



مطالعه تاریخی صنعت فولاد در ایران: کاربرد چارچوب همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده

دوره ۱۳ شماره ۱ (پیاپی ۴۳)
بهار ۱۳۹۸

نوع مقاله: پژوهشی

ایمان خلیلی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه علوم و فنون مازندران
بابک شیرازی دانشیار دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه علوم و فنون مازندران
جواد سلطانزاده دکترای مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

چکیده

در بیش از نیم قرن گذشته، به منظور افزایش توان تولیدی کشور با تکیه بر منابع طبیعی طیف گسترده‌ای از انتقال فناوری در صنعت فولاد تحقق یافته است. هر چند هدف غالب آن‌ها افزایش ظرفیت تولید بوده اما دستاوردهای مهمی در زمینه ارتقا و توسعه فناوری نیز داشته است. مروری تاریخی بر مسیر طی شده و نظر افکندن بر تجربیات موفق و ناموفق می‌تواند درس‌هایی برای آینده به همراه داشته باشد. از این‌رو این مطالعه با وام‌گیری از مفهوم همپایی فناورانه تلاش دارد نکات برجسته این تجربه را شفاف سازد. برای این منظور مطالعه حاضر، با انجام پژوهشی کیفی و با استفاده از روایت‌پژوهی و مصاحبه با متولیان و خبرگان فعال در پروژه‌های انتقال فناوری صنعت فولاد، پنج موج توسعه صنعت فولاد در کشور را معرفی کرده است. نتایج نشان می‌دهد احداث پلنت‌های فولادسازی که به عنوان محصولات و سامانه‌های پیچیده در نظر گرفته شده است، عامل اصلی ارتقا توانمندی و توسعه بخش فولاد بوده است. با توجه به مکانیزم متفاوت همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده همپایی فناورانه در توسعه پنجره‌های فرصت متفاوت ایجاد شده و نوع مکانیزم یادگیری و نحوه تلاش در جهت توسعه این بخش از صنعت متفاوت بوده است. روند تاریخی صنعت فولاد حکایت از آن دارد که همکاری بین‌المللی علاوه بر ایجاد ظرفیت تولیدی به ارتقای توانمندی فناورانه منجر شده و کانون انباشت آن شرکت‌های فنی-مهندسی فولادسازی در کشور است.

واژگان کلیدی: همپایی فناورانه، انتقال فناوری، صنعت فولاد، ایران

مسئول مکاتبات: shirazi_b@yahoo.com

۱- مقدمه

شرکت‌ها برای ارتقای سهم و جایگاه در بازار، ورود به فضای رقابتی و افزایش رقابت‌پذیری به طور مداوم می‌بایست بنیان دانشی خود و سطح فناوری خود را ارتقا دهند. اکتساب و توسعه فناوری جدید کانال‌های اصلی هستند که علاوه بر رفع نیازهای فناورانه و افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها امکان اغنای نیازهای اجتماعی و گسترش فرصت‌های جدید و همچنین حفظ و بهبود رقابت‌پذیری بین‌المللی و رشد اقتصاد ملی را فراهم می‌کنند (Kim and Dahlman, 1992). بدین ترتیب توسعه اقتصادی نیازمند تلاش برای «همپایی فناورانه» است. بدین معنی که عملکردهای اقتصادی و فناورانه در کشورهای پیشرفته یا رهبر به عنوان حدی از مطلوبیت توسعه صنعتی مورد توجه قرار گیرد (Fagerberg and Godinho, 2004). با توجه به این که در مطالعات انجام شده در راستای توسعه صنایع بین محصولات به اصطلاح تولید انبوه و محصولات و سامانه‌های پیچیده تفاوت‌هایی از قبیل تنوع و پیچیدگی دانش بکاررفته، اندازه تولید، منابع مالی توسعه، مشتریان ویژه، دوره عمر طولانی و مواردی اینچینی است (Davis and Hobdy, 2005; Kiamehr et al., 2015) همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده قواعد مخصوص به خود را دارد. به دلیل وجود همبستگی بین عوامل دخیل در احداث پلنت‌های فولادسازی و ویژگی‌های محصولات و سامانه‌های پیچیده احداث پلنت‌های فولادی کشور می‌تواند در دسته‌بندی صنایع پیچیده قرار گیرد (در بخش دوم تشریح می‌گردد). با توجه به اینکه توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده در کشورهای در حال توسعه باعث رشد صنعتی، توسعه اقتصادی و انباشت ثروت می‌شود (Sadfari et al., 2018) پیشرفت‌های چشمگیر بخش فولادسازی نسبت به مابقی بخش‌های صنعت معدن ایران، نویسندگان را بر آن داشت که فولادسازی ایران را با استفاده از ادبیات همپایی فناورانه تحلیل کنند. علاوه بر آن، با توجه به موضوع مرحله‌ای بودن انجام همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده، این مطالعه نشان می‌دهد که توسعه و ارتقا توانمندی بخش فولادسازی در پنج مرحله با احداث پلنت‌های جدید انجام پذیرفته است که مطالعه حاضر مراحل مذکور را به عنوان موج‌های ایجاد توانمندی مطرح کرده است. بخش فولادسازی ایران یکی از بخش‌های صنعت معدن بوده که برخلاف بخش‌های دیگر (مانند مس و آلومینیوم) در طی سال‌های فعالیت علاوه بر ارتقا ظرفیت تولید، کشور را به سمت نوآوری در فناوری و ثبت اختراع هدایت کرده است. در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، ضعف نهادی و عقب ماندگی تاریخی از یک سو و برخورداری از منابع طبیعی، خواست برای ارتقای سطح صنعتی و ظرفیت تولید در سوی دیگر، انتقال فناوری را انتخابی مقبول قرار داده که البته با در نظر گرفتن این صنعت در دسته‌بندی محصولات و سامانه‌های پیچیده، دولت می‌تواند نقش اساسی در انتقال فناوری ایفا کند. باید توجه داشت با وارد کردن تجهیزات تولیدی در یک صنعت و انتقال خط تولید آن اهداف بلند مدت توسعه فناوری تحقق نیافته و می‌بایست دانش مستتر در آن نیز انتقال و زمینه برای بهبود و توسعه‌های آتی

آن نیز فراهم آید (Hokeman et al., 2005). با در نظر گرفتن نقشی که فناوری در ایجاد مزیت رقابتی ایفا می‌کند و توسعه روزافزون آن، موفقیت کشورها در گرو مدیریت موثر فناوری‌ها و تلاش برای همپایی فناورانه است. همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده نقش ایجاد شبکه‌های همکاری داخلی (بخش خصوصی با دولت) را نسبت به محصولات تولید انبوه پررنگ‌تر می‌نماید. در این گذار، فناوری‌های موجود به مثابه دارایی‌های دانشی در دسترس، نشانگر میزان و چگونگی مسیر طی شده می‌باشند. به ویژه آن‌که فناوری وابسته به مسیر و انتخاب‌های انجام شده در گذشته بر انتخاب‌های آینده آن نیز موثر خواهد بود (Patel and Pavitt, 1997). فناوری برای بکارگیری در تولید و ارتقای سهم اقتصادی مستلزم استقرار رژیمی نهادی در حوزه‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که به سهولت قابل تغییر نخواهند بود (Geels, 2010). مطالعات اخیر (Hobdy, 1995; Lee and Lim, 2001; Park, 2013; Majidpour, 2016; Lee and Malerba, 2017) نشان می‌دهد چارچوب همپایی می‌تواند با تجمیع مفاهیم بنیادین توسعه فناوری، کاربردی موثر در فهم چگونگی توسعه صنعتی و فناوری ایفا نماید.

از این‌رو مطالعه حاضر با استفاده از چارچوب همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده و ارکان آن تلاش دارد در صنعت فولاد کشور به سوالات زیر پاسخ دهد: مراحل توسعه صنعت فولاد ایران مبتنی بر ادبیات همپایی فناورانه چگونه بوده است؟ توانمندی‌های کسب شده در هر مرحله چه مواردی بوده است؟

این مقاله بدین شکل سازمان یافته است. در بخش دوم مفاهیم بنیادین و چارچوب نظری تشریح می‌شود. بخش سوم در برگیرنده ارکان روش‌شناسی مطالعه و چگونگی گردآوری داده است. بخش چهارم دستاوردهای مطالعه را نشان داده و به وضعیت صنعت فولاد ایران می‌پردازد. در بخش پنجم تلاش می‌شود با بحث و جمع‌بندی سوالات مطالعه پاسخ گفته شوند.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- همپایی فناورانه

با توسعه فناوری می‌توان بهره‌وری صنایع را ارتقا داد، مزیت رقابتی و رهبری بازار را تداوم بخشید و طیف گسترده‌ای از محصولات نوآورانه را با هزینه‌های رقابتی در بازارهای جهانی عرضه کرد. الگوی نظری برآمده از کشورهای به تازگی توسعه یافته نیز تأکیدی مضاعف بر نقش برجسته فناوری در همپایی اقتصادی آن‌ها و ارتقای رشد اقتصاد و رفاه اجتماعی است. تاکنون مطالعات آموزنده‌ای پیرامون همپایی فناورانه انجام شده است. گرشنکرون^۱ (۱۹۶۲) و در ادامه آبراموویتز^۲ (۱۹۸۶) اولین مطالعات حول فرایند همپایی در کشورهای تازه‌وارد را مورد توجه قرار داده‌اند. آن‌ها ضمن اشاره به

شرایط زمینه‌ای همپایی، تلاش کردند چگونگی این فرایند را مفهوم‌سازی نمایند. مطالعات روزنبرگ^۱ (۱۹۸۲)، نلسون^۲ (۱۹۹۵)، هادی^۳ (۱۹۹۵)، لی (۲۰۰۵)، مازولنی^۴ و نلسون (۲۰۰۷)، پارک (۲۰۱۳) و لی و مالربا^۵ (۲۰۱۷) توانست علاوه بر تدقیق این مفهوم، چارچوب تبیینی ملموس‌تری را در راهبردها، ارتقای توانمندی‌های فناورانه، افزایش سهم بازار، فرصت‌های توسعه و مداخلات و حمایت‌های دولتی در همپایی فناوری ایجاد نماید.

همپایی فناورانه در تعریف به فرایندی گفته می‌شود که طی آن شرکت‌ها یا کشورهایی که به تازگی وارد یک صنعت شده‌اند برای مرتفع کردن شکاف‌های فناورانه و اقتصادی خود تلاش می‌کنند تا خود را با دانش رهبران صنعت همگام و همتراز کنند. از این‌رو آن‌ها به سلسله فعالیت‌هایی برای دستیابی به فناوری‌های روز، ارتقا قابلیت‌های فناورانه خود و برخورداری سهم مناسب از بازار دست می‌زنند. در این تعریف تازه‌وارد به شرکت (یا کشوری) اطلاق می‌شود که سهم بازار اندکی در محصول معینی دارد. این سهم ناچیز به جهت انتخاب راهبردی نیست بلکه به جهت تاخیر در ورود به بازارهای از پیش توسعه یافته است. از آنجایی که رشد اقتصادی کشورها مرهون رشد شرکت‌های آنان است همپایی فناورانه کشورهای در حال توسعه، به همپایی فناورانه شرکت‌های تازه‌وارد آن کشور بازمی‌گردد. می‌بایست توجه داشت این همگامی و همترازی به معنای تقلید بی چون و چرا از فناوری‌های رهبر نیست (Lee and Malerba, 2017). هر چند همپایی از منظر فناوری مورد توجه است اما افزایش سهم بازار و ارتقای جایگاه همواره به عنوان هدف غایی آن شناخته می‌شود (Hobdy, 1995; Lee and Lim, 2001; Lee, 2005; Majidpour, 2016-2). همچنین لی و لیم (۲۰۰۱) نشان دادند همپایی حتی لزوماً پیروی کامل از مسیر طی شده کشورهای رهبر یا پیشرو نیست. این موضوع در مواردی اشاره به طی همان مسیر اما با سرعت افزون‌تر دارد (Majidpour, 2016-2). ورود به این فرایند مستلزم انجام متفاوت فعالیت‌های مربوطه است، به گونه‌ای که منجر به توسعه یک فرایند یادگیری و ایجاد قابلیت و در غایت خود بروز نوآوری شود. متفاوت انجام دادن فعالیت‌ها نیاز به حضور مستقیم و فعال نظارت دولت و قانون‌گزارها و به علاوه استفاده از تامین‌کنندگان دانش خارجی دارد تا توسعه فناورانه را تسهیل کند (Lee and Mathews, 2012). علاوه بر این‌ها، شرکت‌های تازه‌وارد به منظور افزایش بهره‌وری همپایی فناورانه خود و توسعه و تغییر فناوری‌های کسب شده می‌توانند با همدیگر همکاری کرده و منابع و دانش خود را با هم به اشتراک بگذارند (Stewart, 1977).

