Journal of
Improvement Management
Vol. 11 No. 4, Winter 2018 (Serial 38)

Path of the Formation and Evolution of Technological Capabilities for Manufacturing Complex Product Systems in Latecomer Firmis: The Case Study of TUGA Company

***Mostafa Safdari*[1☎], *Hosein Rahmansereshtٔ*[2], *Manochehr Manteghi*[3], *Seyed Soroush Ghazinoori*[4]**

1- PhD in Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
2- Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
3- Professor, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Abstract:

During last decades a large amount of efforts have been made by developing countries to acquire essential knowledge and technological capabilities for manufacturing and developing complex products systems (CoPS). As an example, TUGA as an Iranian company have succeeded in acquiring essential technological capabilities for manufacturing and upgrading gas turbines as a complex product system. This paper aims at investigating the path of formation and evolution of technological capabilities of manufacturing gas turbines by this Iranian latecomer firm through applying qualitative approach and case study strategy during last 22 years. The findings illustrate that, the path of formation and evolution of technological capabilities in this company includes four stages: 1) purchasing and exploiting foreign purchased gas turbines; 2) localizing and transferring technologics of manufacturing gas turbines; 3) manufacturing gas turbines domestically with low variety; and 4) diversitying products portfolio and carrying out incremental improvement based on research and development. In addition, technology acquisition strategies, technology learning mechanisms, government policies and actions and volume of sale of company in each stage have been mentioned. Our findings can enhance understanding of managers and policy makers in this industry and other CoPS areas about dillerent stage of formation and evolution of technological capabilities and their considerations and requirements.

***Keywords**: Technological Capabilities, Complex Products and Systems, Technology Acquisition, Learning Mechanisms, TUGA.*

1. ☎*Corresponding author: safdariranjbar921@atu.ac.ir*
2. *rahmansereshٔt@atu.ac.ir*
3. *manteghi@ut.ac.ir*
4. *ghazinoori@atu.ac.ir*

نشریه علمی – پژوهشی بهبود مدیریت
سال یازدهم، شماره ۴، پیاپی ۳۸، زمستان ۱۳۹۶
صفحات ۹۱ - ۵۷

مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه ساخت محصولات و سامانه‌های پیچیده در بنگاه‌های متأخر: مطالعه موردی شرکت توگا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۷)

مصطفی صفدری رنجبر[۱*]، حسین رحمان سرشت[۲]، منوچهر منطقی[۳]، سید سروش قاضی نوری[۴]

چکیده

طی دهه‌های اخیر کشورهای در حال توسعه تلاش‌های زیادی در زمینه کسب دانش و قابلیت‌های فن‌آورانه موردنیاز برای ساخت و توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده به نمایش گذاشته‌اند. یکی از این موارد شرکت ایرانی مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا) است که طی دو دهه قبل موفق به کسب قابلیت‌های ساخت و ارتقای توربین‌های گازی به‌عنوان محصولات و سامانه‌های پیچیده شده است. این پژوهش با استفاده از رویکرد کیفی و استراتژی پژوهش مطالعه موردی اکتشافی، مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در این بنگاه متأخر ایرانی را در طول ۲۲ سال قبل به تصویر کشیده است. نتایج و یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورنه ساخت توربین‌های گازی در این شرکت شامل چهار مرحله است: ۱) مرحله خرید و بهره‌برداری از توربین‌های گازی خارجی؛ ۲) مرحله درونی سازی و انتقال فناوری ساخت توربین‌های گازی؛ ۳) مرحله ساخت توربین‌های گازی در داخل با تنوع محدود؛ و ۴) مرحله تنوع‌بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهبودهای تدریجی در توربین‌ها بر پایه تحقیق و توسعه. بعلاوه به راهبردهای کسب فن‌آوری، سازوکارهای یادگیری فن‌آوری، سیاست‌ها و اقدامات دولت و میزان فروش محصولات شرکت در هر یک از مراحل اشاره شده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند درک و شناخت مدیران و سیاست‌گذاران این حوزه صنعتی و سایر صنایع تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده را نسبت مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه و ملاحظات و الزامات آن را ارتقا دهد.

واژگان کلیدی:
قابلیت‌های فن‌آورانه، محصولات و سامانه‌های پیچیده، کسب فن‌آوری، سازوکارهای یادگیری، توگا.

۱*- دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی دانشگاه علامه طباطبائی (ره) (نویسنده مسئول): safdariranjbar921@atu.ac.ir
۲- استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی rahmanseresht@atu.ac.ir
۳- دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر manteghi@ut.ac.ir
۴- استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی (ره) ghazinoori@atu.ac.ir

۱- مقدمه

محصولات و سامانه‌های پیچیده[۱] به‌عنوان محصولات، زیرسیستم‌ها، سیستم‌ها یا زیرساخت‌های پرهزینه، کلان مقیاس، دارای فن‌آوری پیشرفته و مهندسی هستند که توسط معدودی واحد تولیدی تامین به‌صورت پروژه‌ای تولید می‌شوند و توسط معدودی مشتری و در قالب قراردادهای رسمی خریداری می‌شوند[۲۰] . محصولات و سامانه‌های پیچیده نقشی کلیدی در گسترش فناوری‌های جدید و توسعه فناورانه، صنعتی و اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه بازی می‌کنند [۷ و ۱۴]. طی دهه‌های اخیر و در سطح بین‌المللی، می‌توان تلاش‌های زیادی از سوی اقتصادهای نوظهور و کشورهای در حال توسعه نظیر چین[۵۷] ، کره جنوبی [۴۴]، برزیل [۵۲] و ایران [۲۶ و ۳۷] برای دست‌یابی به دانش و قابلیت‌های فن‌آورانه[۲] در زمینه محصولات و سامانه‌های پیچیده مشاهده کرد. اما چالش کشورهای درحال‌توسعه این است که، تقریباً همه آنها قبلاً در تولید انبوه محصولات مصرفی تخصص یافته‌اند و این در حالی است که تفاوت‌ها و تمایزهایی زیاد میان نوآوری و توسعه در این محصولات با محصولات و سامانه‌های پیچیده وجود دارد [۲۱ و ۴۶].

علی‌رغم وجود چالش‌ها و موانع متعدد پیش روی کشورهای تازه صنعتی شده و بنگاه‌های متأخر[۳] در زمینه ساخت و توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده، ایران توانسته است در سال‌های اخیر به دانش و فن‌آوری‌های ساخت و ارتقای توربین‌های گازی با استانداردهای جهانی دست پیدا کند [۲،۲۷،۳۷،۳۸،۴۷ و ۴۸]، توربین گاز از تجهیزات بسیار پیچیده مصنوع بشر است که برای تولید توان و نیروی رانش در صنایع متعددی مانند صنعت برق، صنایع هوایی و صنایع نفت و گاز، کاربردهایی متنوعی دارد [۳۶]. معدودی شرکت در کشورهای صنعتی و توسعه یافته وجود دارند که در طول ۵۰ سال اخیر به توسعه دانش و فناوری‌های صنعت توربین گاز اقدام کرده‌اند[۵۴]. در حال حاضر، دانش و فناوری‌های طراحی و ساخت این محصول پیچیده به‌صورت خاص در اختیار چند شرکت معروف و پیشتاز آمریکایی، اروپایی و آسیایی نظیر جنرال الکتریک، زیمنس، آلستوم، آنسالدو، صنایع سنگین میتسوبیشی، زوریا، رولز رویس، پرات اند ویتنی و هیتاچی[۴] است.

از طرفی، وجود منابع عظیم گاز، خطوط گسترده انتقال گاز در سرتاسر کشور و تعداد زیاد نیروگاه‌های حرارتی در ایران، بازار و تقاضای چشمگیری برای توربین‌های گازی صنعتی و نیروگاهی به وجود آورده است. آژانس جهانی انرژی[۵] (IEA) در سال ۲۰۰۵ پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۳۰ گاز طبیعی به‌طور مستمر حدود ۶۰ درصد از سوخت‌های مصرفی در نیروگاه‌های ایران را تشکیل دهد. علاوه بر این،

---

۱ Complex Product Systems (CoPS)
۲ Technological Capabilities
۳ Latecomer
٤ General Electric, Siemens, Alstom, Ansaldo, Mitsubishi Heavy Industry, Zorya, Rolls Royce, Pratt & Whitney and Hitachi
٥ International Energy Agancy

روندهای جهانی در صنعت تولید انرژی، نیروگاه‌های گازی و بخصوص نیروگاه‌های گاز سیکل ترکیبی[۱] (CCGT) را به‌عنوان انتخابی دوستدار محیط زیست، با دوره زمانی ساخت کوتاه و دارای کارایی و راندمان بالاتر در مقایسه یا سایر سوخت‌ها معرفی می‌کنند [۳۶]. به موارد فوق می‌توان تحریم‌های آمریکا از سال‌های دور و همچنین تحریم‌های گسترده جهانی در سال‌های اخیر را اضافه نمود که تامین توربین‌های گازی برای رفع نیازهای نیروگاه‌های تولید برق و خطوط انتقال گاز را با مشکل مواجه کرده است [۳۷]. بنابراین، در کشور ایران نیز چند بنگاه در زمینه ساخت توربین‌های گازی موردنیاز برای به‌کارگیری در توربوژنراتورهای موجود در نیروگاه‌های تولید برق (شرکت توگا)، توربوکمپرسورهای موجود در خطوط انتقال گاز و ایستگاه‌های تقویت فشار (شرکت توگا و شرکت توربوکمپرسور نفت) و توربوپمپ‌های موجود در خطوط انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی (شرکت توربین ماشین خاورمیانه) فعال هستند و توانسته‌اند طی دهه‌های گذشته به دانش و قابلیت‌های ساخت توربین‌های گازی مختلف از نظر نوع کاربری، توان خروجی و سایر پارامترها دست پیدا کنند.

شرکت توگا به‌عنوان یکی از شرکت‌های فعال در این حوزه صنعتی، در پاسخ به نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی در ایران و عدم تولید توربین و تجهیزات جانبی آن در کشور، در تابستان سال ۱۳۷۸ تاسیس و تولید توربین‌های گاز و بخار را از اواخر سال ۱۳۸۰ آغاز نمود. این شرکت توانسته است علی‌رغم همه چالش‌های پیش روی، مأموریت خود در زمینه تولید توربین‌های گازی را از طریق کسب قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت و ارتقای توربین‌های متعدد با توان خروجی و کاربری‌های مختلف را با موفقیت با انجام برساند. این شرکت در طول ۱۸ سال حدود ۱۷۰ دستگاه توربین گاز نیروگاهی و در طول ۱۰ سال حدود ۶۰ دستگاه توربین گاز صنعتی به مشتریان خود که عمدتاً شامل وزارت نیرو و نفت می‌شوند، تحویل داده است[۲]. از طرفی، شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه به‌ویژه در صنایع تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده، یک فرآیند تدریجی است که مشتمل بر مراحل مختلف است و در هر مرحله راهبردهای کسب فن‌آوری و سازوکارهای یادگیری فناوری متفاوت است. موضوع مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در پژوهش‌های صورت گرفته توسط کیم[۳] [۲۸، ۲۹ و ۳۰]، لی و لیم[۴] [۳۲]، هابدی[۵] [۱۹]، دیوترنیت[۶] [۱۶] و لی و یون[۷] [۳۴] مورد بررسی قرار گرفته است. به‌علاوه، موضوع راهبردهای کسب فن‌آوری و سازوکارهای یادگیری فن‌آوری نیز توسط لی [۳۳] و کیامهر [۲۶] مورد کنکاش قرار گرفته است.

---

۱ Combined Cycle Gas Turbibne
۲ http://www.mapnagroup.com/fa/
۳ Kim
٤ Lee and Lim
٥ Hobday
٦ Dutrenit
۷ Yoon

حال پرسش اصلی که ذهن را به خود مشغول می‌سازد این است که: مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه ساخت توربین‌های گازی به‌عنوان یک محصول و سامانه پیچیده در شرکت توگا چگونه است؟ برای پاسخ دادن به این پرسش باید به این پرسش‌های فرعی پاسخ دهیم: ۱) این بنگاه چه مراحلی را در مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی طی کرده است و ترتیب و توالی زمانی این مراحل به چه شکل است؟ ۲) راهبردهای کسب فن‌آوری[۱] در هر یک از مراحل چه بوده است؟ ۳) سازوکارهای یادگیری فن‌آورانه[۲] در هر یک از مراحل مذکور کدام است؟ لذا، هدف پژوهش حاضر این است که: با استفاده از رویکرد کیفی و با بهره‌برداری از استراتژی پژوهش مطالعه موردی به شناسایی مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه ساخت توربین‌های گازی به‌عنوان محصولات و سامانه‌های پیچیده در یک بنگاه متأخر ایرانی یعنی شرکت توگا بپردازد.

ساختار این مقاله بدین شرح است: بخش دوم به مبانی نظری و پیشینه پژوهش مشتمل بر مفهوم محصولات و سامانه‌های پیچیده و الگوهای شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در کالاهای مصرفی دارای سیستم تولید انبوه و محصولات و سامانه‌های پیچیده می‌پردازد. بخش سوم به تشریح روش‌شناسی پژوهش مشتمل بر استراتژی پژوهش، روش گردآوری داده‌ها و روش تحلیل داده‌ها اختصاص یافته است. بخش چهارم به یافته‌های پژوهش یعنی مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در شرکت توگا اختصاص یافته است. بخش پنجم نیز دربرگیرنده بحث و بررسی پیرامون یافته‌ها و ارایه برخی توصیه‌های سیاستی و مدیریتی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- محصولات و سامانه‌های پیچیده

محصولات و سامانه‌های پیچیده به‌عنوان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده[۳]، گران‌قیمت و دارای فناوری پیشرفته هستند که در قالب پروژه‌ها و دسته‌های کوچک تولید می‌شوند، دارای مولفه های سفارشی شده زیاد و مرتبط می‌باشند و برای پاسخگویی به نیاز مشتریان خاص تولید می‌شوند [۴۰]. برخی از ویژگی‌های محصولات و سامانه‌های پیچیده عبارت است از [۴۶]: این محصولات عمدتاً به‌صورت بنگاه به بنگاه[۴] (B2B) هستند؛ دارای ارزش بالای اقتصادی برای تولیدکننده و مشتری هستند؛ دارای ساختار پیچیده‌ای هستند و از زیرسیستم‌ها و مولفه های متعدد و متنوع و مرتبط تشکیل شده‌اند؛ دارای کارکردهای مهم و حیاتی و چندگانه‌ای هستند؛ عمدتاً در قالب پروژه و یا به‌صورت دسته‌های کوچک

---

۱ Technology Acquisition
۲ Technological Learning
۳ Complex Capital Goods
٤ Business to Business

تولید می‌شوند؛ درجه بالایی از نوآوری و ابداعات فناورانه را شامل می‌شوند؛ معمولاً برای مشتریان خاصی، ویژه سازی می‌شوند؛ نیازمند سطح بالایی از هماهنگی و همکاری در طول مراحل طراحی، تولید و بهره‌برداری هستند؛ به دانش و مهارت‌های وسیع و عمیقی نیاز دارند؛ معمولاً دربرگیرنده نرم‌افزارهای پیچیده هستند؛ دارای دوره عمر طولانی هستند و نیازمند سطح بالایی از یکپارچه‌سازی سیستم هستند. به‌عنوان مثال‌هایی از محصولات و سامانه‌های پیچیده می‌توان به شبیه‌ساز پرواز [۴۰]، سیستم ارتباطات از راه دور [۱۲]، نرم‌افزارهای پیچیده [۲۲]، سیستم کنترل موتور هواپیما [۴۵]، توربین‌های گازی [۲، ۱۱، ۲۴، ۳۳، ۳۵، ۴۱،۴۲،۴۸ و۵۵]، سیستم‌های تولید انرژی حرارتی و برقابی [۴، ۲۴،۲۵ و ۲۶] و هواپیماهای نظامی [۳۳] و تجاری [۵ و ۴۱]، اشاره کرد.

