Journal of
Improvement Management
Vol. 13, No. 1, Spring 2019
(Serial 43)

A Conceptual Framework for Lechnological catch up of commercial turbofan engines in Iran based on Meta Synthesis approach

ali Heidari[1], Manochehr Manteghi[2], fakhredin naderi[⋆3], Mohammadreza Esmaili Givi[4]

1- Assistant Professor, Faculty of Management, University of Tehran
2- Professor,Faculty of Management, University of malek ashtar
3- Ph.D Student, Faculty of Management, University of Tehran
4- Assistant Professor, Faculty of Management, University of Tehran

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 Sandlouki 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, IEEEs, 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, complex product systems, Commercial Turbofan Engines, Meta Synthesis, Expert Panel

⋆ Corresponding Author: naderif@ut.ac.ir

ارائه چارچوبی مفهومی برای همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران با بهره گیری از رویکرد فراترکیب

دوره ۱۳ شماره ۱ (پیاپی ۴۳)
بهار ۱۳۹۸

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۱۷)

علی حیدری — استادیار، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
منوچهر منطقی — استاد دانشگاه صنعتی مالک اشتر
فخرالدین نادری ☎ — دانشجوی دکترا ،دانشکده مدیریت ،دانشگاه تهران
محمد رضا اسمعیلی گیوی — استادیار، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران

چکیده

سامانه هواپیما و زیر سیستم‌های آن از جمله موتور، جزو محصولات و سامانه‌های پیچیده محسوب می‌شوند که کالاهایی با فناوری سطح بالا و نیازمند سرمایه‌گذاری سطح بالا هستند. هدف این پژوهش، ارایه مدلی کلی به منظور تبیین عوامل موثر بر همپای فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران – به عنوان یک محصول پیچیده - با تکیه بر الگوگیری از تجارب جهانی در این زمینه است. روش پژوهش در این مطالعه، کیفی و از نوع فراترکیب است. برای گردآوری داده‌ها از روش کتابخانه‌ای، برای تحلیل داده ها از فرایند هفت‌مرحله‌ای متاترکیب ساندلوسکی و باروس و برای صحت سنجی و نهایی‌سازی یافته ها از پنل خبرگان بهره‌گیری شده است. جمعیت مورد مطالعه‌ی پژوهش را تمامی مقاله‌های مرتبط با موضوع پژوهش شامل می شود. بدین منظور، پس از طراحی سؤالات پژوهش، جستجویی نظام‌مند بر اساس کلیدواژه‌های مرتبط- همپایی فناورانه، محصولات و سامانه‌های پیچیده، موتور توربوفن تجاری- در پایگاه‌های داده Scopus، SID، ISC، IEEE، Science Direct و همچنین با کمک موتور جستجوی‌های Elmnet, Googlescholar از میان مقالات انتشاریافته بین سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ صورت گرفته است. با بررسی ۳۱ مقاله از ۱۷۲ مقاله‌ی اولیه، پژوهشگران ۱۱ بعد و ۹۲ مؤلفه را به عنوان عوامل مؤثر بر همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری که در پژوهش‌های مختلف داخلی و خارجی به آن اشاره شده است، شناسایی کردند. بر اساس این عوامل، چارچوبی جامع برای همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران، ارایه و اعتبارسنجی شده است. چارچوب پیشنهادی، می‌تواند به عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی از سوی مدیران و سیاستگذاران و نیز الگویی برای یادگیری در صنعت ذیربط، مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: همپایی فناورانه، محصولات و سامانه‌های پیچیده، موتورهای توربوفن تجاری، فراترکیب، پنل خبرگان

☎ مسئول مکاتبات: Emal:naderif@ut.ac.ir

۱– مقدمه

سامانه هواپیما و زیر سیستمهای آن از جمله موتور، جزء محصولات پیچیده[1] محسوب می‌شوند (رن و یو، ۲۰۰۶). محصولات و سامانه‌های پیچیده، کالاهایی با فناوری سطح بالا و نیازمند سرمایه گذاری سطح بالا هستند (دیویس و هابدی، ۲۰۰۵). صنعت هوایی یک صنعت استراتژیک – در حوزه سامانه محصولات پیچیده است که مزایای متعددی را در قالب اشتغال، استقلال، امنیت، عرضه فن آوری‌های جانبی و دفاع ملی به بار می‌آورد (هارتلی، ۲۰۱۱). این صنعت برای کشورهای توسعه‌یافته، به عنوان یک دارایی استراتژیک حیاتی برای اقتصاد ملی و امنیت و همچنین ایجاد فرصت‌های شغلی جدید در یک بخش صنعتی با ارزش افزوده بالا محسوب می‌شود (الشایقی و اشاب، ۲۰۱۵). با این حال، کشورهای در حال توسعه معمولا به دلیل عدم توانایی در این حوزه مستقلا مسیر توسعه فناوری را انتخاب نمی‌کنند و از رهبران فناوری در صنعت هدف خود پیروی می‌کنند (جیانگ و همکاران ۲۰۰۸).

جهانی شدن گردشگری و تجارت، دو پیشران قوی برای رشد پایدار سفرهای هوایی هستند (می و هیل، ۲۰۰۴). بر این اساس، گسترش روز افزون صنعت حمل و نقل هوایی در دهه‌های اخیر در جهان به عنوان یکی ازمهمترین محورهای رشد کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مطرح شده و از جایگاه ویژه ای در برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و تکنولوژیکی این کشورها برخوردار است (سقایی، ۱۳۸۸). صنایع با پیچیدگی و وابستگی‌های متقابل، مانند بخش هوا فضا، نیازمند طیف گسترده‌ای از دانش هستند، که فعالیت‌ها و فناوری‌های متنوعی را پوشش می‌دهد (هاروی و هالدزورت، ۲۰۰۵). کشورهای درحال توسعه در حال‌حاضر، از سازوکارهای مختلفی برای تسهیل انتقال دانش و فناوری هوافضا (ازجمله سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه گذاری‌های مشترک) استفاده می‌کنند؛ اگرچه هنوز به‌طور کامل نتوانسته‌اند از مزایای انتقال دانش به صنایع ذیربط بهره‌مند شوند (الشایقی و اشاب، ۲۰۱۵).

در ایران نیز، بخش حمل و نقل هوایی باتوجه به موقعیت جغرافیایی و افزایش روز افزون تقاضا، به عاملی کلیدی در روند توسعه بدل شده و برنامه ریزی و انجام مطالعات در این حوزه نیازی مبرم به شمار می‌رود؛ این کشور، با جمعیت هشتاد میلیونی و وسعت جغرافیایی گسترده، در حال حاضر نیازمند حدود ۴۰۰ هواپیمای مسافربری تجاری برای پاسخگویی به نیاز داخل و ارایه خدمات است (وزیری، ۱۳۸۶). با وجود این، تلاش‌های چندین ساله کشور ایران برای خرید هواپیمای تجاری بدلیل تحریم‌های بین المللی به نتیجه نرسیده است.

از این‌رو، موضوع طراحی و ساخت و بومی‌سازی هواپیمای مسافربری از سوی جامعه دانشگاهی و متخصصین این حوزه، بیان شده است. حجم بازار و نیازگسترده کشور به هواپیماهای مسافربری و

[1] Complex Product Systems

اهمیت سرریز[2] این فناوری برای تقویت دیگر حوزه‌های استراتژیک و حیاتی، از جمله اقتدار دفاعی، باعث توجیه ورود کشور ایران به زنجیره ارزش آفرین این صنعت گردیده است؛ از طرفی تنوع زیاد فناوریها، شکاف فناوری، الزامات و استانداردهای بین المللی وتحریم‌های بین‌المللی در مقابل منابع محدود کشور، باعث شده است که ورود به این حوزه بسیار چالش‌برانگیز و دشوار باشد. درنتیجه، شناسایی عوامل و مولفه‌های کلیدی موثر در همپایی فناورانه[3] در حوزه محصولات پیچیده و نیز طراحی چارچوبی مفهومی برای اکتساب فناوری در این زمینه - به مثابه نقشه راهنمایی برای تدوین توصیه‌های سیاستی - ضرورتی گریزناپذیر در این عرصه است.

باتوجه به گستره و دامنه مطالعات مشابه پیشین در زمینه‌های مرتبط، یکی از شیوه‌های دقیق برای جمع‌بندی نتایج پژوهش‌ها، روش فراترکیب شناخته شد. این روش، به‌شیوه‌ای ساختارمند از یافته‌های استخراج‌شده از مطالعات کیفی مرتبط با موضوع تحقیق استفاده می‌کند و از یکپارچه‌سازی چندین مطالعه، برای ایجاد یافته‌های جامع و تفسیری بهره می‌گیرد (کمالی، ۱۳۹۶). به‌تناسب، این مقاله نیز کوشیده است تا از تحلیل و ترکیب یافته‌های پژوهش‌های دست اول، برای ترسیم مدل یا چارچوبی مفهومی درخصوص موضوع خود، بهره جوید. یک مدل مفهومی، درواقع نمایشی از سیستم توسط ترکیبی از مفاهیم است که برای کمک به درک، فهم یا شبیه‌سازی یک موضوع استفاده می‌شود و توصیفی کیفی یا کمی از مولفه‌ها، روابط میان آنها و مرزهای سیستم ارایه می‌دهد (سوکولوسکی و بنکز، ۲۰۱۰). بر این اساس، مقاله حاضر، کوششی برای شناسایی این مفاهیم و عوامل از طریق تحلیل مطالعات و تجربه‌های مستندشده در سطح جهان در این زمینه و ارایه مدلی جامع و نظام‌مند برای همپایی فناورانه در حوزه موتورهای توربوفن تجاری[4] بر اساس یافته‌های حاصل است. بدین منظور پس از مروری بر مفاهیم نظری و پژوهش های پیشین در حوزه محصولات و سامانه های پیچیده و همپایی فناوری، تجارب جهانی و داخلی در حوزه موتورهای توربوفن تجاری واکاویده شده و سپس در قالب روش شناسی فراترکیب، به استخراج اطلاعات، تحلیل یافته ها و جمع بندی آنها در چارچوب مدل همپایی فناورانه برای موتورهای توربوفن تجاری در ایران پرداخته شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- محصولات و سامانه‌های پیچیده

محصولات و سامانه های پیچیده، کالاهای سرمایه‌ای گران‌قیمت و دارای فناوری پیشرفته هستند که در قالب پروژه‌ها و دسته‌های کوچک با هدف پاسخگویی به نیاز مشتریان خاص، تولید می‌شوند؛ این محصولات ارزش اقتصادی بالایی برای تولیدکننده و مشتری دارند؛ ساختار آنها پیچیده است و از

[2] Spillovers
[3] Technology Catch up
[4] Commercial turbofan engines

زیرسیستم‌ها و مؤلفه‌های متعدد و متنوع و مرتبطی تشکیل شده‌اند؛ دارای کارکردهای مهم و حیاتی و چندگانه‌ای هستند؛ نیازمند سطح بالایی از هماهنگی و همکاری در طول مراحل طراحی، تولید و بهره برداری هستند؛ به دانش و مهارت‌های وسیع و عمیقی نیاز دارند؛ معمولاً دربرگیرندۀ نرم‌افزارهای پیچیده هستند؛ دورۀ عمر طولانی دارند و نیازمند سطح بالایی از یکپارچه سازی سیستم هستند (صفدری رنجبر و همکاران،۲۰۱۶). هواپیما، موتور هواپیما، قطارهای سرعت بالا، توربین‌های صنعتی، سیستم‌های بزرگ مخابراتی و فرودگاهی نمونه‌هایی از محصولات و سامانه‌های پیچیده هستند (رن و یو، ۲۰۰۶). هواپیمای جت تجاری، یک محصول پیچیده با قابلیت‌های فناورانه بسیار سطح بالاست (لی و یون، ۲۰۱۵) که از چهار بخش مهم یعنی بال و بدنه، موتور توربوفن، اویونیک و ارابه فرود، تشکیل شده است. موتور هواپیما، پیچیده ترین بخش این سامانه است و کشوری که بتواند فناوری این بخش را اکتساب کند به راحتی به بخش‌های دیگر خواهد رسید (برزگر، ۱۳۹۵). همپایی فناورانه در سامانه‌های محصول پیچیده، فرایندی بسیار چالش‌برانگیز (مجیدپور، ۲۰۱۶) و بسیار متفاوت از پارادایم تولید انبوه در کالاهای تجاری است (ددهایر و همکاران، ۲۰۱۴). ایده جهش فناورانه، درباره چگونگی کم کردن شکاف موجود در قابلیت‌های فناورانه و نوآورانه بنگاه‌ها و اقتصادهاست (بل و فیگوردو، ۲۰۱۲).