¹ Rosenberg

² Nelson

³ Hobday

⁴ Mazzoleni

⁵ Lee & Malerba

هر چند وجود عقب‌ماندگی‌های کشورهای در حال توسعه حکایت از ضعف در تلاش‌های پیشین دارد اما به اعتقاد گرشنکرون (۱۹۶۲)، وجود مسیرهای متفاوت و موفق شکل‌گیری و تکامل رهبران صنعت باعث پایین آمدن هزینه‌های شکست برای تازه‌واردان می‌شود. بنابراین آن‌ها می‌بایست چگونگی دستیابی به این دانش گسترده و همچنین مسیر تکامل خود را بر حسب ویژگی‌های نهادی و ساختاری محیط خود طراحی کنند. متیوز (۲۰۰۶) در خصوص ورود جدید به یک حوزه از صنعت، جهانی شدن را مورد ملاحظه قرار داد و آن را از مزایای تازه‌وارد بودن دانست. تازه‌واردان در هر صنعتی قادرند که از ورود با تاخیر خود استفاده کنند تا بدون هیچ اجباری از ورود به کل مسیر فناورانه قبلی که توسط رهبران طی شده در جریان فناوری‌های پیشرفته‌تر قرار بگیرند و با شبکه‌ها و سازمان‌های نوظهور پیوند بخورند (Majidpour, 2016-1). شرکت‌های تازه‌وارد علاوه بر مزایایی که در ورود به یک صنعت جدید دارند با چالش‌هایی روبرو می‌شوند که نحوه پاسخگویی به این چالش‌ها به شرکت‌ها کمک می‌کند در فضای کاملاً رقابتی صنعت دوام آورند. هابدی (۱۹۹۵) نشان داد ورود به بازارهای تجارت جهانی معمولاً با دو چالش فناوری و بازار پیشرو همراه است. با توجه به این که بر خلاف یک تازه‌وارد، رهبر یک صنعت دارای واحد تحقیق و توسعه بزرگی است، یک تازه‌وارد هم می‌تواند با بالا بردن سطح توانمندی خود به مرحله ایجاد بخش تحقیق و توسعه رسیده و با انجام نوآوری شکاف بین خود و رهبر را به تدریج کم و کمتر کند. علاوه بر آن، یکی دیگر از راه‌های فائق آمدن بر چنین موانعی ایجاد ارتباطات قوی با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی بزرگ می‌باشد (Hobdy, 1995; Lee J, 1996; Lee and Lim, 2001; Majidpour, 2016-2).

تجربیات کشورها نشان می‌دهد (Rosenberg, 1982; Freeman, 1989; Freeman and Soete, 1997) همپایی فناورانه علاوه بر سیاست‌های توسعه‌ای مرهون وقوع رخداد‌های زمینه‌ای است که می‌توانند زمینه‌ساز تسهیل و تسریع فرایند شود. مطالعات ظهور تقاضای جدید و تغییرات ناگهانی تقاضا (Mathews, 2006; Lee and Mathews, 2012)، مداخله دولت و تغییر در سیاست‌های اتخاذ شده (Guennif and Ramani, 2012; Kim et al., 2013; Lee et al., 2014)، ظهور فناوری یا اقتصاد جدید (Perez and Soete, 1988) و تحولات چرخه‌های کسب و کار (Mathews, 2005) را مصادیقی از نیروهای تسهیلگر همپایی معرفی کرده‌اند. لی و مالربا (2017) با اقتباس از مدل پرز و سوئت (۱۹۸۸) این رخداد‌های زمینه‌ای و نیروهای تسهیلگر را «پنجره‌های فرصت» نامیده و آن‌ها را در سه دسته فناورانه (تغییرات فناورانه)، تقاضا (ظهور تقاضاهای جدید) و نهادی (تغییرات در خط مشی‌های عمومی و دولتی) معرفی کرده‌اند. لی و همکاران (2014) نشان دادند که این پنجره‌ها گاهی همزمان و گاهی متوالی به روی تازه‌واردان باز می‌شود و موثر واقع شدن آن‌ها به میزان و نحوه پاسخ دادن شرکت‌ها بستگی دارد. میزان موفقیت‌آمیز بودن پاسخ‌های شرکت‌ها به این پنجره‌ها به سطح یادگیری و ظرفیت جذب، قابلیت‌های فناورانه و بازاریابی آن‌ها بستگی دارد (Lee and Malerba, 2017). این قابلیت‌ها باعث می‌شود تازه‌واردان برای کسب سود، فرصت‌های جدید را شناسایی کنند و

به نوآوری بپردازند. بدین ترتیب همپایی فناورانه فرایندی است که عقب‌ماندگی‌های فناورانه و بازار را با نوآوری‌های فناورانه و نهادی و بهره از رابط همکارانه با صاحبان دانش در پرتو هوشمندی جهت بهره‌برداری از فرصت‌های پیرامونی برطرف می‌کند.

۲-۲- کسب فناوری و یادگیری فناورانه

ماهیت دانشی فناوری موید این نکته است که همپایی فناورانه مستلزم دسترسی به دانش فنی برای همترازی با رهبران صنعت است. تجربیات همپایی فناورانه بر بهره‌مندی پیروان از دانش رهبران فناوری استوار است (Radosevic, 1999). مجیدپور (1-2016) اذعان می‌کند یکی از جنبه‌های همپایی فناورانه اهمیت نقش فناوری‌های خارجی در افزایش توانمندی‌های فناورانه شرکت‌های داخلی است. مطالعات حکایت از آن دارد که منشا دانش فنی علاوه بر تلاش‌های داخلی، انتقال فناوری بین‌المللی هم است. البته ارتقای اکتساب فناوری از خارج بدون انجام تلاش داخلی، تحقیق و توسعه داخلی (Perez and Soete, 1988; Braga and Willmore, 1991) و همچنین انگیزه تازه‌واردان برای تلاش‌های بومی (Mytelka; 1978; Katrak, 1997) را کاهش می‌دهد. از یک سو، بخش مهمی از فرایند همپایی فناورانه دسترسی به فناوری‌های خارجی و جریان‌های فناورانه بین‌المللی است که از طریق شبکه‌های مختلف همکاری با رهبران صنعت به پیروان آن انتقال می‌یابد. از سوی دیگر نیز تمرکز بر نوآوری‌های داخلی، نظام‌های یادگیری و علاوه بر آن نقش مهم نهادها، سازمان‌ها و اثر متقابل آن‌ها در افزایش قابلیت‌های فناورانه داخلی است. با توجه به اهمیت کسب دانش، مطالعات پیشین بر پویایی میان این دو منبع تاکید دارند (Perez and Soete, 1988; Braga and Willmore, 1991; Pack and Saggi, 1997). در رابطه بین اکتساب یا انتقال فناوری و تلاش‌های درونی به عنوان منابع داخلی و خارجی فناوری، غالب محققان این دو کانال را مکمل همدیگر دانستند (Braga and Willmore, 1991; Lee J, 1996; Kim, 1997; Kim, 1998 Caloghitou et al., 2004). در انتقال فناوری، فناوری می‌تواند هم به عنوان «دانش» و هم به عنوان «اطلاعات» مطرح شود (Radosevic, 1999). مارچ و سایمون (۱۹۵۸) نشان دادند که در این دو جنبه فناوری شرکت‌ها متکی به منابع و انواع دانش هستند. انتقال فناوری موفقیت‌آمیز نیازمند سرمایه‌گذاری‌های جدید در یادگیری موضوعاتی است که به وسیله دانش می‌توان آن‌ها را به‌دست آورد. می‌بایست توجه داشت، انتقال فناوری موثر به معنای بکارگیری تنها یک روش انتقال فناوری نیست بلکه شامل بهره‌برداری و مدیریت ترکیبی از روش‌های متناسب با ویژگی‌های صنعت، فناوری و سطح توسعه یافتگی کشور است (Radosevic, 1999).

برای همپایی می‌بایست با انتقال فناوری به طراحی مکانیزم یادگیری فناوری نیز اهتمام ورزید. یادگیری فناورانه فرایندی پیچیده است زیرا بسیاری از عوامل آن ضمنی هستند و به طور عمیق در نهاد انسان‌ها و سازمان‌ها نهفته‌اند. بکارگیری مناسب فناوری‌های جدید به ایجاد سنجیده

توانمندی‌های ضمنی (اطلاعات، مهارت‌ها، تعاملات و روال‌ها) برای اداره فناوری احتیاج دارد. همچنین مهارت‌های کارآفرینانه و مدیریتی برای توسعه توانمندی‌های ضمنی نیز بسیار مورد نیاز است.

لال^۱ (۲۰۰۱) روش‌های یادگیری فناوری برای کشورهای در حال توسعه را به شش نوع یادگیری از طریق انجام (فناوری وارد شده تغییر نمی‌کند ولی کاربردها کارآتر می‌شود)، یادگیری از طریق تطبیق (تغییرات کوچک و افزایش بهره‌وری فناوری)، یادگیری از طریق طراحی (ورود تجهیزات و کپی برداری از فرایندها و کسب دانش فرایندهای صنعتی)، یادگیری از طریق طراحی بهسازی شده (تغییر در طراحی متناسب با شرایط محیطی و جغرافیایی)، یادگیری از طریق طراحی کامل کارخانه (یادگیری راه‌اندازی کامل سیستم‌های تولیدی و سازگاری کل کارخانه برای پاسخگویی به نیازهای خاص) و یادگیری از طریق طراحی فرایندهای جدید (فعالیت مراکز تحقیق و توسعه یا موسسات تحقیقاتی در ارائه فرایندهای جدید و ساخت کالاهای جدید) دسته‌بندی می‌کند. همچنین لال و اوراتا^۲ (۲۰۰۳) انواع یادگیری را که به توسعه فناوری منجر می‌شود را با دو مصداق کلی «تسلط فناورانه»؛ که در آن شرکت‌ها یاد می‌گیرند که چگونه فناوری‌های محصول ساده را به کار برند، و «تعمیق دانش فناوری»؛ که در آن شرکت‌ها وظایف بزرگتر و با ارزش افزوده بیشتر را یاد می‌گیرند و از مرحله تطبیق فناوری به نوآوری گذر می‌کنند، طبقه‌بندی نمودند. از آنجایی که یادگیری فناورانه را می‌توان عاملی دانست که به شرکت‌ها کمک می‌کند فرصت‌های جدید را شناسایی کرده و فعالیت‌های لازم در بخش خود را به خوبی انجام دهند، پس ارتباط معناداری بین آن و ظرفیت جذب وجود خواهد داشت (عطاریور و همکاران، ۱۳۹۷). کیم (۱۹۹۹) با توجه به اهمیت مساله یادگیری، موفقیت انتقال فناوری در همپایی فناورانه را مبتنی بر مطالعه کوهن و لوینتال (۱۹۹۰)، در ظرفیت جذب دانست که آن در دو زیرمجموعه «پایگاه دانش»؛ که به میزان دانش انباشت شده توسط شرکت‌ها، و «شدت تلاش»؛ که به میزان انرژی مصرف شده توسط اعضا برای حل مشکلات، دسته‌بندی شده است. بدین ترتیب یادگیری در شرکت‌ها به میزان انباشت دانش موجود بستگی داشته که این انباشت توانایی درک، جذب و استفاده از دانش جدید را بالا می‌برد.

۲-۳-۱ احداث پلنت‌های فولادسازی به عنوان یک محصول یا سامانه پیچیده

مفهوم کالای پیچیده از حدود نیم قرن پیش در مطالعات حضور پیدا کرده است (Chundovsky 1984; Rosenberg, 1982; Lall, 1984). هابدی (۱۹۹۸) محصولات پیچیده را به عنوان هر محصول با هزینه بالا، مقیاس بزرگ، فناوری بالا و مهندسی متمرکز معرفی کرد. مجیدپور (2016-2) مبتنی بر مطالعه رن و یئو^۳ (۲۰۰۶) کالای تولیدی پیچیده را به عنوان ستون فقرات اقتصاد نوین در

¹ Lall

² Urata

³ Ren & Yeo

جامعه معرفی کرد که در حال حاضر به عنوان یک گروه مشخص و متمایز مورد مطالعه و تحلیل قرار می‌گیرند.

احداث پلنت‌های فولادسازی نیازمند فناوری و ساختار مهندسی پیچیده و چندگانه است و باعث انتشار فناوری‌های نوین در جامعه می‌شود. احداث پلنت‌ها مبتنی بر پروژه و دارای چرخه عمر طولانی هستند و همچنین زیرساخت‌های اقتصادی جوامع امروزی را تشکیل می‌دهند. علاوه بر آن، ساخت پلنت‌ها توسط واحدهای کم، ارزش بالای محصولات فولادی تولید شده در کشور و نقش اساسی دولت در تجمیع تقاضا، تامین مالی و به‌خصوص انتقال فناوری برای ساخت پلنت و تولید محصولات فولادی از ویژگی‌های این حوزه از صنعت معدن می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های ذکر شده که از مطالعات پیشین برآمده است (Rosenberg, 1982; Chundovsky et al., 1983; Hobdy, 1995; Davis and Hobdy, 2005; Majidpour, 2013; Kiamehr et al., 2015; Majidpour, 2016-2) می‌توان پلنت‌های فولادی که دارای دوره عمر اقتصادی طولانی (از احداث تا اجرا و بهره‌برداری) است را در گروه محصولات و سامانه‌های پیچیده قرار داد.

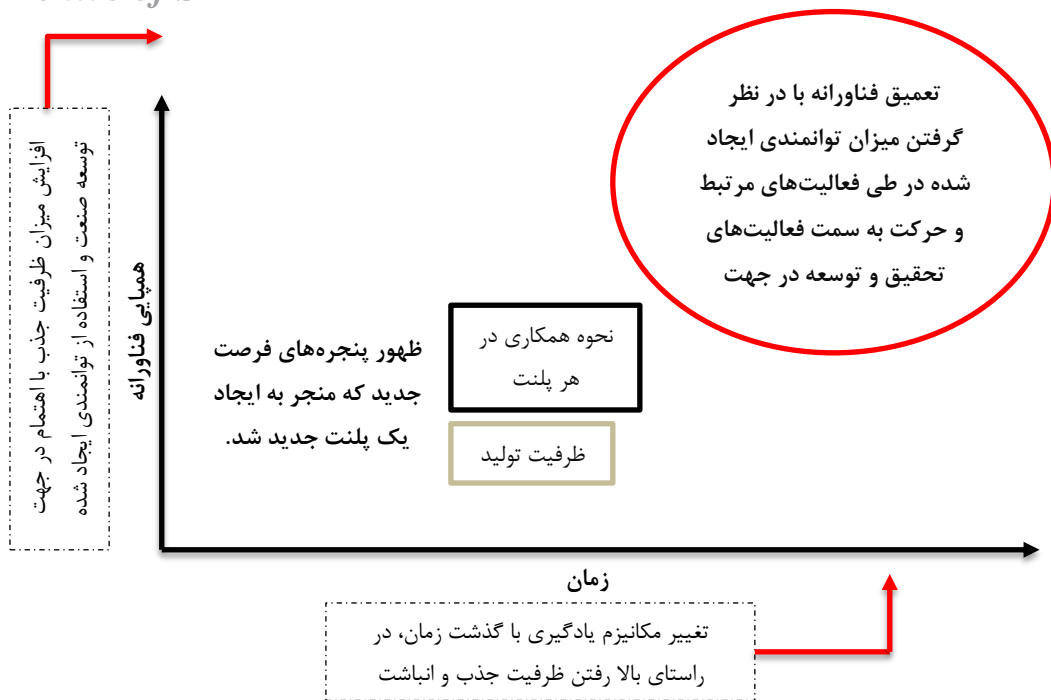
از آنجایی که محصولات و سامانه‌های پیچیده شاخص مهمی از توسعه صنعتی در یک کشور می‌باشد، توسعه آن اهمیت بسیار زیادی دارد و البته با شرایط ویژه‌ای همراه است که به اعتقاد رن و یئو (۲۰۰۶) کشورهای در حال توسعه در بسیاری از سطوح امکان حضور در اینگونه محصولات را ندارند. پارک (۲۰۱۳) نیز اذعان کرده است برای تازه‌واردان سخت است تا همپای رهبران در صنایع محصولات و سامانه‌های پیچیده شوند. همپایی فناورانه در زمینه کالای تولیدی پیچیده تحت تاثیر پدیده‌های چند سطحی مانند همگام کردن سیاست‌های دولتی با راهبردهای شرکت است. مجیدپور (۲۰۱۶-۲) در ادامه تحقیقات لی و لیم (۲۰۰۱) استدلال کرد، در روند همپایی فناورانه محصولات و سامانه‌های پیچیده، تازه‌واردان باید سیستم‌های قابلیت ادغام و یکپارچه کردن را به چشم یک ضرورت راهبردی نگاه کنند. هابدی (۱۹۹۸) نیز نشان داد محصولات و سامانه‌های پیچیده ممکن است بر اساس ضعف یا قدرت ویژگی‌های نظام‌های فناورانه و بازارشان متفاوت باشند. بنابراین فرایند همپایی فناورانه در صنایعی که به عنوان محصولات و سامانه‌های پیچیده نامیده شده‌اند با هم فرق می‌کند.

در ایران نیز شواهدی از موفقیت در تعمیق دانش محصولات و سامانه‌های پیچیده و همپایی فناورانه آن گزارش شده است. کیامهر (۱۳۹۲) مکانیزم و نحوه انباشت توانمندی شرکت فراب در بخش برقایی ایران را به عنوان یک عرضه‌کننده محصولات و سامانه‌های پیچیده مورد بررسی قرار داد. کیامهر و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه سیستم‌های تولید برق حرارتی ایران همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده را مبتنی بر راهبردهای توسعه و کسب و کار مدنظر قرار دادند. مجیدپور (۲۰۱۶-۲) با مطالعه توربین‌های گازی شرکت مپنا ویژگی‌های متمایز همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده را برجسته کرد. در کنار مطالعات موردی، صفدری و همکاران (۱۳۹۷) بر مبنای بررسی مطالعات پیشین محصولات و سامانه‌های پیچیده، تغییراتی را که طی دو دهه

اخیر در ادبیات موضوع و ویژگی‌های این مدل محصولات ایجاد شده را تبیین کردند. مطالعه حاضر نیز تلاش کرده است با تاکید بر تفاوت ماهوی حوزه صنایع معدنی، ضمن برشمردن جنبه‌های داخلی یادگیری و فرصت‌های محیطی، ریشه‌های همکاری و نقش برجسته روابط متعامل بین‌المللی در همپایی فناورانه صنعت فولاد ایران را واکاوی نماید.

۲-۴- الگوی نظری پژوهش

برگرفته از مفاهیم مرتبط با همپایی فناورانه و انتقال فناوری، این مطالعه چارچوبی دو بعدی از زمان و چگونگی انجام همپایی فناورانه ارائه کرده که برای تحلیل بخش فولاد صنعت معدن مورد استفاده قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۱ قابل مشاهده است، همپایی فناورانه در مراحل مختلف خود همتراز با سطحی از ظرفیت جذب و یادگیری فناورانه است. ظرفیت جذب در دو محور از فعالیت‌های مرتبط با میزان دانش انباشت شده و شدت تلاش مورد توجه قرار گرفته است. مکانیزم یادگیری نیز در طیفی از انواع یادگیری از طریق انجام تا یادگیری با طراحی محصول جدید قابل درک می‌باشد. همچنین تلاش می‌شود در هر مرحله از همپایی فناورانه، پنجره فرصت متناسب با آن نیز گزارش شود. فهم پنجره فرصت در هر مرحله می‌تواند شواهدی برای طراحی مکانیزم‌های هوشمندی و پایش مداوم محیط بیرونی باشد. علاوه بر این، با توجه به اهمیت ایجاد شبکه‌های همکاری در انجام همپایی فناورانه محصولات و سامانه‌های پیچیده، در این مدل مفهومی در هر مرحله به شبکه همکاری و مدل همکاری به عنوان کانال کسب و جذب دانش نیز پرداخته شده است. سبک‌های همکاری می‌تواند الگوی راهنمایی برای سیاست‌های آینده در طراحی برنامه‌های توسعه فناوری مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱. چارچوب نظری جهت بررسی چگونگی توسعه صنعت با انجام همپایی فناورانه

۳- روش‌شناسی مطالعه

این مطالعه با جهت‌گیری کاربردی و با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی به شیوه کیفی تدوین شده است. راهبرد گردآوری داده مبتنی بر مطالعات موردی و روایت پژوهی بوده است به طوری که برای دسترسی به اطلاعات مورد نظر و روند انتقال فناوری بین‌المللی نیم قرن اخیر در پلنت‌های فولادسازی فهرستی از شرکت‌های بهره‌بردار و پروژه‌های انتقال فناوری تهیه و متخصصان در دسترس آن‌ها شناسایی شدند. برای نمونه‌گیری در این مطالعه با استفاده از روش ترجیحی اقدام شد. بدین نحو که با انجام مصاحبه‌ها و تدقیق آن با اسناد، با رجوع مجدد به مصاحبه شونده‌ها تقاضا شد فهرستی نوین از متخصصان مطلع در اختیار گذارند. در برخی موارد نیز مصاحبه‌ها به جهت عدم دسترسی حضوری، تلفنی و یا از طریق رایانامه انجام گردید. در چند مورد مهم نیز امکان برقراری تماس به دلایل مختلف فراهم نیامد. ضمن مطالعه اسناد انتقال فناوری در دسترس، فهرستی از متخصصان حاضر در پروژه‌های انتقال فناوری و مدیران بخش فولاد کشور تهیه گردید (این افراد دارای حداقل ۲۰ سال سابقه مهندسی و مدیریتی بوده‌اند). در جدول ۱ فهرستی از ویژگی‌های افراد مصاحبه شونده در اختیار قرار دارد. انجام مصاحبه نیز بر مبنای پروتکلی از قبل تعیین شده انجام شد. پروتکل مصاحبه‌ها بر مبنای چهار محور تنظیم شدند. محور اول: جستجویی برای فهم مسیر تکاملی شرکت و ارتقای

دانش فنی و یادگیری شرکت؛ محور دوم: شناختی از ارزیابی گلوگاه‌های فناورانه و صاحبان فناوری پیشرو؛ محور سوم: ترسیم تصویری از الگوهای همکاری رایج در صنعت و چگونگی تعامل با همکاران؛ و محور چهارم (جمع‌بندی): فهم نگاه کلان و آگاهی از چارچوب تحلیلی افراد. در جلسات مصاحبه نیز تلاش شد مصاحبه شونده با اطلاع از محورهای مصاحبه به روایت تاریخی از تجربیات خود بپردازد.

نگاه روایت پژوهانه کمک می‌کرد تا نکات برجسته با تعدد تکرار و شرح و بسط بیشتر، بهتر تبیین شود. روایت‌ها، بازنمایی از یک رخداد یا یک سری از وقایع می‌باشند که مبنای روایت پژوهی قرار گرفته است (Abbott, 2002). روایت پژوهی عبارت است از استخراج و مطالعه تجربه افراد از داستان‌هایی که روایت می‌کنند (Clandinin and Roseik, 2007). این روش را می‌توان برای بررسی و فهم تجارب افراد در مکان‌ها و زمان‌های مختلف مناسب دانست که البته مستلزم همکاری موثر و مثبت بین پژوهشگر و مشارکت‌کننده است. در روایت پژوهی افراد را باید مبتنی بر بافت و موقعیتشان مشاهده کرد (Yu, 2005). این سبک مطالعه دارای کارکردی دوگانه می‌باشد. بدین‌گونه که هم رویکرد پژوهشی دارد و هم به عنوان ابزاری برای توسعه یک موضوع ایفای نقش می‌کند. دانش، مبتنی بر مطالعه آیزنر^۱ (۱۹۸۸) ریشه در تجربه دارد و مستلزم بازنمایی است. روایت‌های کارشناسان یکی از بهترین روش‌ها برای بازنمایی تجارب می‌باشد (Chan, 2012). توضیحات افراد مدنظر در مورد تجاربشان در عمل، خود به خود شکل روایتی به خود می‌گیرد (Kelchtermans, 2014). مبتنی بر مطالعات کارتر (۱۹۹۳) روش روایت‌پژوهی در سه گام توصیف واقعه؛ شناسایی و استخراج معنی؛ و تفسیر معنی انجام می‌شود. در مصاحبه‌های انجام شده برای مطالعه حاضر ابتدا هدف از انجام پژوهش ذکر شد، سپس مصاحبه‌شونده اقدام به روایت اتفاقات کرد. در آخر مصاحبه‌گیرنده با گردآوری مطالب به تحلیل داده‌ها از منظر همپایی فناورانه پرداخته است.

جدول ۱. جزئیات مصاحبه‌های انجام شده

مدت زمان مصاحبه (دقیقه)	نقش	سابقه حضور در صنعت	جایگاه سازمانی فرد مصاحبه شونده	افراد مصاحبه شونده
۶۰	سیاستگذاری توسعه	۲۷ سال	مدیر تحقیق و توسعه شرکت ملی فولاد ایران	مصاحبه شونده ۱
۷۵	مدیر پروژه احداث کارخانه	۳۳ سال	مدیر مهندسی و طراحی شرکت فنی-مهندسی «الف»	مصاحبه شونده ۲
۱۲۰	همکار بین‌المللی	۲۰ سال	مدیر عامل شرکت فنی و مهندسی خارجی در ایران	مصاحبه شونده ۳
۱۲۰	مدیر پروژه انتقال فناوری	۴۳ سال	رییس هیئت مدیره و مدیر عالی پروژه‌ها «ب»	مصاحبه شونده ۴

مدت زمان مصاحبه (دقیقه)	نقش	سابقه حضور در صنعت	جایگاه سازمانی فرد مصاحبه شونده	افراد مصاحبه شونده
۱۲۰	مدیر احداث پلنت	۳۵ سال	قائم مقام مدیر عامل شرکت فنی-مهندسی «الف»	مصاحبه شونده ۵
۳۶۰	مدیر احداث پلنت	۴۵ سال	مدیر عامل شرکت مشاوره‌ای فنی-مهندسی «ج»	مصاحبه شونده ۶
۱۲۰	عضو تیم انتقال فناوری	۴۸ سال	مدیر عامل شرکت مشاوره‌ای فنی-مهندسی «د»	مصاحبه شونده ۷
۱۲۰	عضو تیم انتقال فناوری	۳۸ سال	مدیر عامل فرایند شرکت مشاوره‌ای فنی-مهندسی «ه»	مصاحبه شونده ۸
۱۱۰	مدیر انتقال فناوری	۴۷ سال	مدیر عامل شرکت مشاوره‌ای فنی-مهندسی «ه»	مصاحبه شونده ۹
۱۲۵	مدیر انتقال فناوری	۵۰ سال	مشاور فولادسازی	مصاحبه شونده ۱۰
۱۵۰	مشاور انتقال فناوری	۳۳ سال	عضو هیئت علمی	مصاحبه شونده ۱۱

در این پژوهش روایی و پایایی به طور مجزا قابل طرح و بحث است. مبتنی بر مطالعه کخ^۱ (۲۰۰۶) و ریگه^۲ (۲۰۰۳) چهار آزمون برای بررسی کیفیت یک پژوهش کیفی در دسترس می‌باشد که در مطالعه حاضر به شرح زیر انجام شده است. روایی دارای سه بخش درونی (یعنی قبل از انجام مصاحبه‌ها مفاهیم درونی موضوع که مورد بررسی قرار گرفته بودند، به طور کامل برای مصاحبه شونده تشریح شده است)؛ سازه‌ای (بدین معنی که قبل از مصاحبه چارچوب اولیه‌ای، برگرفته از مطالعات مبنا برای مطالعه مورد نظر تهیه شد)؛ و بیرونی (سوالات پرسیده شده طوری تنظیم شده بودند که وابسته به تخصص فرد مصاحبه‌شونده بود) می‌باشد. مدل مصاحبه‌های انجام شده دستورالعمل‌های ثابتی داشت که برای همه متخصصان یکسان بود و همچنین طبق اسناد و مدارک موجود انجام می‌پذیرفت که دلالت بر پایایی مصاحبات انجام شده دارد.

۴- دستاوردهای مطالعه

۴-۱- صنعت فولاد ایران در یک نگاه

به دلیل تنوع کاربرد فولاد، فناوری تولید آن پیشرفت‌ها و تغییرات زیادی در طول تاریخ داشته است. کشورهای تولیدکننده فولاد در پی این تغییرات سعی بر آن داشته‌اند که با توجه به محیط

¹ Koch

² Riege

جغرافیایی خود با انتخاب فناوری مناسب بهره‌وری تولید خود را افزایش دهند. در حالت کلی می‌توان گفت که در دنیا فولاد خام به‌طور گسترده توسط دو روش احیا غیرمستقیم (کوره بلند^۱ و کوره اکسیژنی^۲) و احیا مستقیم (کوره قوس الکتریکی^۳) تولید می‌شود.

هنر فولادسازی در ایران تاریخی طولانی دارد. آثار ریشه‌های این صنعت در ایران در دوران ماقبل تاریخ به چشم می‌خورد. با توجه به تغییر و تحولات فناوری‌های لازم در تولید فولاد و نیاز به محصولات فولادی، از زمان قاجار احداث یک کارخانه ذوب‌آهن به عنوان یک صنعت مادر مورد توجه قرار گرفته و یک آرمان ملی به حساب می‌آمد. با این سابقه در صنعت فلزکاری، تولید صنعتی فرآورده‌های آهن و فولاد در ایران حدود نیم قرن قدمت دارد که به تاسیس کارخانه ذوب‌آهن اصفهان باز می‌گردد. ذوب‌آهن اصفهان اولین و بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده فولاد در ایران است که با ظرفیت ۲٫۸ میلیون تن محصول نهایی، انواع مقاطع فولادی ساختمانی و صنعتی را تولید می‌کند. به عبارتی دقیق‌تر در خصوص تاریخچه صنعت فولاد در کشور می‌توان گفت، ایران در دهه ۳۰ شمسی به فکر تولید فولاد به روش صنعتی افتاد و اولین کارخانه را با همکاری شوروی سابق به روش کوره بلند در اصفهان احداث کرد. شرکت ملی فولاد از سال ۱۳۳۸ به ثبت رسید و فعالیت خود را آغاز کرد. بعد از این رخداد طرح‌های مختلفی توسط شرکت ملی فولاد اجرا و تحت عنوان طرح‌های پنج‌گانه مطرح گردید که از آن موقع توسعه‌های جدیدی در کشور اتفاق افتاد.

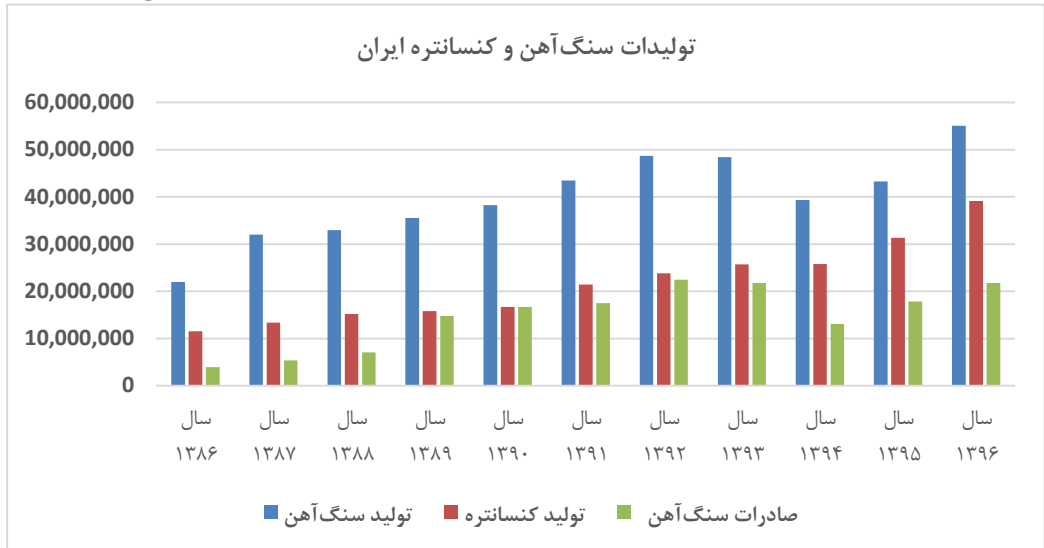
ایران از لحاظ ذخیره معادن مربوط به زنجیره فولاد (سنگ‌آهن و ذغال‌سنگ) غنی می‌باشد و با ذخیره حدود ۲ میلیارد و ۷۰۰ میلیون تن سنگ‌آهن، در سال ۱۳۹۶ در رتبه دهم جهان قرار گرفته است (سازمان ایمیدرو، ۱۳۹۷).^۴ ظرفیت اسمی ۲۰ واحد فعال کشور در تولید کنسانتره سنگ‌آهن تا انتهای سال ۱۳۹۶، برابر ۴۹ میلیون و ۹۲۰ هزار تن در سال بوده است. این مقدار که با افزایش تقریباً ۵ میلیون تنی نسبت به سال ۱۳۹۵ همراه بوده با بهره‌برداری از ۵ واحد جدید میسر شده است (طرح جامع فولاد، پایش ۱۳۹۶). شکل ۲، میزان تولید واقعی سنگ‌آهن، کنسانتره و میزان سنگ‌آهن صادر شده در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ را نشان می‌دهد.

¹ Blast Furnace

² Basic Oxygen Furnace

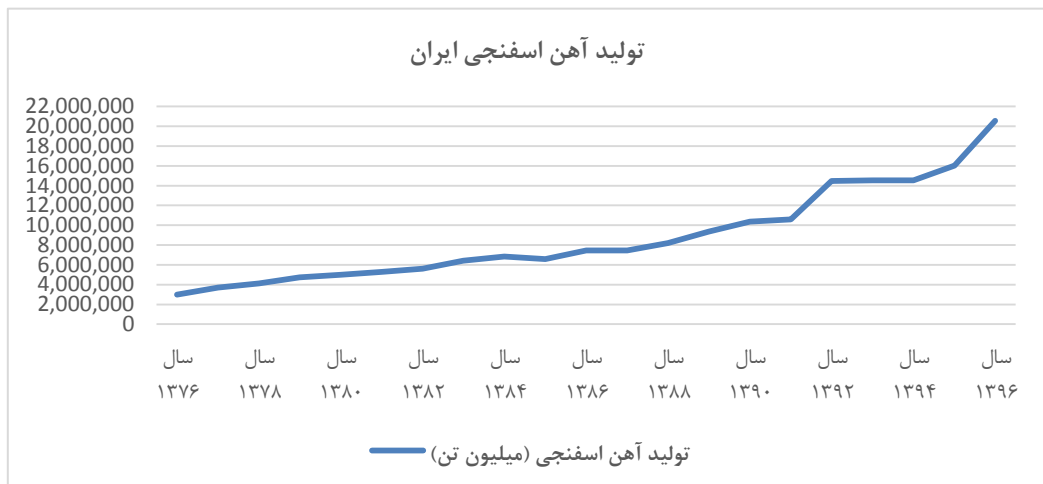
³ Electric Arc Furnace

⁴ <http://yon.ir/oc0oK>



شکل ۲. میزان تولید واقعی سنگ آهن، میزان صادرات آن و تولید کنسانتره ایران در ۱۱ سال (ارقام: میلیون تن) (طرح جامع فولاد، ۱۳۹۶؛ World Steel Association, 2018)

شکل ۳، میزان تولید آهن اسفنجی ایران را در دو دهه اخیر نشان می دهد. پنج کشور بیش از ۷۰ درصد آهن اسفنجی کل دنیا را در سال ۱۳۹۶ تولید کرده اند که ایران بعد از هند با تولید ۲۰ میلیون و ۵۵۰ هزار تن دومین کشور تولیدکننده آهن اسفنجی در جهان محسوب می شود (Midrex Inc). طبق آمار شرکت میدرکس (۲۰۱۸) در سال ۲۰۱۷ (۱۳۹۶ شمسی)، در خاورمیانه و آفریقای شمالی ۴۰ میلیون و ۵۳۰ هزار تن آهن تولید شده است که با توجه به رقم تولید ایران، ۵۰٫۷ درصد آن سهم تولید ایران بوده است.

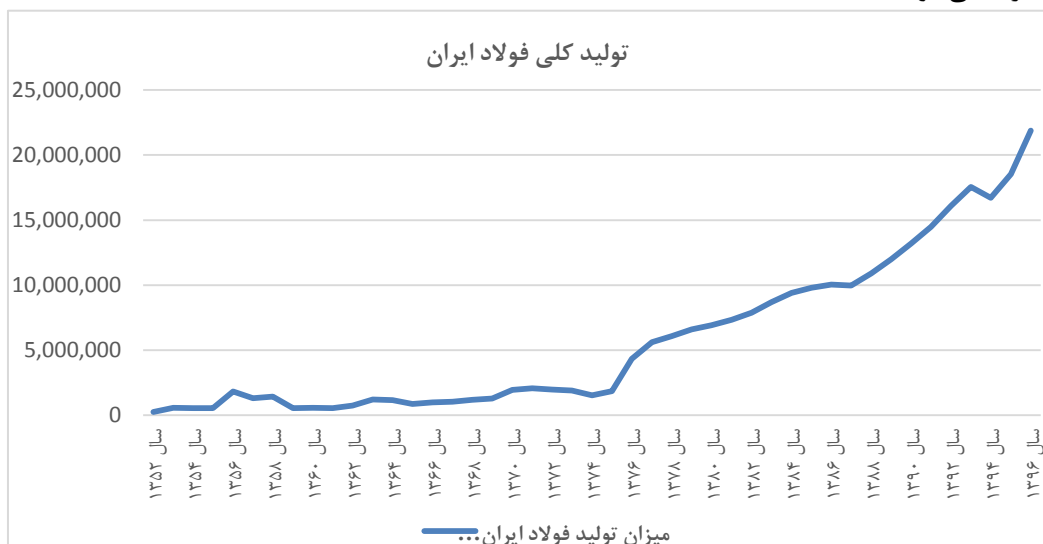


شکل ۳. میزان تولید آهن اسفنجی ایران در ۲۰ سال (World Steel Association, 2018)

در مجموع، فولاد خام تولید شده ایران در سال ۱۳۹۶، حدود ۲۱ میلیون و ۸۸۰ هزار تن بوده که در مقایسه با مقدار تولید سال ۱۳۹۵، با رشد ۱۸،۵۲ درصدی همراه بوده است (طرح جامع فولاد، پایش ۱۳۹۶). این مقدار تولید در سال ۱۳۹۶ حدود ۶۸ درصد ظرفیت اسمی واحدهای فعال کشور را محقق کرد. درصد بلااستفاده فولاد بیشتر مربوط به بخش خصوصی بوده که دلیل آن فعال نبودن تمام واحدهای تولیدکننده بخش خصوصی است. در سال ۱۳۹۵، تعداد کمی از واحدهای فعال بخش خصوصی توانستند از ۱۲،۲ میلیون تن ظرفیت اسمی خود، ۴ میلیون و ۶۵۰ هزار تن فولاد خام تولید کنند (طرح جامع فولاد، پایش ۱۳۹۶).

۴-۲- موج‌های توسعه صنعت فولاد ایران

آغاز فعالیت‌های تولید فولاد در ایران از دوره قاجار شروع و سپس در پهلوی اول ادامه پیدا کرد. به عبارت بهتر، در سال‌های پایانی دهه ۳۰ شمسی، ایران به فکر تولید فولاد به روش صنعتی افتاد. به جهت ضعف در دانش فنی احداث اولین کارخانه فولادسازی، ایران با شوروی سابق وارد مذاکره شد و قدم‌های اولیه برای احداث به روش کوره بلند در اصفهان برداشته شد. تولید فولاد ایران بعد از بهره‌برداری کامل ذوب‌آهن اصفهان از سال ۱۳۵۲ آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. شکل ۴ روند و میزان تولید فولاد خام ایران را از ابتدا تاکنون در یک چارچوب نشان می‌دهد. در طول سال‌های فعالیت ایران در این حوزه قدم‌های زیادی برای توسعه فناوری و صنعت برداشته شد. این مطالعه با دسته‌بندی این قدم‌ها در راستای توسعه صنعت فولادسازی ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه، فولادسازی ایران را به پنج موج (جهش در راستای تولید) تقسیم کرده است. همچنین با توصیف این پنج قسمت با توجه به ادبیات همپایی، فعالیت‌هایی که در راستای توسعه هر کدام از این موج‌ها صورت گرفته نام برده می‌شود.



شکل ۴. روند فولادسازی ایران از ابتدای فعالیت (World Steel Association, 2018) www.SID.ir

۴-۲-۱- موج اول فولادسازی ایران: آشنایی با صنعت و ایجاد توانمندی تولید (دهه ۴۰ و ۵۰ شمسی)

موج اول فولادسازی ایران به صورت رسمی و صنعتی با احداث کارخانه ذوب آهن اصفهان به صورت کوره بلند؛ در دهه ۴۰ شمسی، با همکاری فنی شوروی سابق شکل گرفت. به دلیل پایین بودن سطح دانش داخلی در آن زمان، شوروی مسئول طراحی و اجرای این پلنت شد. عملیات اجرایی ساخت واحدهای مختلف کارخانه از سال ۱۳۴۶ و تولید محصولات فولادی نیز با راه اندازی بخش فولادسازی در سال ۱۳۵۱ شروع شد. تامین مالی این پروژه نیز از طریق انتقال و فروش گاز چاه‌های نفت ایران با لوله‌کشی و انتقال به جمهوری آذربایجان شوروی انجام گردید. سال ۱۳۵۹ با وقوع جنگ تحمیلی و با پایین آمدن میزان همکاری متخصصین خارجی، تولید به شدت افت کرد و روند رسیدن به اهداف طرح توسعه منقطع شد. کاهش سطح همکاری با خارجی‌ها را می‌توان شروعی بر اهمیت ارتقای مهندسين داخلی دانست. در این دوره کارشناسان ایرانی مسئولیت بیشتری در فرایند اجرایی عهده‌دار شدند. لذا برای ادامه روند توسعه این صنعت از مهندسينی استفاده شد که در شروع فعالیت ذوب آهن برای گذراندن دوره کوره بلند به شوروی فرستاده شده بودند. با محوریت این افراد و مهندسين دیگری که در آن مدت نحوه انجام برخی امور را با کار در کنار خارجی‌ها^۱ یاد گرفته بودند و توانایی آن‌ها در شناسایی، تلفیق و بهره‌برداری کردن دانش از محیط بالا رفته بود ذوب آهن به کار خود ادامه داد. از دستاوردهای مهم این دوره زایش شرکت فنی-مهندسی در کنار ذوب آهن بود که در ابتدا وظیفه انتقال دانش فنی و همچنین تسهیل یادگیری در فرایند تولید را داشت. اما با حضور کمرنگ متخصصان خارجی این شرکت توانست نقشی محوری در توسعه فنی و تولیدی ایفا نماید. همچنین در این دوره تیمی ده نفره از دانش آموختگان برتر در رشته متالورژی به آلمان اعزام شده تا بتوانند با فناوری‌های نوین ذوب آشنا گردند. اینان در سال‌های بعد منشا تحولات و مدیران انتقال فناوری فولاد در کشور بوده‌اند.

۴-۲-۲- موج دوم فولادسازی ایران: آشنایی با فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات (دهه ۶۰ شمسی)

در اوایل دهه ۱۳۶۰ (انجام مذاکرات پیش از انقلاب اسلامی)، با بالا رفتن نیاز به فولاد در ایران (پنجره فرصت تقاضا) و ظهور دانش احیا مستقیم^۲ (پنجره فرصت از منظر فناوری) به وجود آمد. دولت با سنجش سطح ظرفیت جذب مهندسين داخلی و با توجه به منابع گازی ایران (به عنوان یک مزیت رقابتی حوزه احیا مستقیم در بازار جهانی) ارتقای ظرفیت نوین تولیدی را آماده دید و تصمیم

^۱ Learning by Doing

^۲ توسعه این فناوری در آمریکا که مبتنی بر دسترسی به منابع گاز طبیعی طراحی شده بود از دو جهت اهمیت داشت. نخست در رقابت بلوک غرب و شرق، با احداث ذوب آهن توسط شوروی، آمریکا تمایل به ورود در صنعت فولاد ایران داشت و دوم آنکه دسترسی ایران به منابع گازی می‌توانست در تثبیت این نوع از فناوری‌ها و ترغیب کشورهای صاحب منابع گازی به بهره‌مندی از آن مطلوب باشد. بدین ترتیب بهره‌مندی ایران از فناوری احیای مستقیم ابتدا از بعد سیاسی و سپس بازاریابی آتی برجسته

به ساخت کارخانه فولاد مبارکه کرد. بنابراین، مطالعات اولیه در جنوب کشور^۱ صورت گرفت و تامین مالی نیز مجدد با تکیه بر نفت انجام شد. شرکت ایلوا^۲ ایتالیا به عنوان مجری پلنت، شرکت ایتالیایی پینتی^۳ سابق به عنوان تامین‌کننده تجهیزات و شرکت میدرکس به عنوان صاحب فناوری برای همکاری انتخاب شدند. در بخش احیا مستقیم زنجیره فولاد، دانش چگونگی انجام کار (استفاده از فناوری میدرکس) به دلیل مشکلات سیاسی زمان جنگ، از طریق شرکت کوبه استیل^۴ ژاپن، از آمریکا گرفته شد.^۵ بالا رفتن ظرفیت یادگیری و توانایی حل مشکلات در مهندسين ایرانی منجر شد نسبت به پلنت قبلی میزان فعالیت افراد داخلی در اجرای پلنت افزایش یابد. این پروژه از جهت فنی و سطح فناوری بالاتر اهمیت وافری داشته است. به ویژه که با طراحی خطوط نورد گرم و سرد امکان تولید انواع ورق و همچنین حضور در بازارهای صادراتی فراهم آمد. در بعد فنی نیز طراحی اولیه پروژه منجر به زایش و شکل‌گیری شرکت فنی-مهندسی دیگری شد که توانست علاوه بر تسهیل تحقق اهداف تولید کارخانه مبارکه به انباشت دانش پیرامون تولید فولاد در کشور نیز بیانجامد. به طوریکه امکان طراحی مدول‌ها و مگامدول‌های احیای آهن با ظرفیت بالاتر در داخل کشور محقق گردید. یکی از نکات مورد توجه در موج دوم توسعه فولاد کشور تامین مالی آن با تاکید بر نفت بوده است. هر چند غالب نفت مصرفی کشور ایتالیا مبتنی بر نفت سبز لیبی بوده است اما در قرار مالی کارخانه فولاد مبارکه بخش مهمی از تامین مالی از طریق فروش نفت ایران برای پالایشگاه‌های کوچک مقیاس ایتالیا بوده است. این تامین مالی پایدار موجب وابستگی متقابل ایران به فناوری فولادسازی ایتالیا و همچنین ایتالیا به نفت ایران گردید که در پیش از چهل سال گذشته دستاوردهای مهمی داشته است.

۴-۲-۳- موج سوم فولادسازی ایران: آشنایی با فرایند ساخت و احداث پلنت فولادسازی (اوایل دهه ۷۰ شمسی)

با بالا رفتن میزان دانش انباشته شده و تلاش مهندسين داخلی به عنوان دو رکن ظرفیت جذب (Cohen and Levinthal, 1989) و افزایش تقاضای داخلی برای فولاد به عنوان یک پنجره فرصت، موج سوم فولادسازی کشور در سال ۱۳۶۸ با احداث کارخانه فولاد خوزستان در اهواز به روش احیا

^۱ این مطالعات دستخوش تغییر شد و محل احداث به اصفهان انتقال یافت. هر چند در سال‌های بعد با بروز مسائل زیست‌محیطی و هزینه‌های انتقال صحت مکان‌یابی اولیه بیش از پیش مورد تاکید قرار گرفته و موجب استقرار شرکت‌های فولادی نوین دهه ۷۰ شمسی در جنوب کشور گردید.

^۲ ILVA

^۳ Italian Pienti

^۴ Kobe Steel

^۵ در سال‌های پس از انقلاب به جهت کاهش همکاری با شرکت‌های آمریکایی مدیران صنعت فولاد کشور درصدد تغییر فناوری برآمدند و مذاکرات اولیه‌ای نیز انجام گرفته بود. اما با خرید لیسانس میدرکس آمریکا توسط شرکت کوبه استیل ژاپن و حضور همزمان مدیر عامل این شرکت ژاپنی و مسئول عقد قرارداد بخش احیای شرکت فولاد مبارکه در آلمان، با کمک سفیر وقت ایران در آلمان مذاکراتی آغاز و به سرعت به توافقات مهمی دست یافت.

مستقیم آغاز گردید. هر چند فرایندهای اولیه احداث این کارخانه در پیش از انقلاب و با بهره‌گیری از سه نوع فناوری احیا و تنوع بخشی بوده است اما در سال‌های جنگ تنها بخش ذوب آن راه‌اندازی شد و تکمیل زنجیره آهن‌سازی آن از سال‌های پایانی دهه ۶۰ شمسی آغاز گردید. فرایند یادگیری که در این پلنت انجام شد از طریق تطبیق فناوری بود. بدین‌گونه که بر روی فناوری میدرکس تغییرات کوچکی توسط مهندسی بومی اعمال شد و بهره‌وری فناوری جهت تطبیق با نیازهای کارخانه فولاد خوزستان افزایش یافت. همانطور که گفته شد از لحاظ تاریخی، شروع ساخت این کارخانه به سال‌های میانی دهه ۵۰ شمسی بازمی‌گردد. مذاکراتی بین شرکت ملی صنایع فولاد ایران و شرکت‌های متعدد بین‌المللی در سال ۱۳۵۱ صورت گرفت اما بعد از انقلاب با همکاری کشور چین به عنوان تامین‌کننده مالی ساخته شد. عمده عملیات نصب، تکمیل و راه‌اندازی واحدهای این پلنت به دست مهندسی که از تجربیات قبلی در کشور حضور داشتند انجام شد. فولاد خوزستان در حال حاضر حضوری فعال در عرصه‌های ملی و منطقه‌ای صنعت فولاد دارد و یکی از بنگاه‌های پیشرو اقتصادی در کشور است.

روند رو به رشد توسعه صنعتی در دو دهه و اجرای سه پلنت مذکور نقش وجود شرکت‌های داخلی مهندسی-پیمانکاری توانمند را در کشور پررنگ‌تر کرد. ارتقا سطح دانش انباشت شده در کشور از طریق یادگیری متخصصین داخلی و حرکت آن‌ها از «یادگیری از طریق انجام» به سمت «یادگیری از طریق بهبود» و سپس «یادگیری از طریق تطبیق»، نیازمندی‌های بازسازی سال‌های پس از جنگ و همچنین تحولات ساختاری در متولیان صنعت، بخش فولاد را تبدیل به صنعت قابل توجه برای توسعه ملی کرد. به طوریکه در میانه دهه ۷۰ شمسی شرکت‌های مشاوره‌ای فنی-مهندسی قابلی در حوزه صنعت فولاد شکل گرفتند که با تاکید بر توانمندی دانش انباشت شده در سالیان پیش بوده‌اند.

۴-۲-۴- موج چهارم فولادسازی ایران: آشنایی با انجام طراحی‌های تفصیلی (اوایل دهه ۸۰ شمسی)

موج چهارم فولادسازی در سال ۱۳۸۲ با شروع مطالعات برای انجام طرح جامع فولاد در ایران کلید خورد. این طرح با توجه به نیاز به افزایش تولید فولاد در کشور به عنوان سیاست دولت در برنامه توسعه اقتصادی برای بالا بردن ظرفیت اسمی تولید فولاد خام تا سقف ۱۷,۱ میلیون تن در سال به جریان افتاد. با اعمال تغییراتی در ماهیت و چگونگی انجام این ارتقای ظرفیت در سال ۱۳۸۷ احداث چندین کارخانه تولید فولاد در دستور کار قرار گرفت. طبق قانون برنامه و بودجه به سازمان ایمیدرو^۱ مجوز داده شد تا اقدام به سرمایه‌گذاری جهت ایجاد ظرفیت تولید ۶,۴ میلیون تن فولاد خام کرده و بعد از یک سال بهره‌برداری نیمی از درصد سهام این طرح را به بخش خصوصی واگذار کند. مقرر شد این طرح که با نام‌های «طرح‌های فولادی استانی» و یا «طرح‌های ۸۰۰ هزار تنی» نام‌گذاری شده بود در ۸ استان کشور آغاز شود. این طرح‌ها بر خلاف مطالعات اولیه با رویکرد دستوری مورد توجه قرار

گرفته و عملکرد پایین اقتصادی داشته‌اند.^۱ همانطور که گفته شد در موج دوم فولادسازی فناوری میدرکس از شرکت کوبه استیل برای راه اندازی فولاد مبارکه تامین گردید. روابط همکارانه با کشور ژاپن و همچنین برخی مناسبات غیررسمی منجر به آن شد که بتوان حق امتیاز احداث و بهره‌برداری از این فناوری به یکی از شرکت‌های فنی-مهندسی داخلی واگذار شود و زمینه مناسبی برای اجرای آن در طرح‌های هشت‌گانه فراهم آید. بدین ترتیب مقرر شد چهار طرح استانی با فناوری میدرکس شروع به کار کنند.^۲ تامین مالی این طرح‌ها نیز از طریق فروش نفت ایران به کشور چین و گشایش خط اعتباری از درآمدهای ارزی ایران نزد چین انجام شد.

۴-۲-۵- موج پنجم فولادسازی ایران: آشنایی با انجام طراحی‌های مقدماتی (میان دهه ۸۰ شمسی تاکنون)

موج پنجم فولادسازی کشور در اواخر دهه ۸۰ شمسی به وجود آمد که چهار پلنت دیگر از طرح‌های فولادی استانی را شامل می‌شد. علت جدا کردن این پلنت‌ها از باقی آن‌ها به کارگیری فناوری «پرد^۳» در تولید فولاد می‌باشد. با دسترسی به دانش فنی میدرکس و سابقه احداث و بهره‌برداری از این فناوری در کشور امکان انجام بهبود در این فرایند مهیا گردید. این تحقیقات که با حضور تنی چند از متخصصان هندی در ایران صورت پذیرفت منجر به بهبود فرایند میدرکس و خلق فناوری نوینی در احیا گردید که با عنوان پرد (احیای پارسی) شناخته می‌شود. تامین مالی پروژه‌های موج پنجم نیز به مانند موج چهارم از طریق خط اعتباری نفت فروخته شده به چین انجام شد. البته با تحولات بین‌المللی و همچنین نوسانات نرخ ارز در کشور در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرای پروژه‌ها با تاخیر مواجه گردید. در طرح‌های ذکر شده در موج چهارم و پنجم با نیاز اندکی به همکاری با شرکت‌های خارجی، توسط شرکت‌های پیمانکاری، مهندسی و مشاور داخلی انجام و بسیاری از تجهیزات در داخل کشور ساخته می‌شود.

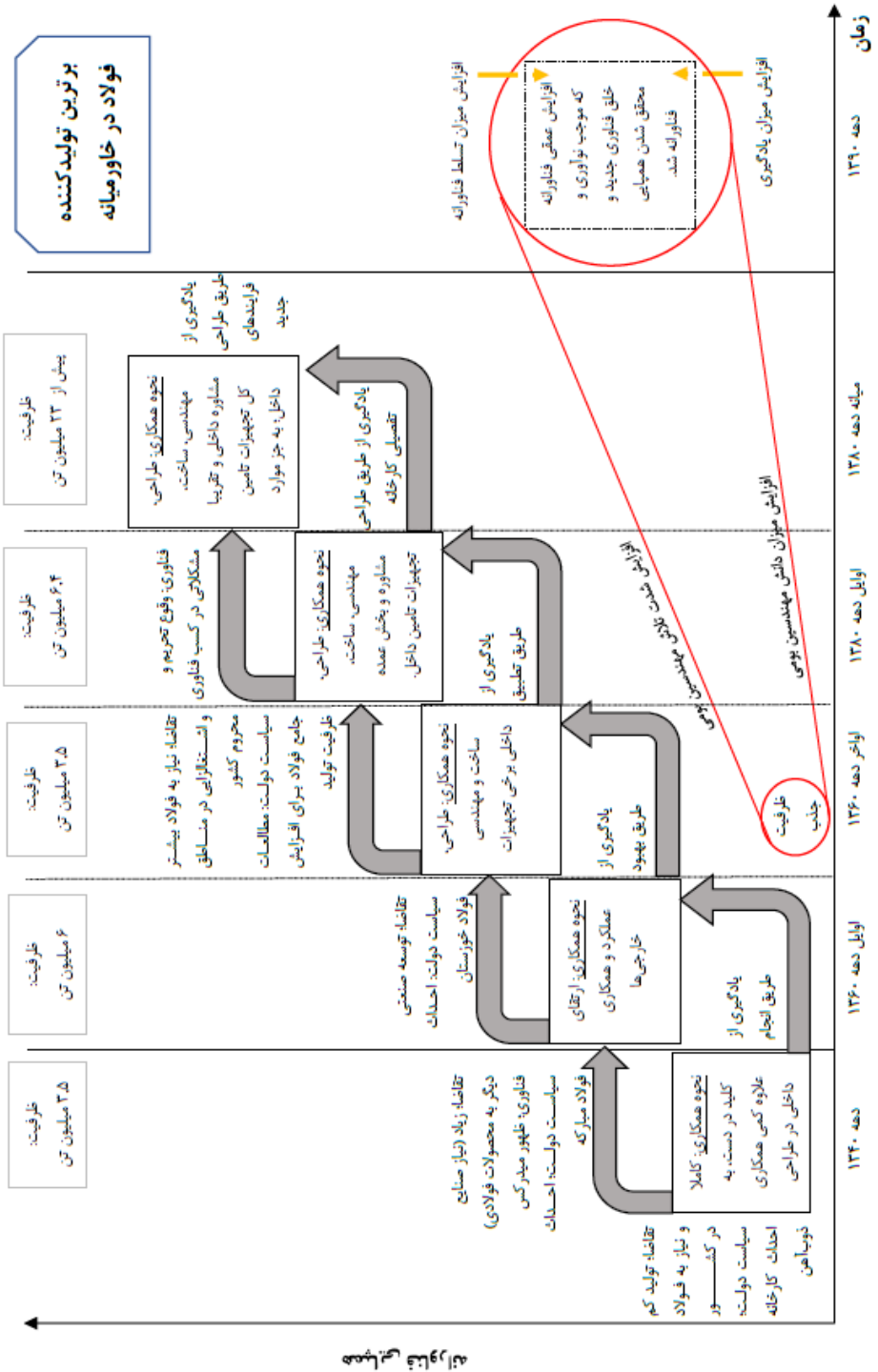
در کنار میزان افزایش فعالیت متخصصین بومی و ارتقا یافتن توانمندی‌های آن‌ها، با بررسی قراردادهای انتقال فناوری در این پنج موج به وضوح می‌توان دید که مدل قراردادی از ابتدا تا امروز به مرور از کلید در دست به مهندسی-تجهیزات-ساخت تغییر پیدا کرده و در هر موج میزان فعالیت مهندسی داخلی افزایش یافته است. شکل ۵ روند تغییرات فولادسازی ایران را نشان می‌دهد. این شکل حکایت از آن دارد که ایران از قبل انقلاب به تولید فولاد در کشور مشغول بوده است. از ابتدای

^۱ در صنایع منبع محور توجه به اندازه اقتصادی کارخانجات تولیدی دو چندان است. به ویژه آنکه بخش مهمی از هزینه سرمایه‌گذاری وابسته به زیرساخت‌های حمل و نقل است و در کشورهای در حال توسعه این نوع از زیرساخت دارای ضعف‌های راهبردی هستند. اما انگیزه اصلی این طرح‌های استانی محرومیت‌زدایی و ایجاد مشاغل منطقه‌ای عنوان شد. نکته اخیر به رغم توانمندی مهندسی در احداث این واحدها، بهره‌برداری پایدار از آن‌ها را دستخوش مسائلی کرده است.

^۲ یکی از طرح‌ها به جهت چالش‌های زیرساختی اجرا نشده است.

^۳ PERED: Persian Reduction

سال‌های فعالیت پنجره فرصت‌های مختلفی روبروی ایران گشوده شد که سیاست‌های انتخابی دولت منجر به احداث پلنت‌های مختلف شد. حضور فعال کشورهای خارجی در ایران و همکاری مهندسی داخلی باعث شد که بعد از انقلاب و رخ دادن برخی مشکلات سیاسی، با اتکا به دانش فراگرفته شده در سال‌های ابتدایی، دهه به دهه درصد زیادی از فعالیت‌های مربوط به این حوزه بدون نیاز به کشورهای خارجی انجام گیرد.



شکل ۵. فرایند رشد فولادسازی ایران در پنج دهه فعالیت

۵- بحث و نتیجه‌گیری

تجربه صنعتی ایران در بخش فولاد نشان می‌دهد در نیم قرن گذشته از احداث شرکت ذوب آهن اصفهان که امکان تولید صنعتی فولاد به روش کوره بلند مهیا کرده بود تا تغییر فناوری به سوی احیای مستقیم (فناوری میدرکس) حرکت کرده و با ارتقای یادگیری در این فناوری سطح توانمندی فناورانه کشور نیز افزایش یافته است. مطالعه حاضر نشان داد همانطور که لی و مالربا (۲۰۱۷) ادعان کرده‌اند علاوه بر سیاست‌گذاری و مدیریت فرایندهای داخلی توسعه فناوری، ظهور و بروز پنجره‌های فرصت می‌تواند در توسعه فناوری موثر باشد. به طوریکه در سال‌های ابتدایی دهه ۴۰ و ۷۰ شمسی به جهت افزایش نرخ توسعه صنعتی و در سال‌های پایانی دهه ۶۰ به جهت اهمیت بازسازی پس از تقاضای ایجاد شده برای توسعه توانمندی فناورانه فولاد کشور موثر واقع شده است. همچنین تغییر فناوری از کوره‌های بلند به کوره‌های قوس الکتریکی که بنیانی بر گاز داشته عامل مهم در تغییر فناوری صنعت فولاد بوده است. مطالعه اخیر توانست شواهدی از توسعه فناوری در انواع توانمندی‌های تولید محصول که هابدی (۱۹۹۵) آن‌ها را بر شمرده ارائه دهد. به گونه‌ای که در سال‌های ابتدایی صنعت فولادسازی در کشور امکان تولید و ارائه محصولات به بازار داخلی و صادرات محصول در سال‌های پایانی دهه ۷۰ شمسی محقق گردید. علاوه بر آن، در سال‌های دهه ۸۰ و ۹۰ شمسی نوآوری و توسعه فناوری پرد نشانی از توانمندی فناورانه سطح بالا بوده است. صنعت فولاد می‌تواند شاهدهی بر مطالعات مجیدپور (2016-1,2) باشد که توسعه مرحله‌ای توانمندی در محصولات و سامانه‌های پیچیده را مورد توجه قرار داده است. به طوریکه صنعت فولاد ایران با توانمندی بهره‌برداري آغاز و طی نگهداری و تعمیرات تجهیزات، بهبود و انجام مطالعات تفصیلی، امکان تحقیقات کاربردی و توسعه فناوری پرد مهیا گردید. همانند پژوهش پارک و جی (۲۰۱۵) این مطالعه نشان داد که همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده متفاوت از محصولات تولید انبوه انجام می‌پذیرد و عواملی همچون ایجاد ایجاد شبکه‌های همکاری بین کنشگران (دولتی و خصوصی)، ایجاد و ارتقا توانمندی تحقیق و توسعه و نقش کلیدی دولت در انتقال فناوری، جمعیت تقاضا و تامین مالی تاثیرگذارترین عوامل در توسعه صنعت فولاد بوده‌اند. این مطالعه نشان‌دهنده نقش اساسی دولت در روند انجام همپایی فناورانه در یک سامانه پیچیده مانند احداث پلنت‌های فولادسازی بوده است. دولت توانست به صورت مستقیم و غیرمستقیم با اعمال سیاست‌ها جدید و مبتکرانه خود (Ren and Yeo, 2006) کمک به تسهیل فرایند همپایی فناورانه و روند ارتقا توسعه صنعت فولاد کند.

در مسیر توسعه فولادسازی تکیه بر توانمندی‌های ایجاد شده داخلی در کنار همکاری بین‌المللی مورد توجه بوده است. همانطور که رادوزویچ (۱۹۹۹) نشان داد نقش فعالانه شرکت‌های داخلی، طبقه‌بندی کلی تعاملات آن‌ها و مشارکت نهادها، سیستم‌های مالی و زیرساخت‌ها در همپایی فناورانه فولادسازی ایران نیز رخ داده است. در این مطالعه نشان داده شد که چگونه شرکت‌های داخلی به

یادگیری و ارتقا دانش خود در کنار کشورهای خارجی پرداختند. همچنین صنعت فولاد ایران مصداقی از ظرفیت ارتقای توانمندی فناورانه مستتر در هر یک از انواع مدل‌های همکاری است. همانطور که رادوزویچ (۱۹۹۹) طیفی از روش‌های همکاری را در انتقال فناوری بین‌المللی توصیه می‌کند، در صنعت فولاد نیز از روش‌های کلید درست تا EPC و EPCF و یا قراردادهای بخشی تدارکات به عنوان روش‌های متنوع همکاری استفاده شده که در هر موج متناظر با سطح توانمندی داخلی و اقتضانات کلان سیاسی کشور بوده است. پذیرا بودن بنگاه برای تغییر فناوری (Kedia and Bhgat, 1988) در هر نسل از فناوری‌های فولادسازی نشان‌دهنده بالا بودن ظرفیت جذب مهندسی بومی در این حوزه بود. تغییرات نحوه یادگیری فناورانه (Lall, 2001) سندی برای این رخداد است. تغییر نحوه یادگیری باعث شد ایران از ابتدا با انجام کار در کنار خارجی‌ها، تا جایی پیشرفت کند که موفق شود با نیاز بسیار کم (جز در موارد خاص) یک پلنت فولادسازی را در کشور اجرا کند. همچنین افزایش عمقی فناورانه (Lall and Urata, 2003) مهندسی بومی باعث شد که کشور از مرحله کپی‌برداری و تطبیق فناوری به مرحله نوآوری برسد. ایران بعد از ورود به فرایند همپایی فناورانه توانست فعالیت‌های مربوط به صنعت را به گونه‌ای متفاوت انجام دهد که منجر به توسعه فرایند یادگیری و ایجاد قابلیت و در پی آن‌ها رخ دادن نوآوری شود.

صنعت فولاد به جهت ماهیت آن از زمان احداث کارخانه تا رسیدن به ظرفیت طراحی خود بازه طولانی مدت در منحنی یادگیری را طی می‌کند. این خصیصه موجب گردید در کنار هر واحد تولیدی در سال‌های آغازین گروهی از دانش‌آموختگان برتر و مهندسان خبره جهت فراگیری آموزش به کشورهای صاحب فناوری اعزام و سپس با تشکیل شرکت در کنار کارخانه بهره‌بردار تحقق اهداف عملیاتی را تسهیل بخشند. این شرکت‌ها به عنوان مهم‌ترین کانون‌های انباشت دانش و یادگیری در صنعت فولاد کشور بوده‌اند که توانستند علاوه بر انباشت دانش و یادگیری، ارتقای ظرفیت جذب را ایجاد کنند. همانطور که کیم (2001; 1998; 1997) اعتقاد دارد در فرایندهای صنعتی‌سازی و افزایش ظرفیت تولید، طراحی و ایجاد مکانیزم‌های یادگیری و افزایش ظرفیت جذب است که می‌تواند توانمندی فناورانه را ایجاد کند. این مهم در صنعت فولاد از طریق یادگیری از طریق بهره‌برداری، بهبود، تطبیق، طراحی تفصیلی و توسعه فناوری محقق گردید. همانند کیامهر و همکاران (۲۰۱۵) این مطالعه نشان داد که در جهت ارتقا یک سامانه پیچیده، پیدایش توانمندی تولید که از موج اول (آشنایی با صنعت) و توانمندی‌های طراحی و مهندسی که از موج چهارم (آشنایی با طراحی) ایجاد و در موج‌های بعدی ارتقا پیدا کرد اهمیت به‌سزایی در همپایی فناورانه یک سامانه پیچیده خاص دارد.

مطالعه صنعت فولاد ایران در چارچوب تبیین همپایی فناورانه دو نکته مهم را متذکر می‌شود. نخست اهمیت تامین مالی در محصولات و سامانه‌های پیچیده که کمتر در مطالعات همپایی فناورانه بدان پرداخته شده است. از آنجایی که همپایی فناورانه مساله محوری کشورهای بازمانده و تازه‌وارد است و همچنین محصولات و سامانه‌های پیچیده دارای سرمایه‌گذاری‌های اولیه بالایی هستند،

همپایی فناورانه بدون تمهید منشا مالی دچار قفل‌شدگی خواهد شد. شواهد صنعت فولاد علاوه بر برجسته کردن این چالش، الگویی را نیز در دسترس قرار داده که به نوعی تهاثر منابع نفتی در برابر فناوری تولید فولاد است. هر چند این الگو در شرایط بحران‌های بین‌المللی و نوسانات قیمتی می‌تواند دچار تشکیک شود، اما نکته پراهمیت‌تر تمهید بر حل مساله تامین مالی در همپایی فناورانه است. دوم آن‌که در بهره‌مندی از چارچوب همپایی فناورانه در صنایع مختلف می‌بایست کانون‌های اصلی انباشت و ارتقای توانمندی‌های گوناگون را به درستی واکاوید. در صنایع منبع محوری همچون فولاد که طیف گسترده‌ای از کنشگران مانند صاحب فناوری، پیمانکار عمومی، تامین‌کننده تجهیزات، مشاور مهندسی، تامین‌کننده مالی، مالک و بهره‌بردار وجود دارد می‌بایست انباشت دانش و ارتقای توانمندی در بطن شبکه همکار تعریف گردد. به طوریکه تکامل و کارکرد شبکه بیش از جمع جبری ارتقای توانمندی هریک از کنشگران قرار گیرد.

این مطالعه به بررسی نحوه توسعه صنعت فولاد ایران و احداث پلنت‌های جدید به عنوان یک سامانه پیچیده در جهت توسعه بخش فولاد کشور پرداخت و انباشت توانمندی فناورانه تولیدکنندگان محصولات و سامانه‌های پیچیده را تحلیل کرد. به کمک ادبیات همپایی فناورانه این مطالعه توانست با استفاده از داده‌های استخراج شده از مصاحبات با افراد فعال در صنعت مدلی را گسترش دهد که نشان‌دهنده توسعه و رشد فناورانه صنعت فولادسازی، ارتقا میزان ظرفیت تولید و تغییر در قراردادهای انتقال فناوری بین‌المللی ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه بود. حالت‌های مختلفی در انجام همپایی فناورانه می‌تواند رخ دهد که همگی معطوف به شرایط شرکت‌ها (کشورها) و سیاست دولت‌های آنان می‌باشد. روند حرکت به سوی پیشرفت این صنعت در ایران نشان داد که یکی از مهم‌ترین عواملی که در این راه موثر واقع شد سیاست‌هایی بود که عموماً توسط دولت (مانند سیاست‌های آموزشی که منجر به تحریک یادگیری شرکت‌های داخلی می‌شد) و در برخی موارد توسط شرکت‌های مهندسی بومی به عنوان یک عامل داخلی موثر در توسعه اتخاذ شده بود. سیاست‌های این چنینی باعث شکل‌گیری و توسعه سرمایه انسانی و تعامل نزدیک بین شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌شود و می‌تواند موضوعات مالی در یادگیری و آموزش را تامین کند.

مطالعه حاضر تاکید دارد در همپایی فناورانه علاوه بر اتخاذ سیاست‌های توسعه‌گرا ایجاد و حمایت از کانون‌های انباشت دانش مهم است. به طوریکه در دو دهه اخیر به جهت درک ناصحیح از سیاست‌های خصوصی‌سازی بسیاری از این کانون‌های انباشت دانش از شرکت‌های بهره‌بردار (شرکت‌های تولیدی فولاد) منفک و روابط ارگانیک آن‌ها دچار خدشه شده است. همچنین با برجسته بودن تامین مالی در همپایی فناورانه می‌بایست نهادی متمرکز در ذیل دستگاه سیاستگذار در توسعه کشور مساله توسعه فناوری و تامین مالی را رصد کرده و محقق نماید. به ویژه آن‌که می‌بایست به منابع نفت و گاز کشور به عنوان منبعی بین‌نسلی و توسعه‌گر نگریده شود و از اعتبارات تامین شده از آن‌ها توسعه فناوری را رونق بخشید. نکته اخیر موید آن است که نفت می‌تواند با راهبردهای

تهاجمی و قراردادهای تامینی بلند مدت ضمن آن که دستخوش تغییرات بین‌المللی نشود به منبعی جهت دریافت فناوری تبدیل گردد.

مطالعه حاضر دو محور پژوهشی مستقل اما مرتبط با همپایی فناورانه را برجسته کرد. نخست آن که مساله تامین مالی به طور متمرکز در صنایع کشور و تاثیر آن بر همپایی مورد توجه قرار گیرد. دوم آن که پیشنهاد می‌شود الگوی شبکه‌های همکاری در پروژه‌های انتقال فناوری کشور و تحولات آن‌ها نیز مورد مطالعه بیشتر واقع شوند.

سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران. *اخبار/ایمیدرو*; <https://www.imidro.gov.ir/News>
عطارپور، محمدرضا و همکاران. (۱۳۹۷). *مدل ارتقاء یادگیری فناورانه برای توسعه نوآوری دوستوان*; مطالعه موردی صنعت فولاد کشور. فصلنامه علمی-پژوهشی بهبود مدیریت. دوره ۱۲، شماره ۳.
کیامهر، مهدی. (۱۳۹۲). *توانمندی‌های فناورانه عرضه کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه*: مطالعه موردی یک شرکت در صنعت برقایی ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی سیاست علم و فناوری سال ۶، شماره ۱.
مطالعات طرح جامع فولاد ایران، شرکت فولاد تکنیک، پایش اسفند ۱۳۹۶ (تاریخ انتشار خرداد ۱۳۹۷).
<https://www.fooladtechnic.ir/fa/web/ebook/view/post/1/2>

- Abbott, H. Porter. *The Cambridge introduction to narrative*. Cambridge University Press, 2008.
- Abramovitz, Moses. "Catching up, forging ahead, and falling behind." *The Journal of Economic History* 46, no. 2 (1986): 385-406.
- Bell, Martin, and Keith Pavitt. "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries." *Technology, globalisation and economic performance* 83137 (1997): 83-137.
- Braga, Helson, and Larry Willmore. "Technological imports and technological effort: an analysis of their determinants in Brazilian firms." *The Journal of Industrial Economics* 39, no. 4 (1991): 421-432.
- Caloghirou, Yannis, Ioanna Kastelli, and Aggelos Tsakanikas. "Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance?." *Technovation* 24, no. 1 (2004): 29-39.
- Short, Edmund C. *Curriculum professors' specialized knowledge*. Lanham, MD: University Press of American, 1985.
- Carter, Kathy. "The place of story in the study of teaching and teacher education." *Educational researcher* 22, no. 1 (1993): 5-18.
- Chan, Esther Yim-mei. "The transforming power of narrative in teacher education." *Australian Journal of Teacher Education* 37, no. 3 (2012): 9.
- Chudnovsky, Daniel, Masafumi Nagao, and Staffan Jacobsson. *Capital goods production in the third world: an economic study of technology acquisition*. Burns & Oates, 1983.
- Clandinin, J. D., and J. Rosiek. "Mapping a landscape of narrative inquiry: Borderland spaces and inquiry." *Handbook of narrative inquiry: Mapping a methodology*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications (2007).
- Cohen, Wesley M., and Daniel A. Levinthal. "Innovation and learning: the two faces of R & D." *The economic journal* 99, no. 397 (1989): 569-596.
- Cohen, Wesley M., and Daniel A. Levinthal. "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation." *Administrative science quarterly* 35, no. 1 (1990): 128-152.
- Davies, Andrew, and Michael Hobday. *The business of projects: managing innovation in complex products and systems*. Cambridge University Press, 2005.
- Eisner, Elliot W. "The role of discipline-based art education in America's schools." *Art education* 40, no. 5 (1987): 6-45.
- Fagerberg, Jan, and Manuel Mira Godinho. "Innovation and catching-up." Georgia Institute of Technology, 2004.
- Freeman, Christopher. "New technology and catching up." *The European Journal of Development Research* 1, no. 1 (1989): 85-99.
- Freeman, Chris. *Economics of industrial innovation*. Routledge, 2013.
- Geels, Frank W. "Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective." *Research policy* 39, no. 4 (2010): 495-510.
- Gerschenkron, Alexander. *Economic backwardness in historical perspective: a book of essays*. No. 330.947 G381. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1962.
- Guennif, Samira, and Shyama V. Ramani. "Explaining divergence in catching-up in pharma between India and Brazil using the NSI framework." *Research Policy* 41, no. 2 (2012): 430-441.

Hagedoorn, John, and Ning Wang. "Is there complementarity or substitutability between internal and external R&D strategies?." *Research policy* 41, no. 6 (2012): 1072-1083.

Heeley, Michael. "Appropriating rents from external knowledge: the impact of absorptive capacity on firm sales growth and research productivity." *Frontiers of Entrepreneurship Research* 17 (1997): 390-404.

Hobday, Mike. "East Asian latecomer firms: learning the technology of electronics." *World development* 23, no. 7 (1995): 1171-1193.

Hobday, Mike. "Product complexity, innovation and industrial organisation." *Research policy* 26, no. 6 (1998): 689-710.

Saggi, Kamal, Keith E. Maskus, and Bernard Hoekman. *Transfer of technology to developing countries: Unilateral and multilateral policy options*. The World Bank, 2004.

Katrak, Homi. "Developing countries' imports of technology, in-house technological capabilities and efforts: an analysis of the Indian experience." *Journal of Development Economics* 53, no. 1 (1997): 67-83.

Kedia, Ben L., and Rabi S. Bhagat. "Cultural constraints on transfer of technology across nations: Implications for research in international and comparative management." *Academy of Management Review* 13, no. 4 (1988): 559-571.

Kelchtermans, Geert. "Narrative-biographical pedagogies in teacher education." In *International teacher education: Promising pedagogies (Part A)*, pp. 273-291. Emerald Group Publishing Limited, 2014.

Kiamehr, Mehdi, Mike Hobday, and Mohsen Hamed. "Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran's thermal electricity generation systems." *Research Policy* 44, no. 6 (2015): 1240-1251.

Kim, Jun-Youn, Tae-Young Park, and Keun Lee. "Catch-up by indigenous firms in the software industry and the role of the government in China: A sectoral system of innovation (SSI) perspective." *Eurasian Business Review* 3, no. 1 (2013): 100-120.

Kim, Linsu. "The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors." *California Management Review* 39, no. 3 (1997): 86-100.

Kim, Linsu. "Crisis construction and organizational learning: Capability building in catching-up at Hyundai Motor." *Organization science* 9, no. 4 (1998): 506-521.

Kim, Linsu. "Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience." *Industrial and corporate change* 8, no. 1 (1999): 111-136.

Kim, Linsu. "Absorptive capacity, co-opetition, and knowledge creation." *Knowledge emergence: Social, technical, evolutionary dimensions of knowledge creation* (2001): 13-29.

Kim, Linsu, and Carl J. Dahlman. "Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience." *Research Policy* 21, no. 5 (1992): 437-452.

Koch, Tina. "Establishing rigour in qualitative research: the decision trail." *Journal of advanced nursing* 53, no. 1 (2006): 91-100.

Koza, Mitchell P., and Arie Y. Lewin. "The co-evolution of strategic alliances." *Organization science* 9, no. 3 (1998): 255-264.

Lall, Sanjaya. "Exports of technology by newly-industrializing countries: An overview." *World Development* 12, no. 5-6 (1984): 471-480.

Lall, Sanjaya. "Technological change and industrialization in the Asian newly industrializing economies: achievements and challenges." *Technology, learning, & innovation: Experiences of newly industrializing economies* (2000): 13-68.

Urata, Shūjiro, and Sanjaya Lall, eds. *Competitiveness, FDI and technological activity in East Asia*. E. Elgar Pub, 2003.

Lee, Jaymin. "Technology imports and R&D efforts of Korean manufacturing firms." *Journal of Development Economics* 50, no. 1 (1996): 197-210.

Lee, Keun, and Chaisung Lim. "Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries." *Research policy* 30, no. 3 (2001): 459-483.

Lee, Keun, and Franco Malerba. "Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems." *Research Policy* 46, no. 2 (2017): 338-351.

Amann, Edmund, and John Cantwell, eds. *Innovative firms in emerging market countries*. Oxford University Press, 2012.

Lee, Keun, Tae Young Park, and Rishikesh T. Krishnan. "Catching-up or leapfrogging in the Indian IT service sector: Windows of opportunity, Path-creating, and moving up the value chain." *Development Policy Review* 32, no. 4 (2014): 495-518.

Majidpour, M. "Promoting Industrial Competitiveness in Complex Product Systems: Iran Industrial Policy Case Study." *Economic Development: Industrial and Financial Policy* (2013).

Majidpour, Mehdi. "International technology transfer and the dynamics of complementarity: A new approach." *Technological Forecasting and Social Change* 122 (2017): 196-206.

Majidpour, Mehdi. "Technological catch-up in complex product systems." *Journal of Engineering and Technology Management* 41 (2016): 92-105.

March, James G., and Herbert A. Simon. "Organizations John Wiley & Sons." *New York* (1958).

Mathews, John A. "Strategy and the crystal cycle." *California Management Review* 47, no. 2 (2005): 6-32.

Mathews, John A. "Catch-up strategies and the latecomer effect in industrial development." *New political economy* 11, no. 3 (2006): 313-335.

Mazzoleni, Roberto, and Richard R. Nelson. "Public research institutions and economic catch-up." *Research policy* 36, no. 10 (2007): 1512-1528.

Miller, Roger, Mike Hobday, Thierry Leroux-Demers, and Xavier Olleros. "Innovation in complex systems industries: the case of flight simulation." *Industrial and corporate change* 4, no. 2 (1995): 363-400.

Mytelka, Lynn Krieger. "Licensing and technology dependence in the Andean group." *World Development* 6, no. 4 (1978): 447-459.

Nelson, Richard R. "Recent evolutionary theorizing about economic change." *Journal of economic literature* (1995).

Nelson, Richard R. "Economic development from the perspective of evolutionary economic theory." *Oxford development studies* 36, no. 1 (2008): 9-21.

Pack, Howard, and Kamal Saggi. "Inflows of foreign technology and indigenous technological development." *Review of development economics* 1, no. 1 (1997): 81-98.

Park, Tae-Young. "How a latecomer succeeded in a complex product system industry: three case studies in the Korean telecommunication systems." *Industrial and corporate change* 22, no. 2 (2012): 363-396.

Park, Tae-Young, and Illyong Ji. "From mass production to complex production: case of the Korean telecom equipment sector." *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics* 22, no. 1 (2015): 78-102.

Patel, Pari, and Keith Pavitt. "The technological competencies of the world's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety." *Research policy* 26, no. 2 (1997): 141-156.

Soete, Luc. "2 1 Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity." (1988).

Radosevic, Slavo. *International technology transfer and catch-up in economic development*. Edward Elgar Publishing, 1999.

Ren, Ying-Tao, and Khim-Teck Yeo. "Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation." *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers* 23, no. 6 (2006): 519-529.

Riege, Andreas M. "Validity and reliability tests in case study research: a literature review with "hands-on" applications for each research phase." *Qualitative market research: An international journal* 6, no. 2 (2003): 75-86.

Rosenberg, Nathan, and Rosenberg Nathan. *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press, 1982.

Safdari Ranjbar, Mostafa, Tae-Young Park, and Mehdi Kiamehr. "What happened to complex product systems literature over the last two decades: progresses so far and path ahead." *Technology Analysis & Strategic Management* 30, no. 8 (2018): 948-966.

Soete, Luc. "2 1 Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity." (1988).

Stewart, Frances. *Technology and underdevelopment*. Springer, 2016.

Utterback, James M., and William J. Abernathy. "A dynamic model of process and product innovation." *Omega* 3, no. 6 (1975): 639-656.

Archive of SID

Westphal, Larry E., Linsu Kim, and Carl Johan Dahlman. *Reflections on Korea's acquisition of technological capability*. No. 77. Development Research Dept., Economics and Research Staff, World Bank, 1984.

Midrex Technologies Inc. World Direct-reduced Iron Statics. Accessed 2018.25.07. <https://www.midrex.com/news-literature/news-releases/world-dri-statistics>

World Steel Association. Monthly Production. 2017-2018. Accessed 2018.15.07. And 2018.10.8. And 2019,04,14. <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics.html>

World Steel Association. Steel Statistical Yearbooks 1978-1999., 2000-2009., and 2010-2018. Retrieved November 2018. Accessed 2018.15.07. And 2019,04,16. <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook.html>

World Steel Association. Top Steel Producer. Accessed on 2018.15.10. And 2019,04,17. <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/top-producers.html>

Yu, Wai Ming. *An experiential study on the application of narrative inquiry in teacher development in Hong Kong*. University of Toronto, 2005.



Historical Review of the Iran's steel industry; Application of the technological Catch-Up in Complex Product Systems

Iman Khalili¹, Babak Shirazi^{2*}, Soltanzadeh, Javad³

- 1- Master Degree of Project Management, Faculty of Industrial Engineering and management, Mazandaran University of Science and Technology
- 2- Associate Professor, Faculty of Industrial Engineering and Management, Mazandaran University of Science and Technology
- 3- PhD in Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University

Abstract: The aircraft system and its sub-systems, including the engine, are components of complex product systems that highly costly and technology-intensive. The purpose of this research is to provide a general model for explaining the factors affecting the Technological catch up of turbofan engines in Iran - as a complex product system- based on benchmarking the global experiences in this field. The research method in this study is qualitative Meta Synthesis. It was used the library method to collect the data, the Seventh-Step Process of Sandloui and Barus Meta Synthesis approach to analyze the data and the Panel of Experts to validate and finalize the findings. The research population of the study includes all articles related to the topic of research. To do this, after designing research questions, a systematic search based on the related keywords - technology catch up, complex product systems, commercial turbofan engines – has been done Among the articles published between 1980 and 2018 on scientific databases such as Scopus, SIDs, ISCs, IIEEs, Science Direct, and also with the help of the Elmnet and Google scholar search engines. By reviewing 31 articles from 172 primary articles, researchers identified 11 dimensions and 92 components as key factors affecting the technological catch up of commercial turbofan engines. Based on these factors, a comprehensive framework for the technological catch up of turbofan engines in Iran has been presented and validated. The proposed framework can be considered for strategic and policy purposes as well as a pattern for learning in the relevant industry.

Key words: Technological Catch-Up, Technology Transfer, Steel Industry, Iran

* Corresponding Author: shirazi_b@yahoo.com