

توانمندی‌های فناورانه عرضه کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه: مطالعه موردی یک شرکت در صنعت برقایی ایران

مهدی کیامهر*

پژوهشکده سیاست‌گذاری علم، فناوری و صنعت، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده:

این مقاله به بررسی انباشت توانمندی‌های فناورانه^۱ در بنگاه‌های عرضه کننده کالاهای سرمایه‌ای پیچیده^۲ در کشورهای در حال توسعه می‌پردازد و مبتنی بر مطالعه موردی اکتشافی در یک بنگاه ایرانی عرضه کننده نیروگاه‌های برقایی می‌باشد. این مطالعه، چارچوب‌های موجود از توانمندی‌های فناورانه در متون را به عنوان نقطه شروع کار میدانی استفاده می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که این چارچوب‌ها که عموماً براساس تجارب همپایی^۳ در صنایع تولید انبوه در کشورهای آسیایی شکل گرفته‌اند برای درک انباشت توانمندی‌های فناورانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده که در تعداد کم یا در قالب پروژه عرضه می‌شوند کفایت نمی‌کند. مقاله چارچوبی جایگزین را بر اساس یافته‌های تحقیق پیشنهاد می‌دهد و الزامات یافته‌ها را از ابعاد نظری، سیاست‌گذاری و استراتژی بنگاهی بررسی می‌کند.

کلیدواژه‌ها: توانمندی فناورانه، کشورهای در حال توسعه، کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، همپایی

۱- مقدمه

اساس سفارش مشتری در مقابل تولید انبوه برای یک تقاضای متصور) و تمرکز بالاتر در بازار عرضه می‌باشد [۱]. این کالاها زیرساخت‌های اقتصادی جوامع امروزی را تشکیل می‌دهند، سیستم‌ها تجهیزات و خدمات مورد نیاز برای تولید کالاهای صنعتی را پدید می‌آورند و نقش عمده‌ای در انتشار فناوریهای نوین در جوامع دارند [۲]. از نظر تاریخی، این کالاها ابتدا در کشورهای صنعتی پیدایش یافته و مورد استفاده قرار گرفتند. کشورهای در حال توسعه در گذر زمان و به دنبال پرکردن شکاف صنعتی خود با کشورهای پیشرفته، تبدیل به بازار صادراتی این محصولات شدند. شواهد جدید نشان می‌دهد که برخی از کشورهای در حال توسعه به ایجاد بنگاه‌های عرضه‌کننده

در متون مطالعات نوآوری میان کالاهای تولید انبوه و کالاهای سرمایه‌ای که در حجم کم تولید می‌شوند، فناوری بالا و همین‌طور ارزش بالایی دارند تمایز قائل شده‌اند. کالاهای اخیر را تحت عنوان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده می‌شناسند که تفاوتشان با کالاهای سرمایه‌ای ساده در پیچیدگی فناوری محصول (مثلاً پیچیده‌تر بودن طراحی)، ماهیت و اندازه تقاضا (تولید در مقیاس کم و بر

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m_kiamehr@yahoo.com

1- Technological Capability
2- Complex Capital Goods
3- Catch-Up

درصد در کشورهای در حال توسعه است [۵]. علاوه بر این، شبکه ایران به شبکه برق اکثر کشورهای همجوار متصل شده و امکان تبادل متناوب انرژی الکتریسیته را فراهم می‌کند. به عنوان نمونه در سال ۱۳۸۸ خورشیدی، بالغ بر ۷۰ گیگاوات‌ساعت انرژی با کشورهای همجوار مبادله شده که هفتاد درصد از آن خالص صادراتی بوده است [۶]. در پایان زمستان ۱۳۸۹، ایران ۵۶۸۱۷ مگاوات ظرفیت نامی نصب شده تولید برق داشت که آن را در جایگاه ۱۷ امین کشور دنیا و اولین کشور خاورمیانه و غرب آسیا از این منظر قرار می‌داد [۶].

اما یکی از جنبه‌های جالب توسعه در صنعت برق ایران میزان اتکای آن بر شرکت‌ها و موسسات داخلی برای مهندسی، تولید اجزاء و مدیریت پروژه‌های توسعه‌ای است [۷]. در حال حاضر نه تنها شرکت‌های ایرانی در مدیریت پروژه‌های تولید و انتقال برق حضور فعالی دارند بلکه کار مهندسی و تولید و حتی در مواردی طراحی کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته‌ای مانند توربین، ژنراتور و ترانسفورماتورهای قدرت هم در داخل کشور صورت می‌گیرد. به عنوان نمونه، شرکت‌های فراب و مپنا به عنوان پیمانکاران عمومی پروژه‌های نیروگاهی در ایران در سالهای ابتدایی دهه ۷۰ خورشیدی ایجاد شدند. در گذر زمان علاوه بر انجام حجم وسیعی از پروژه‌ها در داخل کشور، این شرکت‌ها سرمایه‌گذاری‌هایی در تولید تجهیزات نیروگاهی دارند، امور مهندسی پروژه‌های نیروگاهی را بر عهده گرفته و مدعی‌اند که بهبودهایی در توربین‌ها و ژنراتورهای نیروگاهی داده‌اند. گزارش سالانه این دو شرکت حاکی از صدور کالا و خدمات آنها به بازارهای خارجی در منطقه خاورمیانه و آفریقا نیز هست.

سایت رسمی وزارت نیرو گزارش می‌دهد که میزان صادرات کالا و خدمات شرکت‌های ایرانی در بخش برق در سال ۱۳۸۹ به بیش از ۳ میلیارد دلار رسیده است. اگر چه رقم این صادرات به نسبت درآمدهای نفتی کشور ناچیز بوده و بازار هدف آن کشورهای منطقه، آفریقا و در مواردی آمریکای لاتین بوده است، حضور شرکت‌های ایرانی در بازارهای خارجی خود نشانگر جنبه دیگری از توسعه توانمندی‌های داخلی در این بخش است.

کالاهای سرمایه‌ای پیچیده پرداخته و هم اکنون در بازارهای جهانی نیز حضوری محدود دارند. به عنوان نمونه شرکت‌های بهارات در هند، دوسان در کره جنوبی، هاربین و دانگ فنگ در چین، امپسا در آرژانتین و فراب و مپنا از ایران از جمله شرکت‌هایی هستند که به تدریج در حال نفوذ در بازارهای جهانی می‌باشند. با این وجود، تا کنون پژوهش‌های تجربی اندکی در مورد توانمندی‌های این بنگاه‌های متاخر صورت گرفته است.

مطالعات قبلی بر روی صنایع تولیدکننده کالاهای مصرفی در کشورهای در حال توسعه، تصویری از الگوی انباشت توانمندی‌ها بدست می‌دهند ولی مطالعات تجربی اندکی که تاکنون در مورد کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه صورت گرفته توجهی به الگوی انباشت توانمندی‌ها نداشته یا فقط متمرکز بر فناوری‌های محصول بوده‌اند (برای دو نمونه مراجعه کنید به [۴ و ۳]). تفاوت‌های شناخته شده میان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و کالاهای مصرفی، مانند حجم کم تولید و حجم بالای مهندسی و ویژه سازی برای هر مشتری، این باور را ایجاد می‌کند که مسیرها و الگوهای شناخته شده انباشت توانمندی در کالاهای مصرفی ممکن است برای کالاهای سرمایه‌ای پیچیده کاربرد نداشته باشد. این مقاله حاصل یک مطالعه اکتشافی بر روی انباشت توانمندی در عرضه کنندگان متاخر کالاهای سرمایه‌ای پیچیده است و می‌کوشد علاوه بر تشخیص الگوی توسعه توانمندی فناوریانه، دلایل بروز الگو را هم توضیح دهد. مشارکت این مقاله به ادبیات همپایی در سطح بنگاه از طریق تعمیق درک ما از توانمندی‌های فناوریانه در عرضه کالاهای سرمایه‌ای پیچیده می‌باشد.

صنعت برق ایران محمل جذابی برای مطالعه تجربی این موضوع است. ایران در سال ۱۳۸۹ خورشیدی مطابق با آمارهای بانک جهانی کشوری در حال توسعه و دارای سطح درآمد ملی متوسط به بالا بود. ایران صاحب شبکه برق نسبتاً توسعه یافته و یکپارچه‌ای است که دسترسی به انرژی برق را برای بیش از ۹۸ درصد از جمعیت کشور فراهم می‌کند. این سطح پوشش بسیار بالاتر از متوسط ۷۴

دارد. این نگرش جدید سبب توجه بیشتر به موضوع توانمندی‌های فناورانه^۲ در کشورهای در حال توسعه شد. مفهوم‌سازی‌های اولیه از توانمندی‌های فناورانه در کشورهای در حال توسعه سه جزء کارکردی این توانمندی‌ها را از هم تفکیک کرده بود [۹۸]: توانمندی تولید، توانمندی سرمایه‌گذاری (گسترش ظرفیت تولید) و توانمندی نوآوری در محصول و فرایند. در این مفهوم‌سازی، توانمندی تولید به صورت تطابق دادن عملیات تولیدی با شرایط بومی تعریف شده است. توانمندی سرمایه‌گذاری ناظر به عملکرد پروژه‌هایی است که به منظور افزایش ظرفیت کارخانه اجرا می‌شوند و شاخصه‌هایی مانند هزینه‌های پروژه و یا میزان ویژه‌سازی فنی در هر پروژه را در برمی‌گیرد. توانمندی نوآوری هم توانمندی‌هایی دانسته شده که با کمک آنها می‌توان فناوری‌های تولیدی جدیدی توسعه داد که کم‌هزینه‌تر هستند و اثربخشی بالاتری دارند.