توان طراحی و تولید موتورهای توربوفن تجاری بعلت پیچیدگی خاص محصول، نیروی انسانی بسیار ماهر، حجم سرمایه گذاری تحقیق و توسعه بسیار بالا، زمان بازگشت سرمایه گذاری طولانی، تولید دقیق در تیراژ پایین (بجای تولید انبوه) به همراه تنوع بالای قطعات و فناوری‌های مورد نیاز، تنها در انحصار تعداد محدودی از کشورهای مطرح دنیاست و سرمایه گذاری در این بخش با وجود دارا بودن یکی از بالاترین ارزش افزوده‌ها در تمامی حوزه‌های صنعتی، بعلت ریسک بالا و دوره بازگشت سرمایه طولانی مدت، محتاطانه انجام می گیرد (هارم وهانس، ۲۰۰۷). از طرف دیگر شرکت‌های انگشت شمار و بزرگی که در این کشورهای محدود، در حوزه طراحی و تولید موتورهای هوایی فعالیت دارند جهت کاهش هزینه، ریسک و زمان دستیابی به محصول با یکدیگر پیمان همکاری مشترک دارند (هابدی، ۱۹۹۵). این رویکرد یکی از استراتژی‌های مهم سیستم‌های تولید با حجم کم و تنوع بالای قطعات است که باعث می شود حداکثر استفاده ازظرفیتهای سرمایه گذاری شده انجام پذیرد و حجم سرمایه گذاری مورد نیاز بین شرکا سرشکن و تقسیم شود (پاول و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۲- همپایی فناورانه

پس از مروری کوتاه بر جایگاه موتور توربوفن تجاری به عنوان نمونه شاخصی از یک محصول یا سامانه پیچیده، در این بخش به ارزیابی و واکاوی مفهوم "همپایی فناورانه" خواهیم پرداخت. آشنایی با تعاریف و ویژگی‌های این مفهوم، زمینه لازم را برای شناخت ابعاد و مولفه‌های موثر بر آن فراهم می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد برای کاهش زمان و هزینه اکتساب فناوری، کشور و یا شرکتهای

متاخر[5] از روش میانبر زدن و یا جهش سریع فناوری برای همپایی فناورانه با کشور و یا شرکتهای رهبر استفاده می‌کنند و مسیر رشد بسیاری از کشورهای درحال توسعه به توسعه یافته به کمک همپایی فناورانه میسر می‌شود. در فرآیند همپایی فناورانه بنگاه‌ها به دنبال طی کردن مسیر رشد و توسعه فناورانه با سرعتی به مراتب بیشتر از بنگاه‌های پیشرو می‌باشند (رادوسویک، ۱۹۹۹). در حالیکه در اکثر مدل‌ها همپایی فناورانه فرآیندی تدریجی و تکاملی معرفی شده است. لی و لیم (۲۰۰۱) در تحقیقات متوجه شدند در برخی موارد به دلیل تغییر پارادایم فناوری یا انقطاع فناورانه[6] فرصت میان بر زدن برای شرکت‌های متاخر برای کوتاه کردن مسیر همپایی فناورانه فراهم می‌شود (لی و لیم، ۲۰۰۱). اگرچه پژوهش مجیدپور (۲۰۱۶) نشان داده است که به دلیل رژیم‌های فناورانه و بازار خاص، مدل غالب برای همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده، دنباله روی است و همپایی فناورانه از طریق خلق مسیر جدید در محصولات و سامانه‌های پیچیده تقریبا غیرممکن است (مجیدپور، ۲۰۱۶)

بنابراین، عامل اولیه همپایی فناورانه جذب فناوری موجود از کشورهای پیشرفته یا شرکت‌های پیشرو توسط شرکت‌های متاخر می‌باشد (سانگ و وو، ۲۰۰۱). ولی این دسترسی همیشگی نمی‌باشد، در زمانی که فاصله فناورانه شرکت‌های متاخر و پیشرو کم شود، علاقه مندی شرکت‌های پیشرو برای انتقال فناوری به شرکت‌های متاخر کاهش می‌یابد. در نتیجه همپایی فناورانه یک مسیر خطی را طی نمی‌کند (سان وهمکاران، 2009). برای بلوغ سازمان و ورود به مرحله پس از همپایی[7] لازم هست ساختار و فرآیندهای سازمانی به شکل بنیادی اصلاح شود و نهادهای داخل سازمان تغییرات اساسی پیدا کنند (چانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۳- همپایی فناورانه در محصولات و سامانه های پیچیده

آشنایی اولیه با مفهوم همپایی فناورانه در بخش پیش، ما را برای ورود به بحث "همپایی فناورانه در حوزه محصولات و سامانه‌های پیچیده" و به‌طور خاص "موتورهای توربوفن تجاری" آماده کرده است.

لی و یون (۲۰۱۵) 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 در حال توسعه یعنی چین، برزیل و کره جنوبی پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که این سه کشور از روش‌های مختلفی برای کسب قابلیت‌های فناورانه استفاده کرده اند و همچنین بیان می کنند که نقش بنگاه‌ها و شرکای خارجی و سیاست‌های دولت در اتخاذ روش‌های کسب قابلیت‌های فناورانه

[5] Latecomers
[6] Technological Discontinuity
[7] Post Catch up

تاثیرگذار است. در کشور برزیل نقش دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی دولتی در توسعه محصول پیچیده هواپیمای نظامی محسوس بود. این در حالیست که کره جنوبی همکاری فناورانه با شریک خارجی را به عنوان مسیر اصلی همپایی فناورانه استفاده کرد. به بیان دیگر کره جنوبی سعی کرد توانمندی‌های خود را از طریق ساخت و صادرات اجزا برای یکپارچه کننده‌های بین المللی افزایش دهد. در چین نقش مهندسی معکوس در دستیابی به دانش ساخت هواپیماهای نظامی پر رنگ است (لی و یون، ۲۰۱۵).

از این رو، برای همپایی فناورانه با توجه به زمینه فعالیت، ماهیت فناوری و سطح پیچیدگی، مدلهای مختلفی ارایه شده است و این روش‌های با در نظر گرفتن زمینه (سیاست‌ها و شرایط کشور هدف) و صنعت مورد نظر می‌تواند کاملا متفاوت باشد (رادوسویک، ۱۹۹۹). هابدی (۱۹۹۵) مدل مناسب همپایی فناورانه را برعکس مدل استاندارد نوآوری معرفی می‌کند. مدل وی به چرخه عمر معکوس فناوری معروف می‌باشد. در مدل کیم (۱۹۹۹) به طور خلاصه شرکت متاخر سه فاز تقلید و کپی برداری[8]، تقلید خلاقانه[9] را پشت سر و به مرحله نوآوری در سطح فناوری‌های نوظهور خواهد رسید (کیم، ۱۹۹۹). مسیر دیگری نیز توسط گو و استینمولر (۱۹۹۶) در بررسی مسیر جهش فناوری شرکت‌های چینی شناسایی شده است. در این مسیر ایجاد توانمندی ساخت و تولید به صورت موازی با توانمندی طراحی توسعه پیدا می‌کند. (گو و استینمولر، ۱۹۹۷) . در مدل رادوسویک (۱۹۹۹) شرکت متاخر برای ارتقای موقعیت در شبکه و همپایی فناورانه باید پنج فاز را پشت سر گذارند. در فازهای یک و دو، بهبود بیشتر بر فناوری‌های نرم مانند سازماندهی و مدیریت تمرکز دارد و نیاز به سرمایه گذاری‌های فیزیکی محدود دارد. بهبود در فازهای سه و چهار به سرمایه گذاری‌های فیزیکی قابل توجه، تامین مالی بلند مدت و احاطه به فناوری‌های سطح بالاتر دارد. در فاز پنجم سازمان تحت برند خود صادرات بین المللی خواهد داشت (رادوسویک، ۱۹۹۹) . در هر حالت، مدیریت و یکپارچه سازی سیستم در توسعه محصولات و سامانه‌های پیچیده؛ دارای اهمیت کلیدی است (نقی زاده و همکاران، ۲۰۱۶)

حساسیت های فنی فناوری موتورهای هوایی که معمولا در کشور ما با زمینه‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی گره می‌خورد ضرورت نگرش آینده‌نگاری جهت تعیین چشم انداز مناسب، مسیر رسیدن به آن چشم انداز، برجسته کردن چالش‌ها و آمادگی برای مواجهه با آنها را دوچندان می‌کند. در این راستا شناسایی و دسته بندی مهمترین عوامل موثر بر همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران با استفاده از روشهای نوین علمی می‌تواند گامی بنیادین در مسیر تحقق این چشم

[8] Duplicative Imitation
[9] Creative Imitation

انداز به شمار رود و برای مدیران و سیاست‌گذاران، مبنایی برای تصمیم گیری‌های راهبردی در حوزه فناوری‌های پیچیده فراهم آورد.

۳– زمینه پژوهش

۳–۱– تجارب جهانی در حوزه موتورهای توربوفن تجاری

پیش از پرداختن به ابعاد و مولفه‌های ضروری برای همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری، نگاهی خلاصه به تجارب جهانی شرکت‌های پیشرو در حوزه موتورهای توربوفن تجاری می‌تواند بسیار سودمند باشد؛ هواپیماهای جت تجاری با توجه به ظرفیت مسافر و برد پروازی معمولا به سه دسته پهن پیکر[۱۰]، باریک پیکر[۱۱] و جتهای منطقه ای[۱۲] تقسیم می‌شوند. بیش از ۶۰ درصد نیاز بازار جهانی هواپیماهای تجاری، مربوط به هواپیمای باریک‌پیکر تک‌راهرو است. میزان تراست (توان موتور) مورد نیاز هواپیما با توجه به پارامترهای طراحی هواپیما مانند وزن خالص هواپیما، وزن بار و مسافر، وزن سوخت قابل حمل و بر اساس ماموریت پروازی تعیین می‌شود، به همین دلیل هواپیمای ۱۵۰ نفره، مجهز به موتورهایی با توان در محدوده ۲۵۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ پوندی می‌باشند.

جنرال الکتریک بزرگترین شرکت تولید کننده انواع موتورهای توربینی با کاربری‌های متفاوت و در اندازه‌های مختلف است. در نوآوری هوایی حرف اول را می‌زند، نمونه‌های چون ساخت اولین موتور جت آمریکایی، ساخت اولین موتور توربوجت که قادر به عملیات در سرعت‌های دو تا سه برابر صوت و تولید اولین موتور جت توربوفن با ضریب کنار گذر بالا برای حوزه تجاری، گواه این ادعاست. در سال ۱۹۷۱ با تولید موتور جدید CF6که از فناوری ضریب کنار گذر بالا بهره می‌جست، بازار هواپیماهای تجاری پهن پیکر را در انحصار گرفت، در سال ۱۹۹۰ با ورود موتورهای شرکت رولزرویس برای هواپیمای پهن پیکر، GE90 را به عنوان بزرگترین موتور تجاری جهان معرفی کرد و در سالهای اخیر G9Xرا به عنوان پیشرفته ترین موتور معرفی کرده است، مشارکت این شرکت با شرکت اسنکمای فرانسوی در سال ۱۹۷۴ منجر به تاسیس شرکت CFM برای طراحی وتولید موتور هواپیماهای باریک پیکر شد (ماوری، ۱۹۹۰).