۲-۲- مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در محصولات مصرفی دارای سیستم تولید انبوه

توسعه صنعتی عبارت است از فرآیند کسب قابلیت‌های فن‌آورانه و تبدیل آن‌ها به نوآوری‌هایی در محصول و فرآیند در یک فرآیند مستمر تغییرات فن‌آورانه [۴۳]. قابلیت فناورانه اشاره دارد به توانایی بهره‌برداری موثر از دانش فناورانه که تعیین‌کننده رقابت‌پذیری صنعتی کشورها است [۳۰ و ۳۱]. بل و پویت[۱] قابلیت‌های فن‌آورانه را به‌عنوان کلیه منابع، مهارت‌ها، دانش، تجربه و ساختارهایی تعریف می‌کنند که برای خلق و مدیریت تغییرات فنی لازم هستند[۸ و۹] . کیم معتقد است که قابلیت فناورانه به سطح قابلیت‌های سازمانی در نقطه‌ای از زمان اشاره می‌کند، درحالی‌که یادگیری فناورانه نشان‌دهنده پویایی‌های فرآیند کسب قابلیت‌های فن‌آورانه است [۲۹]. تاکنون برای شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، الگوهای متعددی ارایه شده است. به‌عنوان مثال، کیم مطرح می‌کند که الگوی شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در شرکت‌های کره‌ای فعال در صنعت الکترونیک شامل دو مرحله است[۲۸]: اول، واردات فن‌آوری‌های بالغ و تمرکز بر ایجاد یک فرآیند تولیدی برای محصولات موجود و استاندارد؛ دوم، افزایش کارایی فرآیندها از طریق مهندسی و بهبود فرآیندها. هابدی از طریق مطالعه صنایع الکترونیک در چهار کشور آسیای شرقی (کره جنوبی، هنگ کنگ، تایوان و سنگاپور) مطرح می‌کند که مسیر ساخت و ایجاد قابلیت‌های فن‌آورانه در بنگاه‌های موردمطالعه عبارت است از[۱۹] : شروع با کارهای ساده‌ای نظیر مونتاژ؛ بهبود فرآیندها؛ یادگیری فن‌آورانه در زمینه محصول از طریق مهندسی معکوس[۲]؛ اقدام به تحقیق و توسعه در زمینه محصول و فرآیندها.

به‌علاوه، کیم با مطالعه تجارب صنایع کره‌ای فرآیند سه مرحله‌ای را برای توسعه قابلیت‌های فن‌آورانه معرفی کرده است[۲۹، ۳۰]: کسب فن‌آوری از طریق واردات فن‌آوری از کشورهای صاحب فن‌آوری

---

۱ Bell and Pavitt

۲ Revese Engineering

(تقلید از نوع کپی کاری)؛ درونی سازی و جذب فن‌آوری[۱] (تقلید از نوع خلاقانه)؛ بهبود فن‌آوری[۲] نه تنها از طریق ترازیابی با کشورها و شرکت‌های پیشرو، بلکه از طریق سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (نوآوری‌های تدریجی). لی و لیم[۳] با مطرح کردن مفهوم رژیم‌های فناورانه و بازار[۴]، بر شناسایی مسیرهای مختلف همپایی فناورانه در صنایع کره‌ای تمرکز کردند. آن‌ها شش صنعت تلفن‌های همراه CDMA، D-RAM، خودرو، وسایل الکترونیک مصرفی، کامپیوترهای شخصی و ماشین‌آلات را مورد مطالعه قرار دادند و سه روش همپایی فناورانه یعنی دنباله‌روی[۵]، پرش از مراحل[۶] و خلق مسیر جدید[۷] را شناسایی کردند[۳۲] . لی با مطالعه همپایی فناورانه در برخی صنایع کره‌ای (خودرو و تراشه‌های حافظه[۸]) و تایوانی (الکترونیک و کامپیوتر) به ارایه الگوهای همپایی فناورانه در این کشورها پرداختند [۳۳]: تقلید کپی کارانه (تولید قطعات اصلی[۹])؛ تقلید خلاقانه (تایوان: تولید با طراحی داخلی[۱۰]/ کره جنوبی: تولید با برند اختصاصی[۱۱]) و نوآوری (تولید با برند اختصاصی).

دیوترنیت[۱۲] قابلیت‌های فن‌آورانه را به پنج سطح تقسیم می‌کند و معتقد است که مسیر همپایی فناورانه از طریق دستیابی به این سطوح از قابلیت‌ها می‌گذرد[۱۶] : سطوح دانش‌پایه[۱۳] (قابلیت‌های عملیاتی، قابلیت‌های نوآوری اولیه، قابلیت‌های نوآوری متوسط) و سطوح دانش پیچیده[۱۴] (قابلیت نوآوری پیشرفته و قابلیت‌های راهبردی). او معتقد است که دانش و قابلیت‌های پایه از طریق همکاری و مشارکت با کشورهای توسعه‌یافته و تقلید از آن‌ها قابل دست‌یابی هستند، درحالی‌که کسب دانش و قابلیت‌های پیچیده نیازمند تحقیق و توسعه داخلی است. بل و فیگوریدو[۱۵] برای قابلیت‌های فن‌آورانه/نوآوری سطوحی را معرفی کرده‌اند و معتقدند که یادگیری و هم‌پایی فن‌آورانه از این مسیر عبور می‌کند: قابلیت‌های پایه[۱۶] (فعالیت‌هایی در سطح تطبیق‌های جزئی در محصولات، فرآیندهای تولید و سیستم‌های مدیریتی توسط مهندسین و تکنسین‌ها)؛ قابلیت‌های تدریجی[۱۷] (فعالیت‌هایی در سطح بهبود در محصولات، بازطراحی محصولات، بازمهندسی فرآیندها و سیستم‌ها)؛ قابلیت‌های پیشرفته[۱۸] (فعالیت‌هایی

---

۱ Technology Assimilation
۲ Technology Improvement
۳ Lee and Lim
٤ Technology and Market Regimes
٥ Path-following
٦ Stage-skipping
۷ Path-creating
۸ Memory Chips
۹ OEM: Original Equipment Manufacturing
۱۰ ODM: Owned Design Manufacturing
۱۱ OBM: Owned Brand Manufacturing
۱۲ Dutrenit
۱۳ Simple Knowledge Base
۱٤ Complex Knowledge Base
۱٥ Bell and Figueiredo
۱٦ Basic
۱۷ Incremental
۱۸ Advanced

در سطح تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه محصولات و سیستم‌های پیچیده در مقیاس جهانی) و قابلیت‌های نوآورانه در سطح جهانی[۱] (فعالیت‌هایی در سطح نوآوری‌های اصیل و بدیع از طریق تحقیقات تحقیقات بنیادین). در جدول ۱ یک جمع‌بندی از مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در صنایع تولیدکننده محصولات مصرفی دارای سیستم تولید انبوه ارایه شده است.

جدول ۱- مسیر شکل گیری و تکامل قابلیت های فن‌آورانه در برخی صنایع تولیدکننده محصولات مصرفی با سیستم تولید انبوه

پژوهش‌گران و صاحب‌نظران	صنعت و کشور مورد مطالعه	مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه
کیم [۲۸]	صنعت الکترونیک در کره جنوبی	واردات فن‌آوری های بالغ و تمرکز بر ایجاد یک فرآیند تولیدی برای محصولات موجود و استاندارد ← افزایش کارایی فرآیندها از طریق مهندسی و بهبود فرآیندها
هابدی [۱۹]	صنایع الکترونیک در چهار کشور آسیای شرقی (کره جنوبی، هنگ کنگ، تایوان و سنگاپور)	شروع با کارهای ساده ای نظیر مونتاژ← بهبود فرآیندها← یادگیری فن-آورانه در زمینه محصول از طریق مهندسی معکوس ← اقدام به تحقیق و توسعه در زمینه محصول و فرآیندها
کیم [۲۹و ۳۰]	برخی صنایع در کره جنوبی	کسب فن‌آوری از طریق واردات فن‌آوری از کشورهای صاحب فن‌آوری (تقلید از نوع کپی کاری) ← درونی سازی و جذب فن‌آوری (تقلید از نوع خلاقانه) ← بهبود فن‌آوری نه تنها از طریق ترازیابی با کشورها و شرکت های پیشرو، بلکه از طریق سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه (نوآوری های تدریجی)
لی [۳۳]	صنایع خودرو و تراشه های حافظه در کره جنوبی و صنایع الکترونیک و کامپیوتر در تایوان	تقلید کپی کارانه (تولید قطعات اصلی) ← تقلید خلاقانه (تایوان: تولید با طراحی داخلی/ کره جنوبی: تولید با برند اختصاصی) ← نوآوری (تولید با برند اختصاصی)
دیویرنیت [۱۶]	شرکت های مکزیکی	کسب دانش پایه (قابلیت های عملیاتی، قابلیت های نوآوری اولیه، قابلیت های نوآوری متوسط) ← کسب دانش پیچیده (قابلیت نوآوری پیشرفته و

[۱] World Leading

پژوهش‌گران و صاحب‌نظران	صنعت و کشور مورد مطالعه	مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه
		قابلیت های راهبردی)
بل و فیگوریدو [۱۰]	بنگاه هایی از کشورهای در حال توسعه و متاخر	قابلیت های پایه (فعالیت هایی در سطح تطبیق های جزئی در محصولات، فرآیندهای تولید و سیستم های مدیریتی توسط مهندسین و تکنسین ها) ⟵ قابلیت های تدریجی (فعالیت هایی در سطح بهبود در محصولات، بازطراحی محصولات، بازمهندسی فرآیندها و سیستم ها) ⟵ قابلیت های پیشرفته (فعالیت هایی در سطح تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه محصولات و سیستم های پیچیده در مقیاس جهانی) ⟵ قابلیت های نوآورانه در سطح جهانی (فعالیت هایی در سطح نوآوری های اصیل و بدیع از طریق تحقیق و توسعه بنیادین)

۲-۳- الگوهای شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده

پژوهشگران و صاحب‌نظران متعدد معتقدند که الگوی شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده با محصولات مصرفی دارای سیستم تولید انبوه متفاوت است. برای مثال کیامهر مطرح می‌کند که در تجربیات شرکت‌های کره‌ای، مهندسی و بهبود فرآیند تولید انبوه یکی از گام‌های مهم شرکت‌های تولیدکننده کالاهای مصرفی الکترونیکی برای آموختن نوآوری، کسب قابلیت برای ایجاد تغییر در محصول و دستیابی به مزیت بازار صادارتی بوده است. اما چنین فرصت‌های بهبود فرآیندی به‌واسطه حجم تولید اندک در صنایع دارای کالاهای سرمایه‌ای پیچیده وجود ندارد[۵] . همچنین، مجیدپور به مطالعه همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده در شرکت مپنا پرداخته است و به این نتیجه دست‌یافته است که به دلیل رژیم‌های فناورانه و بازار خاص، مدل غالب برای همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده، دنباله‌روی[۱] است. همچنین، همپایی فناورانه از طریق پرش از مراحل[۲] فقط در حوزه‌های خاص فناوری ممکن است و همپایی فناورانه از طریق خلق مسیر جدید[۳] در محصولات و سامانه‌های پیچیده تقریباً غیرممکن است [۳۷].

۱ Path Following
۲ Stage Skipping
۳ Path Creating

چادنوسکی و ناگاو[۱] به مطالعه الگوی انباشت قابلیت‌های فن‌آورانه در بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای پیچیده پرداختند. آن‌ها مطرح می‌کنند که این قابلیت‌ها از بهره‌برداری و نگه‌داری از سیستم‌های وارداتی شروع می‌شوند، که به شرکت‌ها دانش و قابلیت موردنیاز برای تولید کالاهای سرمایه‌ای را می‌دهد. سپس، شرکت‌ها قادر خواهند بود کارهای بهبود در تجهیزات و تا حدی کار طراحی محصول را انجام دهند[۱۳] . تیوبال[۲] از طریق مطالعه شرکت‌های برزیلی تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته، به بررسی قابلیت‌های بهره‌برداری و تولید، سرمایه‌گذاری و مدیریت پروژه و تحقیق و توسعه پرداخته است. او تمایز چشمگیری میان یادگیری قابلیت‌های تولید و قابلیت‌های طراحی در این دسته از محصولات قائل است و معتقد است که شرکت‌های موفق در این زمینه، ابتدا از قابلیت‌های تولید شروع کرده‌اند و به‌تدریج به سمت قابلیت‌های طراحی در حوزه‌های محدود حرکت کرده‌اند[۵۳] . هوانگ[۳] به مطالعه تجربه کره جنوبی در ساخت هواپیما پرداخته است. او معتقد است که شرکت‌های کره‌ای کار خود را از مونتاژ هواپیما و ساخت برخی قطعات ساده شروع کرده‌اند و به‌تدریج وارد طراحی و ساخت برخی زیرسیستم‌ها و تجهیزات موردنیاز برای تولیدشده‌اند و در نهایت سعی کردند وارد طراحی هواپیما، تست و توسعه فرآیند تولید شوند. او مطرح می‌کند که شرکت‌های کره‌ای در طراحی هواپیما موفق ظاهر نشدند و مدل‌های طراحی شده محدود به هواپیماهای کوچک بوده و نتوانسته‌اند به حجم فروش مناسبی دست یابند [۲۳].