لِل [۱۰] ادبیات را با تعریف سطوح پیچیدگی برای هر یک از اجزاء کارکردی توسعه می‌دهد. این مفهوم‌سازی جدید که سطوح مقدماتی، میانی و پیشرفته را برای هر جزء تعریف می‌کند، چارچوبی قدرتمندتر برای ارزیابی تطور توانمندی‌ها فراهم می‌کند. علاوه بر این، لِّل نقش عوامل سازمانی^۳ در ترکیب توانمندی‌های فناورانه را برجسته می‌کند. او یک جزء کارکردی جدید تحت عنوان ارتباطات^۴ را به مجموعه کارکردهای قبلی اضافه می‌کند. توانمندی ارتباطات تحت عنوان مهارت‌هایی تعریف شده‌اند که برای انتقال اطلاعات و فناوری به تامین‌کنندگان و سایر بازیگران بیرون بنگاه و همینطور دریافت اطلاعات و فناوری از آنها مورد نیاز می‌باشد.

بل و پویت [۱۱] این مفهوم‌سازی را گسترش داده و توانمندی فناورانه را عبارت از منابع، مهارت‌ها و ساختارهایی می‌دانند که برای خلق و مدیریت عموم تغییرات فنی مورد نیازند، تغییراتی مانند استفاده از یک فناوری جدید در خط تولید، استفاده از یک فناوری جدید در محصول و یا ایجاد بهبود مستمر در توانمندی‌های

علی‌رغم ادعاهای مطرح شده، مطالعه سیستماتیکی برای شناخت ابعاد توانمندی‌های فناورانه ایجاد شده در این زمینه در کشور صورت نگرفته است. مشخص نیست که توانمندی‌های بومی تا چه حد پیشرفت کرده‌اند، چه تفاوتی با توانمندی‌های شرکت‌های پیشرو دارند، رشد توانمندی‌های بومی طی چه مسیری اتفاق افتاده و تا چه حد این مسیر منطبق بر تجربیات و آموزه‌های مشابه است. پاسخ به این سوالات، علاوه بر دقت بخشیدن به ارزیابی‌ها و کمک در تدوین استراتژی‌های بنگاهی و سیاست‌های دولتی، همانگونه که بررسی پیشینه موضوع در بخشهای آتی مقاله نشان می‌دهد، می‌تواند آموزه‌های نظری جدیدی در شناخت ماهیت توانمندی‌های فناورانه در صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و الگوهای رشد توانمندی‌ها در برداشته باشد.

بخش دوم مقاله پیشینه موضوع پژوهش را بررسی می‌کند. بخش سوم سوالات تحقیق را مشخص کرده و طرح تحقیق را توضیح می‌دهد. بخش چهارم مختصری از داده‌های تجربی بدست آمده در مورد کاوی را ارائه کرده و نتایج و یافته‌های پژوهش را توضیح می‌دهد. بخش پنجم مقاله را جمع بندی کرده و الزامات آن در ابعاد نظری و عملی را توضیح می‌دهد.

۲- پیشینه پژوهش

پژوهش‌های متقدم در زمینه مدیریت فناوری در کشورهای در حال توسعه فرض می‌کرد که نوآوری تنها در کشورهای صنعتی اتفاق می‌افتد و کشورهای در حال توسعه می‌توانند به انتخاب، اکتساب و استفاده از فناوری وارداتی اقدام کنند. در حالت ایده‌آل بنگاه‌ها ممکن است بتوانند در فناوری وارداتی تغییراتی بدهند تا با محیط بومی سازگارتر شود. از این رو مفهوم انتقال فناوری در ادبیات سنتی به صورت گسترده استفاده می‌شد [۶]. به موازات آنکه پژوهش‌های جدید ویژگی‌های دانش فناورانه^۱ مانند ضمنی بودن و انباشتی بودن را تبیین کرد، این باور پدید آمد که حتی بهره‌برداری از فناوری‌های وارداتی هم نیاز به نوعی از فعالیت‌های فناورانه بومی

2- Technological capabilities
3- Organizational capabilities
4- Linkages

1- Technological knowledge

نوآوری، شامل یک حرکت موازی در رفتن به سمت کالاهای تولیدی با ارزش افزوده بالاتر می‌شود.

در حالیکه اغلب منابع پیشنهاد می‌کنند که انباشت توانمندی‌های فناوریانه در کشورهای در حال توسعه (عموما در آسیا) در صنایع تولید انبوه و عمدتاً کالاهای مصرفی الکترونیکی، مبتنی بر حرکت در جهت معکوس چرخه عمر محصولات بوده است [۱۶ و ۱۷]، چرخه عمر فناوری‌های نیروگاهی معمولاً خیلی طولانی است (مثلاً توربین گاز ۷۹۴.۲ زمینس بیش از ۲۰ سال است که قدمت دارد و هنوز زمینس نمونه‌هایی از آن را ارائه می‌کند) و نوآوری در یک محصول خاص معمولاً تا زمانی که آن محصول در نیروگاه‌ها به طور کل از عملیات خارج نشود ادامه پیدا می‌کند. از سوی دیگر، در مدل‌های چرخه عمر نوآوری، بتدریج تمرکز فعالیت‌های نوآورانه به نوآوری در فرایند تولید و کاهش هزینه‌ها سوق پیدا می‌کند. این موضوع برای صنایع تولید انبوه قابل درک است ولی تفکیک تمرکز فعالیت‌های نوآورانه به محصول و فرایند به شکلی که در مدل چرخه عمر آمده برای کالاهای سرمایه‌ای پیچیده به علت تعداد کم تولید و ماهیت فرایندهای تولیدی امکان‌پذیر نیست. بنابراین استفاده از آموزه‌های مدل معکوس چرخه عمر محصول [۱۶] برای درک انباشت توانمندی در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده با چالش‌هایی مواجه است. به علاوه، مطالعات بالا عمدتاً بر صنایع تولید کالاهای انبوه و به طور خاص الکترونیک متمرکز است و تفاوت‌های شناخته شده میان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و کالاهای مصرفی ممکن است سبب شود آموزه‌های متون برای کالاهای سرمایه‌ای پیچیده کاربرد نداشته باشد. به عنوان نمونه، در تجربیات کره جنوبی مهندسی و بهبود فرایند تولید انبوه یکی از گام‌های مهم شرکت‌های تولید کننده کالاهای مصرفی الکترونیکی برای آموختن نوآوری، کسب توانمندی برای ایجاد تغییر در محصول و دستیابی به مزیت در بازارهای صادراتی بوده است. اما چنین فرصت‌های بهبود فرایندی به واسطه حجم تولید اندک در صنایع کالاهای سرمایه‌ای پیچیده وجود ندارد.

چادونسکی و ناگاو [۱] الگوی انباشت توانمندی فناوریانه در شرکت‌های تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده را بررسی

تولیدی موجود. بدین ترتیب بل و پویت ابعاد توانمندی نوآوری در محصول و فرایند در مفهوم سازی ل را توسعه می‌دهند.

این‌گونه مفهوم‌سازی پلکانی^۱ بل، پویت و ل از توانمندی‌های فناوریانه که مشتمل است بر دو محور اجزاء کارکردی و سطوح پیچیدگی (یا عمق اجزاء)، مبنای انبوهی از پژوهش‌های تجربی در کشورهای در حال توسعه قرار گرفته است (مانند [۱۴-۱۲]). در این مطالعات، پژوهشگران انباشت یک سطح خاص از توانمندی را با مشاهده این واقعیت که بنگاه قادر به انجام کاری می‌شود که پیش از این مقدر به انجام آن نبوده تشخیص داده‌اند.

از منظر الگوی انباشت توانمندی‌های فناوریانه، یعنی ترتیب و سلسله‌ای که طی آن توانمندی‌های فناوریانه به دست می‌آیند، کیم و لی [۱۵] پیشنهاد می‌کند که صنایع مختلف ممکن است الگوهای متفاوتی داشته باشند. در صنعت تولید کالاهای مصرفی الکترونیکی، مطالعه کیم [۱۶] نشان می‌دهد که شرکت‌های کره‌ای کار انباشت توانمندی را از واردات فناوری بالغ و تمرکز بر ایجاد یک فرایند تولیدی برای محصولات استاندارد (توانمندی تولید در مفهوم سازی بل و پویت) آغاز کرده و در مراحل بعد به افزایش کارایی فرایندها از طریق مهندسی و بهبود فرایند (نوآوری در فرایند در مفهوم‌سازی بل و پویت) پرداختند.