شرکت رولزرویس پی ال سی، پس از جنرال الکتریک آمریکا، دومین شرکت بزرگ جهان در زمینه ساخت موتورهای توربینی است. مزیت رقابتی این شرکت ناشی از نوآوری بی‌نظیر طراحی موتورهای سه شفت[۱۳]است که باعث شده محصولات خانواده ترنت[۱۴] با کیفیت ترین موتورهای هواپیماهای پهن

[10] wide-body aircraft
[11] Norrow-body aircraft
[12] Reginal Jet
[13] Three spool
[14] Trent family

پیکر شوند، بازار موتور هواپیماهای پهن پیکر در انحصار شرکت‌های جنرال الکتریک و رولز رویس است (بوناکورسی، ۲۰۰۲).

پرت اند ویتنی دیگر شرکت باسابقه در زمینه موتورهای پیشرفته توربینی است اگر چه محصولات نظامی این شرکت معروف تر هستند اما سعی نموده از سرریز فناوریهای نظامی در توسعه محصولات تجاری استفاده کند و سهم بازار مناسبی از هواپیماهای کوچک و متوسط دارد . سال ۱۹۹۶ با همکاری شرکت جنرال الکتریک به حوزه طراحی و ساخت موتورهای هواپیمایی پهن پیکر (ازجمله ایرباس A380) وارد شده است. نوآوری گیرفن[15] برای موتورهای توربوفن تجاری که این شرکت توسعه توسعه داده، در بین رقبا بی نظیر است به‌طوریکه با کاهش دور فن نسبت به کمپرسور به مقدار یک سوم، مصرف سوخت را ۱۲ در صد کاهش می‌دهد (بوناکورسی، ۲۰۰۲).

کنسرسیوم بین المللی سی‌اف‌ام[16] نیز همکاری مشترک شرکت جنرال الکتریک از آمریکا و شرکت اسنکما فرانسه می‌باشد. این شرکت مشترک تاکنون ۳۰۷۰۰ دستگاه موتور را به ۵۷۰ کاربر تحویل نموده‌است و تعداد ۱۳۷۰۰ دستگاه موتور نیز در لیست سفارش‌های آن موجود است. هواپیماهای مجهز به موتورهای CFM (از جمله انواع مدل‌های هواپیمای بویینگ و ایرباس) به طور متوسط هر ۵ ثانیه یکبار از فرودگاه‌های سراسر جهان برخاست می‌کنند(گودمانسون، ۲۰۱۴).در حال حاضر چهل درصد کل بازار تجاری و هفتاد در صد بازار هواپیمایی باریک پیکر را در اختیار دارد(فلایت گلوبال، ۲۰۱۸).

همچنین، کنسرسیوم بین‌المللی موتورهای هوایی[17] با مشارکت برابر چهار شرکت مطرح پرت اند ویتنی، رولز رویس انگلستان، شرکت موتور توربین MTU آلمان و کنسرسیوم موتورهای هوایی ژاپن[18] با هدف طراحی و تولید موتور هواپیمای ۱۵۰ نفره باریک پیکر تک راهرو، در سال۱۹۸۳ تشکیل شد و طی سال‌های بعد در حال توسعه موتورهای پیشرفته هوایی (موتور V2500) با بالاترین کیفیت و قابلیت اطمینان بوده‌اند (دوساج و گرت، ۱۹۹۵). حدود نود درصد بازار موتورهای این کلاس هواپیما درتصاحب دو کنسرسیوم بین المللی سی اف ام با موتور CFM56 و موتورهای هوایی بین‌المللی با موتورV2500 است(فلایت گلوبال، ۲۰۱۸). این دو سعی می‌کنند با بهره گیری از توانمندیهای فناورانه مکمل، آخرین فناوری‌های روز خود را برای ارتقای محصولات استفاده کنند، شرکت سی اف ام در حال جایگزینی موتور جدید Leap به جای CFM56 است (گودمانسون، ۲۰۱۴).

کشورهای روسیه، چین و برزیل علارغم دستیابی به فناوری طراحی و ساخت هواپیمای تجاری، در زمینه طراحی موتورهای هوایی تجاری موفق نبوده اند.روسیه علارقم سابقه همسان با شرکتهای

[15] Gear Fan
[16] CFM International
[17] IAE: International Aero Engines
[18] Japanese Aero Engine Corporation

امریکایی نامبرده و هم ترازی فناوری در بخش نظامی و ایجاد کنسرسیوم تولید موتور ملی[19] (جهت استفاده از همه ظرفیتهای ملی و مدیریت یکپارچه منابع با هدف رفاقت در سطح ملی و رقابت در سطح بین الملل) هنوز نتوانسته است قابلیت اطمینان و استاندارد جهانی موتور هواپیمایی تجاری باریک پیکر ایرکات[20] ساخت خود را از آژانس ایمنی هوانوردی اروپا[21] کسب کند . در بخش موتور جت‌های منطقه ای با همکاری شرکت اسنکمای فرانسه تا حدودی موفق بوده است (لوزانو و اریکسن، ۲۰۱۵).کشور چین نیز علارقم نیاز بازار، حمایت همه جانبه دولت و تمایل سرمایه گذاری ۴۰ میلیارد دلاری برای انتقال فناوری و بومی‌سازی موتور هواپیمای باریک پیکر، هنوز موفق عمل نکرده است و جاذبه حجم بازار، در حال حاضر فقط رهبران فناوری را به مشارکت در مونتاژ و تعمیر و نگهداری سوق داده است. (نولان و ژانگ، ۲۰۰۲).

جدول ۱: مقایسه استراتژِی توسعه فناوری موتورهای هوایی در کشورهای جهان

کشورهای صاحب برند	امریکا	نوآوری، طراحی و تولید وهمکاری مکمل شرکتهای داخلی با یکدیگر و یا رقبای اروپایی
	انگلیس	نوآوری، طراحی و تولید وهمکاری مکمل با رقبای خارجی
	فرانسه	نوآوری، طراحی و تولید وهمکاری مکمل با رقبا
کشورهای درحال ایجاد برند	روسیه	نوآوری، طراحی و تولید وهمکاری مشترک با فرانسه
	اکراین	نوآوری، طراحی و تولید وهمکاری مشترک با روسیه
	آلمان	ورود به زنجیره ارزش کشورهای رهبر ، سرمایه گذاری در توسعه فناوریهای هسته موتورهای تجاری و ورود به کنسرسیوم بین المللی تولید موتورهای هواپیمای باریک پیکر
	ژاپن	ورود به زنجیره ارزش کشورهای رهبر ، توسعه فناوریهای حیاتی هسته موتورهای تجاری و ورود به کنسرسیوم بین المللی تولید موتورهای هواپیمای باریک پیکر
کشورهای در حال توسعه	چین	مهندسی معکوس، جابجایی کارشناسان، تولید تحت لیسانس، ،همکاری مشترک،سرمایه گذاری کلان برای جذب صاحبان برند جهت همکاری مشترک با صنایع داخل و ... .
	کره جنوبی	ورود به زنجیره ارزش کشورهای رهبر با هدف همکاری فناورانه جهت افزایش توانمندی
	ایران	انتقال فناوری موتور توربو پراپ از کشورهای دوم با هدف بومی‌سازی ورود به حوزه طراحی مفهومی موتور هواپیمایی باریک پیکر

کشورهای جهان را می‌توان از منظر راهبرد توسعه فناوری موتورهای تجاری همانطور که در جدول۱ نشان داده شده، به سه دسته تقسیم نمود. دسته اول شامل کشورهای امریکا، انگلیس و فرانسه که فرایند نوآوری، نمونه‌سازی، تست، و تولید انبوه را با همکاری با یکدیگر انجام می‌دهند و

[19] United Engine Corporation
[20] Irkut MC-21(Engine:Aviadvigatel PD-14)
[21] European Aviation Safety Agency

استانداردهای جهانی صلاحیت پرواز را تدوین می‌نمایند، این کشورها صاحب نشان تجاری بین المللی و سهم بازار قابل توجه هستند. در دسته دوم اتحاد جماهیر شوروی، قبل از فروپاشی، موتورهای تجاری را برای خود و کشورهای هم پیمان تحت استاندارد خاص خود تولید می‌کرد، پس از فروپاشی، موتورهای تجاری تولید کشورهای روسیه و اکراین نتوانستند استانداردهای رقبای غربی را کسب کنند و عملا از گردونه زنجیره تامین موتور خارج شدند.کشورهای آلمان و ژاپن علارقم توانمندی بالا، محدودیتهای تحمیلی جنگ جهانی دوم اجازه ورود به این حوزه را از آنها سلب کرده است، با وجود این توانستند با اهرم کردن توانمندی توسعه فناوری صنایع پیشرفته، بعضی از فناوری‌های حیاتی مورد نیاز موتورهای نسل جدید طراحی شده در کشورهای انگلیس و امریکا را سریعتر از خودشان توسعه دهند و به همکار مشترک آنها تبدیل شوند که ماحصل آن کنسرسیوم بین المللی موتورهای هوایی با محصول V2500 با مشارکت امریکا، انگلیس، ژاپن و آلمان است. در دسته سوم کشور چین از سال ۱۹۵۶ تا به حال بالغ بر چهل نوع موتور مورد نیاز بخش نظامی خود را تولید کرده است. این کشور همه راهبردهای اکتساب فناوری موتورهای هوایی از جمله مهندسی معکوس، انتقال فناوری،همکاری مشترک،سرمایه گذاری مشترک،خرید دانش فنی و جذب متخصصان غربی را امتحان کرده است. سیاستهای بومی‌سازی فناوری موتورهای هوایی کشور چین با محصولات سبک و حساسیت کمتر شروع شده است و سعی می‌کند با یادگیری فناوری و افزایش ظرفیت جذب به بومی‌سازی محصولات بزرگتر و حساس تر جهش فناورانه[22] داشته باشد. این کشور در تلاش است در یک برنامه بلند مدت با سرمایه گذاری بالغ بر ۱۶۰ میلیارد دلار کشورهای صاحب فناوری را وادار کند در سه گام، توسعه سه موتور تجاری CJ-500، CJ-1000 و CJ-2000 را برای سه هواپیمای جت منطقه ای،باریک پیکر و پهن پیکر بومی نماید. شرکت سی اف ام، در مناقصه تولید موتورCJ-1000 برای هواپیمای باریک پیکر C919 برنده شده و مونتاژ وساخت برخی قطعات موتور درقالب سرمایه‌گذاری مشترک با تولیدکنندگان چینی انجام می‌شود. پیش‌بینی می‌شود علی رغم تلاشهای علمی و فنی چین درراستای انتقال فناوری تولید موتور، لااقل در ۲۰ تا ۲۵ سال آینده موتورهای خارجی همچنان در بازار چین حضور داشته باشند. کشورهای کره جنوبی و هندوستان، وارد زنجیره تامین کشورهای دسته اول شده و راهبرد همپایی فناورانه را در پیش گرفته اند.کشور کره توسعه فناوری موتورهای هوایی را به شرکت بزرگ سامسونگ واگذار کرده است، در این کشور فرهنگ کار بزرگ و پیچیده توسط شرکت بزرگ و درخور مرسوم شده است.