لی و یون[۴] به مطالعه تطبیقی در زمینه یادگیری فناورانه و ساخت قابلیت‌های سازمانی در زمینه توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده در صنعت هواپیماهای نظامی در سه کشور درحال‌توسعه یعنی چین، برزیل و کره جنوبی پرداختند[۳۴] . آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این سه کشور از روش‌های مختلفی برای کسب قابلیت‌های فناورانه استفاده کرده‌اند و همچنین بیان می‌کنند که نقش بنگاه‌ها و شرکای خارجی و سیاست‌های دولت در اتخاذ روش‌های کسب قابلیت‌های فن‌آورانه تأثیرگذار است. از دیدگاه‌ها آن‌ها این کشورها از الگوهایی که در ادامه معرفی می‌شوند برای کسب قابلیت‌های فن‌آوارنه بهره‌برداری کرده‌اند: چین (خرید فن‌آوری ← تولید مشترک[۵] ← مهندسی معکوس)؛ برزیل (ساخت ← تولید مشترک ← توسعه مشترک[۶])؛ کره جنوبی (خرید فن‌آوری ← تولید مشترک ← توسعه مشترک). کیامهر و همکارانش از طریق مطالعه سیستم‌های تولید الکتریسیته حرارتی[۷] در شرکت مپنا به‌عنوان یکی یکی از بنگاه‌های بزرگ و فعال در این حوزه، به مطالعه راهبردهای بنگاه‌های متأخر در زمینه محصولات و سیستم‌های پیچیده پرداخته‌اند. آن‌ها به شناسایی چهار مرحله گذار این شرکت به سمت رهبری بازار

---

۱ Chudnovsky and Nagao
۲ Teubal
۳ Hwang
٤ Lee and Yoon
٥ Co-production
٦ Co-development
۷ Thermal electricity generation systems

پرداختند: مرحله اول: غلبه بر موانع ورود به بازار (۱۹۹۳–۱۹۹۸)؛ مرحله دوم: دستیابی به قابلیت‌های ساخت و تولید (۱۹۹۳–۲۰۰۳)؛ مرحله سوم: خلق قابلیت‌های طراحی و مهندسی برای گسترش بازار و صادرات (۲۰۰۳–۲۰۱۰)؛ مرحله چهار (فرضیه): گذار احتمالی به رهبری بازار [۲۷].

کیامهر به مطالعه انباشت قابلیت‌های فن‌آورانه در تأمین‌کنندگان کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در زمینه سیستم‌های تولید الکتریسیته برقابی[۱] پرداخته است. یافته‌های او نشان‌دهنده آن است که به‌جای شروع از مراحل اولیه چرخه عمر محصول، قابلیت‌های فناورانه در این مورد طی یک حرکت غیرخطی درون مراحل طراحی و نصب کالاهای سرمایه‌ای پیچیده در این پروژه‌ها کسب شده است. به‌عبارتی، این فرآیند از مرحله میانی یعنی مهندسی و شناسایی محصولات پیچیده در قالب پروژه‌ها شروع شد و سپس به مرحله پایان یعنی عملیاتی سازی محصولات پیچیده رفته و در نهایت به مرحله اول یعنی طراحی محصولات پیچیده بازگشته است[۲۶] . به‌علاوه، کیامهر معتقد است که اجزای قابلیت‌های فناورانه لازم برای ساخت و توسعه کالاهای سرمایه‌ای پیچیده عبارت هستند از قابلیت‌های مرتبط با تعاملات و شبکه، قابلیت‌های مبتنی بر تجهیزات، قابلیت‌های مهندسی پروژه، قابلیت‌های اجرای پروژه و قابلیت‌های پیش پروژه‌ای. همچنین این قابلیت‌ها بر اساس سطح پیچیدگی به سطوح سه‌گانه ساده و روتین (مبتنی بر تجربه صرف)، کپی‌برداری و کسب (مبتنی بر جستجو) و نوآورانه و مخاطره‌ای (مبتنی بر پژوهش) تقسیم می‌شوند[۵] .

صفدری رنجبر و همکاران به مطالعه الگوی ساخت و انباشت قابلیت‌های فناورانه ساخت توربین‌های گازی صنعتی به‌عنوان محصولات و سامانه‌های پیچیده در شرکت توربوکمپرسور نفت پرداختند. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که الگوی ساخت و انباشت قابلیت‌های فناورنه ساخت توربین‌های گازی در این شرکت شامل سه مرحله است: ۱) خرید، مونتاژ و بهره‌برداری از توربین‌های وارداتی؛ ۲) ساخت مشترک توربین‌های گازی به‌صورت تحت لیسانس؛ و ۳) ساخت توربین‌های گازی به‌طور مستقل در شرایط تحریم و به‌روزرسانی این توربین‌ها [۳]. طهماسبی و همکاران نیز به بررسی نحوه شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه ساخت شناورهای تندرو به‌عنوان محصولات پیچیده در یکی از سازمان‌های صنعتی حوزه صنایع دریایی ایران پرداخته‌اند. پژوهش آن‌ها دارای دو ویژگی خاص است: اول، برخلاف عمده الگوهای پیشین که بر شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه در محصولات دارای سیستم تولید انبوه تمرکز دارند، پژوهش آن‌ها به‌نوعی از محصولات پیچیده پرداخته است. دوم، برخلاف الگوهای دیگر که در آن‌ها همکاری با کشورهای توسعه یافته مهیا است، در این صنعت به دلیل تحریم‌های مستمر علیه صنایع دارای کاربرد دوگانه، همکاری میسر نیست. مسیر شکل‌گیری قابلیت‌های فناورانه در این حوزه صنعتی بدین‌صورت است: سرمایه‌گذاری و ایجاد زیرساخت‌های پایه؛ ارتقای قابلیت‌ها به‌واسطه مهندسی معکوس به انضمام همکاری محدود؛ ارتقای قابلیت‌ها به‌واسطه مهندسی معکوس محصولات پیچیده‌تر و اهتمام

---

[۱] Hydro electricity generation systems

به طراحی و نوآوری[۴] . در جدول ۲ یک جمع‌بندی از مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در صنایع تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده ارایه شده است.

جدول ۲- مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در برخی صنایع تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده

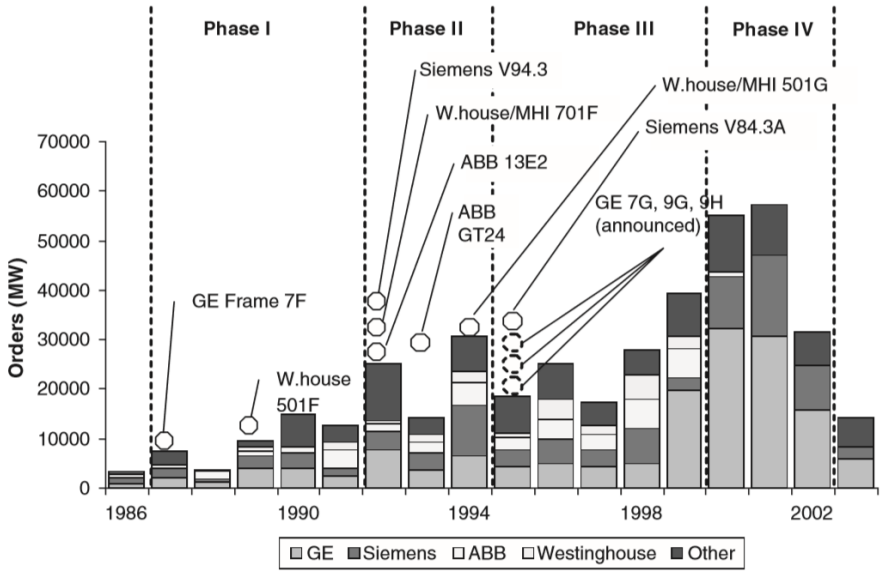
پژوهش‌گران و صاحب‌نظران	صنعت و کشور موردمطالعه	مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه
چادنوسکی و ناگاو [۱۳]	برخی بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای پیچیده	بهره‌برداری و نگه‌داری از سیستم‌های وارداتی ← ساخت و تولید کالاهای سرمایه‌ای پیچیده ← بهبود در تجهیزات و محصولات و طراحی محصول
تیوبال [۵۳]	شرکت‌های برزیلی تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای پیشرفته	قابلیت‌های بهره‌برداری، ساخت و تولید ← قابلیت‌های طراحی و تحقیق و توسعه
هوانگ [۲۳]	صنعت هواپیما در کره جنوبی	مونتاژ هواپیما ← ساخت برخی قطعات ساده ← طراحی و ساخت برخی زیرسیستم‌ها و تجهیزات ← طراحی و تست هواپیما (تجربه ناموفق)
لی و یون [۳۴]	صنعت هواپیماهای نظامی در چین، کره جنوبی و برزیل	چین (خرید فناوری ← تولید مشترک ← مهندسی معکوس) برزیل (ساخت ← تولید مشترک ← توسعه مشترک) کره جنوبی (خرید فناوری ← تولید مشترک ← توسعه مشترک)
کیامهر [۲۶]	سیستم‌های تولید الکتریسیته برقابی در ایران	مهندسی و شناسایی محصولات پیچیده در قالب پروژه‌ها← عملیاتی سازی محصولات پیچیده← طراحی محصولات پیچیده (حرکت غیرخطی)
طهماسبی و همکاران[۴]	شناورهای تندرو در ایران	سرمایه‌گذاری و ایجاد زیرساخت‌های پایه ← ارتقای قابلیت‌ها به‌واسطه مهندسی معکوس به انضمام همکاری محدود ← ارتقای قابلیت‌ها به‌واسطه مهندسی معکوس محصولات پیچیده‌تر و اهتمام به طراحی و نوآوری
صفدری رنجبر و همکاران [۳]	توربین‌های گازی صنعتی در ایران	خرید، مونتاژ و بهره‌برداری از توربین‌های وارداتی ← ساخت مشترک توربین‌های گازی به‌صورت تحت لیسانس ← ساخت توربین‌های گازی به‌طور مستقل در شرایط تحریم و به‌روزرسانی و بهبود توربین‌ها

۲-٤- صنعت توربین‌های گازی در جهان

اسمیل[۱] از موتورهای دیزلی و توربین‌های گازی به‌عنوان دو پیشران اصلی جهانی شدن[۲] یاد کرده است[۵۰ و۵۱] . ایسلاس[۳] از توربین‌های گازی به‌عنوان یک پارادایم فن‌آورانه[۴] در تولید انرژی الکتریکی یاد کرده است[۲۴] . او معتقد است که استفاده از توربین‌های گاز در صنعت تولید برق در بسیاری از کشورها در حال افزایش است و تقاضا برای این نوع توربین در حوالی سال ۲۰۰۰ بیش از ۵۰ درصد بازار جهانی نیروگاه‌های حرارتی را به خود اختصاص داده است. شرکت‌های محدودی در کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته وجود دارند که در طول ۵۰ سال پیش به توسعه دانش و فن‌آوری‌های صنعت توربین‌های گازی اقدام کرده‌اند. در هر مورد، توسعه فن‌آوری‌ها به‌طور چشم‌گیر بر سرمایه‌گذاری‌های سنگین در برنامه‌های نظامی و غیرنظامی و تأمین بودجه تحقیق و توسعه از سوی دولت‌ها وابسته بوده است [۳۵، ۵۴ و۵۵]. برگک و همکاران[۵] به مطالعه پویایی‌های صنعتی و تکامل قابلیت‌های فناورانه در صنعت توربین‌های گازی بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ پرداختند[۱۱] . آن‌ها توسعه و تکامل صنعت توربین‌های گازی بر اساس توسعه بازار، سهم بازار و محصولات معرفی‌شده توسط این چهار شرکت بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۲ را به تصویر کشیده‌اند (شکل ۱).

---

۱ Smil
۲ Globalization
۳ Islas
٤ Technological Paradigm
٥ Bergek et al.



شکل ۱- توسعه و تکامل صنعت توربین‌های گازی بر اساس فعالیت‌ها و توسعه بازار چهار شرکت فعال در این صنعت بین سال‌های ۱۹۸٦تا ۲۰۰۳ [۱۱]

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به لحاظ رویکرد، پژوهشی کیفی[۱] است. این پژوهش کیفی است، به این دلیل که [۴۹]: بر رویکرد استقرایی استوار است و قصد دارد ماهیت حقیقت را از طریق کنکاش در جهان واقعی ظاهر سازد؛ پژوهشگر موقعیتی درونی دارد و از جانب آزمودنی، فردی خارجی محسوب نمی‌شود؛ طرح پژوهش ساختار نیافته است و در حین پژوهش ظهور پیدا می‌کند؛ شیوه نمونه‌گیری و انتخاب آزمودنی‌ها غیر تصادفی و هدفمند است؛ داده‌ها به‌صورت واحدهای متنی نمایش داده می‌شوند و در تحلیل داده‌ها از روش‌های کیفی بهره‌برداری شده است. پژوهش حاضر به لحاظ استراتژی پژوهش، از نوع مطالعه موردی[۲] است. روش مطالعه موردی، با قابلیت عمیق شدن در یک مورد این اجازه را به پژوهشگران می‌دهد که به پویایی‌های موجود در مسئله موردپژوهش پی ببرند [۱]. به‌طور کلی، نظریه‌های برخاسته از روش مطالعه موری دارای نقاط قوتی چون نو بودن، قابل آزمون بودن و اعتبار تجربی است که ناشی از بررسی شواهد واقعی و متعدد در واحد تحلیل پژوهش است [۱۷]. این روش پژوهشگران را قادر

۱ Qualitative
۲ Case Study

می‌سازد که به تحلیل و کاوش در رابطه با موضوعات مهمی بپردازند که روش‌های دیگر پژوهش با سادگی نمی‌توانند از پس آن برآیند [۱۸].

فرآیندی که در این پژوهش مورد الگوبرداری قرارگرفته است، فرآیند اجرای مطالعه موردی ارایه‌شده توسط ین است که مشتمل بر این موارد است [۵۶]: طرح پژوهش مطالعه موردی، جمع‌آوری داده‌ها و شواهد و تحلیل دادها. سؤال اصلی پژوهش عبارت است از: مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه ساخت توربین‌های گازی در شرکت توگا به چه صورت است؟ بعلاوه، واحد تحلیل در این پژوهش یک شرکت متأخر تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده است. از منظر بازه زمانی، این پژوهش تجربه و فعالیت‌های گروه مپنا و شرکت توگا از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۹۵ (۲۲ سال) را مورد تحلیل قرار داده است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، این شرکت تنها شرکت سازنده توربین های گازی مورد نیاز برای به‌کارگیری در نیروگاه‌های تولید برق و یکی از دو شرکت سازنده توربین‌های گازی موردنیاز برای ایستگاه‌های تقویت فشار در خطوط انتقال گاز در کشور ایران است. این شرکت در طول سال‌های گذشته از طریق ترکیب پویایی از تلاش‌های فناورانه داخلی و همکاری‌های فناورانه با شرکت‌های پیشرو خارجی نظیر زیمنس آلمان توانسته است قابلیت‌های فناورانه موردنیاز برای ساخت انواع توربین‌های گازی را کسب نماید. این شرکت در طول ۱۸ سال حدود ۱۷۰ دستگاه توربین گاز نیروگاهی و در طول ۱۰ سال حدود ۶۰ دستگاه توربین گاز صنعتی به مشتریان خود که عمدتاً شامل وزارت نیرو و نفت می‌شوند، تحویل داده است. شرکت توگا علاوه بر تامین نیاز و تقاضای داخلی اقدام به صادرات خدمات فنی و مهندسی، قطعات و تجهیزات نیروگاهی به بازارهای منطقه (عراق و سوریه) و بین‌المللی (اندونزی و هند) کرده است.

