

هم‌گرایی توانمندی‌های علمی و فناورانه‌ی بازیگران مختلف در توسعه سیستم‌های تولیدی پیچیده هوایی

محمد نقی‌زاده^{۱*}

منوچهر منطقی^۲

رضا نقی‌زاده^۳

چکیده

در فرآیند توسعه سیستم‌های تولیدی پیچیده، بازیگران مختلفی از جمله دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، بنگاه‌های فناور کوچک و بنگاه‌های صنعتی بزرگ با سطوح توانمندی علمی و فناوری متفاوت حضور دارند. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مسیر انجام این پروژه‌ها، ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های علمی و فنی این بازیگران است. جهت بررسی این چالش فاز طراحی هواپیمای جت منطقه‌ای به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شد. جهت گردآوری داده‌ها ۱۸ مصاحبه با مدیران اجرایی پروژه، برخی از مدیران شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)، شرکت‌ها و دانشگاه‌های فعال و متخصصان صنعت، صورت گرفت و همچنین از بررسی منابع مکتوب و مشاهدات محققان نیز استفاده شد. پس از توسعه چارچوب مفهومی، فرآیند هم‌گرایی توانمندی‌های علمی و فناورانه در این پروژه از سه منظر مکانیزم‌های هم‌گرایی، توانمندی‌های سازمانی یکپارچه‌ساز و روابط میان بازیگران تحلیل شد و هفت چالش کلیدی به وجود آمده معرفی و یازده ابزار اصلاحی بکار گرفته شده جهت ایجاد هم‌گرایی توانمندی‌های فناوری مورد بررسی قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این مقاله، توسعه بینش و درک محققین و مدیران از مقوله ایجاد هم‌گرایی توانمندی‌های فناورانه در پروژه‌های سیستم‌های تولیدی پیچیده است. با توجه به یافته‌های اصلی تحقیق، پیشنهاد می‌شود مدیران پروژه‌های پیچیده، براساس مراحل پیشرفت پروژه، از ابزارهای متنوع‌تری جهت ایجاد هم‌گرایی استفاده کنند. همچنین توجه به یکتا بودن برخی از ابزارهای ایجاد هم‌گرایی در پروژه‌های سیستم‌های تولیدی پیچیده ضروری است.

کلمات کلیدی:

سیستم‌های تولیدی پیچیده (Cops)، ابزارهای ایجاد هم‌گرایی، مطالعه تک موردی

۱. عضو هیات علمی دانشگاه علامه طباطبائی

* نویسنده عهده دار مکاتبات: M.naghizadeh@atu.ac.ir

۲. عضو هیات علمی دانشگاه مالک اشتر

۳. عضو هیات علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور

۱- مقدمه

زیرسیستم‌های به‌هم‌تنیده، هزینه‌های بالا، تولید در حجم پایین، نیازمندی به دانش و مهارت عمیق و گسترده، مشارکت گروه‌های مختلف و لزوم یکپارچگی مستمر میان مشتری و تأمین‌کننده از ویژگی‌های اصلی سیستم‌های تولید پیچیده^۱ است (Sauser, 2008). مفهوم سیستم‌های تولیدی پیچیده، ریشه در تعداد بالای اجزای اختصاصی و گستره دانش موردنیاز جهت تولید آن‌ها دارد (Hobday, 1998). برای مثال ساخت یک هواپیمای جدید و مدرن نیازمند حجم بسیار زیادی از دانش در حوزه‌های مواد، نرم‌افزار، مکانیک، و سیستم‌های ارتباطی است. اگرچه این سیستم‌ها در نهایت توسط یک کاربر نهایی خریداری می‌شود، اما نیازمندی‌های دانشی آن از توان مهندسی یک شرکت خارج است و نیازمند شبکه‌ای پروژه‌محور از شرکت‌ها است (Dedehayir et al., 2014). این شبکه شامل تأمین‌کنندگان تخصصی، مقاطعه‌کاران، یکپارچه‌سازان سیستم‌ها و سازمان‌های دولتی و قانونگذار است (Hobday et al., 2005). از آنجایی که تولیدکنندگان سیستم‌های تولید پیچیده همه‌ی مهارت‌ها و منابع لازم را برای مدیریت این حجم فناوری‌ها و نیازمندی‌ها در اختیار ندارند، استفاده از منابع برون‌سازمانی برای آن‌ها حیاتی است (Gunawan et al. 2002). منابع مختلف از واژگان متفاوتی همچون همکاری فناورانه (Dodgson, 1993)، شراکت راهبردی فناورانه (Hagedoorn, 1993)، یا شبکه‌های نوآوری (Wissema and eusser, 1991) برای نیل به این مقصود استفاده کرده‌اند. با وجود مزایای زیادی که این تخصص‌گرایی^۲ ناشی از توزیع فعالیت‌ها در میان بازیگران مختلف دارد، هم‌گرایی^۳ این فعالیت‌ها و ارائه آن در قالب یک سیستم یکپارچه از دغدغه‌های اصلی محققان و مدیران است. تحقیقات زیادی نیز در مورد ضرورت و نحوه ایجاد این هم‌گرایی صورت پذیرفته‌است.

(Gunawan et al., 2002; Brusoni et al, 2001; Brusoni and Prencipe, 2001; Davies and Brady, 2004; Hobday et al, 2005; Dedehayir et al., 2014).

این مشکل در کشورهای در حال توسعه و دیرآمده^۴ مانند ایران که از فقدان شرکت‌های بزرگ، تخصصی، یکپارچه‌ساز و همچنین عدم تجربه کافی در این پروژه‌ها رنج می‌برد، بیشتر مورد توجه است. با این وجود، تحقیقات اندکی در مورد ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فناورانه بازیگران مختلف در پروژه‌های سیستم‌های تولیدی پیچیده صورت پذیرفته‌است (Park and Kim, 2014). همچنین در

1 . Complex Production Systems (Cops)

2 . Specialization

3 . Convergence

4 . Latecomer

این تحقیقات کمتر به توانایی‌ها و ابزارهای بکار رفته جهت ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فنی و تخصصی بازیگران مختلف در پروژه‌های تولیدی پیچیده پرداخته شده‌است.

سؤال اصلی این مقاله پیرامون مکانیزم‌ها و ابزارهای ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های دانشی و فناورانه بازیگران مختلف فعال در سیستم‌های تولیدی پیچیده (مانند تأمین‌کنندگان تخصصی، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، یکپارچه‌سازان سیستم) در کشورهای در حال توسعه مانند ایران است. جهت پاسخگویی به سؤال اصلی این تحقیق یک نمونه موردی انتخاب شد که بتواند ابعاد این یکپارچه‌سازی‌ها را روشن نماید. نمونه مورد بررسی فاز طراحی هواپیمای جت منطقه‌ای با ظرفیت ۱۵۰ مسافر است. این هواپیما شامل مجموعه‌ای از فناوری‌های پیشرفته است که حجم بالایی از همکاری‌ها را میان شرکت‌های ایرانی و خارجی می‌طلبد.

از این‌رو، در بخش دوم ادبیات تحقیق بررسی می‌شود. بخش سوم متدولوژی تحقیق را مورد توجه قرار می‌دهد و بخش چهارم به موضوع آنالیز نمونه موردی انتخاب شده می‌پردازد. در بخش انتهایی نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات طرح می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

سیستم‌های تولید پیچیده به محصولاتی گفته می‌شود که دارای ویژگی‌های مانند زیرسیستم‌های به‌هم‌تنیده، هزینه‌های بالا، تولید در حجم پایین، نیازمندی به دانش و مهارت عمیق و گسترده، انحصار چندگانه در بازار، نیازمندی به مشارکت گروه‌های مختلف، کاربرمحور بودن به جای بازارمحور بودن و لزوم یکپارچگی مستمر میان مشتری و تأمین‌کننده هستند (Moddy and Dodgson, 2006; Gunawan et al, 2002). با توجه به تعداد بالای توانمندی‌های فنی و دانشی موردنیاز جهت طراحی، توسعه و تولید این محصولات، شرکت‌های ارائه‌دهنده نیازمند تأمین‌کنندگان دانشی در این حوزه‌ها هستند تا بتوانند به‌عنوان مکمل تحقیق و توسعه داخلی خود بکار گیرند (Brusoni, Prencipe, Pavitt, 2001). به سبب این ویژگی‌ها، توان توسعه این محصولات در یک شرکت منفرد وجود ندارد و بایستی شبکه‌ای از بازیگران و شرکت‌ها در آن حضور داشته باشند (Davies and Brady, 2000).

تحقیقات گوناگون در حوزه شبکه‌ها نشان‌دهنده این است که مزایای شبکه در دو بخش الف) تسهیم منابع، دانش و مهارت‌های بازیگران حاضر در شبکه و ب) دستیابی بازیگران به سرریزهای اطلاعاتی

ناشی از حضور در شبکه‌ها، نهفته‌است. (Ahuja, 2000). با وجود مزایای زیاد توسعه شبکه‌ها، همواره هم‌گرایی در فعالیتهای از چالش‌ها و موضوعات کلیدی بوده‌است. تحقیقات زیادی در حوزه هم‌گرایی به‌ویژه در محصولات تولیدی پیچیده با عناوینی مانند یکپارچگی سیستم، یکپارچگی دانش و یکپارچه‌سازی انجام شده‌است (Brusoni et al, 2001; Brusoni and Prencipe, 2001; Davies and Brady, 2004; Hobday et al, 2005)