هر شرکت طراح و تولید کننده موتورهای هوایی دارای یک مرکز تست طراحی و نمونه سازی است علاوه بر این یکی از الزامات اولیه حرکت هر کشور به سمت بومی‌سازی موتور توربوفن تجاری ایجاد مرکز تست ملی برای اعطای گواهینامه و تستهای صلاحیت پرواز است که همه کشورهای رهبر

[22] Leapfrogging

بازار این کار را انجام داده اند و شرط لازم است. این مراکز تحت نظارت سازمان های هوانوردی جهانی برای شبکه تامین و تولید قطعات موتورهای هوایی نیز گواهینامه صلاحیت پرواز صادر می‌نمایند. معمولا سه نوع تست برای فرایند طراحی، تولید و کاربری موتورهای هوایی شامل: تستهای توسعه طراحی[۲۳]، تست اجزاء[۲۴] و تست‌های گواهینامه صلاحیت پرواز[۲۵] مورد نیاز است که همه این آزمایش‌های بسیار پیشرفته در مراکز تست ملی موتور در کشورهای صاحب فناوری ذیربط انجام می‌شود. آزمایشگاه تست گلن[۲۶] و آرنولد[۲۷] در امریکا، سیام[۲۸] در روسیه و دی ال آر در آلمان پیشرفته ترین مراکز دنیا هسند. اخیرا کشورهای هند و چین به سرعت در حال تجهیز مراکز تست ملی برای توسعه صنعت موتورهای هوایی خود در شهرهای بنگلور و شانگهای می‌باشند (کاریکو، ۲۰۱۱).

۳-۲- تجارب داخلی در حوزه موتورهای توربوفن تجاری

پس از مروری کوتاه بر تجارب مهمترین کشورها و شرکت‌های حوزه موتورهای توربوفن در عرصه جهانی، از آنجا که موضوع پژوهش حاضر ارایه چارچوبی برای همپایی فناورانه در ایران است، نگاهی به نیازها، کوشش‌ها و تجارب ایران در این زمینه نیز ضروری می‌نماید. به‌طور کلی، حجم بازار و نیازگسترده ایران به موتورهای توربوفن تجاری مسافربری، عدم دسترسی به بازارهای جهانی در این حوزه و اهمیت سرریز این فناوری برای تقویت دیگر حوزه‌های استراتژیک و حیاتی و البته محدودیت منابع کشور، ضرورت برنامه‌ریزی بلندمدت و تدوین نقشه راه فناوری در این حوزه را توجیه می‌کند.

شرکت صنایع هواپیمایی ایران (صها) یکی زیرمجموعه‌های سازمان صنایع هوایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، در سال ۱۳۴۹ با مشارکت کشور امریکا، به منظور تعمیرات اساسی ناوگان هواپیماهای تجاری و نظامی تاسیس شده است. یکی از زیر مجموعه‌های این شرکت، صنعت تعمیرات موتور است که در آن زمان مجهز به پیشرفته ترین مرکز آزمایشگاه تست انواع موتورهای هوایی با قدرت‌های مختلف شده است (میگیلیتا، ۲۰۰۲). این شرکت، با شروع تحریمهای ظالمانه غرب، برای پشتیبانی و ساخت قطعات موتورهای هوایی، صنعت ساخت و موتورهای توربینی (سمت) را در سال ۱۳۷۲راه‌اندازی نمود. این صنعت دارای دفتر طراحی و بخش‌های مختلف پشتیبانی وساخت قطعات موتورهای هواپیمای داخل کشور است. به علت نیاز کشور به موتورهای مینی توربوجت و مینی توربوفن طراحی و ساخت آنها را با موفقیت انجام داد. پس از انعقاد قرارداد انتقال فناوری هواپیمای مسافربری توربوپراپ ۵۲ نفره کشور اکراین با کشور ایران، مسولیت انتقال فناوری موتور توربوپراپ

[23] Design Test
[24] component tests
[25] Airworthiness Certificate
[26] NASA Glenn Research Center
[27] Arnold Engineering Development Complex
[28] Central Institute of Aviation Motors

TV3 از شرکت موتورسیچ به این صنعت واگذار شد که در ادامه به عنوان تنها تجربه موتور تجاری در کشور آنرا بررسی خواهیم کرد. به لحاظ اهمیت موتور در سال ۱۳۹۰ دولت وقت این صنعت را به یک شرکت مستقل تبدیل کرد. ماموریت این شرکت تامین پیشرانه برای پرنده‌های نظامی است و اولین محصول تولید مستقل آن برای پرنده سرنشین دار موتور ملی اوج است .(سند معرفی سازمان صنایع هوایی، ۱۳۹۵).

در سال ۱۳۷۵،کشور ایران تصمیم به انتقال فناوری ساخت هواپیمایی ۵۰ تا ۷۰ نفره با برد ۲۰۰۰ کیلومتر می‌گیرد، این موضوع اگرچه گام بلندی برای ارتقای صنعت هواپیمایی کشور بود اما امکان پذیری آن، ریسکهای زیادی را به همراه داشت که نهایتا موفقیت مناسبی نصیب کشور نشد. در آغاز طرح، با مشارکت ذی نفعان، درخواست طرح پیشنهادی[۲۹] تهیه و برای کشورهای دارای فناوری ساخت این هواپیما(فرانسه، انگلیس، آلمان، اسپانیا، روسیه و اکراین) ارسال شد که در پاسخ پیشنهادهایی با قیمتهای بسیارمتفاوت و شرایط انتقال فناوری متفاوت دریافت شد. با توجه به اینکه شاخص توانمندی تولید بومی، برای تیم پروژه بسیار مهم بود، تنها سه پیشنهادیه کشورهای اسپانیا، روسیه و اکراین پذیرفته شدند. به عنوان مثال فرانسوی‌ها هواپیمای ATR-72 را با قیمت بالا و شرایط محدود فقط مونتاژ پیشنهاد کردند. شاخص دوم برای انتخاب مبدا از بین سه کشور در مرحله دوم بروز بودن هواپیما و فناوری آن بود که پرپوزال کشور روسیه را از ادامه رقابت خارج کرد. در مرحله سوم، هواپیماهای در حال نمونه سازی کاسا از اسپانیا و آنتونوف از اکراین باقی ماندند.کارشناسان ایرانی و خطوط هوایی علارقم قیمت چند برابری طرح اسپانیای، به علت کیفت بالاتر، متمایل به عقد قرار داد با آن کشور بودند اما کشور امریکا قاطعانه از اسپانیا خواست که از سیستم ناوبریش در قرارداد با ایران استفاده نکند. نهایتا با اصلاح قرارداد پیشنهادی کشور اکراین بمنظور رعایت کردن استانداردهای بومی موافقت شد. بعضی از کارشناسان معتقدند این قرارداد از ابتدامطلوب سازمان هواپیمایی کشوری و خطوط هوایی داخلی بعنوان مشتری اصلی آن نبود(اسناد داخلی سازمان صنایع هوایی، ۱۳۹۵).

اشتباه راهبردی انتخاب این هواپیما این بود که هنگام عقد قرارداد، محصول در مرحله نمونه سازی بوده و ساعات پروازی لازم را طی نکرده است، فلذا برای عقد قرارداد انتقال فناوری و تولید انبوه مناسب نبود، موتور آن نیز همین شرایط را داشت. بنیه ضعیف مالی شرکت‌های اکراینی طرف قرارداد باعث شد، قرارداد بسیار مطلوبی برای انتقال دانش و فناوری‌های کلیدی موتورتنظیم شود. فاز اول قرارداد شامل آموزش کارشناسان، تجهیز کارگاههای تست و مونتاژموتور است، در این فاز تمامی قطعات از کشور مبدا وارد می‌شود و کارشناسان اکراینی به مونتاژ آنها، با هدف آموزش کارشناسان ایرانی می‌پردازند که نهایتا دانش فنی مونتاژ کاملا به کارشناسان ایرانی منتقل می‌شود. درفاز دوم

[29] Request for Proposal

مدارک طراحی محصول و فناوری ساخت بخش کمپرسور موتور به کشور منتقل می‌شود و در فاز سوم کشور مبدا با ایجاد زیر ساختهای لازم موفق می‌شود گواهینامه استاندارد موتور مذکور را برای شرکت مقصد از سازمان هواپیمای کشور اخذ نماید. فناوری تولید پره‌های ثابت و متحرک کمپرسور، آموزش و یادگیری استانداردها و فرایند تولید قطعات، مجموعه‌ها و مونتاژ موتور، آموزش و یادگیری نحوه مدیریت اسناد علمی و فنی و آشنایی با ساختار و فرایندهای طراحی و ساخت موتورهای هوایی، ازجمله دستاوردهای این پروژه است. در زمان اجرای قرارداد، افزایش ناگهانی قیمت ارز باعث شد سرفصل تامین بودجه ریالی مصوب دولت پاسخگویی تخصیص مناسب منابع مالی پروژه نباشد و کمبود بودجه روند پیشرفت را کاهش دهد، روشهای دیگر تامین مالی از جمله پیش فروش به خطوط هوایی داخلی نیز به دلایل قبلی با اقبال مواجه نشد (اسناد داخلی سازمان صنایع هوایی، ۱۳۹۵). سانحه چهار فروند از این هواپیما در کشور ما باعث شد دستور توقف پرواز آن صادر شود. برخی از دلایل سقوط این پرنده ؛ نداشتن شرایط پرواز در ارتفاع و دمای بالا[۳۰]، استفاده از سوخت اروپایی به جای سوخت روسی و نداشتن سیستم تمام کنترل اتوماتیک موتور[۳۱] مناسب است که همگی آنها مربوط به قابلیت اطمینان پایین موتور در محیط کشور ما است و این همان دلیلی است که اکتساب گواهینامه از سازمان هوانوردی اروپا و امریکا را برای هواپیماهای شرقی ناممکن کرده است.

در سال ۱۳۹۰، طرح کلان ملی طراحی و ساخت هواپیمای جت مسافربری ۱۵۰ نفره که موضوع اصلی این پژوهش است، با حمایت معاونت علمی ریاست جمهوری شروع شد . در فاز اول یعنی مرحله امکانسنجی و طراحی مفهومی بعد از شناسایی شکاف عمیق فناورانه و نبود زیر ساختهای و منابع لازم متوقف شد. مسئولیت طراحی مفهومی موتور هواپیمای مسافربری به پژوهشکده توربین‌های گازی دانشگاه علم و صنعت واگذار شد. در سالهای اخیر، ستاد توسعه صنایع دانش بنیان هوایی و هوانوردی، سعی کرده است به توسعه اکوسیستم فناورانه موتورهای هوایی در کشور، با تحریک شرکتهای توربین ساز بزرگ صنعتی کشور (شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا و شرکت توربوکمپرسور نفت) و شرکتهای کوچک دانش بنیان برای ورود به این حوزه و استفاده از ظرفیتهای بین المللی بپردازد (ستاد فناوری‌های توسعه فضایی، ۱۳۹۷).

۴- روش شناسی پژوهش

روش پژوهش این مطالعه کیفی و نوعی از فرامطالعه به نام فراترکیب است. از روش فراترکیب برای یکپارچه سازی چندین مطالعه به منظور ایجاد یافته‌های جامع و تفسیری استفاده می‌شود. درواقع فرامطالعه، یک تجزیه و تحلیل عمیق از کارهای پژوهشی انجام شده در یک حوزه خاص است و اگر به صورت کیفی و روی مفاهیم و نتایج مورد استفاده در مطالعه‌های گذشته با شیوه کدگذاری

[30] Hot&High
[31] Full authority Digital Engine Control

متداول در پژوهشهای کیفی مثل نظریه برخاسته از داده‌ها انجام گیرد به نام فراترکیب[۳۲]، قلمداد می‌شود (پترسون و همکاران، ۲۰۰۱). از این رو، فراترکیب نوعی مطالعه ثانویه است که با هدف مرور ساختاریافته مطالعات کیفی قبلی و یافته‌های استخراج شده از مطالعه‌های با موضوعات مرتبط و مشابه است.