۳-۱- گردآوری داده‌ها

داده‌ها و شواهد در پژوهش‌های مطالعه موردی از منابع متعددی قابل‌دستیابی است که شش مورد از آن‌ها عبارت‌اند از [۵۶]: اسناد، آرشیوها، مصاحبه‌ها، مشاهده مستقیم، مشاهده مشارکتی و مصنوعات فیزیکی. در این پژوهش به‌طورکلی ۷ مصاحبه نیمه ساختارمند در شرکت توگا انجام شده است. جایگاه سازمانی، تاریخ و زمان مصاحبه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. در این پژوهش مطالعه موردی از پروتکل مطالعه موردی بهره‌برداری شده است؛ بدین معنا که، سوال‌های مناسبی جهت پرسش از مصاحبه‌شوندگان تهیه شد و مبنای کار جلسات مصاحبه قرار گرفت. به عبارتی در جلسات مصاحبه پس از مطرح کردن برخی پرسش‌های عمومی و کلان درزمینه سابقه و فعالیت‌های شرکت، پرسش‌های مناسبی در زمینه‌های مراحل شکل‌گیری دانش و قابلیت‌های فناورانه، راهبردهای کسب فناوری، سیاست‌های دولت و محصولات و دستاوردهای شرکت در هر مرحله از هر یک از مصاحبه‌شوندگان پرسیده می‌شد. لازم به ذکر است که کلیه مصاحبه‌ها توسط پژوهشگر ضبط می‌گردید و پس از جلسه پیاده‌سازی می‌شد و در صورت مواجهه با هرگونه ابهام و نارسایی، از طریق تلفن یا ایمیل با فرد مربوطه

تماس حاصل می‌شد و مورد برطرف می‌گردید. همچنین، در تاریخ ۱۳۹۶/۴/۱۴ یکی از پژوهش‌گران در محل شرکت توگا و در میان جمعی از مدیران و کارشناسان این شرکت (قائم مقام شرکت، مدیر تولید، مدیر تحقیق و توسعه، مدیر مهندسی تجهیزات جانبی، مدیر مهندسی توربوماشین، مدیر پروژه توربین MGT-75 و یک کارشناس مدیریت فناوری) حاضر شد و پس از ارایه نتایج و یافته‌های پژوهش، برخی نظرات و پیشنهادات اصلاحی و تکمیلی را دریافت نمود.

بعلاوه، اسناد متعددی شامل اسناد برنامه‌های بلندمدت و راهبردی، گزارش‌های پیشرفت طرح، نقشه‌های راه فناوری و محصول شرکت، کاتالوگ‌های محصولات و وب‌سایت‌های گروه مپنا و شرکت توگا مورد مطالعه قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در این پژوهش به‌منظور بالا بردن روایی و پایایی از روش‌هایی که در ادامه خواهد آمد، بهره‌برداری شده است [۱۵]: به‌منظور روایی ساختاری[۱] از مأخذ اطلاعاتی چندگانه استفاده شده است، زیرا مهم‌ترین مزیت استفاده از چندین منبع اطلاعاتی دست یافتن به خطوطی همگرا از پژوهش است و شبیه آن است که از چندگوشه مثلی خطوطی ترسیم شوند که یکدیگر را در مرکز مثلث قطع نمایند. همچنین از افراد کلیدی شامل مدیران و خبرگان شرکت برای مرور گزارش مطالعه موردی و برطرف کردن هرگونه عدم انطباق میان نتایج به‌دست‌آمده از منابع مختلف استفاده شده است. به‌منظور روایی بیرونی[۲] از نظریه‌های پیشین به‌عنوان چارچوب نظری اولیه پژوهش بهره‌برداری شده است. همان‌طور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، الگوهای شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فناورانه در صنایع مختلف تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده گردآوری‌شده است. به‌علاوه، از میان این الگوهای معرفی‌شده در بخش پیشینه پژوهش، الگوی ارایه شده توسط لی و یون [۳۴] به‌عنوان مبنایی برای تحلیل‌ها در این پژوهش به‌کار گرفته‌شده است، زیرا مشتمل بر حالات مختلف بر مبنای میزان مشارکت و همکاری بازیگران بیرونی است که می‌توانند منجر به شکل‌گیری مسیرهای مختلف و راهبردهای کسب فناوری مختلف شود. و به‌منظور پایایی[۳] از پروتکل‌های مطالعه موردی استفاده شده است و پایگاه داده مطالعه موردی ایجاد شده است. پروتکل طراحی شده برای این مطالعه موردی مشتمل بر این اجزا است: طرح تحقیق موردی (هدف اصلی تحقیق، واحد تحلیل تحقیق و مقیاس زمانی و مکانی تحقیق)؛ روش‌های دسترسی به مدارک و شواهد و منابع اطلاعات؛ پرسش‌های اصلی و فرعی تحقیق؛ دستورالعمل‌هایی برای تحلیل داده‌ها و گزارش یافته‌ها و نتایج.

---

۱ Construct Validity
۲ External Validity
۳ Reliability

جدول ۳- اطلاعات مرتبط با مصاحبه‌های انجام شده در شرکت توگا

ردیف	جایگاه مصاحبه‌شوندگان	تاریخ	زمان مصاحبه
۱	قائم‌مقام مدیر عامل و معاون مهندسی و تحقیق و توسعه	۱۳۹۴/۱۰/۱۵	۱ ساعت و ۵۶ دقیقه
۲	مدیر فرآیندهای مدیریت فن‌آوری	۱۳۹۴/۱۰/۱۵	۱ ساعت و ۲۷ دقیقه
۳	مدیر تحقیق و توسعه	۱۳۹۴/۱۰/۱۶	۱ ساعت و ۴۰ دقیقه
۴	مدیر ساخت و تولید	۱۳۹۴/۱۰/۱۶	۱ ساعت و ۱۴ دقیقه
۵	مدیر برنامه‌ریزی پشتیبانی محصول	۱۳۹۴/۱۰/۱۶	۱ ساعت و ۲۰ دقیقه
۶	کارشناس انتقال فن‌آوری	۱۳۹۴/۱۰/۱۵	۴۸ دقیقه
۷	کارشناس فرآیندهای مدیریت فن‌آوری	۱۳۹۴/۱۰/۱۶	۵۲ دقیقه

۳-۲- روش تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها در پژوهش مطالعه موردی شامل فعالیت‌هایی نظیر بررسی دقیق، طبقه‌بندی و ترکیب داده‌های کمی و کیفی به‌منظور نشان دادن گزاره‌ها و فرضیه‌های اولیه پژوهش موردی و استخراج نتایج و یافته‌های موردنظر از داده‌ها و شواهد گردآوری شده است [۳۹]. به‌طورکلی چهار راهبرد برای تحلیل داده‌ها در پژوهش مطالعه موردی وجود دارد [۵۶]: تکیه بر یافته‌های نظری پیشین[۱]، استخراج نظریه مبتنی برداده‌ها[۲]، تحلیل داده‌ها مبتنی بر توصیف مورد مطالعه[۳] و آزمودن تبیین‌های رقیب[۴] به‌دست‌آمده از سه راهبرد پیشین. در این پژوهش راهبرد منتخب به‌منظور تحلیل داده‌های گردآوری‌شده راهبرد دوم یعنی استخراج نظریه مبتنی برداده‌ها است. دلیل این امر آن است که این پژوهش دارای رویکردی استقرایی[۵] بوده و به‌گونه‌ای اکتشافی[۶] انجام گرفته است، زیرا انتظار می‌رود که به دلیل خاص بودن تجربه مورد مطالعه در این پژوهش، الگوی خاصی حاصل شود که مشابه آن در نظریه‌های مستخرج از پژوهش‌های پیشین یافت نمی‌شود. به‌علاوه، این پژوهش از تکنیک تحلیل ترتیب و توالی زمانی[۷] برای مطالعه داده‌های به دست آمده از مصاحبه‌ها و اسناد مورد مطالعه استفاده می‌کند. این روش تحلیل کمک می‌کند که پژوهشگر بتواند جریانی از وقایع و اتفاق‌ها پیرامون یک موضوع خاص که با توالی و ترتیب زمانی خاصی رخ داده‌اند را شناسایی نماید. روش تحلیل ترتیب و توالی زمانی، روش متداول در تحقیق موردی است که رویدادها را برحسب ترتیب تاریخی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد و می‌توان آن را شکل خاصی از تحلیل دوره‌های زمانی به‌حساب آورد. مرتب‌سازی و تنظیم رویدادها برحسب زمان به

---

۱ Reley on theoretical propositions
۲ Work your data from the "ground up"
۳ Develop case description
٤ Examine rival explanations
٥ Inductive
٦ Exploratory
۷ Chronological Sequence Analysis

پژوهش‌گر این امکان را می‌دهد تا در طول زمان رویدادهای علّی را مشخص کند. هدف از تجزیه و تحلیل این است که باید ترتیب تاریخی را با آنچه پیش‌بینی شده است مقایسه کرد [۵۶].
به‌منظور تحلیل داده‌ها، ابتدا مصاحبه‌های انجام شده با دقت پیاده‌سازی می‌شدند و همچنین اسناد و مدارک مختلف با هدف استخراج داده‌های مفید و مرتبط با پرسش‌های پژوهش مورد مطالعه عمیق قرار می‌گرفتند. در بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از مصاحبه‌ها و اسناد و مدارک، پژوهشگران به‌دنبال مضامین (تم‌ها) کلیدی پژوهش یعنی قابلیت‌های فناورانه، راهبرد کسب فناوری، سازوکارهای یادگیری، سیاست‌ها و اقدامات دولت و دستاوردها بودند و در متن مصاحبه‌ها و اسناد و مدارک هرجا با این مضامین برخورد می‌کردند آن‌ها را مشخص می‌کردند. در گام بعد پژوهشگران به تعیین زمان وقوع هر یک موارد فوق پرداختند و وقایع موردنظر را بر اساس زمان مرتب کردند. پس از بررسی اطلاعات مرتب شده بر اساس محور زمان، تجربه شرکت به چهار دوره زمانی ۵ الی ۶ سال تقسیم شد. در ادامه جدولی طراحی گردید که محورهای افقی آن را قابلیت‌های فناورانه کسب شده، استراتژی‌های کسب فناوری، سازوکارهای یادگیری فناورانه، سیاست‌ها و اقدامات دولت و میزان فروش محصولات آورده شده است و محورهای عمودی این جدول را مراحل ساخت و انباشت قابلیت‌های فناورانه تشکیل داده‌اند (جدول ۵). سپس داده‌های به‌دست‌آمده از مصاحبه‌ها و مطالعه اسناد و مدارک با ترتیب و توالی زمانی در جدول مذکور جایگذاری می‌شدند تا بر اساس آن الگوی موردنظر این پژوهش استخراج شود.

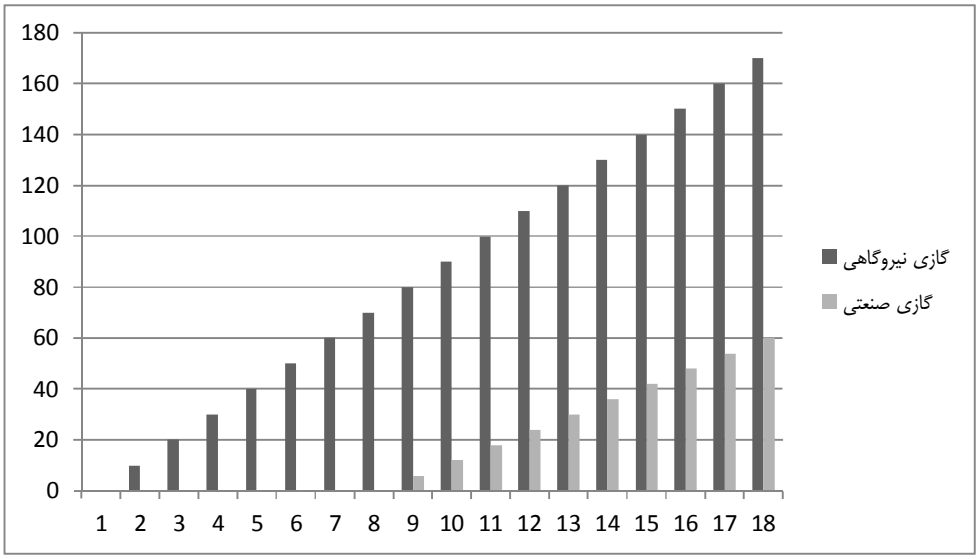
٤- یافته‌های پژوهش

در پاسخ به نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی در ایران و عدم تولید توربین و تجهیزات جانبی آن در کشور، شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا) که یکی از زیرمجموعه‌های اصلی گروه مپنا است در تابستان سال ۱۳۷۸ تاسیس و تولید توربین‌های بزرگ گازی در کارخانجات خود را از اواخر سال ۱۳۸۰ آغاز نمود. این شرکت مأموریت تولید توربین‌های گاز و بخار با توان بالای نیروگاهی را بر عهده دارد و برنامه تولید توربین صنعتی با توان ۲۵ مگاوات و کمپرسور مربوطه را نیز در دست اجرا دارد. در این راه همزمان با جذب دانش فنی از سازندگان معتبر اروپایی، با همکاری شرکت‌های زیمنس و آنسالدو (به‌عنوان انتقال‌دهنده فناوری) در عرصه ساخت کامل محصولات خود گام برداشته است. از آن زمان تاکنون و به‌منظور پوشش نیاز رو به رشد داخلی و خارجی به این محصولات، تأسیسات و ظرفیت کارخانه مرتباً افزایش‌یافته و به قریب ۴۰ واحد در سال رسیده است. در حال حاضر شرکت توگا با ثبت تولید و تحویل بیش از ۲۳۰ واحد توربین‌های گازی نیروگاهی و صنعتی به بازار ایران و منطقه خاورمیانه در کارنامه ۱۸ ساله خود، یک بازیگر بین‌المللی در صنعت توربین محسوب می‌گردد[۱].