این هم‌گرایی در شبکه‌ها در قالب دو نوع ایستا و پویا تعریف می‌شود که اولی بر هم‌گرایی و هم‌نوایی توانمندی‌های فناورانه و سازمانی جهت توسعه یک محصول پیچیده و دومی بر توانایی جستجو و شناسایی راه‌های ممکن جهت توسعه محصولات جدید است (Brusoni and Prencipe, 2001). تحقیقات زیادی در مورد ابعاد مختلف هم‌گرایی در شبکه‌ها صورت گرفته‌است. عمده این تحقیقات رویکرد موردی داشته و بخشی از اقدامات و رویکردهای صورت گرفته جهت ایجاد هم‌گرایی فناورانه در میان بازیگران این شبکه‌ها را بیان می‌کنند. برخی از تحقیقات بر ساختار تقسیم‌کار و مکانیزم‌های هم‌گرایی متمرکز شده‌اند. برخی با رویکرد ساختاری، بر نقش یکپارچه‌سازی جهت هم‌گرایی میان توانمندی‌های بازیگران در شبکه‌ها تأکید دارند (Brusoni and Prencipe, 2001). پرنسیپ^۱ (۲۰۰۳) یکپارچه‌سازی را شرکت‌هایی تعریف می‌کند که شبکه و مجموعه بازیگران را از نظر تعداد، نوع و شدت روابط چینی می‌کنند. یکپارچه‌سازی را برخی با عنوان هاب (Jarillo, 1988) و برخی با عنوان مراکز راهبردی (Lorenzoni and Baden-Fuller, 1995) نیز ذکر می‌کنند. تحقیقات مختلف با توجه به بسترهای فناوری و مکانی هر پروژه Cops انواعی از تقسیم وظایف در شبکه را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان نمونه - به بررسی ساختار تقسیم‌کار در شبکه نوآوری توسعه محصول هواپیمای دریم لاینر بویینگ و نحوه اصلاح و بازچینش آن می‌پردازد. وی در این مقاله به تغییر پارادایم توسعه محصول در بویینگ پرداخته و بیان می‌کند که این شرکت در ساخت دریم لاینر برای اولین بار طراحی اجزا و زیرسیستم‌ها را نیز به اعضای شبکه منتقل کرد. این در حالی است که در مدل‌های قبلی تنها تولید اجزا و زیرسیستم‌ها را در شبکه توزیع می‌کرد و طراحی در واحد طراحی بویینگ به صورت متمرکز انجام می‌شد. این رویکرد، تحولی در توسعه محصولات جدید در حوزه سیستم‌های تولیدی پیچیده و صنعت هواپیماسازی است.

همچنین با توجه به تحقیقات قبلی، مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌های کلی برای هم‌گرایی دانش و

توانمندی‌های فناورانه میان شرکت‌ها وجود دارد که شامل الف) استقرار مهندسان شرکت‌ها در یک مکان واحد، ب) بکارگیری دارایی‌های ناشی از همکاری‌های پیشین مشترک^۱ و ج) استفاده از معماری ماژولار است (Kotta and Srikanth, 2013).

کار کردن در یک محیط سبب تسهیل فرآیند هم‌گرایی می‌شود (Olson et al., 2002; Kotta and Srikanth, 2013). انتقال تجارب به‌صورت عمیق، امکان ارتباطات گسترده‌تر میان اعضای تیم و ایجاد ادراکات مشترک از مهم‌ترین علل تسهیل هم‌گرایی حاصل از استقرار در یک مکان واحد است. همچنین تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که ایجاد RSA سبب توسعه زبان مشترک کاری، روتین‌های تعاملی و درک بهتر شرکا از هم می‌شود که به تصمیم‌گیری و یکپارچگی دانش میان بازیگران کمک زیادی می‌کند (Gulati, Lavie, and Singh, 2009; Kotta and Srikanth, 2013). تجارب قبلی همکاری سبب ایجاد نوعی هم‌گرایی میان طرفین، ادراکات مشترک و شناخت بیشتر از توانمندی‌های متقابل می‌شود. از این‌رو شرکت‌های فعال در زمینه توسعه سیستم‌های تولیدی پیچیده تلاش می‌کنند تا به صورت بلندمدت با مجموعه‌ای از بازیگران همکاری داشته باشند تا در طول زمان به درک مشترکی از نقش‌ها و توانمندی‌های یکدیگر برسند. در نهایت نیز می‌توان بیان نمود که یکپارچگی دانش بازیگران وابسته به معماری سازمان و ماژولار بودن محصولات نیز می‌شود (Kotta and Srikanth, 2013). به هر میزان بتوان محصولات را به‌ویژه در سطح پروژه ماژولار نمود به همان میزان پس از توزیع آن در شبکه، هم‌گرایی میان اجزا تسهیل می‌شود.

اگرچه این ابزارها مزایای زیادی دارند اما همواره نمی‌توانند مؤثر و کارآمد عمل کنند زیرا بخشی از چالش‌های هم‌گرایی در هر پروژه Cops یکتا است. هزینه بالا، عدم اطمینان فناوری، و تغییرات در نیازمندی‌های پروژه به ترتیب از دلایل اصلی محدود شدن این ابزارها است (Kotta and Srikanth, 2013). هزینه بالای استقرار مهندسان در واحدهای مختلف همکار و همچنین کمبود تعداد متخصصان لازم در پروژه‌های بزرگ، در بسیاری از موارد امکان استفاده گسترده از این روش را از شرکت‌های یکپارچه‌ساز سلب می‌کند. از طرف دیگر تغییرات گسترده در فناوری‌ها و ورود بازیگران جدید به توسعه محصولات جدید سبب می‌شود در بخش‌های زیادی از شبکه امکان تحقق RSA وجود نداشته باشد و مجموعه‌ها با آشنایی اندک پیشین بایستی با یکدیگر همکاری کنند. پیرامون ماژولار کردن پروژه‌ها نیز دشواری‌های زیادی وجود دارد. در حوزه‌های جدید به‌ویژه در فناوری‌های لبه دانش، طراحان محصول رابطه میان

اجزا را از روش‌های آزمون و خطا بدست آورده و دقیق می‌کنند (Garud and Munir, 2008) گروه دیگری از تحقیقات، به بررسی هم‌گرایی توانمندی‌های علمی و فناورانه از منظر توانمندی‌های فناورانه و سازمانی شرکت‌های یکپارچه‌ساز می‌پردازند. شرکت‌های یکپارچه‌ساز که عمدتاً ارائه‌دهندگان نهایی محصولات پیچیده نیز هستند، بایستی دارای توانمندی‌های ویژه‌ای جهت یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها و توانمندی‌های بازیگران مختلف باشند (Park, 2012). دانش موردنیاز این مجموعه‌ها جهت مدیریت هم‌گرایی در شبکه ترکیبی از دانش‌های مختلف فناورانه بکار رفته در محصول پیچیده موردنظر و فعالیت‌های مختلف مانند طراحی مفهومی، طراحی تفصیلی و تولید است.

در این راستا، یکپارچه‌سازها باید دارای دانش‌های علمی و فناوری زیرسیستم‌ها، دانش سازمانی مانند مدیریت پروژه، دانش بازار در مورد نیازمندی‌های مشتریان و دانش در مورد رگولاتوری و کسب مجوزها به صورت تجمیع شده باشند. (Brusoni and Prencipe, 2001)

پرنسیپ (۲۰۰۳) بیان می‌کند که یکپارچه‌سازها بایستی دارای مهارت‌های زیربنایی از جمله درک حوزه‌های زیربنایی فناوری و توانایی تجمیع آن‌ها، درک فناورانه از رفتار کلی سیستم در پارامترهای اصلی، توانایی طراحی کل سیستم، توانایی طراحی اجزای کلیدی سیستم و توانایی اسمبلی اجزا باشد. برخی نیز معتقدند که این سازمان‌ها بایستی علاوه بر توانمندی‌های وظیفه‌ای و راهبردی که چندلر به آن اشاره نموده‌است دارای توانمندی‌های پروژه شامل مدیریت هزینه، مدیریت ریسک، مدیریت پروژه، مدیریت تعارضات، مدیریت و راهبری شرکت در مناقصات و موارد مشابه باشد (Davies & Brady, 2000). برخی از تحقیقات نیز از منظر نحوه ارتباطات در شبکه‌های نوآوری به تحلیل شبکه‌ها و ایجاد هم‌گرایی پرداخته‌اند. کوتا و سریکان^۱ (۲۰۱۳) بر ایجاد یک مرکز فناوری اطلاعات پیشرفته جهت مدیریت شبکه ارتباطات بویینگ در پروژه دریم لاینر^۲ تأکید می‌کنند. گولاتی^۳ و همکاران (۲۰۰۹) بر همکاری‌های بلندمدت و همکاری با همکاران پیشین جهت تسهیل در ارتباطات و موارد فرهنگی تأکید دارند. برخی بر نقش‌های تیم‌های بین‌بخشی و نحوه تعامل اعضای شبکه در مواردی که نیازمند تعامل و بررسی ارتباطات بین اجزا و زیرسیستم‌های مختلف و همچنین دستیابی به سطوح بالاتر هماهنگی در سطح اجزا و سیستم تأکید می‌کنند.

در این مقاله سعی شده‌است تا نگاهی جامع به ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فناورانه بازیگران

1 . Kotta and Srikanth
2 . DreamLiner
3 . Gulati

مختلف در پروژه‌های Cops شود و همچنین ارتباطات میان این موارد بررسی شود. در واقع سه عنصر ساختار تقسیم‌کار و مکانیزم‌های هم‌گرایی بکار گرفته‌شده در این پروژه‌ها، توانمندی سازمان یکپارچه‌ساز و ارتباطات میان بازیگران مورد تأکید در این مقاله است. با توجه به وابستگی زیاد پروژه‌های Cops به بستر سازمانی و فناوری، شرکت‌ها جهت توسعه محصول جدید، مجموعه‌ای از ابزارهای ایجاد هم‌گرایی مختلف و گاهاً منحصر به فرد را بکار می‌گیرند. چارچوب ارائه‌شده در نمودار شماره ۱ بر تغییرات در هر یک از عناصر سه‌گانه مؤثر بر هم‌گرایی در پروژه براساس چالش‌ها و شرایط حاکم بر پروژه می‌پردازد و نتایج و دستاوردهای آن را ارائه می‌دهد. بازخوردهای موجود در چارچوب نمایانگر تعاملات ممکن میان بخش‌های مختلف شکل‌دهنده چارچوب و پویایی ابزارهای هم‌گرایی و رویکردهای مربوط به آن براساس پیشرفت پروژه در طول زمان است. همانگونه که در چارچوب مشخص است در هر زمان از پروژه عناصر مختلف مؤثر بر ایجاد هم‌گرایی در شبکه شامل ساختار شبکه، ارتباطات و توانمندی‌های یکپارچه‌ساز جهت مدیریت شبکه به‌عنوان ورودی در وضعیت مشخصی قرار دارد که می‌تواند براساس مرحله پیشرفت پروژه با چالش‌هایی روبرو باشد که برای رفع آن بایستی از ابزارهای ایجاد هم‌گرایی مختلفی استفاده نمود. ایجاد هم‌گرایی در این شبکه و میزان موفقیت آن، در خروجی‌ها و دستاوردهای پروژه نمایانگر است. این خروجی‌ها و دستاوردها شامل موفقیت در دستیابی به اهداف پروژه، ارتقای توانمندی در سطح شبکه و شرکت یکپارچه‌ساز است. این چارچوب به ما کمک می‌کند تا بتوانیم از طریق جمع‌آوری شواهدی به بررسی ابزارهای بکار رفته در یک پروژه Cops در ایران بپردازیم و نقاط قوت و ضعف و دستاوردهای آن را بررسی کنیم.