از آنجا که بیشتر مقالات درزمینه ی همپایی فناورانه مطالعه‌های کیفی و بدون داده‌های کمی هستند؛ از روش فراترکیب به عنوان روشی مناسب برای به دست آوردن ترکیب جامعی از این موضوع بر پایه ی برگردان و جمع بندی مطالعه‌های کیفی محدود استفاده شده است. بنابراین، کاربرد روش فراترکیب در این مقاله، یکپارچه سازی تفسیر یافته‌های اصلی مطالعات منتخب به منظور ایجاد یافته‌های جامع و تفسیری است (زیمر، ۲۰۰۶) چنین رویکردی، در گرو دستیابی پژوهشگر به بینشی عمیق در زمینه تحقیق است (بک، ۲۰۰۲). یعنی به جای ارایه خلاصه جامعی از یافته‌ها، یک ترکیب تفسیری از یافته‌ها را ایجاد می‌کند. به دیگر بیان، از طریق بررسی یافته‌های مقاله‌های اصلی مرتبط، پژوهشگران واژه‌هایی را آشکار و ایجاد می‌کنند که نمایش جامع تری از پدیده‌ی تحت بررسی را نشان می‌دهد (زیمر، ۲۰۰۶).

در این مقاله، به منظور تحقق هدف مقاله، با بهره گیری از فرایند هفت مرحله‌ای باروس و ساندلوسکی، پژوهش‌های گذشته در حوزه همپایی فناورانه را در ایران و جهان بررسی شده است. خلاصه این مراحل در شکل شماره ۱ مشخص شده است.

شکل ۱: مراحل پیاده سازی روش متاترکیب (ساندلوسکی و باروس، ۲۰۰۷)

[32] Meta-synthesis

بر مبنای مراحل احصاشده در شکل شماره ۱، فرایند پیاده سازی روش فراترکیب در بخش تحلیل یافته‌ها، بازشکافی و تشریح شده است.

۵- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

۵-۱- تنظیم سؤال تحقیق

سوالات تحقیق باید به گونه‌ای متمرکز انتخاب شود تا از این طریق راهنمای مناسبی را برای اینکه کدام پیشینه در فرآیند فراترکیب به کار گرفته شود، فراهم آورد (اروین،۲۰۱۱). برای تنظیم سؤال پژوهش از پارامترهای مختلفی مانند: جامعه مورد مطالعه[۳۳]، چه چیزی[۳۴]، چه موقع[۳۵] و چگونگی چگونگی روش[۳۶] استفاده می‌شود (جدول ۲).

در این پژوهش، سؤالات زیر مورد کنکاش قرار گرفت:

1. شناسایی مؤلفه‌های کلیدی[۳۷] همپایی فناورانه در محصولات پیچیده
2. گروه‌بندی مؤلفه‌های کلیدی همپایی فناورانه در محصولات پیچیده

جدول ۲: سوال‌های چهارگانه روش تحقیق و پاسخ به آنها

سوال	پاسخ
چه چیزی؟	ابعاد و مولفه‌های همپایی فناورانه
چه کسی؟	پایگاه‌های اطلاعاتی، مجلات و موتورهای جست و جوی فعال در حوزه‌های مرتبط
چه زمانی؟	از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸
چگونه؟	تحلیل ثانویه داده‌های آرشیوی

۵-۲- مروری بر ادبیات به شکل نظام مند

در این مرحله، محقق جستجوی نظام‌مند خود را بر مقالات منتشرشده در ژورنال‌های مختلف متمرکز می‌کند و واژگان کلیدی مرتبط را انتخاب می‌کند. به منظور پاسخگویی به سوالات مطرح شده در مرحله اول اجرای متاترکیب، محققان با استفاده از کلید واژه‌های جدول ۳ در پایگاه‌های داده‌ها و موتورهای جستجو، مقاله‌های مرتبط انتشاریافته بین سالهای ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۱۸ را بررسی کرده‌اند.

[33] Who
[34] What
[35] When
[36] How
[37] Key Factors

جدول ۳: بررسی ادبیات تحقیق و منابع جستجو

کلید واژه‌ها	پایگاه‌های اطلاعاتی	موتور جستجو
همپایی فناورانه (Technology Catch up) محصولات پیچیده (Complex Product Systems) موتورهای توربوفن تجاری (Commercial turboprop engines)	Elsevier Scopus Science Direct Emerald IEEE SID ,ISC	Google Scholar Elmnet

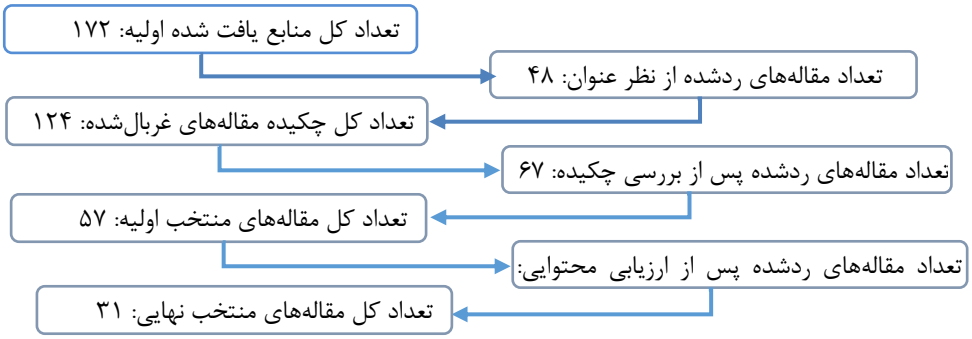
۵-۳- جستجو و انتخاب متون مناسب

در این مرحله از فرایند، از میان داده‌های گردآوری شده، باید به گزینش مناسب ترین منابع پرداخت. بدین منظور، منابع به دست آمده در دو گام غربال می‌شود. در گام نخست، برای بررسی اولیه مرتبط بودن مقالات، به دو بخش اصلی مقالات یعنی عنوان و چکیده توجه می‌گردد. مقالاتی که در دو بخش یاد شده ارتباط چندانی با موضوع تحقیق نداشته باشند، از فرآیند حذف خواهند شد. در گام بعد، غربالگری منابع بر اساس کیفیت محتوی منابع، صورت می‌پذیرد. به عبارتی شاخص‌هایی برای ارزیابی کیفیت مقالات در نظر گرفته شده و بر آن مبنا، مقالات مناسب گزینش می‌شند.

برای ارزیابی محتوایی مقاله‌هایی که از نظر عنوان و چکیده مرتبط شناخته شده‌اند، از ابزار CASP یا برنامه مهارت‌های حیاتی ارزیابی[۳۸]، استفاده شده است؛ این ابزار با ارایه ۱۰ معیار (سوال)، به محقق کمک می‌کند تا دقت، اعتبار واهمیت مطالعه‌های کیفی تحقیق را مشخص کند. در این مرحله، پژوهشگر به هر کدام از این سؤالات یک امتیاز کمی می‌دهد و سپس نتایج ارزیابی مجموعه مقالات را در یک فرم وارد و مقایسه می‌کند. بر اساس مقیاس 50 امتیازی سیستم امتیازبندیCASP، معمولا مقاله‌های با امتیاز پایین‌تر از امتیاز خوب (کمتر از 30) حذف می‌شوند.

در این پژهش، پس از ارزیابی ۵۷ تحقیق انتشاریافته با بهره‌گیری از ابزار CASP در فرایند ارزیابی، پژوهشگر، ۲۶ مقاله را که امتیاز آنها پایینتر از ۳۰ بوده است را حذف کرده و در نهایت ۳۱ مقاله برای تجزیه و تحلیل اطلاعات باقی ماند (مشخصات مقالات، مطابق با شماره‌های مندرج در ستون اول جدول ۴، در فهرست منابع آمده است). فرایند بازبینی و انتخاب به صورت خلاصه در شکل شماره ۲ نشان داده شده‌است.

[38] Critical Appraisal Skills Program



شکل ۲: فرایند بازبینی برای انتخاب مقاله‌های مورد نظر

۵-۴- استخراج اطلاعات متون

در این مرحله، مقالات منتخب به‌منظور دستیابی به یافته‌های درون محتوایی مرتبط به‌طور نظام مند مرور می‌شوند. در پژوهش حاضر، هر یک از ۳۱ مقاله منتخب در فرایند بازبینی و انتخاب مقاله های موردنظر، به طور دقیق مطالعه و نکات کلیدی مرتبط با هر یک در قالب کدهای کلیدی (مولفه ها) یادداشت‌برداری شد. سپس کدهای مشابه در مقاله‌های متفاوت (از نظر مفهومی و محتوایی) با هم ترکیب و دسته‌بندی شدند. سپس، با بهره‌گیری از روش نظر خبرگی تیم محوری پژوهش، عناوین مشابه و نزدیک با هم ادغام شدند و مجموعه مولفه‌های متمایز اما مرتبط در هر دسته نهایی شد.

شکل ۳: سلسله مراتب استخراج کدها و مقوله‌ها

۵-۵- تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی

همانگونه که پیشتر توضیح داده شد، درواقع هدف متاترکیب ایجاد تفسیر یکپارچه و جدیدی از یافته‌هاست (فینجلد، ۲۰۰۳). در طول تجزیه و تحلیل، پژوهشگر موضوعاتی را جستجو می‌کند که در میان مطالعه‌های موجود در فراترکیب پدیدار شده‌اند. به محض اینکه موضوع‌ها شناسایی و مشخص شدند، بررسی‌کننده یک طبقه‌بندی را شکل می‌دهد و موضوعات مشابه و مربوط را در طبقه‌ای قرار می‌دهد که آنرا به بهترین گونه توصیف می‌کند. سرانجام، موضوعات اساسی و کلیدی برای ایجاد مدلها و تئوریها ذیربط احصا می‌شوند (ساندلوسکی و باروس، ۲۰۰۷). بر این اساس، در مقاله حاضر، ابتدا تمام عوامل استخراج شده از مطالعه‌ها به عنوان کد (مؤلفه‌ها) در نظر گرفته شده و سپس با در نظرگرفتن مفهوم هر یک از این کدها، آنها را در یک مفهوم مشابه (ابعاد) دسته بندی کرده تا به این ترتیب مفاهیم پژوهش شکل داده شود. به عبارت دیگر پس از استخراج اطلاعات متون در قالب کدها و ثبت و ضبط تمام داده‌های پیشین (حاصل از پژوهش‌های مرورشده) به روش کدگذاری در مرحله

پیش، در این مرحله، هر دسته از مولفه‌ها در یک مقوله کلی (بعد) جمع‌بندی شد و ابعاد اصلی شناسایی گردد.

۵-۶- کنترل کیفیت

در این مرحله بر کیفیت اجرای فرآیند و نتایج تحقیق تاکید شده است. محققان به منظور اجرای صحیح فرآیند و حصول نتایج قابل اعتماد، موارد ذیل را رعایت کرده است:

۱. در طول تحقیق، درباره گزینش انتخاب روش مناسب اجرا در هر مرحله، دیدگاه اساتید و خبرگان را لحاظ نموده و تصویری روشن از گام‌های اتخاذشده تصویر کرده است.

۲. از هر دو راهکار جستجوی الکترونیک و دستی بهره جسته‌اند تا بیشترین و مناسبترین مقالات مربوط را پیدا کنند؛

۳. کدگذاری و انتخاب مقالات مرتبط تا حد اشباع به منظور اطمینان از کفایت تایید کدها و مقوله‌های بدست آمده، ادامه یافته است.

۴. به منظور ورود داده‌های با کیفیت در فرآیند تحلیل و ترکیب به انتخاب مقالات مناسب از طریق روش CASP یا برنامه ارزیابی مهارت‌های حیاتی پرداخته شده است (به دلیل محدودیت در حجم مقاله از توضیح جزییات گزینش کیفی مقالات به کمک مقیاس CASP خودداری شده است).

۵-۷- ارایه یافته‌ها

در این مرحله از روش فراترکیب، یافته‌های حاصل از مراحل قبل ارایه می‌شوند. ۳۱ مقاله انتخاب شده از سوی پژوهشگران در مدت زمان ۴ ماه به دقت مورد بررسی قرار گرفت و اطلاعات مورد نیاز بر اساس هدف اصلی این مقاله که شناسایی عوامل مؤثر بر همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران می‌باشد، شناسایی شد. ترکیب یافته‌ها پس از اعمال نظر خبرگان دانشگاهی (۹ تن از استادان دانشگاه در رشته‌های هوافضا، مکانیک و مدیریت فناوری) در ۱۱ بعد و ۹۲ مولفه دسته بندی شده که جدول شماره ۴ این طبقه بندی را نشان می‌دهد.