---

۱ http://www.mapnaturbine.com/

شکل ۲ روند تجمیعی تولید و عرضه توربین‌های گازی نیروگاهی و صنعتی توسط شرکت توگا در طول ۱۸ سال گذشته (۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵) را نمایش می‌دهد. در ادامه مراحل مختلف شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در گروه مپنا و شرکت توگا طی سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۵ (۲۲ سال) تشریح می‌شود. دلیل انتخاب چهار مرحله به‌عنوان مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در گروه مپنا (شرکت توگا)، توافق نظر و تاکید مدیران این شرکت بر طی این چهار مرحله پنج ساله است. این چهار مرحله عبارت‌اند از: خرید و بهره برداری از توربین‌های گازی خارجی (۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸)؛ درونی سازی و انتقال فناوری ساخت توربین گازی (۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳)؛ ساخت توربین های گازی در داخل با تنوع محدود (۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸) و تنوع بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهبودهای تدریجی در توربین‌ها بر پایه تحقیق و توسعه (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵).



شکل ۲- روند تجمیعی تولید و عرضه توربین های گازی نیروگاهی و صنعتی توسط گروه مپنا (شرکت توگا) در طول ۱۸ سال گذشته

٤-۱- مرحله اول: خرید و بهره برداری از توربین های گازی خارجی (۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸)

قدیمی‌ترین توربین های گازی نصب شده در نیروگاه‌های ایران مربوط به نسخه‌های قدیمی متعلق به دهه ۱۹۷۰ است. تا سال ۱۳۶۶ وزارت نیرو در نیروگاه‌ها از توربین‌های گازی که در قالب پروژه‌های کلید

در دست[۱] توسط شرکت‌ها و سازنده‌های خارجی صورت می‌گرفت، بهره می‌بردند. همچنین، در زمینه توربین‌های گازی صنعتی مورد نیاز در صنایع نفت و گاز نیز کشور ما سال‌ها به‌عنوان بهره‌بردار صرف این توربین‌ها شناخته می‌شد و این تجهیزات در قالب پروژه‌های کلید در دست و توسط کشورهای خارجی تامین می‌شدند. برای مثال، در اوایل دهه ۵۰ توربین های روسی در خطوط انتقال گاز از جنوب به شمال کشور برای صادرات گاز به شوری سابق به‌کار گرفته شدند. در واقع همه ایستگاه‌های تقویت فشار با توربین‌ها و تجهیزات روسی مجهز شده بودند. تا اواسط دهه ۷۰ خریدهای کلید در دست ادامه داشت.

در سال ۱۳۶۷ وزارت نیرو تصمیم گرفت که به جای ساخت نیروگاه‌ها به‌صورت کلید در دست، خودش اقدام به مدیریت پروژه ساخت نیروگاه‌ها نماید که نمونه آن نیروگاه شهید رجایی است. دلیل این امر، تلاش سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کلیدی صنعت جهت کاهش میزان وابستگی کشور به شرکت-های خارجی بود. در نتیجه، تجهیزات اصلی در قالب مناقصه از سازنده‌های بین‌المللی خریداری شد و نیروگاه با مدیریت پروژه شرکت توانیر ساخته شد. به‌علاوه، برخی تجهیزات جانبی توسط سازنده‌های داخلی از جمله شرکت اتمسفر ساخته شدند. این روند تا سال ۱۳۷۲ ادامه پیدا کرد. گروه مپنا از دل تیم مدیریت پروژه ساخت نیروگاه شهید رجایی بیرون آمد. در واقع نفرات اصلی گروه مپنا از دل تیمی که مدیریت پروژه ساخت این نیروگاه را بر عهده داشتند، بیرون آمدند و گروه مپنا به‌عنوان شرکتی مستقل از توانیر با ماموریت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی در سال ۱۳۷۳ تاسیس شد. قائم مقام شرکت توگا می‌گوید: *"مدل کار مپنا بین سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ عبارت بود از مدیریت پروژه‌های نیروگاهی، شکست کار، انجام بخشی از مهندسی نیروگاه و دادن کار به پیمان‌کاران خارجی و خرید توربین و ژنراتور از سازنده‌های خارجی. از مهم‌ترین پروژه‌های این دوره می‌توان از پروژه 6CC نام برد که شامل ساخت ۶ نیروگاه گازی سیکل ترکیبی در نیشابور، خوی، فارس و ... بود"*. او اضافه می‌کند: *"در سال ۱۳۷۷ برخی تصمیم‌های راهبردی اتخاذ شدند. زیرا در این زمان هم از نظر مصرف صنعت و هم مصارف خانگی انرژی نیاز به توسعه در این زمینه احساس می شد. وزارت نیرو هنوز مشغول ساخت نیروگاه‌های جدید بود. وزارت نیرو قصد داشت ۷ نیروگاه سیکل ترکیبی جدید احداث کند. برای این منظور، همه نیازها را تجمیع کرد و نیاز به ۳۰ واحد توربین گازیی داشت. در یک مناقصه بین المللی قرار بر این بود که کار به شرکتی داده شود که به جای خرید توربین‌های گازی از خارج، این توربین‌ها در داخل تولید کند و دانش و فن‌آوری ساخت توربین‌های گازی را به داخل کشور* انجام دهد". به‌علاوه، راهبرد کسب قابلیت‌های فن‌آورانه در این مرحله، بهره‌برداری از توربین‌های گازی خریداری شده از طریق آموزش‌ها و دستورالعمل‌ها است و سازوکار یادگیری عبارت است از: یادگیری از طریق به‌کارگیری و بهره‌برداری[۲].

---

۱ Turn Key
۲ Learning by Using

٤-۲- مرحله دوم: درونی سازی و انتقال فن‌آوری ساخت توربین گازی (۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳)

در سال ۱۳۷۸ ورود به مرحله ساخت تجهیزات نیروگاهی به‌ویژه توربین گازی در داخل آغاز شد. چند شرکت خارجی از جمله زیمنس، آلستوم و آنسالدو ابزار تمایل کردند و پیشنهادهایی ارایه کردند. نهایتاً شرکت آنسالدو برنده شد و قرار شد در قالب ۵ سال ۳۰ توربین گازیی در داخل کشور ساخته شود. شرکت توگا در سال ۱۳۷۸ برای همین ماموریت ایجاد شد. این شرکت مأموریت تولید توربین‌های گازی و بخار با توان بالای نیروگاهی و توربین‌های صنعتی را بر عهده دارد. ماموریت شرکت توگا این بود که در این ۵ سال فن‌آوری ساخت را از آنسالدو کسب کند و به ۱۰۰ درصد فن‌آوری‌های ساخت در درون دست پیدا کند. توربین پایه انتخاب شده برای انتقال دانش و فن‌آوری، توربین V92.4 شرکت زیمنس بود که خود شرکت آنسالدو تحت لیسانس زیمنس دانش و فن‌آوری ساخت این توربین را کسب کرده بود. قائم مقام شرکت توگا می‌گوید: *"برای این منظور از مدل فاز به فاز بهره‌برداری شد. مدل فاز به فاز بدین معناست که، ابتدا نقشه‌های تجهیزات پیرامونی دریافت می شود و ساخت در داخل آنها صورت می‌گیرد و بقیه اجزا از خارج وارد می شود. این فرآیند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که در فاز پایانی کلیه اجزا و قطعات از طریق نقشه‌ها و مستندات خارجی در داخل ساخته و مونتاژ می‌شوند. در نهایت، توربین V94.2 و تجهیزات وابسته به آن طی ۵ فاز ساخت داخل گردید"*. شرکت خارجی مجبور بود تا حداقل ۵۱٪ تجهیزات را از شرکت‌های تابعه مپنا تهیه کند. در این قرارداد، شرکت خارجی تجهیزات ساخت داخل را از شرکت‌های تابعه مپنا تهیه می‌کرد و به مپنا می‌فروخت. تضمین کیفیت و پیشرفت داخلی‌سازی توسط شرکت خارجی به مپنا گزارش داده می‌شد. پیشرفت داخلی‌سازی فن‌آوری‌ها در قالب پنج فاز در جدول ۴ نمایش داده شده است. همچنین، راهبرد کسب قابلیت‌های فن‌آورانه در این مرحله، ساخت مولفه‌ها و زیرسیستم‌های توربین‌های گازی از طریق لیسانس (روش فاز به فاز) است و سازوکارهای یادگیری عبارت‌اند از: یادگیری از طریق انجام[۱] و یادگیری از طریق تعامل[۲] و همکاری رسمی با شرکای خارجی.

---

۱ Learning by Doing
۲ Learning by Interaction

جدول ٤- پیشرفت داخلی سازی فن‌آوری‌های ساخت توربین ۷۹٤,۲ در قالب پنج فاز [۳۸]

فازهای انتقال فناوری	تعداد مولفه ها	شروع	پایان	درونی سازی (درصد)
۱	۶	دسامبر ۲۰۰۰	ژانویه ۲۰۰۲	۱۱/۳۴
۲	۴	ژانویه ۲۰۰۲	ژانویه ۲۰۰۳	۲۷/۴۹
۳	۶	ژانویه ۲۰۰۳	آگوست ۲۰۰۳	۳۷/۰۵
۴	۶	جولای ۲۰۰۳	می ۲۰۰۴	۵۵/۳۹
۵	۸	مارس ۲۰۰۴	مارس ۲۰۰۵	۷۰/۲۵

٤-۳- مرحله سوم: ساخت توربین های گازی در داخل با تنوع محدود (۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸)

شرکت توگا در طول سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ اقدام به ساخت توربین‌های گازی سنگین V94.2 زیمنس و برخی از اجزای توربین GE Frame9E جنرال الکتریک نمود. قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت این توربین‌ها از طریق ترکیبی پویا از تلاش‌های توسعه فن‌آوری داخلی و جریان‌های دانشی و فن‌آورانه خارجی به‌دست آمده است. در این مسیر، شرکت توگا با دامنه وسیعی از دانشگاه‌های داخلی و مراکز تحقیقاتی داخلی و خارجی همکاری داشته است. می‌توان ادعا کرد که در این دوره شرکت توگا موفق به درونی سازی فن‌آوری‌های ساخت اجزای سرد و گرم توربین‌های گازی شده است. قابلیت‌های فن‌آورانه در شرکت توگا از دانش نگه‌داری، تعمیرات و مونتاژ به قابلیت‌های ساخت و نهایتاً به قابلیت‌های مهندسی محصول توسعه و تکامل یافته است. لازم به ذکر است، راهبرد کسب قابلیت‌های فن‌آورانه در این مرحله، کسب دانش و فن‌آوری مونتاژ و ساخت کامل توربین گازی از طریق لیسانس و برطرف کردن عدم تطابق‌ها و ایجاد بهبودهایی در فرآیندهای ساخت از طریق یادگیری حین انتقال فن‌آوری است. همچنین، سازوکار یادگیری مشتمل بر یادگیری از طریق انجام و یادگیری از طریق تعامل و همکاری رسمی با شرکای خارجی است.

در این رابطه قائم مقام شرکت توگا می‌گوید: *"در گروه مپنا پروژه قبلی ۳۰ واحد تمام شده بود و حالا باید پروژه‌های جدیدی شروع می‌شد و کشور هم کلی نیاز و تقاضا برای توربین‌های گازی داشت. البته حالا شرایط کمی تغییر کرده بود و توگا دیگر می‌توانست توربین بسازد. در فرآیند قبلی علاوه بر ایجاد ماشین آلات و تجهیزات ایجاد شده اتفاقی که افتاده بود این بود که متخصصان و کارشناسان یادگرفته بودند که چگونه باید توربین ساخت. دو نوع مهارت یا دانش در افراد شکل گرفته بود: می‌توانستند در روش‌های ساخت تغییراتی ایجاد کنند و برخی بهبودهای تدریجی به‌وجود آورند. به‌عبارتی، تجربه افراد این اجازه را به آنها می‌داد که بهبودهای تدریجی زیادی در فرآیندها و فن‌آوری‌های ساخت انجام دهند.*

یادگیری دوم این بود که حال دانش و تجربه لازم برای برطرف کردن عدم تطابق‌هایی که در فرآیند ساخت رخ می‌داد به‌وجود آمده بود. در اوایل کار در صورت مواجه شدن با عدم تطابق‌ها سریعاً از متخصصین شرکت انتقال دهنده درخواست کمک و راهنمایی می شد. اما در ادامه مهندسین داخلی یاد می‌گرفتند که چگونه باید از طریق تحلیل‌های مهندسی به بازطراحی اجزا و قطعات بپردازند".

٤-٤- مرحله چهارم: تنوع بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهبودهای تدریجی در توربین‌ها بر پایه تحقیق و توسعه (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵)

قائم مقام شرکت توگا می‌گوید: *"دوره بعدی در واقع دوره رشد تلاش‌ها و فعالیت‌های تحقیق و توسعه برای ایجاد محصولات تغییر یافته یا ارتقاء یافته بود. در واقع دوره رشد تحقیق و توسعه برای ارایه محصول جدید و مستقل و متفاوت است (با طراحی پایه از خودمان البته نه به معنای اینکه ما کاغذی سفید برداریم و شروع کنیم همه اجزای یک توربین رو از اول طراحی کنیم) ما که نمی‌توانیم دانش و اطلاعات قبلی، تجربه و سابقه افراد خودمان را نادیده نگیریم. بلکه منظور این است که از همه دانش‌ها، تجربه‌ها و مهارت‌های قبلی برای طراحی یک توربین از پایه جدید و مستقل بهره‌برداری می‌کنیم".* بنابراین، در سال ۱۳۸۹ در توگا پروژه‌های تحقیق و توسعه برای به‌روزرسانی توربین V92.4 (۱۵۷ مگاوات با راندمان ۳۴/۴ درصد) شروع شد که ابتدا منجر به اولین نسخه با نام МАП2+ شد و در سال ۱۳۹۴ منجر به نسخه‌ای با نام МАП2В (۱۸۳ مگاوات با راندمان ۳۶ درصد) شد. بعدا این پلتفرم با نام МГТ70 در شرکت توگا شناخته شد. مدیر تحقیق و توسعه توگا بیان می‌کند: *"ما این راهبرد را برگزیدیم که مسیر رفتن به سمت طراحی را از به‌روزرسانی توربین‌های موجود آغاز کنیم. در این راهبرد، شکاف دانشی و فن‌آورانه بسیار کمتر از رهبری فن‌آوری بود. زیرا در رهبری فن‌آوری ما باید طراحی یک توربین کاملاً جدید را از صفر آغاز می‌کردیم. بنا به نظر مشاوران و متخصصین این حوزه، اگر همه شرایط و منابع مورد نیاز اعم از انسانی، مالی و دانشی فراهم باشد، به شرط سرمایه‌گذاری‌های بسیار بالا، حدود ۱۵ الی ۲۰ سال طول می‌کشد تا یک توربین از صفر طراحی و ساخته شود. لذا، ما به‌دنبال شناسایی فن‌آوری‌های به‌کار رفته در محصولات موجود رفتیم تا از طریق بهبود آنها بتوانیم محصولات ارتقای یافته ای ارایه کنیم. مشابه این کار توسط خود شرکت زیمنس انجام گرفته بود و خود این شرکت اقدام به ارتقا و به‌روزرسانی این توربین کرده بود".*

به‌علاوه، در فاصله زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ تجربه دیگری در مپنا رخ داد و آن اقدام برای ساخت توربین صنعتی ۲۵ مگاواتی DU80 شرکت زوریا بود. این توربین در مپنا با نام МГТ30 شناخته می‌شود. در سال ۸۹، قرارداد انتقال فناوری این توربین با زوریا اکراین بسته شد (شبیه به تجربه با آنسالدو برای توربین МГТ70). مدیر برنامه ریزی پشتیبانی محصول شرکت توگا می گوید: *"قرار شد خود توربین و سیستم‌های جانبی آن در قالب چهار فاز و طی دو سال انتقال فن‌آوری کامل صورت پذیرد. شرکت‌های*

اروپایی اولاً حاضر نبودند با این سرعت و همچنین با این سطح از انتقال فن‌آوری همکاری نمایند. همچنین، شرکت‌های اروپایی اصرار بر این داشتند که توربین در ایران تحت لیسانس آنها تولید شود، در حالی‌که زوریا این اجازه را می‌داد که توربین در ایران تحت لیسانس خود گروه مپنا تولید شود و صادر گردد. همچنین از نظر قیمت هم اختلاف معناداری با پیشنهادهای شرکت‌های اروپایی داشت". در سال ۹۳ فرآیند انتقال فن‌آوری از زوریا و ساخت داخل این توربین در داخل کامل گردید. مشابه با تجربه‌های گذشته در زمینه ارتقا و بهبود در توربین‌های قبلی برای این توربین در حال انجام است و مراحل ارتقا و بهبود در توربین و روش‌های ساخت آن در حال انجام است.

