behrouz, T., & Modares, E. (2012). Technology development in upstream oil and gas industries [In Persian]. *Journal of Exploration & Production Oil & Gas* 10(7), 26-29. <http://ekteshaf.nioc.ir/article-1-206-fa.html>
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. In I. ul Haque, M. Bell, C. Dahlman, S. Lall, & K. Pavitt (Eds.), *Trade, technology and international competitiveness* (pp. 69-101). EDI Development Studies.
- Blanchard, B. S., & Blyler, J. E. (2016). *System engineering management*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119178798>
- Choung, J. Y., Hwang H. R., & Song, W. (2014). Transitions of innovation activities in latecomer countries: An exploratory case study of South Korea. *World Development*, 54, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.07.013>
- Chudnovsky, D. (1983). *Capital goods production in the third world: Economic study of technical acquisition*. F Pinter.
- Figueiredo, P. N. (2003). Learning, capability accumulation and firms differences: Evidence from latecomer steel. *Industrial and Corporate Change*, 12(3), 607-643. <https://doi.org/10.1093/icc/12.3.607>
- Furtado, A. T., & de Freitas, A. G. (2000). The catch-up strategy of Petrobras through cooperative R&D. *The Journal of Technology Transfer*, 25(1), 23-36. <https://doi.org/10.1023/A:1007882903341>

- Ghazinoory, S. S., & Mohajeri, A. (2019). Technological learning and its promotion policies [In Persian]. *Journal of Science & Technology Policy*, 11(2), 439-454. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080840.1398.12.2.29.4>
- Gobbo Jr, Jose, & Olsson, Annika. (2010). The transformation between exploration and exploitation applied to inventors of packaging innovations. *Technovation*, 30(5-6), 322-331. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2010.01.001>
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organization. *Research Policy*, 26(6), 689-710. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00044-9)
- Hobday, M., Rush, H., & Joe, T. (2000). Innovation in complex products and systems. *Research Policy*, 29(7-8), 793-804. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00105-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00105-0)
- Hwang, C. Y. (2000). *The aircraft industry in a latecomer economy: The case of South Korea* [Doctoral dissertation, University of Sussex]. EThOS. Retrieved from. <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.313973>
- Ishida, H. (2007). Energy strategies in China and India and major countries' views. *HP (3/2007)*, *The Institute of Energy Economics, Japan*. <http://eneken.ieej.or.jp/data/en/data/pdf/388.pdf>
- Kiamehr, M. (2013). Technological capabilities of complex capital goods in developing economies: The case of a company in Iran's hydro electricity generation industry [In Persian]. *Journal of Science and Technology Policy*, 6(1), 67-80. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080840.1392.6.1.7.8>
- Kiamehr, M., Hobday, M., & Hamed, M. (2015). Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran's thermal electricity generation systems. *Research Policy*, 44(6), 1240-1251. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.02.005>
- Kim, L. (1997). *Imitation to innovation: The dynamics of Korea's technological learning*. Harvard Business Press.
- Kim, L. (1999). Building technological capability for industrialization: Analytical frameworks and Korea's experience. *Industrial and Corporate Change*, 8(1), 111-132. <https://doi.org/10.1093/icc/8.1.111>
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World development*, 20(2), 165-186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)
- Lee, J. J., & Yoon, H. (2015). A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive

- paths of three latecomers in military aircraft industry. *Research Policy*, 44(7), 1296–1313. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.03.007>
- Malerba, F., & Vonortas, N. S. (2009). *Innovation networks in industries*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781848449275>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- Naghizadeh, M., Manteghi, M., Ranga, M., & Naghizadeh, R. (2016). Managing interaction in complex product systems: The experience of IR-150 aircraft design program. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.002>
- Nambisan, S. & Sawhney, M. (2011). Orchestration processes in network-centric innovation: Evidence from the field. *Academy of Management Perspectives*. 25. 40-57. <https://doi.org/10.5465/amp.25.3.zol40>
- Park, T. Y. (2013). How a latecomer succeeded in a complex product system industry: Three case studies in the Korean telecommunication systems. *Industrial and Corporate Change*, 22(2), 363–396. <https://doi.org/10.1093/icc/dts014>
- Park, T. Y., & Kim, J. Y. (2014). The capabilities required for being successful in complex product systems: Case study of Korean e-government. *Asian Journal of Technology Innovation*, 22(2), 268–285. <https://doi.org/10.1080/19761597.2014.973166>
- Ren, Y. T., & Yeo, K. T. (2006). Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 23(6), 519-529. <https://doi.org/10.1080/10170660609509348>
- Roberto, A., Antonio, E., & Alba, V. D. (2017). Intenationalization of state multilatinas: A multi-case study in the oil sector. *International Journal of Business, Economics and Management*, 4(4), 65-81. <https://doi.org/10.18488/journal.62.2017.44.65.81>
- Rush, H., Bessant, J., Hobday, M., Hanrahan, E., & Medeiros, M. Z. (2014). The evolution and use of a policy and research tool: Assessing the technological capabilities of firms. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(3), 353-365. <https://doi.org/10.1080/09537325.2013.851377>
- Safdari Ranjbar, M., Gheidar Khelejani, J., Tahmasbi, S., & Tavakoli, G. R. (2016a). Key capabilities required for innovation and development of defense complex products and systems [In Persian]. *Journal of Technology Development Management*, 4(2),

133-158. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2017.2064.1718>

Safdari Ranjbar, M., Rahman Seresht, H., Manteghi, M., & Ghazinoori, S. S. (2016b). The pattern of building and accumulating technological capabilities for producing complex product systems in developing countries: The case study of Oil Turbo Compressor Company [In Persian]. *Journal of Technology Development Management*, 4(4), 9-38. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2017.1933.1669>

Sandberg, M. (1992). *Learning from capitalists: A study of soviet assimilation of western technology*. Almquist and Wirksell International.

Tahmasebi, S., Fartookzadeh, H., Bushehri, A., Tabaian, K., Gheidar Khelejani, J. (2017). The stages of formation and development of technological capabilities; Case study: An marine industry organization [In Persian]. *Journal of Science & Technology Policy*, 9(4), 19-33. <https://dori.net/dor/20.1001.1.20080840.1395.9.4.3.1>

Technology Studies Center of Industrial Policy Office of Sharif University of Technology. (2006). *Technology policy and market promotion: Along with case studies of 11 developing countries* [In Persian]. Rasa Publications.

Teubal, M. (1984). The role of technological learning in the exports of manufactured goods: The case of selected capital goods in Brazil. *World Development*, 12(8), 849-865. [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(84\)90078-0](https://doi.org/10.1016/0305-750x(84)90078-0)

Viotti, E. B. (2015). *Technological learning systems, competitiveness and development*. Institute of Applied Economic Research. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5006/1/DiscussionPaper_138.pdf

Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), 881- 885. <https://doi.org/10.1002/smj.318>

Yin, R. K. (2014), *Case study research: Design and Methods* (5th ed.). Sage Publication.