خروجی‌ها و دستاوردهای پروژه	چالش‌ها و ابزارهای ایجاد هم‌گرایی	تنظیمات جهت ایجاد هم‌گرایی
<ul style="list-style-type: none"> دستیابی به اهداف پروژه ارتقای توانمندی در سطح شبکه ارتقای توانمندی در سطح شرکت یکپارچه‌ساز 	<ul style="list-style-type: none"> اصلاح ساختار تسهیل ارتباطات ارتقای توانمندی‌های سازمانی شرکت یکپارچه‌ساز 	<ul style="list-style-type: none"> ساختار تقسیم‌کار و ایجاد هم‌گرایی روابط بین بازیگران توانمندی‌های سازمانی شرکت یکپارچه‌ساز

نمودار شماره ۱- چارچوب جهت تحقیق پیرامون ایجاد هم‌گرایی فناورانه

در سیستم‌های تولیدی پیچیده

در مجموع اگرچه در مورد ایجاد هم‌گرایی در پروژه سیستم‌های تولیدی پیچیده، دیدگاه‌ها و رویکردهای مختلفی وجود دارد، اما هر یک از پروژه‌های تولیدی پیچیده جهت هم‌گرایی با توجه به ویژگی‌های پروژه و بستری که در آن قرار دارد، نیازمند ترکیبی از این رویکردها و ابزارهای مربوط به آن است. از این رو بیشتر تحقیقات در این حوزه، براساس محوریت یک نمونه عملی ارائه شده است به‌عنوان مثال (Prencipe, 2000; Kotta and Srikanth, 2013; Park and Kim, 2014; Kiamehr, 2015; Hobday and Hamed, 2015). در میان این تحقیقات، موارد اندکی در مورد ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فناورانه در شبکه‌های نوآوری، شرکت‌ها و سازمان‌های کشورهای در حال توسعه در حوزه سیستم‌های تولید پیچیده وجود دارد (Park and Kim, 2014). همچنین این تحقیقات کمتر به توانمندی‌ها و ابزارهای بکار رفته جهت هم‌گرایی توانمندی‌های فنی و تخصصی بازیگران مختلف در پروژه‌های تولیدی پیچیده پرداخته‌اند. و سوم اینکه در تحقیقات پیشین به بررسی این هم‌گرایی از ابعاد ساختاری، ارتباطی و توانمندی‌های یکپارچه‌ساز و پویایی میان آن‌ها پرداخته نشده است.

۳- روش‌شناسی

۳-۱- رویکرد و زمینه

در راستای پاسخ به سؤالات تحقیق، از روش کیفی نمونه تک موردی استفاده شد (Yin, 2003; Eisenhardt and Graebner, 2007). پروژه هواپیمای جت منطقه‌ای ۱۵۰ نفره به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های Cops در یکی از کشورهای در حال توسعه به‌عنوان نمونه انتخاب شد. روش نمونه تک موردی برای رویدادهای نادر مانند این پروژه بسیار مناسب است زیرا امکان تشریح عمیق و آنالیز مکانیزم‌های ایجاد هم‌گرایی را در یک پروژه Cops فراهم می‌کند. به‌طور خاص، در نظر گرفتن شرایط پیچیده یک پروژه Cops در یک کشور در حال توسعه و اقدامات صورت گرفته در راستای یکپارچه‌سازی در آن از مزایای اصلی روش نمونه موردی است. به نظر می‌رسد این روش به صورت مناسبی می‌تواند مباحث نظری پیرامون مبحث هم‌گرایی را تشریح و تدقیق کند (Yin, 2003; Siggelkow, 2007; Weick, 2007).

۳-۲- منابع داده و پردازش آن‌ها

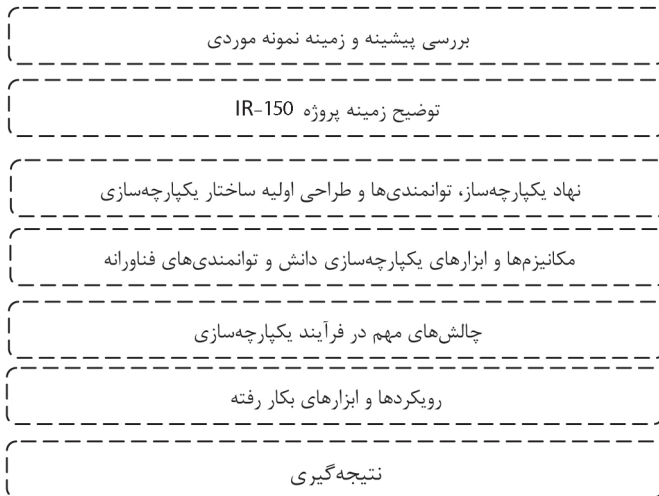
داده‌های این تحقیق از چهار منبع تأمین شده است که به شرح زیر است.

- مصاحبه با مدیران اجرایی پروژه، برخی از مدیران شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)، شرکت‌ها و دانشگاه‌های فعال و متخصصان صنعت
 - رسانه‌ها، خبرنامه‌های داخلی هسا و سایر اطلاعات در دسترس از منابع عمومی
 - پست الکترونیک و تماس‌های تلفنی با مدیران جهت رفع نقاط مبهم
 - و مشاهدات محققان به سبب آنکه نقش کلیدی در این پروژه و تصویب و اجرای آن داشته‌اند.
- این تحقیق در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ میلادی صورت پذیرفته‌است. در مجموع ۱۴ مصاحبه با مدیران شورای عالی عتف (به‌ویژه کمیته مربوط به هوانوردی)، مدیران پروژه، مدیران زیرسیستم‌ها و متخصصان شرکت‌ها و دانشگاه‌ها صورت پذیرفت. این افراد از سطوح مهندسی تا برنامه‌ریزی پروژه انتخاب شدند و شامل متخصصانی در حوزه‌های استراتژی، مهندسی، تأمین و برنامه‌ریزی بودند. مصاحبه‌ها شامل سؤالات بسته و باز بودند که بخشی از آن‌ها به چالش‌های سازماندهی توسعه یک سیستم هوایی پیچیده اشاره داشتند و بخشی به مورد اختصاصی اولین هواپیمای منطقه‌ای ایران مربوط بودند.

علاوه بر ۱۴ مصاحبه بیان‌شده، ۴ مصاحبه نیز با تأمین‌کنندگان صنعت هوایی ایران و متخصصان صنعت هوایی صورت گرفت که امکان تکمیل و صحت‌سنجی اطلاعات کسب‌شده از سایر اعضای فعال در پروژه را فراهم نمود.

تمامی مصاحبه‌ها ضبط و پیاده‌سازی شده‌است و با ادبیات تحقیق تطابق داده شده‌است و فرآیند جمع‌آوری مستمر داده‌ها به صورت رفت و برگشتی مرتباً پیگیری شد (Miles and Huberman, 1984). علاوه بر اطلاعات و مستندات که از مصاحبه‌ها استخراج شد، حجم زیادی از اطلاعات در قالب مستندات ثانویه مانند مقالات منتشرشده، مستندات فنی و ارائه‌ها، گزارش‌های شورای عالی عتف، و فصلنامه‌ها و خبرنامه‌های صنعت هوایی جمع‌آوری و بررسی گردید. این اطلاعات امکان بررسی‌های دقیق‌تر را به تیم محققین داد. جهت دستیابی به قابلیت اعتماد تلاش شد تا با طراحی یک چارچوب مفهومی به‌عنوان راهنمای گردآوری و تحلیل داده‌ها، تهیه یک رهنمود (پروتکل) مصاحبه‌های پژوهش کیفی شامل جزئیات روش تحقیق و ایجاد یک پایگاه داده برای تحقیق، فرآیند تحقیق، قابل بررسی، ردگیری و حتی تکرار توسط فرد ثالث باشد. استفاده از رویکرد سه جبهه‌ای^۱ (Golafshani, 2003; Patton, 2002) نیز از ابزارهای دیگر استفاده شده برای افزایش کیفیت تحقیق

حاضر است. در رویکرد سه جبهه‌ای به داده‌ها سعی شد نظرات ذی‌نفعان در سه بخش مدیریت پروژه، شورای عالی عتف و خبرگان مستقل و همچنین مستندات و مشاهدات استفاده شود. همچنین در مرحله تهیه طرح تحقیق از گروهی از افراد مطلع و صاحب‌نظر برای بررسی و اظهارنظر در مورد جامع و مانع بودن طرح تهیه‌شده، استفاده شد. در مرحله جمع‌آوری داده‌ها پس از انجام مشاهدات و انجام مصاحبه‌ها، متن ثبت و درک‌شده توسط محقق به تأیید مصاحبه‌شونده می‌رسید و در نهایت در مرحله تحلیل و تفسیر داده‌ها پانلی از متخصصین اعم از صاحب‌نظران و افراد مطلع در مورد موضوع تحقیق برای بحث و اظهارنظر در مورد گزارش نهایی تحقیق حاضر تشکیل گردید. نحوه گردآوری و تحلیل داده‌ها در نمودار شماره دو ارائه شده‌است.



نمودار شماره ۲- گام‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

۲-۳- نمونه اولین هواپیمای جت منطقه‌ای ایران (IR-150)

از منظر تئوریک، در این تحقیق بر روی برنامه‌ای تمرکز شد که نمایانگر یک پروژه Cops در یک کشور در حال توسعه می‌باشد که در آن هم‌گرایی میان سازمان تحویل‌گیرنده و تأمین‌کنندگان، بازیگران اصلی کاری دشوار و بعضاً ناشناخته برای مدیران آن می‌باشد. علاوه بر این، چالش‌های هم‌گرایی سبب تأخیرهایی در این پروژه شده بود. درک علل این چالش‌ها و اقدامات مربوطه و دستاوردهای آن مجموعه‌ای با ارزش و منحصر به فرد را از توسعه توانمندی ایجاد هم‌گرایی در بستر پروژه‌های Cops در

یک کشور در حال توسعه ارائه می‌کند.

اگرچه پروژه توسعه و طراحی هواپیمای ۱۵۰ نفره یک تک مورد است اما انتخاب آن به سبب بینش و دورنمای قابل توجهی است که در موضوع ایجاد هم‌گرایی به ما ارائه می‌کند (Yin, 1994). با تصویب و شروع پروژه IR-150 در سال ۲۰۱۱ و شروع این تحقیق عملاً بررسی این نمونه اکتشافی آغاز شد. و بستر لازم برای پاسخگویی به سؤال تحقیق آغاز شد (Kotta and Srikanth, 2013). این پروژه نگاه و رویکرد متخصصان حوزه هوایی ایران را نسبت به طراحی، ساخت و تأمین مالی پروژه‌های ساخت هواپیما اصلاح و توسعه داده‌است. قابل ذکر است که نمونه ارائه‌شده در این مقاله تنها مربوط به بخش طراحی هواپیمای ۱۵۰ نفره می‌باشد زیرا سایر بخش‌ها هنوز در جریان هستند.

۳-۴- زمان انجام پروژه

اواسط سال ۲۰۱۱ معادل با زمان تصویب پروژه توسط شورای عالی عتف به‌عنوان یکی از طرح‌های کلان علم و فناوری کشور به‌عنوان نقطه شروع پروژه در نظر گرفته شد. نقطه پایانی تحقیق در این فاز نیز جولای ۲۰۱۵ در نظر گرفته شد که معادل با زمان تحویل چارچوب مفهومی هواپیمای ۱۵۰ نفره مورد تأیید نهادهای ملی مسئول توسط هسا بود.

۴- یافته‌های تحقیق

تدوین تاریخچه IR-150 اولین اقدام جهت تجزیه و تحلیل بود. تاریخچه نگارش شده برای برخی مدیران پروژه ارسال گردید و پس از دو ماه موارد اصلاحی جمع‌آوری گردید. روند پروژه به صورت توالی زمانی مستند شد و سپس براساس آن تحلیل‌های لازم صورت پذیرفت. همچنین در این مقاله، به صورت نظام‌مندی ابزارهای یکپارچه‌سازی بکار گرفته شده در طول پروژه، تنها در سطح هم‌گرایی میان توانمندی‌های دانشی و فناوری بازیگران مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

در نهایت روایی موارد بررسی‌شده در همکاری با متخصصان بیرونی مورد بازبینی قرار گرفت (Brown and Eisenhardt, 1997). نتایج این فرآیند رفت و برگشتی را می‌توان در قالب چندین نسخه و اصلاحات مربوطه مشاهده نمود. در این بخش که در ادامه بیان می‌شود در مورد چگونگی استفاده و تکامل توانمندی‌های ایجاد هم‌گرایی و ابزارهای بکار رفته در طول پروژه مباحثی به‌صورت دقیق بیان می‌شود

۴-۱- پیشینه پروژه طراحی و ساخت هواپیمای ۱۵۰ نفره ایران

صنعت هوانوردی در ایران دارای بیش از ۷۰ سال سابقه است. این سابقه در ابتدا با بهره‌برداری از محصولات تولیدی کشورهای پیشرفته و به صورت خاص آمریکا و فرانسه آغاز شده است. گسترش این همکاری‌ها در ابتدای دهه ۱۹۷۰ با ورود ایران به صنعت تعمیرات و نگهداری هواپیماهای مسافری و همچنین توسعه فعالیت‌های تولیدی در بخش بالگرد با همکاری شرکت BELL آمریکا همراه بوده است. در طول سه دهه اخیر در همکاری با شرکت‌های بین‌المللی ایران به یکی از قوی‌ترین مراکز MRO در منطقه تبدیل شد که توانایی اورهال هواپیماهای مسافری ایرباس و بویینگ را دارا می‌باشد (نقی‌زاده، ۱۳۹۱).

در انتهای دهه ۹۰ میلادی با گسترش این توانمندی‌ها، طراحی و ساخت هواپیماهای سبک به صورت دو نفره و چهار نفره در ایران انجام شد و هم اکنون توان تولید ۷۰ تا ۸۰ هواپیمای سبک در ایران وجود دارد. در اواسط دهه ۹۰ میلادی اولین طرح همکاری بین‌المللی ایران جهت ساخت هواپیماهای متوسط تک راهرو با ظرفیت ۵۲ نفر با شرکت آنتونوف اکران آغاز شد. انجام این طرح سبب انتقال فناوری به‌ویژه در زمینه طراحی هواپیما و ساخت برخی تجهیزات گردید و اولین مراکز تخصصی طراحی و مهندسی هواپیما در ایران ایجاد شد.

جدول شماره ۱- نیاز ایران به هواپیماهای مختلف در افق ۱۴۰۴ (منبع: مصاحبه نویسنده با

رئیس ستاد هوایی و هوانوردی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری)

جمع	حدود ۱۵۰ نفره	۱۰۰ نفره	۵۰ نفره	سناریو نیاز در افق ایران ۱۴۰۴
۶۰۲	۴۹۲	۷۴	۳۶	مدل دانشگاه تربیت مدرس
۶۱۴	۴۷۱	۱۰۲	۴۱	مدل سازمان صنایع هوایی و دانشگاه امیرکبیر
۶۸۳	-	-	-	مدل سند توسعه هوافضا

از طرف دیگر با توجه به توانمندی بالای ایران در بخش تعمیرات اساسی هواپیماهای تجاری، شبکه‌ای از شرکت‌های تأمین‌کننده قطعات و خدمات هوایی در ایران شکل گرفت. از سال ۲۰۰۸ با تغییر رویکرد صنایع هوایی ایران و تمرکز بر حوزه تجاری، طرح‌هایی جهت ورود به بازار هواپیماهای تجاری مطرح شد. در اولین اقدام مونتاژ هواپیمای ۵۲ نفره با نام IRAN 140 با ظرفیت ده فرزند در سال عملیاتی شد. با توسعه صنعت هوایی در کشور، نیاز جدی به ورود هواپیماهای با اندازه متوسط

احساس شد. تحقیقات مختلف مؤید نیاز ایران به حدود ۷۰۰ فروند هواپیمای ۵۰ تا ۱۵۰ نفره تا سال ۲۰۲۵ می‌باشد.

در این راستا اقدامات اولیه برای همکاری با شرکت‌های مطرح بین‌المللی در زمینه ساخت جت‌های منطقه‌ای با ظرفیت حداکثر ۱۵۰ نفر آغاز شد. با تشدید تحریم‌ها در سال ۲۰۰۹، بخش زیادی از این تلاش‌ها بی‌نتیجه شد. از این رو تصمیم گرفته شد تا پروژه با تمرکز بر شبکه تأمین‌کنندگان فناوری داخلی و با اهداف زیر تعریف شود.

- تا سال ۲۰۲۵ ایران به‌عنوان نهمین کشور وارد باشگاه تولیدکنندگان هواپیماهای کوچک و متوسط شود.
- توانمندی طراحی هواپیماهای تجاری در ایران ارتقا یافته و از مقبولیت بین‌المللی برخوردار شود.
- توانمندی طراحی جزئیات و زیرسیستم‌های اصلی در ایران ارتقا یابد.
- توانمندی فناوری در بخش مونتاژ به سطح قابل قبول بین‌المللی برسد.
- توانمندی فناوری شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات جهت ورود به چرخه بین‌المللی تأمین قطعات ارتقا یابد.
- توانمندی‌های مربوط به تست و شبیه‌سازی در حد قابل قبول بین‌المللی ارتقا یابد.
- از سرریز فناوری‌های بدست‌آمده بتوان در سایر صنایع مانند خودروسازی، لوازم خانگی و ... استفاده نمود.

با توجه به موارد ذکر شده، در سال ۲۰۱۰ طرح طراحی و ساخت اولین هواپیمای ۱۵۰ نفره به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری ارائه شد و مورد تصویب این نهاد عالی تصمیم‌گیری قرار گرفت و مقرر شد تا در طول ۱۰ سال این طرح به نتیجه برسد. ضمناً مقرر شد بخش طراحی شامل طراحی مفهومی، طراحی مقدماتی و طراحی جزئیات تا سال ۲۰۱۵ نهایی شود. هزینه پیش‌بینی شده برای طراحی و توسعه فناوری‌های تعیین‌شده در نقشه راه پروژه، معادل ۴۰ میلیون دلار در نظر گرفته شد و مقرر شد تا ۴ نمونه از این هواپیما تا سال ۲۰۲۰ و با هزینه معادل ۶۰۰ میلیون دلار ارائه شود.

یک تغییر اساسی در این پروژه نسبت به تجارب قبلی، نوع نگرش متفاوت بود. در طراحی و ساخت هواپیمای ۵۲ نفره عمده فعالیت‌ها توسط شرکت هسا وابسته به دولت ج.ا.ایران و تحت لیسانس شرکت آنتونوف انجام شد. اما با توجه به ویژگی‌های این پروژه و عدم وجود توانمندی‌های لازم فناوری و بازار در یک یا چند مجموعه، مقرر شد تا از یک شبکه گسترده شامل دانشگاه‌ها، شرکت‌ها، تأمین‌کننده‌های

مالی، قانونگذاران و یکپارچه‌سازها استفاده شود. مدیر این پروژه می‌گوید.

«این پروژه فارغ از خروجی‌هایی که دارد، از نظر فرآیند توسعه فناوری، یک تجربه نادر در ایران است. تا به حال این تعداد شرکت، سازمان، سیاست‌گذار و دانشگاه و پژوهشگاه در یک پروژه توسعه فناوری با هم مشارکت نکرده بودند و تجربه آن در اختیار هیچ سازمان ایرانی نیست. اگر بتوانیم این پروژه را درست مدیریت کنیم، یک تجربه گرانبها برای کشور جهت ورود به حوزه‌های پیچیده است.»

۴-۲- نهاد یکپارچه‌ساز، توانمندی‌ها و طراحی اولیه ساختار ایجاد هم‌گرایی

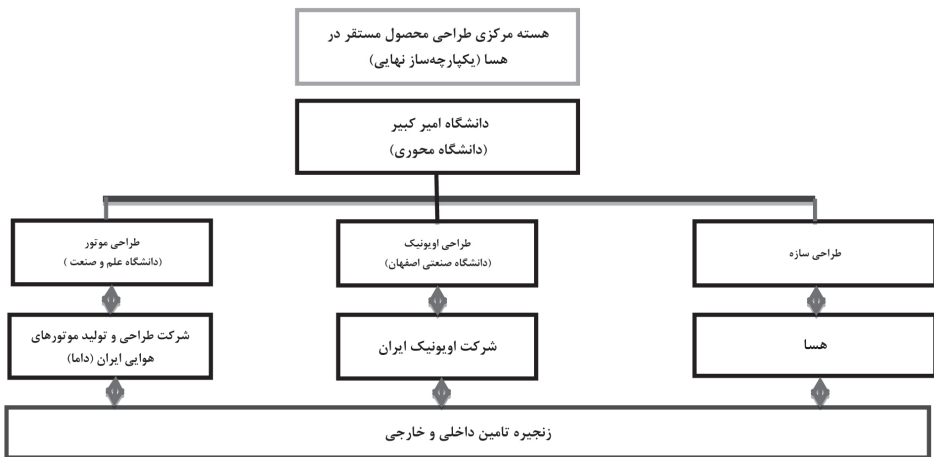
مسئولیت توسعه صنعت هوایی در ایران عمدتاً بر عهده دو نهاد دولتی بوده‌است. در بخش توسعه فناوری و تولید بر عهده سازمان صنایع هوایی (IAIO) و در بخش رگولاتوری و نظارت بر عهده سازمان هواپیمایی کشوری (CAO) بوده‌است و نقش بخش خصوصی کمرنگ بوده‌است. این پروژه با محوریت شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری و همکاری دانشگاه‌ها، صنعت دولتی و خصوصی و قانونگذاران شکل گرفته‌است. متولی نهایی ارائه هواپیمای IR150 نیز شرکت هسا به‌عنوان یکی از زیرمجموعه‌ی سازمان صنایع هوایی ایران می‌باشد که عملاً نقش یکپارچه‌ساز نهایی را دارد. این سازمان دارای سه زیرمجموعه به شرح زیر است که در پروژه IR150 مشارکت دارند.

- شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) که دارای تجربه تولید هواپیمای ۵۲ نفر و طراحی خانواده این هواپیما را داشت. ضمناً مسئولیت راهبری این پروژه را نیز برعهده دارد.
- شرکت اویونیک ایران که دارای تجربه طراحی اویونیک هواپیما و بالگردها را داشت.
- شرکت طراحی و ساخت موتورهای هوایی ایران که دارای تجربه طراحی و ساخت موتورهای کوچک و متوسط هوایی را داشت. (۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ پوند- نیرو)

این مجموعه‌ها با وجود دارا بودن توانمندی‌های نسبتاً مناسب حاصل از حضور در پروژه‌های گذشته، به علت پیچیدگی‌های زیاد پروژه IR150 توانایی پیشبرد پروژه را به صورت مستقل نداشتند. دو علت اصلی برای عدم توانایی این شرکت‌ها در پیشبرد پروژه شامل (۱) عدم تسلط بر ابعاد فناورانه این پروژه در تمامی بخش‌ها و (۲) عدم تجربه و تخصص کافی در زمینه مدیریت پروژه‌های پیچیده و چالش‌های پیش‌روی آن می‌شود. لذا در ابتدای پروژه، ساختاری در جهت همکاری با دانشگاه‌ها و پارک‌های فناوری ایجاد گردید که در آن ۴ دانشگاه و یک پارک فناوری به شرح زیر حضور داشتند.

- دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای دستیابی به فناوری‌های کلیدی سازه هواپیما

- دانشگاه صنعتی شریف برای طراحی تست‌های هواپیما
 - دانشگاه صنعتی اصفهان برای دستیابی به فناوری‌های کلیدی اویونیک
 - دانشگاه علم و صنعت برای دستیابی به فناوری‌های کلیدی موتور
 - پارک علم و فناوری فارس برای دستیابی به فناوری‌های کلیدی بال هواپیما
- همچنین مقرر شد تا از پتانسیل شرکت‌های فعال در زنجیره تأمین موجود صنعت هوایی کشور استفاده شود. قابل ذکر است که دانشگاه و پارک انتخاب شده همگی دارای تجربه همکاری در پروژه‌های متعدد با شرکت‌های هواپیماسازی، اویونیک و موتور هوایی بودند و به علاوه روی هواپیمای ۱۵۰+ مطالعات امکان‌پذیری اولیه را انجام داده بودند. زیرسیستم‌های اساسی نیز به سه بخش، موتور، اویونیک و سازه تقسیم شد. و مقرر شد تا هر یک از سه شرکت با یک یا تعدادی از دانشگاه‌ها همکاری نماید که در نمودار شماره سه مشاهده می‌شود.



نمودار شماره ۳- ساختار ابتدایی تقسیم کار پروژه IR-150

مقرر شد تا فناوری‌های هر یک از زیرسیستم‌های سه‌گانه توسط دانشگاه‌ها با همکاری شرکت‌های دولتی متناظر شناسایی و متناسب با طرح کلی هواپیما که توسط هسا ارائه شده بود، توسعه داده شود. همچنین شرکت‌های دولتی بایستی وظیفه یکپارچه‌سازی طراحی‌ها و فناوری‌های مربوطه را برعهده داشته باشند. همچنین مقرر شد تا در بخش‌هایی که توانمندی‌های دانشگاهی پاسخگو نیست یا

توانمندی‌های در دسترسی در زنجیره تأمین ملی و بین‌المللی وجود دارد، از این زنجیره نیز استفاده شود. یکی از مدیران این طرح بیان می‌کند «اصولاً این پروژه‌ها در یک بستر بین‌المللی اجرا می‌شود اما به‌رحال شرایط خاص ایران و وجود تحریم‌های سی‌ساله در صنعت هوایی راهی برای مابقی نمی‌گذاشت. ما این سیاست را دنبال می‌کنیم که بتوانیم فناوری را در بخش‌های مختلف توسعه دهیم و در یک مجموعه ذی‌صلاح انباشت دانش به وجود بیاوریم. برای این مسئولیت یکپارچه‌سازی را به سه شرکت دولتی که سابقه همکاری در پروژه‌های قبلی توسعه فناوری هواپیما داشتند، واگذار کردیم.»

کلیه این طراحی‌ها و فناوری‌های مربوطه نیز در ابتدا در اختیار دانشگاه محوری پروژه (امیرکبیر) قرار می‌گرفت و سپس به یک هسته مرکزی طراحی محصول ارائه می‌شد که این مجموعه یک شرکت مشاور موردتأیید سازمان هواپیمایی کشوری را جهت صحت‌گذاری به طراحی‌های ارائه شده به کار گرفته بود.

۳-۴- ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های دانشی و فناورانه بازیگران مختلف

با توجه به تفاوت‌های موجود میان هر یک از بازیگران، جهت ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های هر یک از دو مکانیزم اصلی استفاده شد.

الف- استفاده از معماری ماژولار

همانطور که توضیح داده شد پروژه به سه زیرسیستم اصلی موتور، سازه و اویونیک شکسته شد و هر ماژول به تعدادی از دانشگاه‌ها واگذار شد که مقرر شد هر ماژول دستاوردهای خود را به یک شرکت دولتی به‌عنوان یکپارچه‌ساز ارائه کند و در نهایت کلیه کار در اختیار دانشگاه محوری جهت جمع‌بندی و ارائه به هسته مرکزی طراحی محصول قرار گیرد. البته به صورت غیرمستقیم در اثر ارتباط مستمر قبلی میان شرکت‌های یکپارچه‌ساز (به علت وابستگی هر سه مجموعه به سازمان صنایع هوایی) به نوعی از هم‌گرایی به روش RSA نیز استفاده شد.

ب- به‌کارگیری از تباطات پیشین همکاری

اصولاً از ابتدا سعی شد دانشگاه‌ها و یکپارچه‌سازها به‌گونه‌ای انتخاب شوند و در هر ماژول فعالیت کنند که دارای بیشترین سابقه همکاری با یکدیگر باشند و در اثر تجارب قبلی همکاری تا حدی از

دیدگاه‌های مشابهی در نحوه و فرآیند انجام کار برخوردار گردند. حتی به‌صورت تأکید متخصصان و اعضای هیأت علمی که در دانشگاه‌ها مجری فعالیت‌های طراحی و توسعه فناوری‌های مربوطه بودند نیز با این رویکرد انتخاب گردیدند.

یکی از مدیران شورای عتف بیان کرد «حتی در انتخاب همکاران سعی شد ملاحظات رعی رعایت شود. به‌رحال بخش زیادی از این افراد در قالب دانشگاه‌ها با صنعت کار کرده بودند و تجارب موفق و شکست خورده‌ای داشتند. سعی شد در این بخش دانشگاه‌ها و اعضای هیأت علمی انتخاب شوند که صنعت تجربه خوبی از همکاری با آن‌ها داشته باشد.»

جدول شماره ۲- مجموعه چالش‌ها و ابزارهای کلیدی به‌کاررفته جهت ایجاد هم‌گرایی میان

توانمندی دانشی و فناوری بازیگران مختلف در شبکه نوآوری پروژه IR-150

ابزارهای به‌کار رفته جهت مدیریت چالش‌ها	چالش‌های حین اجرای پروژه	اقدامات اولیه جهت ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فناورانه شبکه	ابعاد ایجاد هم‌گرایی
ایجاد بانک اطلاعاتی شرکت‌های داخلی فعال در حوزه هوایی با تأکید بر بخش mro و شرکت‌های بین‌المللی و سطح‌بندی براساس توانمندی‌های هر یک ایجاد پارک فناوری هوایی در تهران	عدم تناسب ساختار و بازیگران کلیدی با مراحل مختلف پروژه به‌ویژه در مرحله طراحی تفصیلی	تعیین هسا به‌عنوان یکپارچه‌ساز نهایی تعیین هسا، شرکت اویونیک ایران و دامبا به‌عنوان یکپارچه‌سازهای سیستمی سازه، اویونیک و موتور و مسئول همکاری با دانشگاه‌ها و زنجیره تأمین داخلی و بین‌المللی انتخاب دانشگاه امیرکبیر به‌عنوان دانشگاه محوری و هماهنگ‌کننده فعالیت‌های دانشگاه‌های شریف، علم و صنعت، اصفهان و پارک علم و فناوری فارس به‌کارگیری دو رویکرد یکپارچه‌سازی ماژولار از طریق تقسیم‌کار به سه بخش سازه، اویونیک و موتور و تقسیم‌کار در شبکه و رویکرد isa از طریق انتخاب مجریان دارای سابقه همکاری با صنعت هوایی در دانشگاه‌ها	توسعه شبکه همکاری و ایجاد هم‌گرایی در شبکه
انعقاد تفاهم‌نامه همکاری با دانشگاه‌ها جهت هزینه کردن منابع مالی با تأیید هسته مرکزی طراحی محصول ایجاد واحد مستقل تأمین مالی در ساختار اصلاحی پروژه	توزیع نامناسب منابع مالی ارزان و از میان رفتن وحدت مدیریتی در شبکه		

ابعاد ایجاد هم‌گرایی	اقدامات اولیه جهت ایجاد هم‌گرایی میان توانمندی‌های فناورانه شبکه	چالش‌های حین اجرای پروژه	ابزارهای به‌کار رفته جهت مدیریت چالش‌ها
توانمندی‌های سازمانی یکپارچه‌ساز	عدم تسلط بر تمامی فناوری‌های موردنظر در مرحله طراحی مفهومی عدم تجربه مدیریت شبکه‌های نوآوری و پروژه محصولات پیچیده در حسا و سه یکپارچه‌ساز سیستمی دیگر عدم تسلط حسا به‌عنوان شرکت یکپارچه‌ساز بر مشکلات ساختاری توسعه فناوری و بروکراسی اداری در ایران	عدم وجود نیازمندی‌های لازم جهت کنترل پروژه‌ها در بخش‌های مختلف	پایه‌سازی یک سیستم الکترونیکی کنترل و مدیریت پروژه مخصوص این پروژه جهت اطمینان از تقسیم متناسب وظایف و رصد پیشرفت بخش‌های مختلف
		عدم تجربه و تسلط بر فناوری‌ها در بخش‌های مختلف	ابزار خاصی جز یادگیری حین اجرا مورد استفاده قرار نگرفت
ارتباطات میان اعضا	اقدام خاصی پیش‌بینی نشده بود.	دشواری در همکاری و هماهنگی در فعالیت‌های بین‌بخشی	طبقه‌بندی حوزه‌های بین‌بخشی نشست‌ها و برنامه‌های مستمر جهت گزارش پیشرفت کار پروژه‌ها با حضور کارشناسان و افراد متخصص درگیر در ماژول‌ها
		عدم مکانیزم‌های تعریف‌شده ارتباطی بین بازیگران شبکه	تعریف مکانیزم‌های ارتباطی میان بازیگران پس از تأخیر در پروژه
		تفاوت‌های فرهنگی و کاری میان دانشگاه‌ها، شرکت‌ها و یکپارچه‌ساز	ابزار خاصی جز ایجاد ادبیات مشترک حین اجرا مورد استفاده قرار نگرفت

۴-۴- چالش‌های ایجاد همگرایی و اقدامات اصلاحی

با توجه به اقداماتی که جهت تسهیل در ایجاد همگرایی در پروژه صورت گرفته بود، چالش‌های متعددی در حین اجرای پروژه بروز کرد که ضروری بود تا برای رفع آن‌ها از ابزارهای مختلفی بهره برد. ابزارهای و مکانیزم‌های همگرایی تعبیه‌شده در ابتدای پروژه، چالش‌های پیش‌آمده و ابزارها و راهکارهای اصلاحی به صورت خلاصه در جدول شماره ۲ ارائه شده‌است. که در ادامه به تحلیل آن‌ها پرداخته می‌شود.

۴-۴-۱- چالش‌های ناشی از ساختار تقسیم‌کار و ایجاد همگرایی اولیه در شبکه

الف- در مرحله طراحی مفهومی عمدتاً دانشگاه‌ها درگیر فرآیند توسعه فناوری بودند اما پروژه هر چه از سمت طراحی مفهومی به سمت طراحی مقدماتی و طراحی جزئیات پیش می‌رفت، دانشگاه‌ها تمایل و تخصص کمتری داشتند. به صورت خاص در بخش طراحی اجزا و قطعات، وجود بیش از یک میلیون قطعه دشواری‌های زیادی را برای دانشگاه‌ها ایجاد کرد. این بخش به میزان زیادی از مهارت فنی به جای دانش احتیاج داشت که عمدتاً ناشی از تجربه در فعالیت ساخت و تولید بود. ضمن آنکه فاز طراحی تفصیلی و تست اجزای محصول بسیار به هم نزدیک است و عملاً دانشگاه‌ها تمایلی به ورود در آن نداشتند. از این رو بایستی شرکت‌های قطعه‌ساز و به صورت خاص شرکت‌های ملی و بین‌المللی فعال در حوزه هوایی وارد پروژه می‌شدند. چهار مشکل کلیدی وجود داشت اول آنکه تعداد این شرکت‌های همکار زیاد بود و ایجاد همگرایی میان آن‌ها یک سازوکار مختص به خود را نیاز داشت. دوم اینکه شرکت‌های ایرانی فعال در این حوزه اندک و بعضاً از لحاظ توانمندی‌های فناورانه در سطح مناسبی قرار نداشتند لذا بایستی فرآیند توانمندسازی را طی می‌نمودند. و سوم اینکه به علت تحریم‌ها دسترسی به شبکه قطعه‌سازان بین‌المللی عملاً بسیار محدود شده بود؛ چهارم اینکه هماهنگ کردن این شرکت‌ها با ادبیات، فرهنگ و بستر متفاوت با دانشگاه‌ها امری دشوار بود. یکی از مدیران پروژه بیان می‌کند «نوع همکاری با دانشگاه‌ها بسیار مهم است. زیرا شرایط شرکت‌ها با دانشگاه‌ها فرق می‌کند. شرکت‌ها همواره یک سؤال کلیدی دارند و اینکه حضور در این پروژه چه کمکی به بهبود وضعیت اقتصادی‌شان در کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌کند؟ اما این دیدگاه در دانشگاه‌ها وجود ندارد.»

ب- یکی از چالش‌های کلیدی مربوط به نوع توزیع پول توسط شورای عالی عتف بود. با توجه به اینکه شورا پول را مستقیماً به حساب دانشگاه‌های فعال در پروژه واریز کرد عملاً کار کنترل و مدیریت

پروژه براساس یک استاندارد مشخص را دشوار نمود. کمیته راهبری پروژه اختیار توزیع منابع گرنه و غیربرگشت پذیر را نداشت و لذا میزان پاسخگویی دانشگاه‌ها کاهش یافت. همچنین عدم پرداخت این منابع ارزان به شرکت‌های یکپارچه‌ساز و شرکت‌های فناوری نیز سبب عدم تحرک این مجموعه‌ها و کاهش توان همگرایی با دانشگاه‌ها شد. لذا این نوع پرداخت بر همگرایی در بخش دانش و فناوری به شدت اثر گذاشت و کنترل پروژه را با مشکل مواجه نمود.

۴-۲-۴- چالش‌های ناشی از توانمندی‌های سازمانی یکپارچه‌ساز

ج- پیشرفت پروژه در زیرسیستم‌ها هماهنگ نبود. به این معنی که میزان پیشرفت در ماژول‌های مختلف یکسان نبود. از این رو کارایی کل پروژه در حد پایین‌ترین ماژول قرار می‌گرفت. به صورت کلی می‌توان بیان داشت که در ابتدای شروع پروژه سیستم خاصی برای مدیریت این پروژه در بخش‌های مختلف تعبیه نشده بود.

د- عدم تجربه و تسلط شرکت یکپارچه‌ساز (هسا) بر بخش‌های واگذار شده به شبکه و همچنین شرایط حاکم بر کشور مانند نحوه اخذ مجوزها سبب کندی در امور شد.

۴-۳-۴- چالش‌های ناشی از ارتباطات میان اعضا

ه- اگرچه سعی شده بود حداکثر همگرایی میان تیم‌ها به‌ویژه در درون هر ماژول وجود داشته باشد، اما دو مشکل اساسی در مسیر کار به وجود آمد. اولین مشکل مربوط به این بود که دانشگاه‌ها و تیم‌های فعال در هر ماژول دارای ارتباط ارگانیک و تعریف‌شده مستمر با اعضای سایر ماژول‌ها نبودند و با توجه به ویژگی‌های خاص مربوط به طراحی، این عدم همکاری سبب افزایش زمان و کاهش کارایی می‌شد. دومین مشکل در قالب مواردی بود که دانشگاه محوری در برخی موارد سایر دانشگاه‌ها را به علت فرهنگ کاری متفاوت مورد توجه قرار نمی‌داد و عملاً اینکار سبب کاهش شدید فعالیت‌های دانشگاه شریف و به تبع آن ماژولی بود که این دانشگاه مسئولیت آن را بر عهده داشت. یکی از کارشناسان ارشد پروژه می‌گوید «دانشگاه امیرکبیر و اعضای مشارکت‌کننده آن، دارای یک سری تجارب در زمینه طراحی سازه هستند اما به علت عدم تجربه قبلی دید درستی در مورد بزرگی پروژه نداشتند. لذا به نوعی تصور کردند که نیازی به حضور دو دانشگاه شریف و پارک فناوری فارس وجود ندارد و چون دانشگاه محوری بودند از مشارکت این دو مجموعه استفاده نکردند. اما پس از مدتی

متوجه اشتباه خود در مورد ابعاد کار شدند. به‌رحال دانشگاه شریف دیگر نتوانست آن نقش قبلی را برعهده بگیرد اما پارک فناوری فارس به علت‌های اقتصادی سریع توانست جایگاه خود را در پروژه بازیابی کند.

و - این تقسیم‌بندی سبب مشکلاتی در بخش‌هایی شد که نیازمند روابط بین‌بخشی بودند و عملاً در حوزه‌هایی که میان اویونیک، موتور و سازه یک ارتباط عمیق نیاز بود، پروژه با مشکل جدی مواجه بود.
 ز - در ابتدای پروژه مکانیزم‌ها و راه‌های ارتباطی مشخصی میان اعضا و بازیگران شبکه تعبیه نشد. از این رو تا پس از آغاز پروژه تا مدتی بازیگران از نحوه ارتباط با سایر بخش‌های شبکه بی‌اطلاع بودند.

۴-۵- ابزارهای بکاررفته جهت مدیریت چالش‌های یکپارچه‌سازی در پروژه

از این رو بایستی در ادامه پروژه از ابزارهای جدیدی برای یکپارچه‌سازی استفاده می‌شد. این ابزارهای ابتکاری شامل موارد زیر بودند.

۴-۵-۱- ابزارهای اصلاحی ایجاد همگرایی بکاررفته پیرامون چالش‌های ناشی از ساختار تقسیم‌کار و یکپارچه‌سازی در شبکه

برای رفع مشکل الف و ایجاد همگرایی دو ابزار اصلی به کار گرفته شد. اول اینکه بانک اطلاعاتی شرکت‌های داخلی فعال در حوزه هوایی با تأکید بر بخش MRO تهیه و سطح توانمندی‌های هر یک برای حضور در پروژه مورد ارزیابی قرار گرفت. همین رویکرد برای شرکت‌های بین‌المللی که حاضر به همکاری در این پروژه بودند تهیه شد که البته تعداد بسیار اندکی بودند. دومین ابزار بکار گرفته شده جهت تسهیل همگرایی ایجاد پارک فناوری هوایی در تهران بود ایجاد این پارک فناوری چند هدف را دنبال می‌کرد اول ایجاد و ارتقای توانمندی فناوری شرکت‌های داخلی را از طریق حمایت‌های هدفمند و ایجاد زیرساخت‌های لازم از طریق دولت به دنبال داشت. دوم به علت ساختار پارک‌های فناوری در ایران فرآیند همکاری شرکت‌های مستقر در این پارک‌ها با دانشگاه‌ها تسهیل می‌شد و سوم اینکه بخش زیادی از فعالیت‌های این شرکت‌ها در قالب پارک فناوری یکپارچه شده و پارک فناوری به صورت شبه کنسرسیوم وارد تعامل با سایر اجزای پروژه می‌شد که این فرآیند همگرایی را تسهیل می‌کرد. مدیر پروژه می‌گوید «پارک صنعت هوایی رویکرد خوبی است. اولاً امکان همکاری ما را با تعدادی شرکت متمرکز می‌دهد. همچنین می‌توانیم به لحاظ قانونی امکانات بیشتری را در اختیار شرکت‌های مستقر

در این پارک قرار دهیم»

در مورد چالش ب یک تفاهم‌نامه همکاری با دانشگاه‌ها منعقد شد که بودجه را با تأیید هسته مرکزی طراحی محصول توزیع کنند. ضمن اینکه مقرر شد تا منابع لازم برای شرکت‌های فناور در فاز طراحی جزئیات از محل وام‌های ارزان صندوق نوآوری و شکوفای تأمین شود. اما یک مشکل باقی بود و اینکه برخی از این شرکت‌ها برای توسعه فناوری توجیه اقتصادی نداشتند که مقرر شد تا ضمانت‌نامه‌های آن‌ها توسط سازمان صنایع هوایی واگذار شود تا در صورت عدم برگشت سرمایه شرکت‌های فناور خصوصی متضرر نشوند. ضمناً انگیزه‌های آن‌ها نیز برای فعالیت‌های مربوطه افزایش یابد.

۴-۵-۲- ابزارهای اصلاحی ایجاد همگرایی بکاررفته پیرامون چالش‌های ناشی از توانمندی‌های شرکت یکپارچه‌ساز

برای رفع مشکل ج یک سیستم الکترونیکی کنترل و مدیریت پروژه مخصوص این پروژه طراحی گردید. که امکان کنترل دقیق پیشرفت پروژه در مازول‌های مختلف و همچنین یکپارچه‌سازی آن‌ها را به‌صورت مستمر می‌داد.

۴-۵-۳- ابزارهای اصلاحی ایجاد همگرایی بکاررفته پیرامون چالش‌های ناشی از روابط میان بازیگران

برای مشکل ج و کاهش میزان فعالیت‌های بین‌بخشی، تیم هسته مرکزی دو ابزار را به‌کار گرفت. اول در حد امکان حوزه‌های دارای خاصیت فعالیت بین‌بخشی را شناسایی و سازوکار تیم‌های بین‌بخشی را تدارک دید و دوم اینکه نشست‌ها و برنامه‌های مستمری را برای گزارش پیشرفت کار پروژه‌ها با حضور کارشناسان و افراد متخصص درگیر در مازوها ترتیب داد که سبب افزایش هماهنگی‌های بین‌بخشی در پروژه می‌گردید.

۴-۶- دستاوردهای پروژه

۴-۶-۱- دستیابی به اهداف پروژه

برای اولین بار در ایران طراحی مفهومی یک هواپیمای جت منطقه‌ای با ظرفیت ۱۵۰ نفر با استانداردهای بین‌المللی انجام شد که از این جهت سبب افزایش قابل توجه توان تخصصی بازیگران اصلی این حوزه در کشور گردید.

هزینه پروژه با حدود ۱۰ میلیارد تومان انجام شد که مطابق با پیش‌بینی‌های اولیه طرح بوده است اما زمان انجام این بخش از پروژه، دارای تأخیری در حدود ۱ سال است که عمدتاً ناشی از چالش‌های مرتبط با ایجاد همگرایی درون شبکه بود.

۴-۶-۲- ارتقای توانمندی در سطح شبکه

ارتقای توانمندی در دو حوزه اصلی فنی و سازمانی در میان بازیگران فعال در شبکه رخ داد. در زمینه فناوری بازیگران شامل دانشگاه‌ها، شرکت‌های فناور، شرکت‌های یکپارچه‌ساز زیرسیستم‌ها و شرکت یکپارچه‌ساز نهایی دارای یک تجربه عملیاتی شدند. مدیر پروژه در این مورد می‌گوید «با دستاوردهایی که امروز داشتیم فرآیند طراحی مفهومی را که قبلاً در یک بازه سه ساله یا چهارساله انجام دادیم را درباره موارد مشابه در مدت ۶ ماه و با هزینه کمتر انجام می‌دهیم. دلیل اصلی نیز شناخت دقیق بازیگران شبکه از توانمندی‌های یکدیگر و همچنین ارتقای این توانمندی‌ها در طول اجرای پروژه است.» در بعد سازمانی نیز بازیگران با ملاحظات و الزامات حضور در شبکه‌های سیستم‌های تولیدی پیچیده آشنا شدند که خود دستاورد مهمی برای حضور این مجموعه‌ها در شبکه‌های ملی و بین‌المللی نوآوری در صنعت هوایی است.

۴-۶-۳- ارتقای توانمندی در سطح یکپارچه‌ساز

یکی از دستاوردهای مهم این پروژه ارتقای مهارت‌های سازمانی شرکت یکپارچه‌ساز (هسا) جهت مدیریت شبکه‌های نوآوری بود. کسب تجربه و دانش در حوزه‌های سازمانی و نرم مانند مدیریت پروژه‌های پیچیده، نحوه مدیریت شبکه‌های نوآوری، نحوه انتخاب بازیگران در شبکه بخشی از این دستاوردها است.

۵- نتیجه‌گیری

سیستم‌های تولیدی پیچیده نیازمند تنوع و عمق زیادی از دانش‌های مختلف هستند. دانش‌های گسترده موردنیاز در این پروژه‌ها، خارج از توان مهندسی یک بنگاه منفرد است و نیازمند شبکه‌ای از بازیگران مختلف است. با وجود مزایای زیاد شبکه‌های نوآوری در این پروژه‌ها، ایجاد همگرایی میان این فعالیت‌ها خود یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو است. محققان به مقوله همگرایی در شبکه‌های نوآوری از منظر ابعاد مختلف پرداخته‌اند.

با هدف پاسخ به سؤال اصلی این مقاله پیرامون مکانیزم‌ها و ابزارهای ایجاد همگرایی میان توانمندی‌های دانشی و فناوریانه بازیگران مختلف فعال در سیستم‌های تولیدی پیچیده در کشورهای درحال توسعه مانند ایران، مقوله ایجاد همگرایی از سه منظر ساختار تقسیم کار و مکانیزم‌های یکپارچه‌سازی، توانمندی‌های شرکت یکپارچه‌ساز و روابط میان بازیگران مورد بررسی قرار گرفت. پس از مرور ادبیات و رویکردهای مختلف پیرامون همگرایی در شبکه‌های نوآوری، از روش کیفی نمونه تک موردی (پروژه هواپیمای جت منطقه‌ای ۱۵۰ نفره) استفاده شد. این نمونه امکان تشریح عمیق و آنالیز مکانیزم‌های ایجاد همگرایی را در یک پروژه Cops در یک کشور درحال توسعه را به خوبی فراهم کرد. براساس مطالعات و مصاحبه‌های اکتشافی، چارچوبی برای بررسی این نمونه توسعه داده شد که شامل تنظیمات اولیه با هدف ایجاد همگرایی در شبکه، چالش‌های به‌وجودآمده در حین اجرا، ابزارهای اصلاحی ایجاد همگرایی در شبکه و در نهایت دستاوردهای مرتبط است.

با وجود اقدامات اولیه برای ایجاد همگرایی در شبکه، پس از شروع پروژه و در حین انجام آن چالش‌های مختلفی به‌وجودآمد که هفت چالش اصلی و کلیدی که باعث تأخیر در انجام پروژه و تحقق اهداف آن گردید، تشریح شد. برای رفع این چالش‌ها با توجه به شرایط ایران و پروژه، ۱۱ ابزار ایجاد همگرایی توسعه داده شد و بکار گرفته شد. برخی از این ابزارها مانند سیستم الکترونیکی مدیریت یکپارچه پروژه در پروژه‌های مشابه در دنیا بکار رفته است. اما برخی ابزارها همچون ایجاد پارک هوایی یا پذیرش ضمانت‌نامه‌های بانکی شرکت‌های خصوصی از ابتکارات مخصوص به این پروژه است. از مجموعه یافته‌های این پروژه می‌توان چهار دستاورد اصلی مقاله را به شرح زیر برشمرد

الف- با توجه به پیچیدگی فراوان پروژه‌های COPS و وابستگی آن به زمینه در حال فعالیت، می‌توان بیان داشت که چالش‌های مربوط به ایجاد همگرایی در این پروژه‌ها نیز منحصر به فرد بوده و نسبت به سایر پروژه‌ها متمایز می‌باشد. از این رو نمی‌توان تنها با تکیه بر تجربه‌های موجود در کشورهای توسعه‌یافته، اینگونه پروژه‌های توسعه فناوری را در کشورهای درحال توسعه پیش برد. درک شرایط پروژه، درک شرایط محیطی و ابتکار عمل از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که می‌تواند در پیشبرد این پروژه‌ها مؤثر باشد. از این رو ایجاد تجربه‌های مشابه در کشورهای درحال توسعه از اهمیت بسیاری برخوردار است. البته این موضوع منافی فواید استفاده از تجارب سایر کشورها در پروژه‌های مشابه نیست به‌عنوان مثال در صورت استفاده از تجربه پروژه دریم لاینر ۷۸۷ بویینگ (Kotta and Srikanth, 2013) در توسعه یک سیستم نرم‌افزاری

یکپارچه جهت مدیریت بخش‌های مختلف پروژه، بخش‌هایی از چالش‌ها و تأخیرهای پروژه به وقوع نمی‌پیوست.

ب- همانند اجزا و بخش‌های مختلف یک Cops می‌توان گفت چالش‌های ایجاد همگرایی و ابزارهای مربوط به آن‌ها نیز دارای به‌هم‌پیوستگی بسیار زیادی است و ایجاد چالش در یک بخش می‌تواند تأثیرات زیادی بر ایجاد چالش‌های مختلف در بخش‌های مختلف پروژه بگذارد. به‌عنوان مثال چالش در توزیع منابع غیربرگشت‌پذیر در پروژه ir150 سبب دشواری فراوان در ایجاد همگرایی میان دانش و توانمندی‌های بازیگران اصلی شد. لذا می‌توان گفت که ساختار مدیریتی پروژه‌های Cops، خود نیز یک سیستم یکپارچه است که بایستی تمامی بخش‌های آن به صورت هماهنگ و کارآمد عمل نماید تا پروژه با موفقیت به پیش رود.

ج - یکی از دستاوردهای این مقاله، چارچوب ارائه‌شده جهت مطالعه پیرامون همگرایی در شبکه‌های Cops است. در این مطالعه از سه منظر تنظیمات اولیه در شبکه، چالش‌های به‌وجودآمده در حین اجرا و ابزارهای اصلاحی به مقوله همگرایی نگریسته شد. در مطالعات پیشین مانند (Hobday et al., 2005, Kotta and Srikanth, 2013) عمدتاً از یکی از این منظرها به موضوع نگاه می‌شد و لذا ارتباط میان این ابعاد موردتوجه قرار نگرفته‌است.

د- نکته بسیار مهم پویابودن پروژه‌های Cops است که ضرورت بازبینی و اصلاح روش‌های ایجاد همگرایی را در طول پروژه مشخص می‌سازد. همان‌طور که مطرح شد در بخش‌های اول پروژه ir150 که مربوط به سطوح آمادگی فناوری ۱ و ۲ و توسعه طراحی مفهومی می‌شد، به علت مشارکت محدودتر بازیگرانی چون شرکت‌های خصوصی زنجیره تأمین، ساختار ایجاد همگرایی در پروژه و ابزارهای مربوطه متفاوت با ادامه پروژه در بخش طراحی جزئیات بود که حضور بیشتر شرکت‌های تأمین‌کننده و یکپارچه‌ساز را می‌طلبد. لذا باید توجه داشت که ساختار ایجاد همگرایی در این پروژه‌ها در بخش‌های مختلف با توجه به چرخه عمر پروژه متفاوت بوده و بایستی مدیران پروژه‌های Cops این موضوع را مدنظر داشته و براساس هر مرحله تدابیر لازم را اتخاذ کنند.

همچنین در انتها برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود تا با بررسی نمونه‌های دیگر، اشتراکات و تفاوت‌های میان مکانیزم‌های مختلف ایجاد همگرایی در شبکه‌های نوآوری پروژه‌های Cops بررسی شود.

۶- منابع

- Acha, V., Davies, A., Hobday, M., Salter, A., 2004. Exploring the capital goods economy: complex product systems in the UK. *Ind. Corporate Change* 13(3) 505–529.
- Ahuja, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study, *Administrative Science Quarterly*, 45: 425–55.
- Brusoni, S. and Prencipe, A. 2001. Unpacking the black box of modularity: technologies, products and organizations, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 10, No. 1, pp. 179-205
- Brusoni, S., Prencipe, A., Pavitt, K. 2001. Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why Do Firms Know More Than They Make?. *Administrative Science Quarterly*, 46(4): 597-621.
- Davies, A. and Brady, T. 2000. Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions, *Research Policy*, Vol. 29, No. 7-8, pp. 931-953
- Dedehayir, O., Nokelainen, T., and Mäkinen, S. J. 2014, Disruptive innovations in complex product systems industries: a case study, *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 33, July–September, pp. 74-192.
- Dodgson, M. 1993, *Technological Collaboration in industry*, Routledge.
- Eisenhardt KM, Graebner ME. 2007. Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal* 50(1): 25–32.
- Garud R, Munir K. 2008. From transaction to transformation costs: the case of Polaroid's SX-70 camera. *Research Policy* 37: 690–705.
- Golafshani N., 2003, Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research, *The Qualitative Report*, Vol. 8 (4), Dec 2003, PP. 597-607.
- Gulati R, Lavie D, Singh H. 2009. The nature of partnering experience and the gains from alliances. *Strategic Management Journal* 30(11): 1213–1233.
- Gunawan, B. Igel and K. Ramanathan, 2002, Innovation Networks in a Complex Product System Project – The Case of ISDN project in Indonesia, Innovation and Strategy Special Issue, *Intl. J. of Technology Management*, Inderscience, Vol. 24 (5/6) 583-599
- Hagedoom, J. 1993, Understanding the rationale of strategic technological partnering: interorganizational modes of cooperation and sectoral differences', *Strategic*

Management Journal, Vol. 14, pp.371 - 385.

- Hobday M., Davies A. and Prencipe A. 2005. Systems integration: a core capability of the modern corporation, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 14, No. 6, pp. 1109-1143
- Hobday, M., 1998. Product complexity, innovation and industrial organization. *Research Policy* 26, 689–710.
- Hobday, M., Davies, A., Prencipe, A., 2005. Systems integration: a core capability of the modern corporation. *Ind. Corporate Change* 14(6)1109–1143. extracted from De-dehayir, O., Nokelainen, T., and Mäkinen, S. J. 2014, Disruptive innovations in complex product systems industries: a case study, *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 33, July–September, pp. 74-192.
- Jarillo, J. C. 1988. On Strategic Networks, *Strategic Management Journal*, 9: 31—41.
- Kiamehr, Mehdi, Mike Hobday, and Mohsen Hamed. 2015. Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran's thermal electricity generation systems. *Research policy* 44, no. 6 (2015): 1240-1251.
- Kotta, s, Srikanth, K. (2013). Managing a global partnership model: lessons from the Boeing 787 'dreamliner' program, *Global Strat. J.*, 3: 41–66.
- Lorenzoni, G. and Baden-fuller, C. 1995. Creating a Strategic Center to Manage a Web of Partners, *California Management Review*, 37/3: 146—63.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. 1984, *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods*. SAGE Publications: Thousand Oaks, CA.
- Moody, J.B., Dodgson, M., 2006. Managing complex collaborative projects : lessons from the development of a new satellite. *J. Technol.* 31, 567–588.
- Naghizadeh, M. 2011. A Model for Technological Capability Improvement in Avionic technology-based firms, published PhD thesis, University of Allameh Tabataba'i Tehran. Retrieved from ganj.irandoc.ac.ir/articles/571192
- Olson JS, Teasley S, Covi L, Olson G. 2002. The (currently) unique advantages of collocated work. In *Distributed Work*, Hinds P, Kiesler S (eds). The MIT Press: Cambridge, MA.
- Park, T. 2012, How a latecomer succeeded in a complex product system industry: three case studies in the Korean telecommunication systems, *Industrial and Corporate Change*, Volume 22, Number 2, pp. 363–396

- Park, T. Kim, J. (2014), The capabilities required for being successful in complex product systems: case study of Korean e-government, *Asian Journal of Technology Innovation*, vol 22, 268-285.
- Patton M. Q., 2002, *Qualitative evaluation and research methods* (3rd ed.), SAGE Publications: Thousand Oaks, CA.
- Prencipe, A. 2003. Corporate strategy and systems integration capabilities: managing networks in complex systems industries, In: Prencipe, A., Davies, A. and Hobday, M. (Eds.) *The Business of Systems Integration*, Oxford, UK: Oxford University Press, pp. 114-132
- Prencipe, A., Davies, A. and Hobday, M. 2003. *The Business of Systems Integration*, Oxford, UK: Oxford University Press
- Prencipe, Andrea., 2000, Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system. *Research Policy*, 29 (7-8). pp. 895-911.
- Sauser, B., 2008. *NASA Strategic Project Leadership in an Era of Better, Faster, Cheaper: Striving for Systems Innovation*. VDMVerlag Dr.Müller, Saarbrücken, Germany.
- Siggelkow, N. 2007. Persuasion with case studies, *Academy of Management Journal*, 50, pp. 20–24.
- Technology Development, Demonstration, and Commercialization, (2012), available in aerospacereview.ca (Sep 2015).
- Weick, K. E. 2007, The generative properties of richness, *Academy of Management Journal*, 50, pp. 14–19.
- Wissema, J.G. and Euser, L. 1991, Successful innovation through inter-company network, *Long Range Planning*, Vol. 24, No.6, pp.33-39.
- Yin RK. 1994. *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Publications: Thousand Oaks, CA.
- Yin, R. 2003. *Case Study Research: Design and Method*. SAGE Publications: Thousand Oaks, CA.