همچنین، از سال ۹۰ به بعد کار بر روی یک توربین دیگر با نام MΓT40 در توگا با روش مهندسی معکوس آغاز شده است که بر اساس توربین پایه GE Frame 6F جنرال الکتریک است. این توربین در اواخر سال ۹۴ به مرحله مونتاژ رسید. قائم مقام شرکت توگا می‌گوید: *"نکته مهمی که در زمینه مهندسی معکوس در محصولات و سیستم‌های پیچیده (توربین گازی) وجود دارد این است که نمی توان از طریق مهندسی معکوس محض (کپی کاری) به دانش و فن‌آوری ساخت این محصولات دست یافت. بلکه باید به دانش بازطراحی محصول، اجزا و قطعات و روش‌های ساخت آن دست پیدا کرد و همچنین دانش یکپارچه‌سازی سیستم را کسب نمود"*. به‌طور کلی می‌توان گفت که شرکت توگا موفق به کسب قابلیت‌های ساخت و ایجاد بهبودها و نوآوری‌های تدریجی[۱] در توربین‌های گازی شده است، ولی نکته اساسی در رابطه با این شرکت آن است که این شرکت هنوز نتوانسته قابلیت‌های طراحی توربین‌های گازی جدید و ارایه نوآوری‌های بنیادین[۲] در این زمینه را کسب نماید و علی‌رغم این‌که توگا موفق به ساخت توربین V94.2 و بخش‌هایی از توربین GE Frame 9E شده است، به‌تازگی در زمینه ساخت توربین‌های V94.3A[۳] و GE Frame 9F ورود کرده است و هنوز شکاف فن‌آورانه زیادی در این توربین‌ها با شرکت‌های پیشرو یعنی زیمنس و جنرال الکتریک دارد. به‌علاوه، راهبرد کسب قابلیت‌های فن‌آورانه در این مرحله شامل انتقال فن‌آوری ساخت از شرکت زوریای اکراین از طریق لیسانس (روش فاز به فاز)؛ طراحی و مهندسی معکوس توربین اقتباس شده از شرکت جنرال الکتریک؛ انتقال فن‌آوری ساخت توربین کلاس F از زیمنس؛ تحقیق و توسعه درون‌زا بر روی مولفه‌ها و زیرسیستم‌های توربین‌های موجود؛ بهره‌گیری از مشاوره‌های متخصصان و خبرگان بین‌المللی به‌صورت غیررسمی و بهره‌گیری از دانش دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی است. سازوکارهای یادگیری نیز مشتمل بر یادگیری از طریق انجام؛ یادگیری از طریق تحقیق و توسعه[۴] و یادگیری از طریق تعامل و همکاری با شرکای خارجی و بازیگران داخلی است.

---

[۱] Incremental Innovation
[۲] Radical Innovation
[۳] نام جدید این توربین SGT5-4000F است.
[۴] Learning by Research

یکی از موضوعات حائز اهمیت در این دوره زمانی نقش تحریم‌های بین المللی و گسترده بر فعالیت این شرکت و مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه شرکت است. اما برای پرداختن به نقش تحریم‌ها بر فعالیت‌های شرکت توگا در دوران شدت گرفتن تحریم‌ها باید به پروژه‌های مختلفی که این شرکت در این دوران در دست داشته است توجه کرد. پیشتر اشاره شد که شرکت توگا دانش و قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین نیروگاهی V94.2 را طی دو مرحله ساخت مشترک با آنسالدو ایتالیا و تولید تحت لیسانس زیمنس کسب کرده بود و در این دوران بیشتر به بهبودهای جزئی و به‌روزرسانی این توربین مشغول بود که منجر به معرفی نسخه‌های جدیدتری از این توربین شد. اما پروژه‌های دیگری که در این دوران در شرکت توگا در حال انجام بودند شامل انتقال فن‌آوری ساخت توربین ۲۵ مگاواتی از شرکت زوریای اکراین و طراحی و مهندسی معکوس توربین ۴۰ مگاواتی شرکت جنرال الکتریک بود. در مورد پروژه اول باید این‌گونه بیان کرد که شرکت اکراینی با شروع تحریم‌ها دست از همکاری با شرکت توگا نکشید و فرآیند انتقال فن‌آوری را قطع نکرد. در مورد پروژه دوم، چون روش کسب فن‌آوری طراحی و مهندسی معکوس بود و شرکت صاحب فن‌آوری نقشی در فرآیند انتقال فن‌آوری نداشت، تحریم‌ها آسیبی به فرآیند کسب فن‌آوری ساخت این توربین وارد نکرد. به‌طور کلی، مجیدپور، معتقد است که تحریم‌های بین المللی علیه ایران به مثابه شمشیری دو لبه است. به این شکل که از یک طرف منجر به دشواری دست‌یابی به دانش و فن‌آوری‌های روز دنیا و همچنین اعمال هزینه‌های اضافی بر کشور ایران شده است، اما از طرف دیگر منجر به تحریک و تشویق تلاش‌های درونی برای دست‌یابی به قابلیت‌های فن‌آورانه نزد بنگاه‌های فعال در این حوزه‌ها شده است [۳۸].

در جدول ۵، مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی، راهبردهای کسب قابلیت‌های فن‌آورانه و سازوکارهای یادگیری در گروه مپنا (شرکت توگا)، سیاست‌ها و اقدامات دولت [۴۸] و میزان فروش محصولات ارایه شده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در گروه مپنا (شرکت توگا) شامل چهار مرحله است: اول، قابلیت بهره‌برداری از توربین‌های خریداری شده از طریق آموزش‌ها و دستورالعمل‌ها؛ دوم، قابلیت ساخت زیرسیستم‌ها و مولفه‌ها و مونتاژ آنها به‌صورت فاز به فاز و تحت لیسانس آنسالدو؛ سوم، قابلیت مهندسی و ساخت توربین و ایجاد برخی بهبودها و برطرف کردن عدم تطابق‌ها از طریق یادگیری حین انتقال فن‌آوری؛ چهارم، قابلیت ساخت نسخه‌های جدیدتر از توربین‌های موجود بر پایه تحقیق و توسعه و ساخت انواع توربین‌ها به روش مهندسی معکوس و تحت لیسانس.

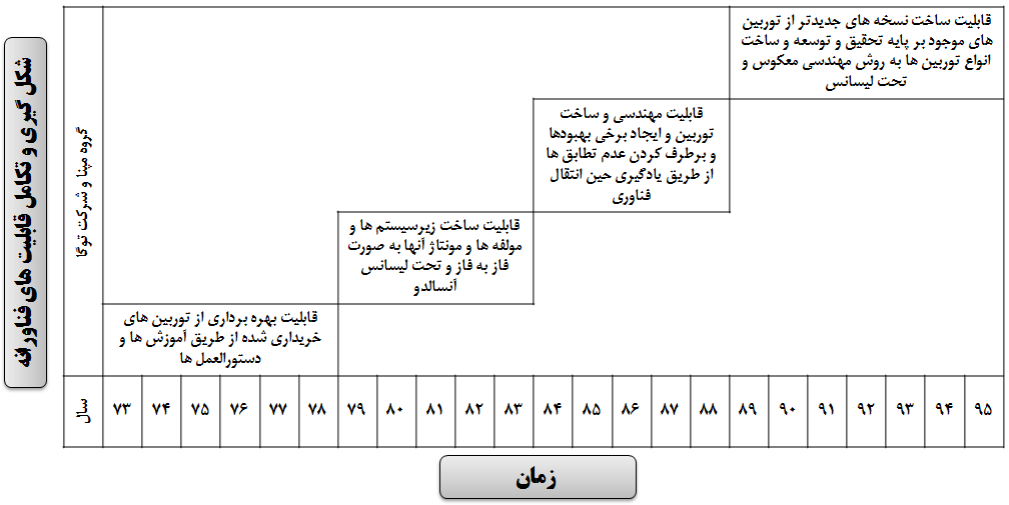
جدول ۵- مراحل شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی، راهبردهای کسب فن‌آوری و سازوکارهای یادگیری در شرکت توگا

مراحل	مرحله اول: خرید و بهره برداری از توربین های گازی خارجی (۱۳۷۳تا ۱۳۷۸)	مرحله دوم: درونی سازی و انتقال فناوری ساخت توربین های گازی (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳)	مرحله سوم: ساخت توربین های گازی در داخل با تنوع محدود (۱۳۸٤ تا ۱۳۸۸)	مرحله چهارم: مرحله تنوع بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهبودهای تدریجی در توربین ها بر پایه تحقیق و توسعه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵)
قابلیت‌های فن‌آورانه	- قابلیت بهره‌برداری از توربین‌های خریداری شده از شرکت‌های خارجی - قابلیت نگه‌داری و تعمیرات توربین‌های خریداری شده از شرکت های خارجی	- قابلیت ساخت زیرسیستم‌ها و مولفه های توربین V۹۴,۲ به صورت فاز یه فاز تحت لیسانس شرکت آنسالدو - قابلیت مونتاژ و یکپارچه سازی مولفه‌ها و زیرسیستم ها تحت لیسانس شرکت آنسالدو	-قابلیت ساخت زیرسیستم ها و مولفه‌های کلیدی مانند سیستم کنترل و پروژه‌های ثابت و متحرک -قابلیت ساخت توربین گازی V۹۴,۲ به‌طور کامل در داخل کشور -قابلیت برطرف کردن عدم تطابق‌ها در فرآیندهای ساخت از طریق کسب قابلیت‌های مهندسی -قابلیت ایجاد بهبود و ارتقاء مولفه‌ها و زیرسیستم ها و فرآیندهای ساخت	- قابلیت تحقیق و توسعه به‌منظور بروزرسانی و ارتقای توربین-های موجود (V۹۴,۲) و معرفی نسخه های پیشرفته تر (MAP۲+, MAP۲A, MAP۲B) - قابلیت تحقیق و توسعه بر روی فناوری های کلیدی نظیر ریخته گری انجماد جهت دار، تک کریستال و کامپوزیت های سرامیکی - قابلیت مهندسی و ساخت توربین صنعتی MGT۳۰ بر اساس توربین پایه اقتباس شده از شرکت زوریا اوکراین - قابلیت مهندسی معکوس توربین MGT۴۰ بر اساس توربین پایه ۶ GE Frame شرکت جنرال الکتریک -قابلیت طراحی از پایه توربین ۲۰۰ مگاواتی با راندمان ۳۸٪ - قابلیت ارایه خدمات پس از فروش و ارایه مشاوره های مهندسی
راهبرد های کسب فن‌آوری	- کسب دانش و فن‌آوری بهره برداری از طریق آموزش‌ها و دستورالعمل‌ها	- کسب دانش و فن‌آوری ساخت مولفه‌ها و زیرسیستم‌های توربین‌های	-کسب دانش و فن‌آوری مونتاژ و ساخت کامل توربین گازی از طریق لیسانس	- انتقال فن‌آوری ساخت از شرکت زوریای اکراین از طریق لیسانس (فاز به فاز) - طراحی و مهندسی معکوس توربین اقتباس شده از شرکت

مراحل	مرحله اول: خرید و بهره برداری از توربین های گازی خارجی (۱۳۷۳تا ۱۳۷۸)	مرحله دوم: درونی سازی و انتقال فناوری ساخت توربین های گازی (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳)	مرحله سوم: ساخت توربین های گازی در داخل با تنوع محدود (۱۳۸٤ تا ۱۳۸۸)	مرحله چهارم: مرحله تنوع بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهپودهای تدریجی در توربین ها بر پایه تحقیق و توسعه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵)
		گازی از طریق لیسانس (روش فاز به فاز)	– دانش و فن‌آوری برطرف کردن عدم تطابق ها و ایجاد بهپودهایی در فرآیندهای ساخت از طریق یادگیری حین انتقال فن‌آوری	جنرال الکتریک – انتقال فناوری ساخت توربین کلاس F از زیمنس – تحقیق و توسعه درونزا بر روی مولفه‌ها و زیرسیستم‌های توربین‌های موجود – بهره‌گیری از مشاوره های متخصصان و خبرگان بین المللی به صورت غیررسمی – بهره‌گیری از دانش دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی داخلی
سازوکارهای یادگیری فناورانه	– یادگیری از طریق بکارگیری و بهره‌برداری	– یادگیری از طریق انجام – یادگیری از طریق تعامل و همکاری رسمی با شرکای خارجی	– یادگیری از طریق انجام – یادگیری از طریق تعامل و همکاری رسمی با شرکای خارجی	– یادگیری از طریق انجام یادگیری از طریق تحقیق و توسعه[1] – یادگیری از طریق تعامل و همکاری با شرکای خارجی و بازیگران داخلی
سیاست‌ها و اقدامات دولت	– تاسیس گروه مپنا با هدف درونی‌سازی دانش و قابلیت-های مدیریت پروژه‌های ساخت نیروگاه – واگذاری ساخت شش پروژه	– تجمیع تقاضا توربین گاز مورد نیاز در شش نیروگاه سیکل ترکیبی و سفارش ساخت ۳۰ دستگاه توربین های گازی به شرکت تازه	– تجمیع تقاضا و سفارش ساخت ۱۰۰ دستگاه توربین صنعتی به گروه مپنا (شرکت توگا) و شریک خارجی آن یعنی شرکت زوریای اکراین از سوی شرکت ملی گاز ایران به ارزش ۱	– کاهش تعرفه وارداتی و اعطای مجوز به برخی شرکت‌های خصوصی برای واردات توربین‌های گازی با هدف وارد کردن شوک رقابتی به مپنا به‌منظور جلوگیری از غفلت فن‌آورانه احتمالی مپنا به دلیل ساختار انحصاری این صنعت – سرمایه گذاری ۲/۲ میلیارد تومانی صندوق نوآوری و شکوفایی