یادآور می‌شود در بیشتر مقالات بررسی‌شده، از مفهوم همپایی فناورانه در رابطه با تولید و توسعه محصولات و سامانه‌های پیشرفته بهره گرفته شده بود؛ همچنین تجربه‌های موفقی در حوزه همپایی فناورانه محصولات پیچیده در میان تازه واردان (به‌ویژه در کشورهای شرق آسیا) به ثبت رسیده است. درحقیقت، منظور از محصولات پیچیده یا پیشرفته، محصولاتی است که برای ساخت آنها نیاز به تلفیق چندین تخصص مختلف می‌باشد و با کمک تنها یک تخصص نمی‌توان آنها را تولید کرد و غالبا دارای فناوری‌هایی هستند که تنها در دست معدودی از کشورهای توسعه‌یافته است. با این حال حرکت در این مسیر، برای کشورهایی با اقتصاد نوظهور بسیار با اهمیت می‌باشد.

جدول شماره ۴- ابعاد یازده‌گانه و مؤلفه‌های مؤثر بر همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری

ابعاد [مراجع]	مولفه‌های مؤثر
یادگیری [21, 12, 33, 56, 30, 46, 55, 9, 27]	فرایندهای یادگیری ساده تا پیچیده یادگیری در سیستمهای محصول پیچیده تحقیق و توسعه استراتژیها یادگیری مستقل یادگیری فناوری نگاه شبکه‌ای به یادگیری فناوری یادگیری تعاملی
نوآوری [54, 41, 47, 28, 53, 16, 55, 9, 22]	نظام ملی نوآوری ساختار و مکانیزمهای شبکه نوآوری نوآری سیستمی (نوآوری باز) فناوری‌های نوین تخریبگر استراتژیهای نوآوری قابلیت نوآوری سیستم‌های نوآوری فرآیند و ویژگیهای نظام نوآوری
سیاست‌های دولتی [11, 33, 47, 30, 32, 16, 43, 27, 55]	نقش سیاستهای دولتی مالکیت دولتی سیاستهای حمایتی و کنترل مستقیم دولت کنترل غیرمستقیم دولت از طریق قانونگذاری سیاستهای تخصیص و استانداردهای فنی قوانین سختگیرانه نهادهای قانونگذار تغییرات سیاست گذاری‌ها سازمان‌های سیاست گذار نگاه اقتصاد نهادی به صنعت‌های در حال توسعه سیاست فناوری و توسعه صنعتی
همکاری های فناورانه [41, 30, 42, 43, 27, 40, 57]	همکاری و توسعه مشترک شبکه سازی همکاری با شرکتهای جهانی پیشرو بهره گیری از متخصصان خارجی همکاری‌های شرکتهای خصوصی و دولتی همکاری شرکتهای تازه وارد با شرکتهای قدیمی مشارکت و یکپارچه سازی میان شرکتی
بازار و تقاضا 21, 11, 33, 25, 32, 37, 36, 35, 31, 40]	نیاز مشتریان برای صادرات شرایط بازار و رقابت مکانیزم‌های قراردادهای فرعی

ابعاد [مراجع]	مولفه‌های مؤثر
	مدیریت بازاریابی برای محصولات تغییرات تقاضا (داخلی و جهانی) رژیمهای بازار و فناوری محیط و شرایط حاکم بر فناوری بازار داخلی برای کالای جدید ایجاد بازار اولیه
ظرفیتهای سازمانی [8, 12, 21, 41, 25, 46, 42, 22, 35, 57]	تولیدکننده اصلی تجهیزات بهبودهای جزئی در فرایندهای ساخت استراتژی‌های شرکتی و سازماندهی تغییرات سیستمی در کل سازمان و ارتقای ظرفیتها ظرفیت یکپارچه سازی میان شرکتی مدیریت سیستم تولید بهره وری و کارآیی منایع انسانی شبکه تامین کنندگان
ظرفیت بومی [54, 41, 47, 38, 43, 40]	توسعه و تعمیق فناوریهای بومی (ظرفیت بومی) تقویت کارآفرینی محلی ظرفیتهای لازم برای یکپارچه سازی گستره ظرفیتها با سرمایه گذاری‌های داخلی زیرساختهای سازمانی پشتیبان در سطح کشور مزیت‌های رقابتی بومی شبکه سازی و تحقیق و توسعه درونی ظرفیت مهندسی و مزیتهای فناوری
زمینه علمی [54, 33, 47, 56, 30]	نظام مالکیت معنوی پایه دانشی دانشگاهها و تأمین کنندگان تخصصی حقوق مالکیت فکری اقتصاد و شرکت‌های دانش بنیان
سرمایه گذاری و تامین مالی [12, 56, 30, 28, 53, 37, 40, 54 ,57]	صرفه جویی‌های اقتصادی برای رشد و رقابت‌پذیری ظرفیت پروژه و اقتصاد تکرار سرمایه گذاری مستقیم خارجی (بین المللی) خرید لایسنس سرمایه گذاری مشترک (شراکت خارجی) بازده سرمایه گذاری

ابعاد [مراجع]	مولفه‌های مؤثر
	ظرفیت‌های مالی پروژه
سطح و ظرفیت فناوری [8, 11, 33, 47, 56, 32, 55, 42]	ظرفیت و قابلیت فناورانه سطح آمادگی فناوری زیرساخت‌های فناوری و ارتباطی ظرفیت جذب فناوری ظرفیت فناوری‌های موجود تعداد حوزه‌های فناوری درگیر شکاف فناوری نرخ تغیرات دانش و فناوری محیط و شرایط حاکم بر فناوری
توسعه و انتقال فناوری [33, 21, 25, 30, 28, 32, 34, 53, 46, 37, 36, 27, 35, 57, 31, 41, 8, 10, 38]	چرخه همپایی فناوری شرکت‌های پیرو و جدید جهش فناورانه شرایط انتقال فناوری استراتژی (مسیر) توسعه فناوری رهبری فناوری پنجره‌های فرصت فناوری یکپارچگی عمودی دنباله روی زنجیره ارزش معکوس انتخاب فناوری مناسب چرخه عمر محصول (پروژه) تغییر نسل فناوری

چارچوب طراحی شده شامل ۱۱ بعد و ۹۲ مؤلفه است. پس ازتکمیل مراحل روش‌شناسی متاترکیب، یافته‌های حاصل، در نشست‌های پنل خبرگان[۳۹] با مشارکت ۹ نفر از خبرگان علوم تخصصی و مدیریت (که به روش گلوله برفی انتخاب شده بودند) ارایه شد. در این پنل‌ها طی سه نشست در طول دو ماه، ابعاد و مولفه‌های چارچوب پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفت و پس از بحث و بررسی‌های کارشناسی، تغییر و تعدیل‌هایی جزیی، برای ارتقای خروجی نهایی صورت پذیرفت. در واقع، شماری از ابعاد و مولفه‌های اولیه در هم ترکیب شدند اما مولفه جدیدی به مدل افزوده نگردید. در نتیجه، روایی چارچوب پیشنهادی، از طریق روایی محتوا حاصل شده، که این امر از دو جنبه صورت گرفته است. جنبه اول، استفاده از اجزاء و عوامل پژوهش‌های ارایه شده پیشین است که خود

[39] Expert Panels

به روایی یافته‌های این مقاله منجر می‌گردد و جنبه‌ی دوم، تشکیل جلسه‌های پنل خبرگان و ارایه مدل در این جلسه‌ها به متولیان علوم تخصصی هوافضا، مکانیک و مدیریت است که عدم تغییر اساسی چارچوب ارایه‌شده، نشان دهنده روایی آن است.

۵- نتیجه گیری و ارایه پیشنهاد

جمع‌بندی و تحلیل ابعاد و مولفه‌های کلیدی شناسایی‌شده مبتنی بر مطالعات آرشیوی در مرحله قبل، در کنار یافته‌های حاصل از مرور تجارب جهانی و بومی در حوزه همپایی فناورانه در موتورهای توربوفن تجاری، پژوهشگران را به سوی ارایه و پرورش یک مدل مفهومی اولیه در این حوزه برای ایران، راهنمایی می‌کند.

در یافته های مطالعات پیشین، ورتسای (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات در رهبری صنایع هواپیماسازی با بهره گیری از پنجره‌های فرصت ناشی از فناوری های جدید، تقاضای بازار و قوانین جدید می پردازد. هارم و هانس (۲۰۰۷) با تاکید بر یادگیری اثربخش در پر کردن فاصله میان سطح فناوری مبدا و مقصد، راهبرد جهش قورباغه‌ای را برای وقوع همپایی فناورانه در صنایع هوایی کشورهای در حال توسعه پیشنهاد می‌کنند. لی و یون (۲۰۱۵) توفیق همپایی فناورانه هواپیمای نظامی در سه کشور برزیل و کره جنوبی و چین را ناشی از میزان مشارکت با شریک خارجی و میزان همکاری میان شرکت‌های داخلی می دانند. درواقع، تقریبا در همه پژوهش‌های مروری، تاکید بر قابلیت یادگیری فناورانه ناشی از همکاری فناورانه با کشور مبدا یا تکرار پذیری پروژه های مشابه (معمولا از محصولات کوچکتر و ساده تر به محصولات بزرگتر و پیچیده تر)، برای وقوع همپایی در محصولات و سامانه‌های پیچیده مشاهده شده است.

درمجموع، پژوهشی یافت نشد که مدلی دقیق برای همپایی فناورانه محصولات پیچیده که دارای زیر سیستم‌ها و اجزای استاندارد است، ارایه کند. بااین حال، همکاری مکمل و تکرار پذیری، مؤثرترین عوامل همپایی فناورانه در محصولات پیچیده بوده است، که باعث تسریع فرایند یادگیری حین عمل و نوآوری از طریق مشارکت می‌شود. در نشست‌های خبرگی به‌طور ویژه، نقش همکاری‌های مکمل و تکرار پذیری به‌منظور همپایی فناورانه در عرصه موتورهای توربوفن تجاری در ایران بسیار پررنگ و کلیدی شناسایی شده است.

همپنین، مطابق نظر اندیشمندان متعدد (کیم، ۱۹۹۹، هابدی، ۱۹۹۵ و رادسویک، ۱۹۹۹) فرآیند همپایی فناورانه کاملا به صنعت و محیط و زمینه‌ی (کشوری) که در آن واقع می‌شود وابسته است. به طور کلی، مدل غالب برای همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده، با دنباله‌روی آغاز می شود و با تلاش برای ارتقای یادگیری از طریق شراکت ادامه می‌یابد. بر این پایه، مسیر رایج در فرایند نواوری در همپایی فناورانه برای محصولات پیچیده، اغلب مسیری معکوس است و بنیان آن نه بر تحقیق و توسعه، بلکه بر ظرفیت‌سازی از طریق همکاری، یادگیری، سرمایه گذاری مشترک و

شبکه‌سازی است. به دیگر بیان، علاوه‌بر توسعه ظرفیت‌های ساختاری و سازمانی به طور بومی و درون زا، به‌طور همزمان، توسعه همکاری‌ها و مشارکت‌های علمی، مالی و حقوقی با شرکت‌های خارجی و نهادهای بین المللی برای امکان پذیر ساختن همپای فناورانه در حوزه سامانه‌های پیچیده، ضروری و اجتناب ناپذیر است.