هابدی [۱۷] مسیرهای مشابهی در رشد صنعت الکترونیک در چهار کشور آسیای جنوب شرقی می‌یابد. یافته‌های هابدی پیشنهاد می‌کند که بنگاه‌های متاخر مذکور از کارهای ساده‌ای مثل مونتاژ (توانمندی تولید) آغاز کردند، بعد به بهبود فرایند و سپس به یادگیری فناوری محصول از طریق مهندسی معکوس پرداختند و در نهایت توانستند اقدام به تحقیق و توسعه در محصول و فرایند (توانمندی نوآوری محصول و فرایند) نمایند. اریفین و فیگوردو [۱۸] الگوی انباشت توانمندی را با افزودن بعد تغییرات در ارزش محصول تولیدی تکمیل می‌کنند. براساس الگوی پیشنهادی این دو پژوهشگر، انباشت توانمندی‌ها علاوه بر حرکت از کارهای روتین تولیدی به توانمندی پیچیده

به علاوه، دلایلی وجود دارد که به نظر می‌رسد چارچوب موجود توانمندی‌های فناورانه باید کمی توسعه یابد تا بتواند الگوی انباشت توانمندی‌های فناورانه در عرضه‌کنندگان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده را توضیح دهد. به عنوان مثال هابدی [۱۹] به اهمیت توانمندی‌های مهندسی در ویژه‌سازی کردن کالاهای سرمایه‌ای پیچیده برای مشتری اشاره می‌کند ولی این جزء از توانمندی در مفهوم سازی‌های موجود کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌است. دیویس [۲۰] به نقش تعمیرات و سرویس در افزایش سودآوری این عرضه‌کنندگان اشاره می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه بازخوردهای حاصل از عملیات بهره‌برداری کالاهای سرمایه‌ای پیچیده می‌تواند برای بهبود طراحی و تولید مورد استفاده قرارگیرد اما این جزء هم در مفهوم‌سازی‌های موجود از توانمندی فناورانه در کشورهای در حال توسعه کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌است.

در مجموع، متون مرتبط با موضوع، انباشت توانمندی‌های فناورانه را به عنوان یکی از ابعاد مهم همپایی در سطح بنگاه معرفی می‌کنند. اما سوابق پژوهشی موضوع عمدتاً به شناخت الگوهای انباشت توانمندی‌های فناورانه در صنایع تولید انبوه پرداخته‌اند. تفاوت‌های شناخته شده میان تولید انبوه و تولید کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته از جمله اهمیت بالای ویژه سازی برای مشتری در تولید کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته کاربرد چارچوب‌ها و الگوهای موجود را با چالش مواجه می‌کند. به‌عنوان نمونه در حالی که استراتژی استفاده از لیسانس برای تولید کالای با مشخصات معین در صنایع تولید انبوه ممکن است جهت آغاز فرایند همپایی مناسب باشد این استراتژی به تنهایی در صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای که محصول به صورت پروژه‌ای و مطابق نیاز مشتری طراحی یا مهندسی می‌شود جوابگو نخواهد بود. از سوی دیگر مطالعاتی که به طور خاص در صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده صورت گرفته‌اند یا تنها بر توانمندی‌های محصول متمرکز بودند و سایر اجزا توانمندی‌های فناورانه را از محدوده مطالعه خارج کرده‌اند یا اینکه به بررسی الگوی رشد توانمندی‌های فناورانه نپرداخته‌اند. از این رو مقاله حاضر می‌کوشد درک موجود

کرده و آن را شامل شروع از نگهداری و بهره‌برداری از سیستم‌های وارداتی می‌داند که به شرکت‌ها دانش و توانمندی مورد نیاز برای تولید کالاهای سرمایه‌ای را می‌دهد و بعد از مدتی شرکت‌های مورد مطالعه می‌توانند کارهای بهبود در تجهیزات و تا حدی کار طراحی محصول را انجام دهند. اما بررسی اولیه این تحقیق نشان می‌دهد که شرکت ایرانی در این مطالعه، تجربه قبلی در بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات یا تولید کالاهای سرمایه‌ای ساده نداشته‌است. تیوبال [۳] در مطالعه خود در شرکت‌های برزیلی تولید کننده کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته با استفاده از چارچوبی شبیه به بل و پویت، به بررسی توانمندی‌های تولید و بهره‌برداری، سرمایه‌گذاری و مدیریت پروژه، و توانمندی‌های تحقیق و توسعه می‌پردازد. تیوبال تمایز مهمی را میان آموختن توانمندی تولید و آموختن توانمندی طراحی محصول قائل می‌شود که پیش از این در مطالعات مرتبط با صنایع کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه مورد توجه نبود. اما از منظر مسیر توسعه توانمندی‌های فناورانه، مطالعه تیوبال تنها به این یافته اکتفا می‌کند که شرکت‌های موفق مورد مطالعه از توانمندی تولید شروع کرده و به تدریج توانستند توانمندی‌های طراحی در حوزه‌های محدود و کوچکی پیدا کنند.

هوانگ [۴] در بررسی تجربه کره جنوبی در صنعت ساخت هواپیما، مسیر توسعه توانمندی‌های فناورانه شرکت‌های کره‌ای را شامل حرکت تدریجی و مستمر در هرم سیستمی محصول می‌داند. شرکت‌های کره‌ای از مونتاژ هواپیما و ساخت برخی قطعات ساده شروع کرده، بتدریج وارد طراحی و ساخت برخی سامانه‌ها و ساخت ابزارآلات موردنیاز برای تولید شده و در نهایت سعی کردند وارد طراحی هواپیما، تست و توسعه فرایند تولید شوند اما نتوانستند در این زمینه موفق شوند و مدل‌های طراحی شده محدود به هواپیماهای کوچک بود و نتوانست به حجم فروش مناسبی دست پیدا کند. هوانگ اجزای مهمی از توانمندی‌های فناورانه در این صنایع مانند توانمندی پروژه‌ای را بررسی نمی‌کند و تمرکز بالایی بر مطالعه اجزای مرتبط با دانش محصول دارد.

مهندسی فرایند، پروژه و تحقیق و توسعه را می‌پذیرد اما اجازه می‌دهد که داده‌های تجربی مطالعه اکتشافی ابعاد جدیدی را پیشنهاد کنند.

انتخاب مطالعه موردی به عنوان استراتژی پژوهش از زوایای مختلف قابل دفاع است. توانمندی‌های سازمانی وابستگی بالایی به موقعیت و سازمان مربوطه دارند و اجزای آنها می‌توانند در سراسر سازمان پخش باشند. از این رو مطالعه تجربی تحولات توانمندی‌های سازمانی نیاز به بررسی دقیق و عمیق از فرایندهای تغییر در سطوح مختلف سازمان، از جمله در سطح واحدها و در سطح بین واحدها و پروژه‌ها، دارد. مطالعات موردی استراتژی مناسبی برای این گونه پژوهش‌های موقعیت محور و کل نگر است.

از میان گزینه‌های ممکن در صنعت برق ایران، شرکت فراب برای این مطالعه انتخاب شد. فراب تنها شرکت ایرانی فعال در مهندسی، عرضه تجهیزات اصلی نیروگاه و مدیریت پروژه نیروگاه‌های بزرگ و پیچیده برقایی کشور تا سال ۱۳۸۶ بود. بعد از آن وزارت نیرو از شکل‌گیری رقبای محلی جدید حمایت کرد. با این وجود، رقبای بوجود آمده عموماً توان مهندسی، طراحی و تولیدی اندکی در مقایسه با فراب در زمان تحقیق داشتند ولی فراب تاریخچه و تجربیات طولانی در انباشت توانمندی‌های فناوریانه داشت که می‌توانست گزینه خوبی برای مطالعه باشد.

فراب فعالیت‌های خود را در دهه ۷۰ شمسی با مدیریت پروژه‌های نیروگاه‌های برقایی آغاز کرد اما به تدریج بازار خود را گسترش داد به‌طوری‌که هم اکنون در احداث و مالکیت نیروگاه‌های حرارتی، پروژه‌های حمل و نقل ریلی و پروژه‌های بالادستی نفت و گاز فعالیت دارد. موفقیت‌های فراب در اخذ پروژه‌های برقایی خارج از کشور نشانگر رشد بخشی از توانمندی‌های این شرکت است. تحقیق حاضر محدود به کسب و کار اصلی فراب یعنی نیروگاه‌های برقایی است و فعالیت‌های این شرکت در بخش‌های حمل و نقل ریلی و نفت و گاز و پتروشیمی از محدوده تحقیق به علت تاریخچه کوتاه فعالیتی شرکت در این زمینه‌ها خارج است. تحقیق حاضر رویکردی فرایند محور به تحولات توانمندی‌های فناوریانه دارد یعنی فرض می‌کند مجموعه‌ای از ورودی‌ها شامل نیروی انسانی استراتژی‌ها و دانش و

از مفهوم توانمندی‌های فناوریانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و الگوی رشد آنها را گسترش دهد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

هدف اصلی این تحقیق درک الگوی انباشت توانمندی‌های فناوریانه در صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. سوال اصلی تحقیق عبارتست از اینکه الگوی انباشت توانمندی‌های فناوریانه در صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه چیست؟ این سوال اصلی به سوالات فرعی زیر قابل شکست است: اجزای توانمندی‌های فناوریانه در این صنایع چیست؟ انباشت این اجزا در کشورهای در حال توسعه از چه ترتیبی تبعیت می‌کند؟

جنس سوالات این پژوهش، به جای شمارش فراوانی یک پدیده یا تایید فرضیات مستخرج از متون و سوابق پژوهشی، به دنبال درک ابعاد و مسیر تحولات مفهومی است که شناخت کمی از آن در دسترس است و ادبیات مرتبط با آن زمینه کافی برای درک مفهوم را در اختیار قرار نمی‌دهد. از این رو جنس سوالات، موضوع تحقیق، و وضعیت ادبیات مرتبط با موضوع نشان می‌دهد که پژوهش اکتشافی رویکرد مناسبی برای مطالعه حاضر است. اهداف از پژوهش‌های اکتشافی تولید شواهد تجربی جدید، شناخت مفاهیم و چارچوب‌های جدید، و تولید فرضیات و پیشنهادات مناسب می‌باشد.