[1] Learning by Research

مراحل	مرحله اول: خرید و بهره برداری از توربین های گازی خارجی (۱۳۷۳تا ۱۳۷۸)	مرحله دوم: درونی سازی و انتقال فناوری ساخت توربین های گازی (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳)	مرحله سوم: ساخت توربین های گازی در داخل با تنوع محدود (۱۳۸٤ تا ۱۳۸۸)	مرحله چهارم: مرحله تنوع بخشی به سبد محصولات و ایجاد بهبودهای تدریجی در توربین ها بر پایه تحقیق و توسعه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵)
	نیروگاه سیکل ترکیبی با هدف ایجاد بستری برای یادگیری و انتقال دانش مدیریت پروژه	تاسیس توگا با هدف درونی سازی دانش و فناوری ساخت توربین V۹۴,۲	میلیارد یورو	در ساخت و احداث تست استند توربین‌های گروه مپنا (شرکت توگا) – سرمایه‌گذاری معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری نیز در پروژه های تحقیق و توسعه در زمینه پره‌های توربین که در شرکت پرتو در حال انجام است. – تسهیل صادرات خدمات فنی و مهندسی و همچنین تجهیزات نیروگاهی نظیر توربین های گاز و بخار به کشورهای همسایه مانند عراق و سوریه – عقد قرارداد مشارکتی به ارزش ۲۰۰ میلیارد تومان بین وزارت نیرو با گروه مپنا با موضوع طراحی و ساخت از پایه توربینی ۲۲۰ مگاواتی با راندمان ۳۹٪ درصد با نام MGT-۷۵ – زمینه سازی و تسهیل برای ایجاد همکاری میان گروه مپنا و شرکت زیمنس در زمینه ساخت توربین‌های کلاس F توسط وزارت نیرو
میزان فروش محصولات		– ساخت و تحویل ۵۰ دستگاه توربین گازی نیروگاهی	– ساخت و تحویل ۵۰ دستگاه توربین گازی نیروگاهی – ساخت و تحویل ۲۰ دستگا توربین گازی صنعتی	– ساخت و تحویل ۷۰ دستگاه توربین گازی نیروگاهی – ساخت و تحویل ۴۰ دستگاه توربین گازی صنعتی



شکل ۳- مسیر شکل گیری و تکامل قابلیت های فناورانه ساخت توربین های گازی در گروه مپنا و شرکت توگا

به‌طور کلی می‌توان گفت که شرکت توگا موفق به کسب قابلیت‌های ساخت و ایجاد بهبودها و نوآوری‌های تدریجی[۱] در توربین‌های گازی شده است، ولی نکته اساسی در رابطه با این شرکت آن است که این شرکت هنوز نتوانسته است قابلیت‌های طراحی توربین‌های گازی جدید و ارایه نوآوری‌های بنیادین[۲] در این زمینه را کسب نماید و علی‌رغم این‌که توگا موفق به ساخت توربین V94.2 و بخش‌هایی از توربین GE Frame 9E شده است، به تازگی در زمینه ساخت توربین‌های V94.3A و GE Frame 9F ورود کرده است و هنوز شکاف فن‌آورانه زیادی در این توربین‌ها با شرکت‌های پیشرو یعنی زیمنس و جنرال الکتریک دارد [۳۸]. در همین راستا، مدیر عامل گروه مپنا معتقد است: *"لازم است فعالیت های پژوهشی و تحقیق و توسعه گسترش یابد، همکاری با دانشگاه‌ها و سایر مراکز علمی کشور افزایش یابد، ادامه همکاری با شرکت‌های بزرگ دنیا به عنوان راهبرد ادامه یابد"*. قائم مقام شرکت توگا بیان می‌کند: *"در افق ۱۴۰۰ مپنا علاوه بر اینکه باید قادر به انجام بهبودها و بروزرسانی و ارتقای توربین های قبلی خود خواهد بود، ساخت توربینی در کلاس جدید با توان ۲۲۰ مگاوات و راندمان ۳۹ درصد را در برنامه خود دارد"*.

---

۱ Incremental Innovation
۲ Radical Innovation

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش، به‌منظور به تصویر کشیدن مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت و ارتقای توربین‌های گازی به‌عنوان یک محصول و سامانه پیچیده در یک شرکت متاخر ایرانی با نام توگا انجام گرفته است. این موضوع از آن جهت ضرورت و اهمیت دارد که در صنایع تولیدکننده محصولات و سامانه‌های پیچیده نظیر توربین‌های گازی، به دلیل رژیم‌های فن‌آوری و بازار متفاوت و فضای سیاست‌گذاری و ترتیبات نهادی متمایز از محصولات مصرفی با سیستم تولید انبوه، الگوها و مسیرهای شکل‌گیری قابلیت‌های فن‌آورانه از اصول متفاوتی تبعیت می‌کنند. در تایید این نظر می‌توان به یافته‌های مجیدپور [۳۸] اشاره کرد که معتقد است هم‌پایی فن‌آورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده فقط از طریق مدل دنباله‌روی میسر است و مدل‌های پرش از مراحل و خلق مسیر جدید به ترتیب به جزیی و غیرممکن هستند.

از مقایسه یافته‌های پژوهش با برخی الگوهای شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در کالاهای مصرفی دارای سیستم تولید انبوه در سایر کشورهای در حال توسعه می‌توان به این نتایج دست یافت: اول، در اغلب این الگوها [۱۹ و۳۰] تاکید زیادی بر دست‌یابی کشورهای در حال توسعه به فن‌آوری‌های فرآیند ساخت محصول شده است، در حالی‌که در رابطه با محصولات و سامانه‌های پیچیده مانند توربین گازی، تمرکز ویژه بر فن‌آوری‌های ساخت زیرسیستم‌ها و اجزای کلیدی و همچنین قابلیت یکپارچه‌سازی سیستم است. دوم، بیشتر الگوهای مورد اشاره [۱۰، ۱۶ و۳۳]، به قابلیت‌های تحقیق و توسعه و نوآوری در محصول و فرآیند ختم می‌شوند، در حالی‌که رسیدن به قابلیت‌های تحقیق و توسعه و نوآوری در محصول در محصولات و سامانه‌های پیچیده دشوار است و تعداد معدودی از شرکت‌های پیشگام در این حوزه‌ها قادرند محصولات کاملاً جدید مبتنی بر تحقیق و توسعه درون‌زا به بازار معرفی نمایند و همان‌طور که در مورد شرکت توگا مشهود است، این شرکت به قابلیت بهبودهای تدریجی بر اساس فعالیت‌های تحقیق و توسعه دست یافته است. سوم، در حالی‌که عمده این الگوها کار خود را با مراحلی چون مونتاژ [۱۹]، تولید قطعات اصلی [۳۳] شروع می‌کنند، الگوی به‌دست آمده در پژوهش حاضر کار خود را با خرید و بهره‌برداری از توربین‌های گازی شروع می‌کند و در مرحله بعد به ساخت و مونتاژ زیرسیستم‌ها و قطعات رسیده و در ادامه به ارتقاء و بهبود برخی مولفه‌ها و پارامترهای عملکردی می‌رسد. در نهایت، الگوی ارایه شده توسط دیترنیت [۱۶] تا حدودی موید الگوی به‌دست آمده پژوهش حاضر است، از این نظر که دانش پایه مشتمل بر قابلیت‌های عملیاتی و بهبودها و نوآوری‌های سطح پایین و متوسط از طریق تقلید و مشارکت و همکاری با کشورهای توسعه‌یافته امکان‌پذیر است، اما دست یافتن به دانش پیچیده که دربرگیرنده نوآوری‌های اساسی و راهبردی است، تنها در سایه سرمایه‌گذاری‌ها و فعالیت‌های چشم‌گیر در زمینه تحقیق و توسعه محقق می‌شود.

از طرفی، از مقایسه یافته‌های این پژوهش با الگوهای به‌دست آمده از مطالعات پیشین در زمینه

محصولات و سامانه های پیچیده به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، نتایج جالب توجهی حاصل که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود: اول، الگوی ارایه شده توسط چادنوسکی و ناگو (بهره برداری و نگهداری سیستم های وارداتی ← بهبود در مولفه ها و تجهیزات ← بهبود در طراحی سیستم)، شباهت زیادی با الگوی به‌دست آمده در این پژوهش دارد [۱۳]. دوم، همانطور که قبلا اشاره شد تیوبال میان قابلیت های ساخت و تولید و قابلیت های طراحی در محصولات پیچیده تمایز قائل است و معتقد است که در کشورهای در حال توسعه میان این قابلیت ها ترتیب و توالی زمانی وجود دارد [۵۳]. این یافته ها با یافته های پژوهش حاضر مطابقت دارد و شرکت مورد مطالعه ابتدا به قابلیت های ساخت و تولید دست یافته است و در ادامه قصد دارد به سمت کسب تدریجی قابلیت های طراحی پیش برود. سوم، یافته های پژوهش حاضر از چند نظر با یافته های لی و یون تطابق دارد [۳۴]. الگوی شناسایی شده در این پژوهش شباهت زیادی به الگوی ساخت قابلیت های فناورانه هواپیماهای نظامی در چین (خرید ← تولید مشترک ← مهندسی معکوس) دارد. آنها معتقدند که نقش شرکای خارجی تاثیر زیادی در انتخاب راهبرد کسب فناوری در کشورهای متاخر دارد، به گونه ای که حضور فعال آنها منجر به انتخاب راهبرد هایی نظیر تولید مشترک یا توسعه مشترک می شود، در حالی که عدم حضور فعال آنها منجر به اتخاذ راهبردهایی مانند مهندسی معکوس می شود. چهارم، الگوی شناسایی شده در این پژوهش با الگوی ارایه شده از سوی کیامهر [۲۶] (مهندسی و شناسایی محصول ← عملیاتی سازی محصول ← طراحی محصول) از نظر ترتیب و توالی زمانی مراحل متفاوت است و الگوی حاضر کار خود را با بهره برداری و عملیاتی سازی آغاز می کند و سپس درصدد ساخت و مونتاژ و همچنین مهندسی محصول است. پنجم، الگوی ارایه شده در این پژوهش موید نظرات مجیدپور [۳۷] است که معتقد است، در محصولات و سامانه‌های پیچیده روش غالب همپایی فناوری همان دنباله روی است و پرش از مراحل در رابطه با برخی فن‌آوری‌های خاص صورت می پذیرد و خلق مسیر جدید تا حد زیادی غیرممکن است.

ششم، از مقایسه الگوی شکل‌گیری قابلیت‌های فن‌آورانه در شرکت توگا و شرکت توربوکمپرسور نفت [۳] به‌عنوان دیگر شرکت سازنده توربین‌های گازی صنعتی در ایران این نتیجه حاصل گردید که الگوهای شکل‌گیری و انباشت دانش و فن‌آوری ساخت توربین‌های گازی در این شرکت‌ها تقریباً مشابه است و الگوی شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه در شرکت توربوکمپرسور نفت متشکل از مراحل ۱) خرید، مونتاژ و بهره‌برداری از توربین‌های وارداتی؛ ۲) ساخت مشترک توربین‌های گازی به صورت تحت لیسانس؛ و ۳) ساخت توربین‌های گازی به‌طور مستقل در شرایط تحریم و به‌روزرسانی و بهبود توربین ها است. البته لازم به ذکر است که شرکت توربوکمپرسور نفت فعالیت خود را چند سال بعد از شرکت توگا شروع کرد و دامنه محصولات آن محدودتر است و توربین‌های گازی صنعتی مورد نیاز برای بکارگیری در ایستگاه‌های تقویت فشار در خطوط انتقال گاز را دربرمی‌گیرد. لازم به ذکر است که شرکت توربوکمپرسور نفت با هدف تکرار تجربه شرکت توگا در صنعت نفت و گاز ایجاد شد تا نیازهای این حوزه

به توربین‌های گازی را پاسخ دهد. از دستاوردهای مهم این شرکت می‌توان به بومی سازی دانش ساخت توربین‌های گازی صنعتی ۲۵ مگاواتی با نام IGT۲۵ اشاره کرد. به‌علاوه، تجربه این شرکت نیز گویای آن است که دولت با اتخاذ سیاست‌های متنوع پویا در زمینه‌های راهبری، سرمایه‌گذاری، خریدهای دولتی و تسهیل‌گیری نقش پررنگ و بی بدیلی در شکل‌گیری و تکامل این صنعت در ایران بازی کرده است. در پژوهشی دیگر صفدری رنجبر و همکاران [۲] به شناسایی پیشران‌های کسب و ایجاد قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در شرکت توربوکمپرسور نفت پرداخته‌اند، در حالی‌که پژوهش حاضر به شناسایی مسیر شکل‌گیری و انباشت قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در شرکت توگا پرداخته است.

به‌عنوان توصیه‌های سیاستی و مدیریتی به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- اول، وجود بازار و تقاضای چشم‌گیر برای یک محصول به‌ویژه محصولات و سامانه‌های پیچیده در داخل کشور می‌تواند و اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه در راستای تجمیع تقاضای داخلی و خریدهای دولتی، علاوه بر افزایش قدرت چانه‌زنی شرکت های داخلی در مقابل شرکت‌های پیشرو خارجی، منجر به توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری در زمینه های تحقیق و توسعه و زیرساخت‌های ساخت، تولید و تست این محصولات می‌شود؛
- دوم، روش انتقال فن‌آوری به‌صورت فاز به فاز روش مناسبی برای کسب قابلیت‌های فن‌آوری از شرکای خارجی و درونی سازی این قابلیت‌ها به‌صورت تدریجی است، به گونه‌ای که کار با درونی‌سازی فن‌آوری‌های کمتر پیچیده آغاز می‌شود و با درونی‌سازی فن‌آوری‌های کلیدی و ساخت و مونتاژ کل محصول در داخل به پایان می‌رسد؛
- سوم، از آن‌جایی‌که طراحی محصولات و سامانه‌های پیچیده نظیر توربین‌های گازی علاوه بر وجود دانش و قابلیت‌های گسترده به زمان و هزینه بسیار زیادی نیاز دارد، گزینه مناسب برای کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، معرفی محصولاتی با ویژگی‌های عملکردی و راندمان بهتر از طریق بروزرسانی محصولات موجود است؛
- چهارم، دست‌یابی به محصولات و سامانه‌های پیچیده در طریق روش مهندسی معکوس صرف تقریباً غیرممکن است و وجود قابلیت‌هایی نظیر یکپارچه‌سازی سیستم و مدیریت پروژه‌های کلان مقیاس نزد شرکت‌های سازنده الزامی است؛
- پنجم، برای کسب موفقیت در زمینه ساخت محصولات و سامانه‌های پیچیده لازم است تلفیقی پویا و هوشمندانه از راهبردهای کسب فن‌آوری دارای منشا بیرونی و درون‌زا صورت پذیرد و سازوکارهای یادگیری فن‌آوری در طول توسعه و تکامل پیدا کنند.