افزون بر آن، انسجام و حمایت‌ها و جهت‌گیری‌های سیاسی نهادهای حاکمیتی، نقشی اساسی در همپایی فناورانه در محصولات و سامانه‌های پیچیده دارد و فرصت یادگیری فناورانه و رسیدن به سطح کیفی مطلوب را ارتقا می‌بخشد. همچنین، اندازه بازار یک کشور برای صرفه اقتصادی و استفاده از پنجره فرصت سیاستهای حمایتی بسیار مهم است؛ ظرفیت‌های بومی (اعم از ملی و سازمانی) و زمینه های دانشی و ساختاری (در سیستم‌های فناوری و نظامهای اجتماعی) در کنار توسعه ارتباطات علمی، اقتصادی و سیاسی، ازجمله ارکان و پیش نیازهای مشترک در تجربه‌های موفق همپایی فناورانه در میان شرکت‌های تازه وارد بوده است.

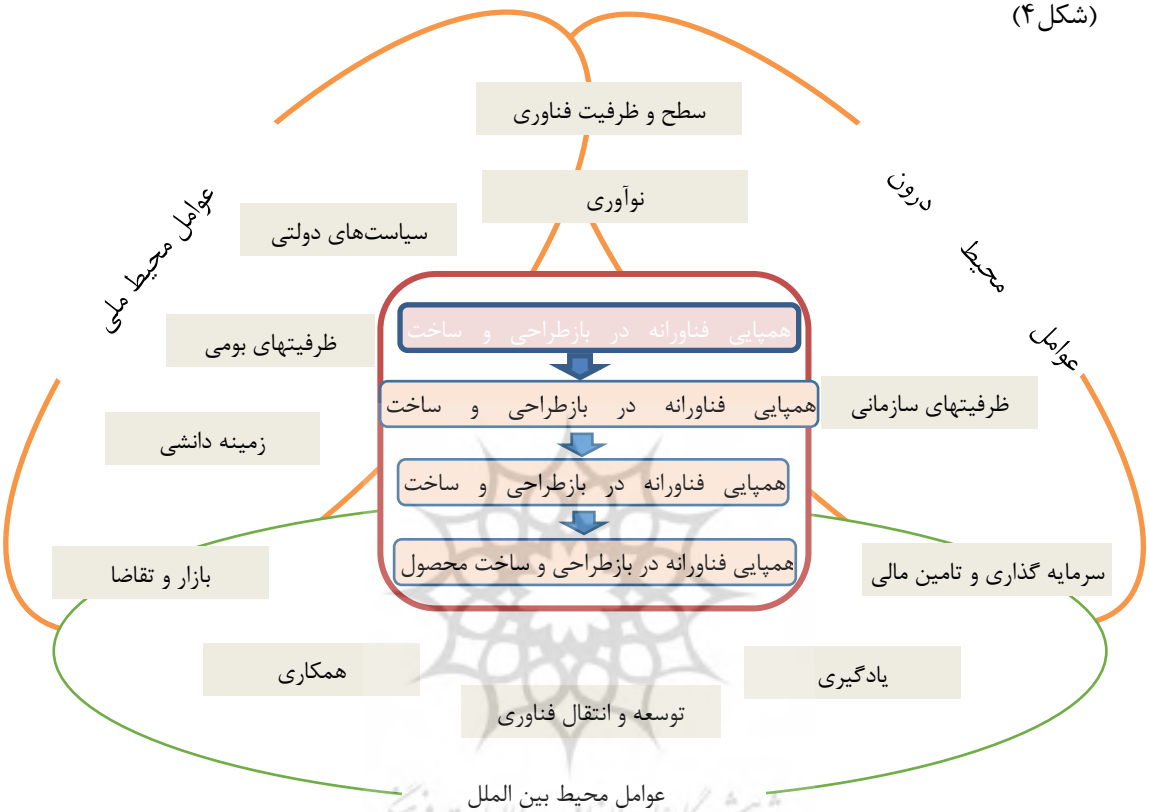
برای اقتصاد ایران (به‌خاطر کوچک بودن) دستیابی به توان ورود به طراحی و ساخت محصول بسیار دشوار می‌نماید و از دیدگاه خبرگان مناسبتر آن است که فرایند همپایی فناورانه (مانند کشور کره) از تامین قطعات آغاز گردد. چراکه امکان همکاری بین المللی در سطح محصول دارای موانع بسیار اما در سطح قطعات امکان‌پذیر است. سطح کیفی تولید قطعات هوایی طیفی نیست و رد یا قبول است. هر قطعه یک فرایند کامل طراحی تا کسب گواهینامه را طی می‌کند و این یک نوع فرصت یادگیری با انجام کار از یک زیر مجموعه کوچک و ساده‌تر به بزرگ‌تر است که می‌تواند یک مسیر بلوغ و افزایش ظرفیت دانشی و قابلیتهای فناورانه با مدل حلزونی را شکل دهد.

اتخاذ چنین رویکردی باهمه تجربه‌های موفق ثبت‌شده پیشین در حوزه محصولات و سامانه‌های پیشرفته و پیچیده سازگار است. بر این مبنا، پس از کسب قابلیت همپایی فناورانه در ساخت و بازطراحی قطعات در مرحله نخست (در چارچوب ابعاد و مولفه‌های شناسایی‌شده) مسیر تکاملی و انباشتی همپایی فناورانه، می‌توان از طریق برداشتن گام‌های ساخت و بازطراحی "زیرسیستم‌ها"، "ماژول‌ها" ، در نهایت "به قابلیت طراحی و ساخت موتورهای توربوفن " دست یافت.

در نتیجه و به طور کلی می‌توان اظهار داشت که با بررسی پژوهش‌های پیشین، مدلی دقیق و فراگیر که با روشی نظام‌مند و جامع، بتواند تجویزی نهایی برای این مقصود در حوزه موتورهای توربوفن ارایه کند، یافت نشد.

با این حال، ابعاد و مولفه‌های کلیدی شناسایی و ترکیب شده از خلال مرور عمیق و کیفی تجربه‌های جهانی در این حوزه، می‌تواند منجر به شکل‌گیری درکی جامع از عوامل کلیدی موفقیت شود و بینشی عمیق و یکپارچه در حوزه سیاست‌گذاری برای تفسیر روشن بینانه موضوع همپایی فناورانه در موتورهای توربوفن در ایران فراهم آورد.

از این رو، نتایج و یافته‌های تبیین و ترکیب‌شده از مطالعات آرشیوی پیشین در پنل خبرگان پژوهش عرضه شد و مبتنی بر تحلیل و یکپارچه‌سازی مطالعات انجام‌شده قبلی در این زمینه، یک مدل مفهومی کلی برای همپایی فناورانه موتورهای توربوفن تجاری در ایران پیشنهاد شده است (شکل ۴)



شکل ۴ – مدل مفهومی اولیه همپایی فناورانه در موتورهای توربوفن مبتنی بر مطالعات آرشیوی

بر اساس یافته‌ها و نتایج حاصل از مرور بهترین تجربه‌های موجود در عرصه توسعه موتورهای توربوفن تجاری (اعم از کشورهای پیشرو و کشورهای متأخر) می‌توان مجموعه از توصیه‌های سیاستی را به عنوان راهنمایی برای تدوین سیاست‌ها در ایران به شرح زیر احصا نمود:

۱. طبق مطالعات صورت گرفته بجز چند کشور رهبر که سابقه‌ای یکصد ساله در طراحی و تولید موتور هواپیمایی تجاری دارند، هیچ‌یک از کشورهای موفق دیگر در طراحی و ساخت هواپیمای تجاری (ازجمله چین، کانادا و ژاپن)، به علت شکاف سطح فناوری موتورهای تجاری، به‌یکباره وارد حوزه طراحی و ساخت موتورهای تجاری نشده‌اند؛ بلکه می‌کوشند وارد زنجیره تامین طراحی و تولید کشورهای رهبر شوند. به‌عنوان مثال کشور چین با اهرم کردن حجم بازار داخلی صد و شصت میلیارد دلاری و ارزان بودن نیروی کار توانسته است شرکت

CFM را ملزم کند که موتورLEAP را در کشور چین مونتاژ و حتی بخشی از فناوری آن را با همکاری مشترک از شرکتهای داخلی تامین نماید بنابراین کشور ما نیز بهتر است ابتدا وارد زنجیره تامین کشورهای رهبر شود.

۲. اگرچه طراحی و تولید بومی موتورهای تجاری هواپیمای ۱۵۰ نفره در داخل، باتوجه به واقعیت مندرج در بند قبل به یکباره امکان‌پذیر نمی باشد؛ با این‌حال، در صورت اسرار بر بومی‌سازی، اتکا به دو روش موثر قابل توصیه است: الف: بکارگیری روش اکتساب جهش قورباغه‌ای (Leapfrogging) برای قابلیت سازی: یعنی ابتدا یک موتور تجاری کوچک برای هواپیمای حداکثر بیست نفره در دستور کار قرار گیرد و در مراحل بعد، وارد فاز ساخت موتورهای بزرگتر برای هواپیماهای ۵۰، ۱۰۰ و سپس ۱۵۰ نفره شود (استینهوس، ۲۰۰۷). و ب: انتخاب هسته یک موتور مناسب، به عنوان پلتفرم مشترک، برای کاربردهای زمینی (توربین گازهای صنعتی که برای تولید برق حرارتی و انتقال خطوط نفت و گاز بکار می‌روند)، دریایی (پیشرانه شناورها) و هوایی (که در سه حوزه نظامی، ترابری و مسافربری)، مانند هسته موتور F101 که بعدا موتور CFM از آن مشتق شده است - برای کاهش ریسک و زمان بازگشت سرمایه، که می‌توان در میانه راه از هسته این موتور، توربین گاز صنعتی را به بازارعرضه کرد و از همین هسته برای نیرو محرکه شناورهای در دریا استفاده نمود و هم زمان، طراحی و تولید موتور هوایی را با حساسیت بالاتر و استفاده از فناوری بروزتر (ضمن بالا بردن قدرت چانه زنی ناشی از توانمندی فناورانه جهت همکاری با شرکت‌های موفق جهانی) به پیش برد و تست‌های محیطی و هوایی آنرا انجام و گواهینامه‌های لازم را به مرور کسب کرد.

۳. در مطالعات انجام شده مشخص شد که کشورهای رهبر دارای مرکز تست طراحی، تولید و تایید صلاحیت پرواز هستند (در امریکا گلن و آرنولد، در روسیه سیام و در آلمان دی ال آر) در صورتی که کشورما فقط یک مرکز تست تعمیراتی دارد. باید توجه داشت که تاسیس مرکز ملی تست، اعطای گواهینامه و تایید صلاحیت پرواز موتور، متعلقات و قطعات هوایی از یک سو و همراهی و تعامل با مراکز استاندارد و ایمنی پرواز جهانی در این عرصه از سوی دیگر، ضرورتی اولیه برای توسعه صنعت موتورهای تجاری است.

۴. توسعه اکوسیستم نوآوری فناورانه موتورهای هوایی و ایجاد جاذبه لازم برای ورود بخش خصوصی و شرکتهای دانش بنیان به این بخش با اهرم کردن تقاضای بخش تعمیر و نگهداری و الزام به خرید قطعات ساده‌تر از تولید کنندگان داخل، یکی دیگر از آموزه‌های اخذ شده از تجارب مهم جهانی در حوزه توسعه صنعت موتورهای تجاری است. همزمان توسعه تدریجی دانش فنی متخصصان، هم در بخش دولتی - معاونت استاندارد سازمان هواپیمایی کشوری – و هم در بخش خصوصی، اهمیتی راهبردی در تکامل این مسیر دارد.

۵. تدوین سناریوهای اکتساب و ترسیم نقشه راه توسعه فناوری‌های حیاتی مورد نیاز برای طراحی و تولید موتور توربوفن تجاری با در نظر گرفتن ظرفیتهای داخل و استفاده از شبکه تامین جهانی و در عین حال تلاش مسولان سیاست گذاری فناوری کشور در جهت توسعه همکاری‌های بین المللی در زمینه طراحی، تولید، تست و اخذ گواهینامه پرواز، زمینه ساز هرگونه اقدام موثر برای پیشرفت در این حوزه و متعاقبا بومی‌سازی تولید موتور توربوفن تجاری است.