اگر چه سوابق پژوهشی زمینه نظری منسجمی برای شکل‌گیری چارچوب این تحقیق را ارائه نمی‌کند، این مطالعه می‌کوشد مفاهیم و الگوهای موجود را به نحوی منعطف به شواهد جمع‌آوری شده مرتبط سازد تا به صورت استقرایی^۱ مفاهیم و الگوهای جدیدی را شناسایی و آنها را مجدداً به زمینه‌های نظری مرتبط کند. برای این منظور، ما تعریف بل و پویت [۱۱] را به عنوان نقطه شروع انتخاب کرده و آن را به صورت منعطفی در کار تجربی مورد استفاده قرار دادیم تا در مقایسه با داده‌های بدست آمده بتواند شباهت‌ها و تفاوت‌ها را احصاء کند. به عبارت دیگر اگر چه این مقاله، اجزا و گروه‌های موجود مانند توانمندی تولید،

صورت گرفته با مسوولین پروژه در سایت کمک زیادی به درک صنعت و ماهیت توانمندی‌ها کرد.

مطالعه میدانی اصلی شامل ۲۹ مصاحبه عمیق نیمه ساختار یافته بود که از این میان ۲۵ مصاحبه با کارمندان فعلی یا گذشته فراب صورت گرفت، ۳ مصاحبه با کارشناسان مطلع در سازمان‌های کارفرمای فراب و یک مصاحبه با یک متخصص صنعت بود. هر مصاحبه بین یک ساعت و نیم تا دو ساعت به طول انجامید که به صورت دیجیتالی ضبط و سپس به زبان فارسی پیاده‌سازی شد. مصاحبه شونده‌گان از رده‌های مدیریت ارشد، مدیریت میانی و کارشناسی فنی بودند (از واحدهای وظیفه‌ای، تیم‌های پروژه و تیم مدیریت ارشد سازمان).

سه پروتکل برای مصاحبه‌ها طراحی شد: یکی برای کارکنان فعلی یا گذشته فراب، یکی برای مشتریان و یکی برای متخصص صنعت. به عنوان نمونه پروتکل مصاحبه با کارکنان فعلی یا گذشته فراب سه تم اکتشافی را شامل می‌شد. بخش ابتدایی متمرکز بر شناخت سابقه و تجربیات مصاحبه شونده بود که خود در سه محور پیشینه آموزشی، پیشینه همکاری با فراب، و سابقه کاری پیش از پیوستن به فراب سازماندهی شده بود. بخش دوم متمرکز بر شناخت تغییرات در توانمندی‌ها بود که خود در ۱۰ محور و ۱۲ بسته سوال سازماندهی شده بود. عمده محورهای مورد بررسی عبارت بودند از تاریخچه و تحولات مسوولیت‌های واحد مربوطه، مکانیسم‌های یادگیری فعالیت‌ها، نقش همکاران خارجی، تغییرات در نیروی انسانی واحد مربوطه، تغییرات در معیارهای عملکردی فعالیت‌های مربوطه و محصولات و خدمات و مقایسه عملکرد با شرکتهای پیشرو. بخش سوم به نظرخواهی از فرد مصاحبه شونده مربوط بود و به مباحث ذیل می‌پرداخت: اگر به ۱۰ سال قبل باز می‌گشتند در شرکت چه کاری را متفاوت انجام می‌دادند، در حال حاضر وضعیت خود نسبت به شرکت‌های پیشرو را چگونه ارزیابی می‌کنند و شرکت برای رشد در آینده باید چه کاری انجام دهد.

علاوه بر این تم‌ها، مجموعه‌ای از عناصر ورودی به فرایند توسعه توانمندی، خروجی‌های انباشت توانمندی و

مهارت وارد فرایند تحول می‌شوند و با تغییرات و تحولات صورت گرفته منجر به خروجی‌هایی می‌شوند که این خروجی‌ها همان تغییرات در توانمندی است و می‌توان به کمک معیارهایی آن را سنجید. متون نشان می‌دهد که فعالیت‌های فناورانه در کشورهای در حال توسعه عموماً از جنس تولید، مهندسی و اقدامات بهبود در فرایند تولید و محصول است [۲۱]. از این رو، کار میدانی تحقیق حاضر به جستجوی شواهدی در مورد ورودی‌های توانمندی‌های فناورانه مانند نیروی انسانی، تیم‌ها و سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های مهندسی، مدلسازی و تحلیل رفتار سیستم‌های پیچیده، بهبود طراحی‌های موجود، و تحلیل خطاها و مشکلات در بهره‌برداری سیستم‌ها می‌پردازد. از منظر خروجی‌های انباشت توانمندی‌های فناورانه، پژوهش به دنبال شواهد در ابعادی مانند انجام کارهایی که پیش از این توسط شرکت‌های خارجی انجام می‌شد، موفقیت‌ها و شکست‌ها در پروژه‌ها، تغییرات در محصولات، اجزاء و سیستم‌ها می‌پردازد. در کشورهای در حال توسعه، انتظار داریم تا حدی هم توانمندی‌های نوآرانه بروز کند مانند ایجاد بهبودهای جزئی در طراحی کالاهای سرمایه‌ای پیچیده موجود، تغییر آنها برای تطابق با نیازهای خاص محیط محلی و یا طراحی سیستم‌های ساده‌تر و با عملکرد پایین‌تر.

این مطالعه به جمع‌آوری داده‌های تجربی از زمان تاسیس شرکت فراب در سال ۱۳۷۲ پرداخته و منابع اطلاعاتی مورد استفاده اکثراً مصاحبه و در مواردی مستندات پروژه‌ها بوده‌است. داده‌های تجربی طی دو مرحله جمع‌آوری شد. مرحله مقدماتی از آبان ۱۳۸۶ تا آبان ۱۳۸۷ به طول انجامید. کار میدانی اصلی بین مرداد ۱۳۸۸ و بهمن ۱۳۸۹ انجام شد. هدف مرحله مقدماتی درک تاریخچه توسعه بخش برق در ایران بود تا مطالعه را در موقعیت محلی خود قرار دهد و به طراحی تحقیق کمک کند. در این مرحله اطلاعات از منابع مختلفی از جمله دو کتاب فارسی در تاریخچه صنعت برق ایران [۲۲ و ۲۳]، گزارشات و داده‌های رسمی شرکت توانیر و دو مقاله در مجموعه مقالات کنفرانس ملی مدیریت فناوری استخراج شد [۲۴ و ۲۵]. علاوه بر این، از یکی از نیروگاه‌های در حال ساخت شرکت فراب (نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه پیشه) بازدید به عمل آمد که مباحثات

مصاحبه شوندگان برای بررسی مجدد فرستاده شد و نظرات آنها از طریق تلفن دریافت گردید.

براساس رویکرد مایلز و هوبرمن [۲۶]، داده‌های خام تفسیر شده و در قالب جداولی طبقه‌بندی شدند که در آن جداول اطلاعات برحسب ورودی‌های فرایند انباشت توانمندی (نیروی انسانی، تیم‌ها، سرمایه‌گذاری و دانش) و خروجی‌های فرایند انباشت توانمندی برای هر یک از اجزای توانمندی فناوریانه نظم یافته‌بود. هر پاراگراف در متن نهایی مصاحبه‌ها شماره خورد و مستندات نیز کد دریافت کردند تا ارجاع به منابع داده‌ها قابل پیگیری باشد. در این مرحله رفت و برگشت‌های مداوم بین داده‌های تجربی و اجزای توانمندی‌های فناوریانه در ادبیات صورت گرفت. هرگاه شواهد حاکی از عدم همخوانی با جزء مربوطه داشت به دقت تفاوت‌ها و شباهت‌ها مورد بررسی مجدد قرار می‌گرفت. چنانچه تفاوت‌ها در دل یکی دیگر از اجزای توانمندی‌های فناوریانه دیده‌شده‌بود تغییری در اجزاء توانمندی صورت نمی‌گرفت ولی چنانچه شواهد با هیچیک از گروه‌های موجود همخوانی نداشت گروه جدیدی ایجاد می‌شد و یا تغییراتی در گروه‌های موجود صورت می‌گرفت تا ماهیت داده‌ها منعکس شود. بدین ترتیب اگر چه شروع پژوهش از اجزای توانمندی‌های فناوریانه طبق تعریف بل و پویت بود، در نهایت پژوهش حاضر توانمندی‌های اجرای پروژه، توانمندی‌های مهندسی پروژه، توانمندی‌های مرتبط با تجهیزات، توانمندی‌های پیش پروژه‌ای و توانمندی‌های مدیریت زنجیره تامین داخلی را به عنوان اجزای کلیدی توانمندی‌های فناوریانه در این موقعیت پیشنهاد داد.

در هر خانه از جدول که متناظر با یکی از اجزای توانمندی‌های فناوریانه ذکر شده در بالا بود، شواهد به صورت تاریخی مرتب شد و تمرکز قراردادن شواهد در جدول بر تغییرات در توانمندی‌ها و خروجی‌ها بود تا بتوانیم سیر تحولات توانمندی‌های فناوریانه را درک کنیم. در طول این مرحله، فرایند کنترل کیفیت داده‌ها ادامه پیدا کرد، تماس‌های تلفنی دیگری با مصاحبه‌شوندگان برقرار شد، و مستندات بیشتری از طریق ایمیل و مراجعه حضوری دریافت شد.

مکانیسم‌های انباشت توانمندی تهیه شد که مصاحبه‌گر را در پرسیدن سوالات مرتبط با بخش دوم پروتکل یاری دهد. به عنوان نمونه برای جمع‌آوری داده‌های مرتبط با خروجی فرایند انباشت توانمندی در زمینه‌های طراحی و مهندسی محصول مواردی مانند تغییرات در محصول (سطح پیچیدگی، عملکرد و طراحی مفهومی) و میزان موفقیت در تست‌های پروتوتایپ پیش‌بینی شد. در پروتکل‌های مورد استفاده برای مشتریان و برای متخصصان صنعت بخشی از جزئیات نحوه انباشت توانمندی حذف شد. بعلاوه یک روش هم برای راهنمایی مصاحبه‌گر در مورد اقداماتی که باید پیش از انجام هر مصاحبه، در حین مصاحبه و بعد از مصاحبه صورت گیرد تهیه شد. بعد از توضیح تحقیق و آشنایی با پیشینه مصاحبه‌شونده ممکن بود که ترتیب سوالات تهیه شده عوض شود. معمولاً یک سوال ساده در مورد تاریخچه واحد مربوطه و فعالیت‌های آن واحد اطلاعات خوبی در مورد توانمندی‌ها به دست می‌داد و سوالات در ادامه به بررسی بیشتر ورودی‌ها، فرایند تغییر و خروجی‌های انباشت توانمندی می‌پرداختند.

در حین مصاحبه از فرد مصاحبه‌شونده، درخواست مستندات راهنما یا پشتیبان صورت می‌گرفت. این مستندات عموماً شامل مواردی مانند مستندات برنامه‌ریزی بلندمدت، گزارشات سالانه شرکت، بروشورها، نمودارهای سازمانی، رویه‌ها و دستورالعمل‌ها، گزارشات پروژه، مستندات درس آموخته‌ها، دستورالعمل‌های پروژه، قراردادهای، خبرنامه‌های سازمانی و گزارشات مشاورین می‌شد. وب سایت‌های فراب، مشتریان فراب، و شرکای خارجی فراب منابع اطلاعاتی مفیدی در مورد پروژه‌ها بودند. فایل مصاحبه‌ها اکثراً در همان روز مصاحبه توسط پژوهشگر پیاده‌سازی می‌شد. به‌طور متوسط پیاده‌سازی مصاحبه‌ها ۶ برابر مدت زمان مصاحبه به طول انجامید. داده‌های بدست آمده بلافاصله مورد تحلیل اولیه قرار می‌گرفت و چنانچه نکته یا ابهامی بود برای مصاحبه‌های محتمل بعدی در نظر گرفته می‌شد و یا به صورت تلفنی از مصاحبه‌شونده سوال شد. متون مصاحبه در نهایت به

توانمندی‌های وسیعتری در مهندسی نیروگاه و طراحی تجهیزات اصلی دست‌یابد که زمینه ساز موفقیت شرکت در بازارهای داخلی و خارجی شد. انباشت توانمندی‌های فناورانه از بازار محافظت شده داخل آغاز شد و در ابتدا قصدی برای ورود به بازارهای صادراتی وجود نداشت. فراب انباشت توانمندی فناورانه را در پاسخ به فرصت‌های موجود در بازار داخل کشور در زمینه فعالیت‌های ساده مهندسی در پروژه‌ها آغاز کرد تا ایتترفیس بین تجهیزات نیروگاهی را مدیریت کند و بتواند از تحقق طراحی‌های خارجی در پروژه اطمینان حاصل کند. به تدریج، شرکت توان مهندسی خود را در مورد تجهیزات اصلی و پشتیبانی نیروگاه افزایش داد و سپس وارد فعالیت‌های طراحی برای بهبود طراحی‌های خارجی و طراحی توربین البته با سطح عملکرد پایین تر نسبت به پیچیده ترین توربین‌های موجود در دنیا شد. اگر چه شرکت مورد مطالعه تا زمان این تحقیق توانسته بود ۲ توربین برقی طراحی کند، توربین‌های مذکور عملکرد (کارایی در تبدیل انرژی آب به کار مکانیکی) پایین‌تری نسبت به پیچیده‌ترین توربین‌های برقی دنیا داشتند و بنابراین در پس مرزهای فناوری بودند. در زمان تحقیق، شرکت هنوز به توانمندی طراحی پیچیده‌ترین توربین‌های برقی دست نیافته بود ولی بر اساس یافته‌ها توانسته بود برخی از توانمندی‌های مورد نیاز مانند دانش مواد، دانش فرایند طراحی توربین، ابزارهای پیچیده تحلیل رفتار توربین و تجربه ساخت پروتوتایپ موفق یک توربین بزرگ برقی که توسط تیم‌های فراب طراحی شده بود (با کارایی ۹۵ درصد در مقایسه با ۹۶٫۲ درصد پیشنهادی توسط شرکت‌های پیشرو) را در خود ایجاد کند.

درحین تحلیل به دفعات میان داده‌ها و چارچوب مفهومی بل و پویت [۱۱] رفت و برگشت صورت گرفت که همانگونه که در بخش روش‌شناسی تحقیق به آن اشاره شده‌است منجر به ایجاد یک جدول از اجزای توانمندی‌های فناورانه برای کالاهای سرمایه‌ای پیچیده گردید. علی‌رغم چالش تعمیم‌پذیری یافته‌های این مطالعه اکتشافی، این چارچوب می‌تواند راهنمای مطالعات تجربی آینده برای درک عمیقتر همپایی در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده باشد. این چارچوب نسبت به

بر اساس این جداول، دیاگرام‌هایی تولید شدند که سیر زمانی انباشت توانمندی‌های فناورانه در فراب را نشان می‌دادند. این دیاگرام‌ها شامل حوادث و تغییرات مهمی بود که در هر جزء از توانمندی فناورانه در فراب اتفاق افتاده بود. اطلاعات موجود در این مطالعه موردی خوراک تحلیلی مورد نیاز برای رفت و برگشت مداوم بین داده‌های تجربی و الگوهای موجود انباشت توانمندی در ادبیات را فراهم کرد. طی این رفت و برگشت‌ها مفهوم‌سازی از الگوی انباشت توانمندی در مطالعه موردی حاضر صورت گرفت. همانگونه که پتیگرو [۲۷] می‌گوید این مرحله از پژوهش را به سختی می‌توان روشمند و مطابق دستورالعمل به پیش برد. محتوی مفهوم‌سازی عمدتاً مبتنی بر درک پژوهشگر از تحلیل داده‌ها، عمق دانش او از نظریات موجود، فرضیه سازی مداوم و چک آنها در حین رفت و برگشت بین داده و چارچوب‌های مفهومی موجود، و دقت پژوهشگر برای در نظر گرفتن فرضیه‌های رقیب از جمله فرض نول [۲۸] شکل می‌گیرد. الگوی بدست آمده در این پژوهش در مورد انباشت توانمندی به گروهی از مصاحبه شونده‌گان ارسال و با آنها در این مورد بحث صورت گرفت و در مواردی اصلاحات جزئی در الگو صورت گرفت. الگوی پایانی در بخش‌های بعدی این مقاله ارائه شده‌است.

۴- یافته‌های پژوهش

فراب با هدف جایگزینی خدمات گرانقیمت پیمانکاران بین‌المللی نیروگاه‌های برقی در ایران در مشارکت وزارت نیرو و وزارت صنایع و معادن تاسیس شد. فراب اولین قرارداد خود را در سال ۱۳۷۳ اخذ کرد و تا بهمن ۱۳۸۹ در مجموع ۲۱ پروژه برقی گرفته‌بود که معادل ۵۹ واحد نیروگاهی به ظرفیت کل ۱۰۷۲۸ مگاوات بود. فراب ۵ پروژه خارجی در آفریقا، خاور میانه و کشورهای مستقل مشترک‌المنافع^۱ آسیای میانه برنده شده‌بود که در مجموع معادل ۴۹۵ مگاوات ظرفیت برقی بود.

در کمتر از ۲۰ سال، شرکت مورد مطالعه توانست از توانمندی‌های اندک در مدیریت ارزان پروژه‌ها به

چارچوب بل و پویت دو جزء جدید خاص صنایع تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده پیشنهاد می‌کند:

(۱) مهندسی پروژه و (۲) توانمندی‌های مرتبط با تجهیزات.

توانمندی مهندسی پروژه با مهندسی و تحقق سیستم‌های پیچیده در پروژه‌ها سروکار دارد. این توانمندی مشتمل بر فعالیت‌های مهندسی است که طرح‌های موجود از تجهیزات، شامل طراحی مفهومی و جزیی تهیه شده توسط طراح، را برای استفاده در یک پروژه خاص ویژه‌سازی و عملیاتی می‌کند. به‌علاوه، این توانمندی دانش و منابع مورد نیاز برای ایجاد هماهنگی بین اینترفیس سیستم‌های مختلف را شامل می‌شود. هماهنگی میان اینترفیس‌ها جهت حصول اطمینان از عملکرد یکپارچه و بهینه اجزای مختلف یک سیستم از کالاهای سرمایه‌ای پیچیده صورت می‌گیرد.

توانمندی‌های مرتبط با تجهیزات ناظر به سطوح مختلف طراحی مفهومی و جزیی، تولید و ارائه خدمات فنی در حین بهره‌برداری سیستم‌ها است. شواهد این تحقیق نشان داد که یادگیری دانش تولید یک سیستم یا تجهیز خاص یعنی تجهیزاتی که پیش از این توسط شرکت‌های پیشرو طراحی و تست شده‌است پایین‌ترین سطح پیچیدگی را دارد. سطوح پیشرفته این توانمندی می‌تواند از ارائه خدمات فنی برای تحلیل خطا، عارضه‌یابی و تعمیرات سیستم در حین بهره‌برداری آغاز شود. اگر چه در این سطح ممکن است سیستمی طراحی نشود ولی رفع خطاها و عارضه‌ها نیازمند درک اصول و پایه‌های عملکردی سیستم است. سطح بعدی این توانمندی از بهبود طرح‌های موجود تجهیز پیچیده آغاز شده، و در پیشرفته‌ترین سطح به توانمندی درک بازخوردها از حین بهره‌برداری سیستم جهت بهبود تجهیز و در نهایت طراحی تجهیز و سیستم جدید می‌رسد.

همان‌گونه که سوالات تحقیق نشان می‌دهد این پژوهش علاوه بر شناخت اجزای توانمندی‌های فناوریانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه به دنبال شناخت مسیر توسعه توانمندی‌ها نیز بود. نتایج تحلیل و مفهوم‌سازی از شواهد در این تحقیق مطابق روشی که در بخش قبل توضیح داده‌شده است حاکی است که مسیر

توسعه توانمندی‌های فناوریانه در شرکت فراب را می‌توان با تقریب خوبی بر اساس حرکت در مراحل مختلف عمر سیستم‌های تولید برق توضیح داد. سیستم‌های تولید برق، و بسیاری دیگر از کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، سه مرحله کلان در عمر خود دارند: (۱) مرحله مفهوم‌سازی و طراحی سیستم (۲) مرحله مهندسی و تحقق سیستم در پروژه (۳) بهره‌برداری و ارائه خدمات فنی به سیستم‌ها در حین عملیات.

انباشت توانمندی فناوریانه در فراب یک الگوی غیرخطی در این مراحل داشت به صورتی که انباشت از مرحله دوم با درک طراحی‌های خارجی و یادگیری نحوه تحقق آنها در پروژه‌ها آغاز شد.

در این گام، فراب مهندسی را از تجهیزات پشتیبانی نیروگاه آغاز کرد و بتدریج وارد مهندسی تجهیزات اصلی یعنی توربین و ژنراتور شد. شرکت سپس به جلو یعنی مرحله سوم حرکت کرد و مشغول رفع نواقص و خطاها در حین عملیات توربین‌های تحویل شده در نیروگاه‌ها شد. در نهایت به مرحله اول برگشت و از طریق سرمایه‌گذاری در تیم طراحی و تحلیل توانست به بهبودهای تدریجی در طراحی‌های ارائه شده توسط شرکت‌های خارجی بپردازد و سپس توربین‌های برقایی خود را طراحی کند اگر چه این توربین‌ها در پس مرز فناوری قرار داشتند و عملکرد پایین‌تری نسبت به مرز فناوری در عمل از خود نشان می‌دادند. این نشان می‌دهد که به منظور درک همپایی در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، باید پیشرفت در سطح عملکرد سیستم‌های طراحی شده را نیز در نظر بگیریم. به عبارت دیگر یک شرکت متاخر، همانند نمونه بررسی شده در این مطالعه، می‌تواند در تمام یا بخشی از اجزای توانمندی‌های فناوریانه پشت مرزهای فناوری باقی بماند. در یک حالت پیشرفته‌تر، شرکت متاخر می‌تواند به تدریج توانمندی‌های خود را به طراحی و تولید محصولاتی با سطوح عملکردی نزدیک یا منطبق بر مرز فناوری ارتقا دهد.

این مسیر با مسیرهای شناخته شده در ادبیات Cacth-up و سیر شناخته شده عمر محصول در کشورهای توسعه یافته تفاوت دارد:

جدول ۱) چارچوب توانمندی‌های فناورانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده

کارکرد یا جزء توانمندی فناورانه					سطوح پیچیدگی
پیش پروژه ای	اجرای پروژه	مهندسی پروژه	مبتنی بر تجهیزات	تعاملات و شبکه	
مطالعات امکان-سنجی، انتخاب ساختگاه، زمان‌بندی سرمایه‌گذاری	-احداث و نصب تجهیزات -راه‌اندازی سایت -دست‌یابی به سطحی از عملکرد پروژه که مورد قبول در بخش محلی است	-مرور طراحی -تامین تجهیزات -کنترل کیفیت	-لیسانس گرفتن/خرید دانش تولید -مهندسی و مدیریت تولید	-تامین ورودی‌ها از تامین‌کنندگان شناخته شده -فروش محصول مشخص به مشتریان موجود	ساده، روتین (مبتنی بر تجربه صرف)
-جستجو برای یافتن منابع مناسب فناوری (انتخاب فناوری)	-یادگیری از دیگران برای بهبود عملکرد پروژه (حرکت به سمت استانداردهای جهانی در عملکرد)	-مهندسی تجهیزات پشتیبانی نیروگاه -مهندسی تجهیزات اصلی نیروگاه	-خطایابی/تحلیل سوانح در حین بهره‌برداری تجهیزات -بهبود طراحی سیستم‌های موجود (در پس مرزهای فناوری)	-انتقال فناوری به تامین‌کنندگان محلی -جستجوی دانش در میان تامین‌کنندگان، مشتریان و مراکز علمی تحقیقاتی داخلی -جستجو برای مشتریان جدید	کپی برداری، اکتساب (مبتنی بر جستجو)
	-تعیین استانداردهای جهانی در اجرای پروژه‌ها (از طریق انجام نوآوری)	-نوآوری در مهندسی تجهیزات اصلی و پشتیبان نیروگاه	-اعمال بازخوردها از بهره‌برداری به تولید، مهندسی و طراحی -طراحی سیستم‌ها از پس مرز فناوری (با سطح عملکرد پایین تر نسبت به پیشرفته‌ترین تجهیزات) -گذار به طراحی پیشرفته‌ترین سیستم‌ها (حرکت روی مرز فناوری و یا حرکت دادن آن به سمت جلو)	-جستجوی دانش و ایده‌ها در یک سطح وسیع از تامین‌کنندگان، مشتریان و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و بین‌المللی -همکاری در توسعه فناوری	نوآورانه، مخاطره‌ای (مبتنی بر پژوهش)

(قسمت‌های خاکستری نشان‌دهنده سطوحی است که در مطالعه موردی حاضر شرکت فراب توانسته بود به آنها دست یابد)

درگیر شدن با بهره‌برداری و رفع خطا از سیستم‌های نصب شده مرحله‌ای است که قبل از انباشت توانمندی‌های طراحی تجهیزات طی شده است. اگرچه نیاز است مطالعات تجربی بیشتری در سایر بنگاه‌ها و در سایر کشورهای در حال توسعه صورت گیرد تا بتوانیم محدوده تعمیم‌پذیری این مسیر در میان عرضه‌کنندگان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده را مشخص کنیم، می‌توان تا حدی بروز این مسیر را توضیح داد. بروز این تفاوت عمدتاً ناشی

۱) مستقل از دوره عمر یک محصول خاص بوده و تفکیکی بین نوآوری‌های فرایند و محصول در آن وجود ندارد و از این رو با مدل‌های حرکت در معکوس چرخه عمر محصول که در متون پیشنهاد شده متفاوت است (۲) در حالیکه در کشورهای توسعه یافته و در میان شرکت‌های پیشرو سیر منطقی توسعه محصول از طراحی مفهومی و پیاده‌سازی شروع شده و پس از نصب سیستم عملیات بهره‌برداری و رفع مشکل شروع می‌شود. در الگوی برآمده از این پژوهش

درک انباشت توانمندی‌های فناوریانه در عرضه‌کنندگان متاخر کالاهای سرمایه‌ای پیچیده کمک کند. این چارچوب مجموعه‌ای از اجزاء توانمندی‌های فناوریانه را پیشنهاد می‌دهد که در سطوح مختلف پیچیدگی ارائه شده‌اند و می‌توانند برای درک موقعیت یک بنگاه خاص عرضه‌کننده کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و مطالعه تحول توانمندی‌های آن در گذر زمان کمک کنند. به‌علاوه، مطالعه حاضر الگویی از مسیر انباشت توانمندی‌های فناوریانه در این صنایع ارائه می‌کند و دلایل تفاوت آن را با مسیرهای موجود در متون توضیح می‌دهد.

به منظور درک بهتر توانمندی‌های فناوریانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، علاوه بر اجزای موجود در متون (به عنوان نمونه مراجعه کنید به [۱۱، ۳۰ و ۱۸]) مطالعه تجربی حاضر دو جزء جدید را پیشنهاد می‌دهد:

(۱) مهندسی پروژه که با مهندسی و تحقق سیستم‌های پیچیده در پروژه‌ها سروکار دارد. این توانمندی مشتمل بر فعالیت‌های مهندسی است که طرح‌های موجود را برای استفاده در یک پروژه خاص ویژه‌سازی و عملیاتی می‌کند و اینترفیس بین سیستم‌های مختلف را برای یک عملکرد یکپارچه بهینه می‌کند. (۲) توانمندی‌های مرتبط با تجهیزات که ناظر به سطوح مختلف توانمندی تولید، ارائه خدمات فنی در حین بهره‌برداری و طراحی تجهیزات و سیستم‌هاست. با گذر از یادگیری دانش تولید یک سیستم یا تجهیز خاص، سطوح پیشرفته این توانمندی با ارائه خدمات فنی تحلیل خطا، عارضه‌یابی و تعمیرات سیستم در حین بهره‌برداری آغاز می‌شود، می‌تواند به سطح بعدی (یعنی بهبود طرح‌های موجود تجهیز پیچیده) حرکت کند، و در پیشرفته‌ترین سطح به توانمندی درک بازخوردها از حین بهره‌برداری سیستم جهت بهبود تجهیز و در نهایت طراحی تجهیز و سیستم جدید برسد.

به منظور درک همپایی در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، باید پیشرفت در سطح عملکرد سیستم‌های طراحی شده را نیز در نظر بگیریم. به عبارت دیگر یک شرکت متاخر، همانند نمونه بررسی‌شده در این مطالعه، می‌تواند در تمام یا بخشی از اجزای توانمندی‌های فناوریانه پشت‌مرزهای فناوری باقی‌مانده یعنی تجهیزات و سیستم‌های عملکردی پایین‌تر از مرز فناوری، که توسط شرکت‌های

از ماهیت تولید در صنایع کالاهای سرمایه‌ای پیچیده است که فرایندهای آن حجم مهندسی و طراحی بالا در مقایسه با کالاهای مصرفی الکترونیک دارد در حالی که صنایع اخیر نیاز مبرم به دانش تولید انبوه (یا آنگونه که در ایران مرسوم است تولید صنعتی) دارند. مهندسی در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده سخت بوده و با محدوده وسیعی از اجزاء و سیستم‌ها سروکار دارد که نیاز است با توجه به شرایط خاص پروژه ویژه‌سازی شده و با هم هماهنگ شوند (پرنشپ [۲۹]). به عنوان نمونه، توربین‌های بزرگ آبی باید برای هر پروژه به طور خاص طراحی شوند. بنابراین، استراتژی‌های یادگیری بنگاه‌های متاخر آسیایی که مبتنی بر انباشت توانمندی تولید انبوه برای بازارهای صادراتی بود نمی‌تواند در این مورد، و احتمالاً در مورد سایر کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، صادق باشد.

بعلاوه طراحی سیستم‌های سرمایه‌ای پیچیده از جمله تجهیزات تولید برق نیاز به دانش عمیق از رفتار سیستم دارد که این دانش را نمی‌توان تنها از طریق تولید بیشتر این سیستم‌ها یا از طریق قراردادهای رسمی انتقال فناوری بدست آورد. بلکه انباشت این دانش نیازمند سرمایه‌گذاری در فهم منطق عملکرد سیستم‌ها و سرمایه‌گذاری در توسعه ابزارهای تحلیلی و مدلسازی است. سیستم‌های پیچیده معمولاً در حین بهره‌برداری رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی از خود نشان می‌دهند [۱۹] و بنابراین تحلیل و درک علل بروز خطا در حین بهره‌برداری راهی برای شناخت منطق داخلی عملکرد سیستم‌هاست.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله، یک مطالعه اکتشافی عمیق در سطح بنگاه برای تحلیل انباشت توانمندی فناوریانه در عرضه‌کنندگان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه است. داده‌های تجربی مطالعه از یک شرکت ایرانی فعال در طراحی مهندسی و ساخت نیروگاه‌های برقی جمع‌آوری شده است. با این وجود که مطالعه اکتشافی بود، یافته‌های تحقیق آن را قادر ساخت تا به ادبیات همپایی از طریق پیشنهاد یک چارچوب مفهومی برای

افزایش دهد که خود می‌تواند زمینه‌ساز سپردن کارهای پیچیده‌تر به شرکت متاخر باشد.

از منظر کاربردهای سیاستی، رشد توانمندی‌های فناورانه در کالاهای سرمایه‌ای پیچیده نیازمند استراتژی چند مرحله‌ای است. در ابتدا، به جای تمرکز بر گسترش توانمندی‌های تولیدی، سیاست‌ها می‌توانند مشتریان داخلی را به استفاده از خدمات داخلی در مهندسی و مدیریت پروژه تشویق کنند تا انباشت توانمندی‌های فناورانه در بخش‌های ساده‌تر آغاز گردد. با گذشت مدتی و بعد از اینکه عرضه‌کنندگان داخلی توانستند اعتماد کافی را در سازمان کارفرما ایجاد کنند، سیاست‌های دولتی می‌تواند مشتریان داخلی را به خرید خدمات فنی این عرضه‌کنندگان متاخر در حین بهره‌برداری سیستم‌ها تشویق کند. با رشد توانمندی‌ها، شرکت‌های متاخر احتمالاً قادر به ارائه سیستم‌های طراحی شده توسط خود خواهند بود ولی یکی از چالش‌های اصلی یافتن بازار برای این طراحی‌هاست. به علت قیمت بالای سیستم‌های پیچیده و نیازمندی مشتری به یک عملیات طولانی مدت و پایا از سیستم، ممکن است مشتریان مخاطرات بالایی در استفاده از سیستم‌های داخلی متصور باشند. دولت می‌تواند از طریق همکاری با سازمان‌های بیمه‌گر شرایطی بوجود آورد که ریسک مشتریان داخلی در خرید و نصب سیستم‌های پیچیده طراحی شده توسط عرضه‌کنندگان داخلی کاهش یابد.

این مطالعه در نیروگاه‌های برقی صورت گرفت. در پروژه‌های برقی تعداد کمی از تجهیزات حجم بزرگی از هزینه‌های ساخت نیروگاه را شامل می‌شوند و نمی‌توان مطمئن بود که همین الگو در سایر صنایع کالاهای سرمایه‌ای پیچیده که ترکیب هزینه‌ای پروژه‌ها متفاوت است دنبال شود. بنابراین مطالعات آینده در سایر بخش‌های صنعتی تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و در سایر کشورهای درحال توسعه می‌تواند به تعمیم یافته‌های این تحقیق از جمله چارچوب شناخت توانمندی‌های فناورانه و مسیر انباشت توانمندی‌ها کمک کند. این تحقیق متمرکز بر یکی از کسب و کارهای شرکت فراب یعنی ساخت نیروگاه‌های برقی بود. تحقیقات آینده می‌تواند توانمندی‌های مورد نیاز برای

پیشرو ارائه می‌شوند، داشته‌باشد. در یک حالت پیشرفته‌تر، شرکت متاخر می‌تواند به تدریج توانمندی‌های خود را به طراحی و تولید محصولاتی با سطوح عملکردی نزدیک یا منطبق بر مرز فناوری ارتقا دهد.

علاوه بر پیشنهاد چارچوبی برای درک انباشت توانمندی‌های فناورانه در تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده، این مطالعه اکتشافی نشان می‌دهد که مسیر انباشت توانمندی‌های فناورانه به صورت یک حرکت غیرخطی در مراحل مختلف عمر کالاهای سرمایه‌ای پیچیده بود به‌گونه‌ای که انباشت توانمندی‌ها از مرحله میانی یعنی مهندسی و پیاده‌سازی تجهیزات پیچیده در یک پروژه آغاز شد و سپس جهشی به مرحله آخر یعنی بهره‌برداری و رفع خطا در حین عملیات سیستم‌ها داشت و در نهایت به مرحله اول یعنی طراحی مفهومی و توسعه سیستم‌های پیچیده بازگشت. مقاله یکی از دلایل بروز این تفاوت در مسیر انباشت توانمندی‌های فناورانه، در مقایسه با مسیرهای شناخته شده در متون پژوهشی، را ویژگی‌های خاص فناورانه کالاهای سرمایه‌ای پیچیده و نقش مهم درک رفتارهای کالا در حین بهره‌برداری برای کسب دانش طراحی می‌داند.

از منظر الزامات مدیریتی، این تحقیق نشان می‌دهد که درگیر شدن تیم‌های مهندسی شرکت متاخر با خطاها و سوانح پیش آمده در حین بهره‌برداری می‌تواند یک گام میانی برای دست‌یابی به دانش طراحی سیستم‌ها باشد. شرکت متاخر می‌تواند سطح توانمندی خود برای خطایابی و ارائه خدمات فنی در حین بهره‌برداری را با سرمایه‌گذارهای کوچک در تحلیل رفتار سیستم‌ها افزایش دهد و این توانمندی در گذر زمان از طریق درگیر شدن تیم‌های مهندسی با خطاها و حوادث متنوع‌تر تقویت می‌شود. پشتیبانی از سیستم‌های تحویل شده بخشی از وظایف شرکت متاخر است اما اتکا به دانش خارجی برای این منظور ممکن است مشکلاتی را از منظر پایایی خدمات ایجاد کند و هزینه‌های خیلی بزرگ برای شهرت شرکت داشته باشد. بعلاوه، رفع خطاها و عیوب سیستم‌ها در حین بهره‌برداری می‌تواند اعتبار توان مهندسی شرکت متاخر را در چشم کارفرمایان خود

[14] Tacla, C.L. and Figueiredo, P.N., 2006, "The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: evidence from the capital goods industry in Brazil", *International Journal of Technology Management*, 36(1-2), pp. 62-90.

[15] Kim, L. and Lee, H., 1987, "Patterns of Technological Change in a Rapidly Developing Country: A Synthesis", *Technovation*, 6(4), pp. 261-276.

[16] Kim, L., 1980, "Stages of development of industrial technology in a developing country: A model", *Research Policy*, 9(3), pp. 254-277.

[17] Hobday, M., 1995, *Innovation in East Asia: The challenge to Japan*, Aldershot: Edward Elgar.

[18] Ariffin, N. and Figueiredo, P.N., 2006, "Globalisation of Innovative Capabilities: Evidence from Local and Foreign Firms in the Electronics Industry in Malaysia and Brazil", *Science Technology and Society*, 11(1), pp. 191-227.

[19] Hobday, M., 1998, "Product complexity, innovation and industrial organization", *Research Policy*, 26, pp. 689-710.

[20] Davies, A., 2004, "Moving base into high-value integrated solution: a value stream approach", *Industrial and Corporate Change*, 13(5), pp. 727-756.

[21] Bell, M., 2007, "Technological learning and the development of production and innovative capacities in the industry and infrastructure sectors of the Least Developed Countries: What roles for ODA?", SPRU, University of Sussex.

[۲۲] حامد، محمد صادق و حبیبی، منوچهر، ۱۳۸۴، صنعت برق ایران در آیین تاریخی، شرکت برق منطقه‌ای تهران.

[۲۳] بانکیان، محمد اسماعیل و حجت، مسعود، ۱۳۸۴، تاریخ یکصد سال صنعت برق ایران، شرکت توانیر.

[۲۴] مهدیزاده، سعید، ۱۳۸۱، "توسعه پیمانکاران عمومی در صنعت برق ایران برای توسعه تکنولوژی و تامین تجهیزات"، اولین کنفرانس مدیریت فناوری ایران.

[۲۵] رفان، موسی، ۱۳۸۱، "مدیریت انتقال تکنولوژی"، اولین کنفرانس مدیریت فناوری ایران.

[26] Miles, M.B. and Huberman, A.M., 1994, *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*, SAGE Publications.

[27] Pettigrew, A., 1997, "WHAT IS A PROCESSUAL ANALYSIS?", *Scandinavian Journal of Management*, 13(4), pp. 479-493.

[28] Yin, R., 2003, *Case Study Research*, Sage Publications.

[29] Prencipe, A., 2003, "Corporate Strategy and Systems Integration Capabilities: Managing Networks in Complex Systems Industries", In: A. Prencipe, A. Davies and M. Hobday, *The Business of Systems Integration*.

[30] Amsden, A.H., 2001, *The Rise of "The Rest": Challenges to the West from Late-Industrializing Economies*, Oxford University Press.

[۳۱] آراستی، محمدرضا، نوری، جواد، خالقی، مهدی و مرضیه رستمی، ۱۳۹۱، "همراستای راهبرد فناوری با راهبرد کلان در شرکت‌های با کسب و کارهای متنوع: مورد گروه صنعتی ایران خودرو"، فصلنامه سیاست علم و فناوری، (۳)۴، صص. ۷۰-۵۷.

اهرم کردن توانمندی‌ها در بازارها و کسب و کارهای تازه را نیز بررسی نمایند [۳۱].

۶- تقدیر و تشکر

انجام این تحقیق بدون حمایت‌ها و راهنمایی‌های جناب آقایان مایک هابدی، دکتر علی کرمانشاه، مهندس امین حاج‌رسولی‌ها (مدیرعامل وقت فراب)، مهندس امیر ناجی مقدم (معاون اسبق برنامه‌ریزی و سیستم‌ها)، مهندس محمد هوشیار (معاون برنامه‌ریزی و سیستم‌ها)، و سایر معاونان، مدیران و مهندسين فراب که در مصاحبه‌ها شرکت داشتند غیرممکن بود.

References

منابع

[1] Chudnovsky, D., Nagao, M., 1983, *Capital Goods Production in the Third World*, London.

[2] Rosenberg, N., 1982, *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge, Cambridge University Press.

[3] 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), pp. 849-865.

[4] Hwang, C.-Y., 2000, "The Aircraft Industry in a Latecomer Economy: The Case of South Korea", SPRU-Science and Technology Policy Research Unit, Brighton, University of Sussex, PhD: 317.

[5] IEA (International Energy Annual), 2010, *US Energy Information Administration*.

[6] Enos, J., 1989, "Transfer of Technology", *Asia-Pacific Economic Literature*, 3(1), pp. 2-36.

[۷] طباطباییان، سید حبیب الله و انتظاری، محمد، ۱۳۸۷، "مطالعه موردی نگاشت نهادی نوآوری در صنعت برق کشور"، فصلنامه سیاست علم و فناوری، (۱)۱، صص. ۶۴-۵۳.

[8] Dahlman, C., Ross-Larsen, B. and Westphal, L.E., 1987, "Managing technological development: Lessons from the Newly Industrializing Countries", *World Development*, 15(6), pp. 759-775.

[9] Katz, J.E., 1987, *Technology generation in Latin American manufacturing industries*, Basingstoke: Macmillan Press.

[10] Lall, S., 1992, "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, 20(2), pp. 165-186.

[11] Bell, M. and Pavitt, K., 1995, "The Development of Technological Capabilities", In: I.u. Haque, M. Bell, and K. Pavitt, *Trade, Technology, and International Competitiveness*, World Bank: Washington.

[12] Ariffin, N., 2000, *The internationalization of innovative activities: The Malaysian electronics industry*, SPRU, University of Sussex: Brighton.

[13] Dutrénit, G., 2000, *Learning and knowledge management in the firm: From knowledge accumulation to strategic capabilities*, Cheltenham: Edward Elgar

Developing Indicators to Assess the Quality of Research Papers in Humanities Using the Merton's Norms

**Masoumeh Afshari¹, Behrooz Mahram^{2*},
Mohsen Noghani²**

1-M.A in Educational Research

2-Associate Professor, Ferdowsi University of
Mashhad, Iran

Abstract

The aim of the present study is to develop indicators for the evaluation of quality of research papers. Due to the nature and aims of the research, the research method was mixed method. We used 35 evaluation forms of the prestigious national and international journals in social sciences, and 7 experts and scholars in the relevant disciplines norms as the framework (population) of the study. The selection was based on purposive sampling method. To extract normative component and identify deficiency in the evaluation forms we developed a checklist, and conducted a semi-structured interview with experts. Descriptive statistical methods, including frequency and percentage frequency of occurrences were used to analyze the data. Results showed the inconformity of the evaluation forms with the norms of science. by comparing the indicators of evaluation worksheet and component of Merton, the final checklist of 48 statements and 4 option was made and accreditation by experts the final form was achieved.

Keywords: Indicator, Quality Assessment, Scientific Products, Scientific Norms of Merton.

* Corresponding Author: bmahram@um.ac.ir