این پژوهش مانند بسیاری از پژوهش ها دارای محدودیت هایی است، که در ادامه به برخی از آنها اشاره می شود:

- اول، پژوهش حاضر الگوی شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه ساخت توربین‌های گازی در شرکت توگا را به‌عنوان یک مطالعه تک موردی مورد بررسی و کنکاش قرار داده است. لذا، یافته‌های این پژوهش قابلیت تعمیم‌پذیری ندارند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود از طریق طراحی و انجام یک مطالعه چندموردی[۱] یا یک مطالعه موردی تطبیقی[۲] در زمینه صنعت توربین گاز مشتمل بر شرکت‌های داخلی و خارجی بویژه در کشورهای در حال توسعه بر قابلیت تعمیم یافته‌های پژوهش افزوده شود.
- دوم، این پژوهش همچون تعدادی پژوهش مشابه بر حوزه انرژی تمرکز کرده است، درحالی‌که پژوهش‌های آتی می‌توانند به مطالعه سایر حوزه‌ها مانند سیستم‌ها و تجهیزات ارتباطات از راه دور، سیستم‌های بانک‌داری الکترونیک، محصولات و سامانه‌های پیچیده نظامی و غیرنظامی بپردازند.
- سوم، این پژوهش به مطالعه یک مورد در ایران پرداخته است، در حالی‌که پژوهش‌های آتی می‌توانند به مطالعه تطبیقی میان این مورد و مواردی از سایر کشورهای در حال توسعه بپردازند که شرایطی متفاوتی از منظر سیاسی و اقتصادی دارند و تاثیر این عوامل بر مسیر شکل‌گیری و تکامل قابلیت‌های فن‌آورانه را بررسی نمایند.
- چهارم، این پژوهش صرفاً مسیر شکل گیری قابلیت‌های فن‌آورانه در یک شرکت سازنده توربین‌های گازی در ایران را به تصویر کشده است. لذا، مطالعه موردی تطبیقی میان الگوهای کسب قابلیت‌های فن‌آورانه و تلاش‌های صورت گرفته در مسیر هم‌پایی فن‌آوری میان شرکت‌های سازنده توربین‌های گازی ایرانی و شرکت‌های رقیب از کشورهای در حال توسعه به‌عنوان موضوعی برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

---

۱ Multiple Case Study
۲ Comparative Case Study

منابع : **References:**

۱. دانایی فرد، حسن (۱۳۸۹). «راهبرد های نظریه پردازی». انتشارات سمت، چاپ دوم.

۲. صفدری رنجبر، مصطفی؛ رحمان سرشت، حسین؛ منطقی، منوچهر؛ قاضی نوری، سروش (۱۳۹۵). «پیشران های کسب و ایجاد قابلیت های فناورانه ساخت محصولات و سامانه های پیچیده در بنگاه های متاخر: مطالعه موردی شرکت توربوکمپرسور نفت (OTC)». فصلنامه مدیریت نوآوری، دوره ۵، شماره ۲.

۳. صفدری رنجبر، مصطفی؛ رحمان سرشت، حسین؛ منطقی، منوچهر؛ قاضی نوری، سید سروش (۱۳۹۵). «الگوی ساخت و انباشت قابلیت‌های فناورانه برای تولید محصولات و سامانه‌های پیچیده در کشورهای در حال توسعه: مطالعه موردی شرکت توربوکمپرسور نفت». فصلنامه مدیریت توسعه فناوری. (در دست چاپ)

۴. طهماسبی، سیامک؛ فرتوک زاده، حمیدرضا؛ بوشهری، علیرضا؛ طبائیان، سید کمال؛ خلجانی، جهفر قیدر. (۱۳۹۵). «مراحل شکل گیری و توسعه قابلیت های فناورانه: مطالعه یک سازمان صنعتی صنایع دریایی». فصلنامه سیاست علم و فناوری. سال هشتم، شماره ۴،صص ۱۹-۳۳.

۵. کیامهر، مهدی (۱۳۹۲). «توانمندی‌های فناورانه عرضه کالاهای سرمایه ای پیچیده در کشورهای در حال توسعه: مطالعه موردی یک شرکت در صنعت برقابی ایران». فصلنامه سیاست علم و فناوری، سال ششم، شماره ۱.

۶. نقی زاده، محمد؛ منطقی، منوچهر؛ نقی زاده، رضا (۱۳۹۴). «همگرایی توانمندی های علمی و فناورانه بازیگران مختلف در توسعه سیستم های تولیدی پیچیده هوایی». فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، دوره سوم، شماره ۲، صص ۲۷-۵۴.

۷. Acha, V., Davies, A., Hobday, M., Salter, A. (2004). “Exploring the capital goods economy: complex product systems in the UK”. Industrial and Corporate Change. Vol. 13, No. 3, pp. 505-529.

۸. Bell, M. and Pavitt, K. (1995) . The Development of Technological Capabilities, in Trade, Technology, and International Competitiveness, Washington, D.C., The World Bank, pp. 69-101.

۹. Bell, M. and Pavitt, K. (1993). “Technological accumulation and industrial growth: Contrast between developed and developing countries”, Industrial and Corporate Change, Vol. 2, pp. 157–210.

۱۰. Bell, M., Figuieredo, P. N. (2012). “Building innovative capabilities in latecomer firms: some key issues”. In: Amann, E., Cantwell, J. (Eds), Innovative Firms in Emerging Market countries. Oxford University Press.

۱۱. Bergek, A., Tell, F., Berggren, Ch. and Watson, J. (2008). “Technological capabilities and late shakeouts: industrial dynamics in the advanced gas turbine industry, 1987–2002”. Industrial and Corporate Change, Vol. 17, No. 2, pp. 335–392.

۱۲. Choung, J. Y., Hwang, H. R. (2007). “Developing the complex system in Korea: the case study of TDX and CDMA telecom system”. International Journal of Technological Learning, Innovation and Development, Vol. 1, No. 2.

۱۳. Chudnovsky, D., Nagao, M. (1983). Capital Goods Production in Third World, London.

۱۴. Davies, A., Hobday, M. (2005). The business of projects (Managing innovation in complex product systems). Cambridge University Press, New York.

۱۵. Dooley, L. (2002). “Case Study Research and Theory Building”. Advances in Developing Human Resources, Vol. 4, No. 3, pp. 335-354.

۱۶. Dutrénit, G. (2007). “The Transition from Building-up Innovative Technological Capabilities to Leadership by Latecomer Firms”. Asian Journal of Technology Innovation, vol. 15, pp. 125-149.

۱۷. Eisenhardt, K., M. (1989). “Building theories from case study research”. Academy of Management Review. Vol. 14, No. 4, pp. 532-550.

۱۸. Eisenhardt, K. M., Graebner, M. E. (2007). “Theory Building from Cases: Opportunities and Challenges”. Academy of Management Journal, Vol. 50, No. 1,pp. 25–32.

۱۹. Hobday, M. (1995). “East Asian Latecomer Firms: Learning the Technology of Electronics”, World development, Vol. 23, pp. 1171–1193.

۲۰. Hobday, M. (1998). “Product complexity, innovation and industrial organization”. Research Policy, Vol. 26, pp. 689–710.

۲۱. Hobday, M., Rush, H., Tidd, J. (2000). “Innovation in complex products and system”. Research Policy, Vol. 29, pp. 793–804.

۲۲. Hobday, M. and Brady, T. (2000). “A fast method for analysing and improving complex software processes”. R&D Management. Vol. 30, No. 1.

۲۳. Hwang, C. Y. (2000). “The aircraft industry in a latecomer economy: the case of south korea”. SPRU, Brighton, University of Sussex, PhD Thesis: 317

۲۴. Islas, J. (1999). “The Gas Turbine: A New Technological Paradigm in Electricity Generation”. Technological Forecasting and Social Change, 60, 129–148.

۲۵. Kiamehr, M., Hobday, M., Kermanshah, A. (2013). “Latecomer systems integration capability in complex capital goods: the case of Iran’s electricity generation systems”. Industrial and Corporate Change, pp. 1–28.
۲۶. Kiamehr, M. (2016). “Paths of technological capability building in complex capital goods: The case of hydroelectricity generation systems in Iran”. Technological Forecasting and Social Change, http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.005.
۲۷. Kiamehr, M., Hobday, M., Hamedi, M. (2015). “Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran’s thermal electricity generation systems”. Research Policy. Vol. 44, No. 6, Pp. 1240–1251.
۲۸. Kim, L. (1980). “Stages of Development of industrial Technology in a LDC: A model”, Research Policy, vol. 9, pp. 254-277.
۲۹. Kim, L. (1997). Imitation to Innovation: the Dynamics of Korea’s Technological Learning, Boston: Harvard Business School Press, 1997.
۳۰.
۳۱. Kim, L. (1999). “Building Technological Capability for Industrialization: Analytical Frameworks and korea's Experience”, Industrial and Corporate Change, vol. Vol.8 No.1, pp. 111-132, 1999.
۳۲. Lall, S. (1990). Building Industrial Competitiveness in Developing Countries. Development Center, Organization for Economic Cooperation and Devekopment: Paris.
۳۳. Lee, K., Lim, C. (2001). “Technological regimes, catching-up and leapfrogging: the findings from Korean industries”. Reserch Policy, Vol. 39, No. 2, pp. 459-483.
۳۴. Lee, K. (2005). “Making a Technological Catch-up: Barriers and opportunities”, Asian Journal of Technology Innovation, Vol. 13, No. 2, pp. 97-131.
۳۵. Lee, J., J & Yoon, H. (2015). “A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry”. Research Policy. Vol. 44, No. 7, pp. 1296–1313.
۳۶. Magnusson, T., Tell, F., Watson, J. (2005). “From CoPS to mass production? Capabilities and innovation in power generation equipment manufacturing”. Industrial and Corporate Change, Vol. 14, No. 1, pp. 1-26.
۳۷. Majidpour, M. (2012). “Heavy duty gas turbines in Iran, India and China: Do national energy policies drive the industries?” Energy Policy, Vol. 41, pp. 723-732.
۳۸. Majidpour, M. (2016). Technological catch-up in complex product system. Journal of Engineering and Technology Management. http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2016.07.003.
۳۹. Majidpour, M. (2016). “International technology transfer and the dynamics of complementarity: A new approach”. Technological Forecasting and Social Change. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.004.
۴۰. Miles, M. B., Huberman, A. M. (1994). Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook. SAGE Publication.
۴۱. Miller, R., Hobday, M., Lerouxdemers, Th., Olleros, X. (1995). “Innovation in Complex Systems Industries: the Case of Flight Simulation”. Industrial and Corporate Change. Vol. 4, No. 2. pp. 363-400.
۴۲. Mowery, D. C., and Rosenberg, N. (1981). “Technical Change in the Commercial Aircraft Industry, 1925-1975”, Technological Forecasting and Social Change. 20, 347-358.
۴۳. Naghizadeh, M., Manteghi, M., Ranga, M., Naghizadeh, R. (2016). “Managing interaction in complex product systems: The experience of IR-150 aircraft design program”. Technological Forecasting and Social Change. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.002.
۴۴. Pack, H., Westphal, L. E. (1986). “Industril Strategy and Technological Change”. Journal of Development Economies. Vol. 4, pp. 205-237.
۴۵. Park, T. Y. (2012). “How a latecomer succeeded in a complex product system industry: three case studies in the Korean telecommunication systems”. Industrial and Corporate Change, Vol. 22, No. 2, pp. 363–396.
۴۶. Prencipe, A. (2000). “Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system”. Research Policy, Vol. 29, pp. 895–911.
۴۷. Ren, Y. T. and Yeo, K. T. (2006). “Research Challenges on Complex Product Systems (CoPS) Innovation”. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 23, No. 6, pp. 519-529.
۴۸. Safdari Ranjbar, M., Rahmanseresht, H., Manteghi, M., Ghazinoori, S. (2017). Key Drivers Affecting Technological Catch-up in Complex Product Systems: Iran’s Gas Turbine Industry. 26th International Association for Management of Technology Conference (IAMOT2017), Vienna, Austria.

۴۹. Safdari Ranjbar, M., Rahmanseresht, H., Manteghi, M., Ghazinoori, S. (2017b). Dynamism of Iran's Government Policies meantime Formation and Evolution of Gas Turbine Industry as a Complex Product System. 14th ASIALICS Conference, Tehran, Iran.

۵۰. Sarantakos, S. (1998). Social research. Second edition. South Melbourne: Macnilon

۵۱. Smil, V. (2007). "The two prime movers of globalization: history and impact of diesel engines and gas turbines". Journal of Global History, 2, pp. 373–394

۵۲. Smil, V. (2010). Prime movers of globalization: The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

۵۳. Teixeira, F., Guerra, O., Ghirardi, A. (2006). "Barriers to the Implementation of Learning Networks in Complex Production Systems: A Case Study on Offshore Oil Rigs", Latin American Business Review, 7:2, pp. 71-92.

۵۴. Teubal, M. (1984). "The role of technological learning in the exports of manufactured gods: the case of selected capital goods in Brazil". World Development. Vol. 12, No. 8, pp. 849-865

۵۵. Watson, J. (2004). "Inflows selection environments, flexibility and the success of the gas turbine". Research Policy. Vol. 33, pp. 1065-1080.

۵۶. Winskel, M. (2002). "When systems are overthrown: the 'Dash for Gas' in the British Electricity Supply Industry". Social Studies of Science. Vol. 32, No. 4, pp. 563-598.

۵۷. Yin, R., K. (2014). Case Study Research: design and Methods. 5th Edition. Sage Publication.

۵۸. Zhang, L., Lam, W., Hu, H. (2013). "Complex product and system, catch-up, and sectoral system of innovation: a case study of leading medical device companies in China". International Journal of Technological Learning, Innovation and Development, Vol. 6, No. 3.