گفتنی است این پژوهش با محدودیت‌هایی ازجمله عدم بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی در زمینه متن‌کاوی به صورت الکترونیک رو به رو بوده که سبب شد محققان، برگزاری پنل‌های خبرگی را برای تجزیه و تحلیل دقیق و کیفی یافته‌ها و اعتبارسنجی و تعدیل یافته‌های حاصل از روش فراترکیب، در دستور کار قرار دهند. نتایج حاصل از این مطالعه، سنگ‌بنای مناسبی برای واکاوی‌های بعدی با استفاده از روش شناسی‌های مکمل و نیز چارچوبی معنایی برای جهت‌دهی و الهام‌بخشی به سیاست‌گذاری‌ها در زمینه‌های مرتبط با موضوع مقاله است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

سقائی، محسن (۱۳۸۸). چالشهای صنعت حمل و نقل هوایی ایران. فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی

کمالی، یحیی (۱۳۹۶) روش‌شناسی فراترکیب و کاربرد آن در سیاست‌گذاری عمومی، فصلنامه سیاست، دوره ۴۷، شماره ۳، ص۷۲۱-۷۳۶

وزیری، محمدعلی؛ حسینی سید جمال و عالی مهر شاهرخ (۱۳۸۶). براورد تعداد هواپیماهای مسافربری مورد نیاز کشور در افق ۱۴۰۰. هفتمین همایش انجمن هوافضای ایران دانشگاه شریف

برزگر سمیرا (۱۳۹۵). تحلیل سطح نوآوری فناوری در صنعت موتورهای توربینی ایران) مطالعه موردی: موتورهای توربینی هوایی (. پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

صفدری رنجبر, قیدرخلجانی, طهماسبی و توکلی. (۲۰۱۶). قابلیت های کلیدی برای نوآوری و توسعه محصولات و سامانه های پیچیده دفاعی. فصلنامه مدیریت توسعه فناوری, ۴(۱), ۱۳۳-۱۵۸.

Alshaigi, Homoud & Al-Ashaab, Ahmed (2015) The Evolving Issue Of Aerospace Knowledge Transfer To The Developing Countries, 13th International Conference On Manufacturing Research, Bath, United Kingdom

Beck j. (2002) Mthering multiples: A meta-synthesis of the qualitative research. MCN. Teh American Journal of Maternal/child Nursing, 2002; 93.

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

Bonaccorsi, A., Giuri, P., & Pierotti, F. (2002). Technological strategies and market success. Evidence from the aero-engine Industry. Journal of Business Ven-turing, 17, 24-40.

Carriço, A. (2011). The aviation industry corporation of China (AVIC) and the reaserch and development programme of the J-20. JANUS. NET, 2(2), 96-109

Choung, J. -Y. , Hwang, H. -R. , & Song, W. (2014). Transitions of innovation activities in latecomer countries: an exploratory case study of South Korea. World Development, 54, 156–167.

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, 1(2), 204-225.

Davies, A. (1997). The life cycle of a complex product system. International Journal of Innovation Management, 1(03), 229-256.

Davies, A., & Brady, T. (1998). Policies for a complex product system. Futures, 30(4), 293-304.

Davies, A., & Brady, T. (2000). Organizational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions. Research policy, 29(7-8), 931-953.

Davies, A., and M. Hobday.2005. The Business of Projects (Managing Innovation in Complex Product Systems). New York: Cambridge University Press.

Dedehayir, D., Nokelainen, T., Makinen, S., 2014. Disruptive innovations in complex product systems industries: a case study. J. Eng. Technol. Manage. 33, 174–192, Routledge.

Dussauge, P., & Garrette, B. (1995). Determinants of success in international strategic alliances: Evidence from the global aerospace industry. Journal of International Business Studies, 26(3), 505-530.

Erwin, Patrick M. (2011) Corporate Codes of Conduct: The Effects of Code Content and Quality on Ethical Performance, Journal of Business Ethics, April 2011, Volume 99, Issue 4, pp 535–548

Figueiredo, P. N. (2014). Beyond technological catch-up: An empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. Journal of Engineering and Technology Management, 31, 73-102.

Finfgeld .. L. 22003) "Meta synthesis: The state of the art—so far". Qualitative Health Research, 2003; 13: 893-904

Gu, S. , & Steinmueller, W. .. (1997.. China's national innovation system approach to participating in information technology: The innovative recombination of technological capability. United nations university. Institute of new technologies.

Gudmundsson, S. (2014). Thriving on Strategic Alliances: The competitive positioning of MTU in the aircraft engine business.

Harm, J.S. & Hans, h. (2007) Technology transfer and catch-up: Lessons from the commercial aircraft industry, Int. J. Technology Transfer and Commercialization, Vol. 6, Nos. 2/3/4, 2007

Harvey, D. J. and Holdsworth, R. (2005), "Knowledge management in the aerospace industry", Professional Communication Conference, 2005. IPCC 2005. Proceedings. International, pp. 237.

Hobday, M. (1995). East Asian latecomer firms: learning the technology of electronics. World development, 23(7), 1171-1193

Hobday, M., & Rush, H. (1999). Technology management in complex product systems (CoPS)-ten questions answered. International Journal of Technology Management, 17(6), 618-638.

http://iatdh.isti.ir/index.aspx?fkeyid=&siteid=19&pageid=13721

http://www.iust.ac.ir/index.php?site=gt-rti

https://www.flightglobal.com/news/articles/flightglobals-2018-commercial-engines-report-449802

Jiang, B., Zhu, F. and Li, P. (2008), "External technology acquisition and enterprise technological development - A view of the tacit knowledge", 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008, .

Khan, Z., & Nicholson, J. D. (2015). Technological catch-up by component suppliers in the Pakistani automotive industry: A four-dimensional analysis. Industrial Marketing Management, 50, 40-50.

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, 44(6), 1240-1251.

Kim, L. (1999). Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's exxerience. Industrial and Corporate Change, 8 (1) , 111–136.

Kristinsson, K., & Rao, R. (2008). Interactive learning or technology transfer as a way to catch-up? Analysing the wind energy industry in Denmark and India. Industry and innovation, 15(3), 297-320.

Landini, F., Lee, K., & Malerba, F. (2017). A history-friendly model of the successive changes in industrial leadership and the catch-up by latecomers. Research Policy, 46(2), 431-446.

Lee, J. & Kim, Y. (2001). A stage model of organizational knowledge management: A latent content analysis. Expert Systems with Application, 20(4): 299–311.

Lee, J. J., & Yoon, H. (2015). A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry. Research Policy, 44(7), 1296-1313.

Lee, K. (2005). Making a Technological Catch-up: Barriers and opportunities. Asian Journal of Technology Innovation, 13(2), 97-131.

Lee, K., & Ki, J. H. (2017). Rise of latecomers and catch-up cycles in the world steel industry. Research Policy, 46(2), 365-375.

Lee, K., & Lim, C. (2001). Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. Research policy, 30(3), 459-483.

Lee, K., & Malerba, F. (2017). 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(2), 338-351.

Lee, K., Lim, C., & Song, W. (2005). Emerging digital technology as a window of opportunity and technological leapfrogging: catch-up in digital TV by the Korean firms. International Journal of Technology Management, 29(1-2), 40-63.

Lozano, A., & Eriksson, S. 22015.. The commercial aircraft industry in Russia and Ukraine,". The Global Commercial Aviation Industry, 297.

Magnusson, T., & Johansson, G. (2008). Managing internal technology transfer in complex product development. European Journal of Innovation Management, 11(3), 349-365.

Majidpour, M. (2016). Technological catch-up in complex product systems1. Journal of Engineering and Technology Management, 41, 92-105.

Mathews, J. A. (2006). Catch-up strategies and the latecomer effect in industrial development. New political economy, 11(3), 313-335.

May, M. , & Hill, S. B. (2002). Unpacking Aviation Travel Futures--An Application of Causal Layered Analysis. Journal of Futures Studies.

McKendrick, .. 1l992.. bb stacles to 'catch-up': the case of the Indonesian aircraft industry. Bulletin of Indonesian Economic Studies, 28(1), 39-66.

Miglietta, J. P. (2002). American Alliance Policy in the Middle East, 1945-1992: Iran, Israel, and Saudi Arabia. Lexington Books

Mowery, D. (1990). 4 International collaboration in the commercial aircraft industry. Strategic Partnerships: States, Firms, and International Competition, 78.

Naghizadeh, M., Manteghi, M., Ranga, M., & Naghizadeh, R. (2017). Managing integration in complex product systems: The experience of the IR-150 aircraft design program. Technological Forecasting and Social Change, 122, 253-261.

Nolan, P., & Zhang, J. (2002). The challenge of globalization for large Chinese firms. World Development, 30(12), 2089-2107.

Park, K. H., & Lee, K. (2006). Linking the technological regime to the technological catch-up: analyzing Korea and Taiwan using the US patent data. Industrial and corporate change, 15(4), 715-753.

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, 22(2), 363-396.

Patterson B, Thorne C. Jillings C. Meta- study of qualitative health research: a practical guide to meta-analysis and meta-synthesis. California Sage, 2001; 7: 31-8.

Powell, W. W. , White, D. R. , Koput, K. W. , & Owen-Smith, J. (2005). Network dynamics and field evolution: The growth of interorganizational collaboration in the life sciences. American Journal of Sociology, 110 (4) , 1132–1205.

Prencipe, A. (1997). Technological competencies and product's evolutionary dynamics a case study from the aero-engine industry. Research policy, 25(8), 1261-1276.

Prencipe, A. (2000). Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system. Research policy, 29(7-8), 895-911.

Radosevic, S. (1999). International technology transfer and catch-up in economic development. Edward Elgar Publishing.

Ren, Y.T., Yeo, K.T., 2006. Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation. J. Chin. Inst. Ind. Eng. 23 (6), 519–529.

Sandelowski M, Barros J. Handbook for synthesizing qualitative research, Springer publishing company Inc, 2007.

Sohn, E. , Chang, S. Y. , & Song, J. (2009). Technological catching-up and latecomer strategy: A case study of the Asian shipbuilding industry.

Sokolowski, J.A. & Banks, C. (2010) Modeling And Simulation Fundamentals Theoretical Underpinnings And Practical Domains, Jon Willy And Sons Inc Pub.

Song, J. , Almeida, P. , & Wu, G. (2001). Mobility of engineers and cross-border knowledge building: The technological catching-up case of Korean and Taiwanese semiconductor firms. In Comparative Studies of Technological Evolution (pp. 59–84). Emerald Group Publishing Limited.

Steenhuis, Harm-Jan, Erik J. De Bruijn, and Hans Heerkens. "Technology transfer and catch-up; Lessons from the commercial aircraft industry." *International journal of technology transfer and commercialisation* 6, no. 2-4 (2007): 250-278.

Vértesy, D. (2017). Preconditions, windows of opportunity and innovation strategies: Successive leadership changes in the regional jet industry. Research Policy, 46(2), 388-403.

Wong, C. Y., & Goh, K. L. (2015). Catch-up models of science and technology: a theorization of the Asian experience from bi-logistic growth trajectories. Technological Forecasting and Social Change, 95, 312-327.

Wong, P. K. (1999, June). National innovation systems for rapid technological catch-up: An analytical framework and a comparative analysis of Korea, Taiwan and Singapore. In DRUID Summer Conference on National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy (pp. 9-12).

Xiao, Y., Tylecote, A., & Liu, J. (2013). Why not greater catch-up by Chinese firms? The impact of IPR, corporate governance and technology intensity on late-comer strategies. Research Policy, 42(3), 749-764.

ZaheerKhan & Nicholson John D. (2017) Technological catch-up by component suppliers in the Pakistani automotive industry: A four-dimensional analysis, Industrial Marketing Management, Volume 50, October 2015, Pages 40-50

Zimmer L. (2006) "Qualitative meta-synthesis: a question of dialoguing with texts". Journal of Advanced Nursing, 2006; 53: 311–318.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی