ارائه مدل همکاری مبتنی بر سطح آمادگی فناوری در پروژه های تحقیق و توسعه (مطالعه موردی: یک سازمان صنعتی)

حسین دهقانی پوده (نویسنده مسئول)
دانشیار دانشکده مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
Dr.hoseinpodeh@mut.ac.ir
محسن چشم براه
استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان
Mcheshmberah@ mut.ac.ir
حسن ترابی
دانش آموخته دکترا و محقق رسمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
h_torabi@mut.ac.ir
محمد حسین کریمی گوارشکی
استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
mh_karimi@mut.ac.ir
رضا حسنوی
استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
hosnavi@mut.ac.ir

چکیده

با توجه به اهمیت محصولات با سامانه های پیچیده در ارائه ی قابلیت فناورانه سازمان و تفاوتهای موجود بین این دسته از محصولات و محصولات عادی، تعیین مدلی برای همکاری در تحقیق و توسعه ی آنها ضروری است. پیچیدگی این محصولات، نیاز به استفاده از توانمندی های بیرونی و عدم توانایی سازمان در تأمین منابع مالی، نیروی انسانی، تجهیزات و تخصص لازم، استفاده از قابلیتهای شبکه همکاران را به گزینه ای مطلوب بدل میسازد. در این مقاله با مروری بر ادبیات این محصولات و همکاری فناورانه شامل نوع و انگیزه همکاران، مدلی توسعه داده شد که از مصاحبه عمیق با 18 نفر از خبرگان سازمان بهره برده است. مدل مذکور با استفاده از نگاشت شناختی فازی و با رویکرد مبتنی بر سطح آمادگی فناوری (TRL^1) ارائه شده است. با توجه به این مدل، مراحل انجام پروژه به سه دسته سبز (قابل واگذاری به شبکه همکاران)، زرد (قابل واگذاری با رعایت ملاحظات) و قرمز (غیر قابل واگذاری) تقسیم میشود. نقش هر یک از اعضای شبکه همکاران و راهبرد همکاری با آنها به این ترتیب تبیین شده است: شرکتهای مشاوره ای و دانشگاهها در قالب قرارداد تحقیق و توسعه، اعضای هیئت علمی در قالب اکتساب آموزشی، پروژه های تعریف شده برای کسر خدمت سربازی در قالب برونسپاری و شرکتهای دانش بنیان در قالب کمک هزینه تحقیقاتی و قرارداد تحقیق وتوسعه. از سویی هم جایگاه مراکز توسعه فناوری و مراکز طراحی با توجه به نظام نوآوری ملی به عنوان سندی بالادستی، مشخص شده است. قابل توجه است که روایی مدل ارائه شده، توسط فهرست ویژگی های نظریه خوب، مورد تأیید قرار گرفت.

کلید واژه:
همکاری، محصولات با سامانه های پیچیده، تحقیق و توسعه، سطح آمادگی فناوری، نگاشت ادراکی فازی

مقدمه

امروزه به دلیل وجود تغییرات مداوم و پیدایش فناوری‌های پیچیده و محصولات جدید، رقابت شدیدی برای دستیابی به فرصت‌ها شکل گرفته است. بنابراین ایجاد آمادگی برای ارائه واکنش سریعتر به منظور بهره‌مندی از فرصت‌ها، یکی از چالش‌های اساسی سازمان‌ها و شرکت‌ها در عصر حاضر است(Andrikopoulos and Kostaris 2017, Cuervo-Cazurrra, Mudambi et al. 2017, Smith 2017, Warner 2017). این واقعیت در خصوص سازمان‌هایی که بر پایه دانش و فن‌آوری هستند، باعث شده است تا تحقیق و توسعه در این سازمان‌ها به یکی از عوامل اصلی برای دستیابی به فرصت-ها و بقا در عرصه رقابت جهانی بدل شود(Appiah-Adu, Okpattah et al. 2016, Chen and Vuik 2017, Mah 2017). حرکت از جامعه صنعتی به سوی جامعه اطلاعاتی، از اقتصاد ملی به سمت اقتصاد جهانی، از تمرکز گرایی به تمرکز زدایی و نهایتا از ساختار سلسله مراتبی به سوی نظام شبکه‌ای، از نشانه‌های آشکار تحولات اساسی در محیط امروز است(Dowdell Jr and Lim 2015, Kröger and Schäfer 2016, Smith 2017). بنابراین، واحدهای تحقیق و توسعه در سازمانها برای استفاده از فرصت‌ها چاره‌ای جز ایجاد ساختارهای منعطف و همچنین بهره‌مندی بیشتر از امکانات گسترده بیرون از سازمان، ندارند(Barge-Gil and López 2014, Fujii and Managi 2016). بی شک پاسخگویی به این تحولات نیازمند راه حل‌ها و راه کارهای جدید است(Warner 2017). یکی از این راه‌حل‌ها همکاری با سازمانهای توانمند و دارای قابلیت است و این همکاری در مورد محصولات با سامانه های پیچیده که دارای زیر سامانه ها و مؤلفه های زیادی هستند و ساخت هر کدام نیاز به تخصص مجزایی دارد؛ ظهور و

ضرورت بیشتری می‌یابد. راه حل مذکور هر روزه دامنه وسیعتری به خود می‌گیرد، به گونه‌ای که در سال‌های اخیر گرایش به همکاری در زمینه تحقیق و توسعه از طرف سازمان‌ها مورد استقبال فزاینده‌ای قرار گرفته است(Hsu and Liou 2013). ویژگی های نوآوری فناورانه، شرکتها را به طور فزاینده ای مجبور میکنند که به منابع خارجی دانش و اطلاعات، همچون مشتریان، تأمین کنندگان و رقبای کلیدی دست یابند. بنابراین، شرکتها بیش از پیش، عضوی از شبکه هایی میشوند که در آن، منابع، دانش و اطلاعات با سرعت و با هزینه‌ی پایین در گردش هستند و قویاً بر مشارکتها تکیه دارند(Chesbrough and Teece 1996).

به این ترتیب کاهش و به حداقل رساندن اثرات نامطلوب شناسایی فعالیتهایی که قابلیت واگذاری به شبکه همکاران دارند و نحوه اجرایی کردن آنها در پروژه‌های تحقیق و توسعه ضروری بوده و فقدان یک الگوی منسجم، هدفمند و شفاف برای مدیریت اثربخش آن کاملا محسوس است.

در مقاله‌ی پیش رو سعی بر این است که مدلی برای همکاری در انجام پروژه های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه های پیچیده ارائه شود. ابزار مورد استفاده، نگاشت شناختی فازی خواهد بود. به این منظور ساختار ادامه‌ی متن به این صورت است: در بخش دوم به مبانی نظری و پیشینه تحقیق در حوزه‌های همکاری فناورانه، محصولات با سامانه های پیچیده و سطح آمادگی فناوری پرداخته خواهد شد. روش تحقیق در بخش سوم مورد بحث قرار خواهد گرفت. بخش چهارم به بیان نتایج و ارائه مدل معطوف شده و در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات بیان خواهد شد.

1. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در این قسمت به طبع مفاهیم کلیدی مقاله، ابتدا به ادبیات همکاری در قالب پروژه های تحقیق و توسعه و سپس محصولات با سامانه های پیچیده و در انتها به سطح آمادگی فناوری محصولات با سامانه های پیچیده پرداخته میشود.

1. 1. همکاری فناورانه

یکی از ویژگی‌های بارز هزاره سوم و به تعبیری «عصر اطلاعات» سرعت رو به تزاید و شتاب سریع تحولات محیطی است. این حرکت تند و شتابنده بر دنیای کسب و کار امروزی نیز تأثیر گذاشته و پارادایم‌های سنتی تجارت و کسب و کار را متحول کرده است(Hatch 2017, Smith 2017, Warner 2017). امروزه مسائلی چون افزایش فشارهای رقابتی، دشواری‌های کسب و کار، محدودیت منابع، پیچیدگی‌های تکنولوژیک و تخصصی‌تر شدن کارها، شتاب تحولات محیطی، عدم اطمینان به آینده، افزایش هزینه‌ها، بزرگ شدن بیش از اندازه برخی سازمان‌ها به ویژه در بخش عمومی و نیز محدودیت‌های قانونی سبب شده است تا سازمان‌ها در الگوی مدیریتی خود تجدید نظر کرده و برای دست‌یابی به مزیت‌های رقابتی در دنیای کنونی کسب و کار، به راهبردهای جدیدی روی آورند(Chen and Vuik 2017, Cuervo-Cazurrra, Mudambi et al. 2017, Mah 2017, Warner 2017). یکی از این راهبردها، تمرکز بر شایستگی‌های اصلی و همکاری در انجام بسیاری از فعالیت‌ها با منابع خارج از سازمان است. بر این اساس، به منظور فراهم کردن امکان پاسخ‌گویی مؤثر، توأم با سطح خدمت مطلوب به مشتریان و توانمند شدن بنگاه‌ها در واکنش به تقاضاهای متنوع امروزی، راهبردهای همکاری به عنوان ابزاری کارآمد توسط بسیاری از سازمان‌های پیشرو به کار گرفته شده است(Kamuriwo and Baden-Fuller 2016, Verwaal 2017). با اینکه تعداد همکاران تحقیق و توسعه در عرض 25 سال اخیر ، رشد داشته است؛ میزان شناخت از نوع و راهبردهای پایه‌ای آن در سطح محدودی قرار دارد. بیشتر مطالعات تحقیقاتی بر نوع همکاران تأکید می‌کنند و بدین طریق آنها را به گونه های متمایز همکاری عمومی-خصوصی، عمودی و افقی تقسیم بندی کرده و بیان می‌کنند که انگیزه همکاری، برحسب نوع همکار، بسیار متفاوت است(Cassiman and Veugelers 1998, Miotti and Sachwald 2003). ***در جدول 1 به این موضوع پرداخته شده است.***

جدول (1): نوع همکاران و انگیزه همکاری در تحقیق و توسعه

نوع همکار		انگیزه
رقبا(مشارکت افقی)		نگرانی مربوط به قابلیت حفاظت از نتایج ، تبادل دانش یا تسهیم هزینه(Miotti and Sachwald 2003).
همکاری عمودی	مشتریان	کاهش ریسک مربوط به عدم اطمینان بازار با افزایش این احتمال که نوآوری مربوطه به موفقیتی تجاری بدل خواهد شد.
	تأمین کنندگان	تأمین و افزایش کیفیت ورودیهای سازمان و انتفاع از کاهش هزینه هایی که از طریق نوآوری در فرایند حاصل میشود(Hagedoorn, Link et al. 2000).
مؤسسات عمومی مثل دانشگاهها		دستیابی به دانش، قابلیت یا تجهیزات. توسعه نوآوریهای بنیادین در محصول یا فرایند(Monjon and Waelbroeck 2003) در حوزه فناوریهای نوین مخصوصاً زمانی که عدم اطمینان فنی بالاست(Miotti and Sachwald 2003).

کیزا و همکاران(Chiesa, Manzini et al. 2000) با نگاهی جزئی نگر، برخی از گونه های سازمانی همکاری را بیان کرده اند که در جدول 2 به آن اشاره می‌شود. البته در جدول 2 به گونه هایی از همکاری اشاره شده است که با پروژه های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه های پیچیده موضوعیت دارند و بقیه موارد مذکور در (Chiesa, Manzini et al. 2000) کنار گذاشته شده است.

جدول (2): گونه های سازمانی برای همکاری در تحقیق و توسعه(Chiesa, Manzini et al. 2000)

گونه سازمانی	شرح
اکتساب آموزشی2	یک شرکت، کارشناسانی را در رشته ی فنی خاصی جذب میکند یا شرکت کوچکتری را تصاحب میکند تا افرادی آشنا با قابلیت فنی یا مدیریتی خاص را به دست آورد.
سرمایه گذاری مشترک3	گاهی یک شرکت، سرمایه گذاری مشترک رسمی با شرایط سهامی را بنیان میگذارد و شرکت سومی با هدف نوآوری فناورانه مشخصی، خلق میشود. در بعضی موارد نیز، بر اساس یک قرارداد میان چند سازمان، توافقاتی در زمینه سرمایه‌گذاری شکل می‌گیرد. در واقع تمایز اصلی این دو روش سرمایه‌گذاری مشترک، در شرایط حقوقی متفاوتی است که هر کدام از این روشها در اختصاص سهم مالکیت دارند. در این نوع شراکت، قبل از هر چیز، همه مسائل در اهداف سرمایه گذاری، از قبل از تحقیق گرفته تا تولید و بازاریابی، به روشنی مشخص می‌شوند.
تحقیق و توسعه مشترک4	یک شرکت با شرکتهای دیگر توافق میکند که به طور مشترک و در مورد فناوری (یا رشته فناورانه) مشخصی و بدون درگیری سهامی، تحقیق و توسعه انجام دهند.
کمک هزینه تحقیقاتی5	یک شرکت، تحقیقات اکتشافی در یک مؤسسه تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت نوآور کوچک را در جهت پیگیری فرصتها و ایده ها برای نوآوری، مورد حمایت مالی قرار می‌دهد.
قرارداد تحقیق و توسعه6	یک شرکت، موافقت میکند که هزینه تحقیق و توسعه در یک مؤسسه تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت نوآور کوچک را برای فناوری خاصی، تقبل کند. از این نوع همکاری میتوان به عنوان زیر پیمانکاری هم یاد کرد
اتحاد7	یک شرکت منابع فناورانه‌ی خود را جهت دستیابی به هدف مشترک نوآوری فناورانه (بدون درگیری سهامی) با دیگر شرکتها به اشتراک می‌گذارد. این نوع پیمانها از جهاتی مشابه کنسرسیوم های تحقیقاتی است اما با این تفاوت که جهت گیری آن بر اساس پروژه های بازارمحور تدوین می‌شود و تأکیدی بر پروژه های تحقیقات پایه ندارد. معمولاً این پروژه ها دارای هدف و زمان مشخص و تعریف شده است.
کنسرسیوم8	چندین شرکت و مؤسسه عمومی، در جهت دستیابی به هدف مشترک نوآوری فناورانه، تشریک مساعی می‌کنند. نکته قابل توجه در مورد کنسرسیوم تحقیقاتی این است که این گونه کنسرسیوم، بیشتر در زمینه تحقیقات پایه و نهایتاً کاربردی شکل می‌گیرد و شرکت‌ها با استفاده از نتایج تحقیقات کاربردی که با همکاری مشترک انجام شده است؛ به رقابت در زمینه تحقیقات توسعه ای، تولید و بازار می‌پردازند و در واقع مفهوم این کنسرسیوم، نوآوری مشترک و تجاری سازی رقابتی است.
ایجاد شبکه9	یک شرکت جهت عقب نماندن از قافله در یک شاخه و کسب فرصتهای فناورانه و روندهای تکاملی، شبکه ای از روابط را ایجاد می‌کند.
برونسپاری10	یک شرکت، فعالیتهای فناورانه را به بیرون از قلمرو خود واگذار میکند و آنگاه به سهولت خروجی مربوطه را به دست می‌آورد.

کشور ما نیز در مسیر پرنشیب و فراز توسعه‌یافتگی، اکنون در آستانه رخداد تحولاتی بزرگ، به‌ویژه در عرصه‌های اقتصادی، تجاری و صنعتی است و پیدایش شرایط جدیدی همچون بهبود کارایی و پاسخگویی و گسترش تعامل با اقتصاد بین‌الملل، کشور را به سمت آزادسازی اقتصادی، سازمان‌های دولتی با اندازه‌های عقلایی، توسعه شرکت‌های کوچک و متوسط در بخش خصوصی و حرکت در جهت سازمان‌های شبکه- محور سوق داده است. حوزه تعامل سازمان‌ها با یکدیگر مسأله‌ای است که در حوزه سازماندهی و ارتباطات بین سازمانی تعریف می‌شود. در این میان دو رویکرد اساسی وجود دارد: رقابت و همکاری. در دیدگاه مبتنی بر رقابت، سازمان‌ها رقبایی درنظر گرفته می‌شوند که به منظور رسیدن به اهداف خود در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند. از سوی دیگر در دیدگاه مبتنی بر همکاری، رابطه میان سازمان‌ها براساس تحقق منافع مشترک تعریف شده و برای رسیدن به آن به جای تقابل، تعامل با یکدیگر را بر می‌گزینند. شبکه‌های همکاری راهکاری عملیاتی به منظور توسعه روابط همکارانه مبتنی بر اعتماد است. در یک شبکه همکاری کلیه سازمان‌های همکار بصورت یک کل دیده می‌شوند که در آن از ظرفیت‌ها، شایستگی‌ها و نقاط قوت فکری هریک از اعضاء برای بدست آوردن مزیت رقابتی و به حداکثر رساندن عملکرد کل شبکه استفاده می‌شود(Health Procurement Services 2012, Rehm and Goel 2017, Yang and Bentley 2017).

2.1. محصولات با سامانه های پیچیده

محصولات با سامانه‌های پیچیده، اقلام سرمایه ای با فناوری و ارزش بالا هستند که پیچیدگی (تعداد و تنوع مؤلفه های تشکیل دهنده) زیادی دارند. نمونه هایی از این سیستم ها عبارتند از: سیستم های مخابراتی، شبیه سازهای پرواز، قطارهای با سرعت بالا، کشتی ها، سیستمهای کنترل ترافیک هوایی، تجهیزات ساحلی نفت، سیستمهای سلاح و سیستمهای جابجایی بار. این محصولات، به عنوان اقلام منحصر به فرد[11] یا دارای انباشته کم، دارای مؤلفه های شخصی سازی شده‌ی متعدد ، متنوع و دارای ارتباط درونی[12](Ren and Yeo 2006, Sauser 2008, صفدری رنجبر, رحمان سرشت et al. 2016) و برای مصرف کنندگان تجاری خاص به صورت سفارشی سازی شده عرضه می‌شوند(Miller, Hobday et al. 1995, Davies and Brady 2000). محصولات با سامانه های پیچیده نقش کلیدی در اشاعه فناوری های جدید، شکل گیری و توانمندسازی به منظور توسعه فناورانه، صنعتی و اقتصادی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بازی می کنند(نوری 1395). برای نوآوری و توسعه این محصولات، قابلیتهای خاصی مورد نیاز است که عبارتند از قابلیتهای فناورانه، تست، ساخت وتولید، یکپارچه سازی سامانه، شبکه‌سازی، تعامل و همکاری، برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های کلان، مدیریت دانش درون و برون سازمانی و بالاخره مدیریت بازار و تعامل با مشتری(صفدری رنجبر, قیدرخلجانی et al. 2016). در مطالعه دیگری این قابلیتها به عنوان عوامل حیاتی موفقیت نوآوری در محصولات با سامانه های پیچیده و با در نظر گرفتن پروژه بالگرد ملی سازمان صنایع هوایی به عنوان مورد مطالعاتی بررسی شد(حسینی, محمدی et al. 2016). محققینی که ادبیات این حوزه را توسعه داده اند؛ این محصولات را شاخه خاصی از محصولات صنعتی میدانند که متمایز از محصولات عادی با تولید انبوه مثل

اتوموبیل، نیمه هادی ها و لوازم برقی معمول هستند (Hobday 1998, Dedehayir, Nokelainen et al. 2014) و درصد قابل توجهی از سرمایه گذاری صنعتی یک کشور را میتوانند به خود اختصاص دهند(Barlow 2000).. برای مثال، مودی و داجسون(Moody and Dodgson 2006) بیان میکنند که 11% از تولید ناخالص داخلی[13] (GDP) یک کشور به CoPS تعلق دارد. آکا و همکاران(Acha, Davies et al. 2004) گزارش داده اند که سهمCoPS از GDP انگلستان برای تولید و ساخت، در انتهای دهه 90 میلادی 19% بوده است. اما موضوع مهم تر این است که CoPS اثر قابل توجهی بر دیگر دسته های محصول هم دارند. برای مثال دستگاههای مورد استفاده برای فرایندهای تولید محصولات انبوه اغلب تحت عنوان CoPS دسته بندی میشوند و بنابراین، ستون پایه‌ی بسیاری از محصولات عادی به حساب می آیند(Moody and Dodgson 2006) . همانگونه که بیان شد؛ محصولات با سامانه های پیچیده، با محصولات عادی که به صورت انبوه تولید میشوند؛ تفاوتهایی دارند که همراه با منابع مطالعه شده در جدول 3 به آنها اشاره می‌شود.

جدول (3) : مقایسه محصولات با سامانه های پیچیده و محصولات عادی

	محصولات با سامانه های پیچیده	محصولات دارای سیستم تولید انبوه	منابع
ویژگی های محصول	روابط پیچیده و غیرخطی میان مؤلفه ها	روابط ساده و خطی میان مؤلفه ها	(Hobday 1998, Gunawan, Igel et al. 2002, Moody and Dodgson 2006, Olausson 2009, Dedehayir, Nokelainen et al. 2014, Naghizadeh, Manteghi et al. 2016) Ren and (Yeo 2006
	چندکارکردی	تک کارکردی	
	هزینه بالا به ازای تولید یک واحد	هزینه پایین به ازای تولید یک واحد	
	دوره عمر محصول طولانی(چند دهه)	دوره عمر محصول کوتاه	
	ورودی های دانشی و مهارتی متنوع	ورودی های دانشی و مهارتی معدود	
	مؤلفه های سفارشی شده متعدد و متنوع	مؤلفه های استاندارد، ماژولار و معدود	
	کالاهای سرمایه ای و بالادستی	کالاهای مصرفی و پایین دستی	
	محصول و واسط14 بین مؤلفه ها دارای ساختار سلسله مراتبی و نظام مند	واسط16 بین مؤلفه ها دارای معماری ساده	
	عدم اطمینان به لحاظ فنی 15	اطمینان نسبی به لحاظ فنی	
	دارای نرم افزارهای پیچیده	دارای نرم افزارهای ساده	
ویژگی های سیستم تولید	سیستم تولیدی پروژه‌ای / دسته ای کوچک	تولید در حجم بالا /دسته های بزرگ	(Hobday 1998)
فرآیند نوآوری	مشتری و کاربر محور17	تولیدکننده وتأمین‌کننده محور18	(Hobday 1998)
	انعطاف پذیری و خلاقیت بالا	دانش مدون و کدگذاری شده	(Gunawan, Igel et al. 2002, Moody and Dodgson 2006, Henderson and Clark 1990, Kamuriwo and Baden-Fuller 2016, Hardstone 2004, Dedehayir, Nokelainen et al. 2014, (Mowery and Rosenberg 1979, Anderson and Tushman 1990, Clayton 1997, Hobday 1998, Moore and McKenna 1999, Adner 2004)
	مسیر نوآوری بر مبنای تعامل تولید کننده- کاربر	نوآوری بر اساس قواعد بازار	
	نوآوری مبتنی بر دانش و تجربه تعبیه شده نزد افراد	نوآوری مبتنی بر دانش تعبیه شده در ابزارها و روش ها	
	سطح پایین ماژولاریتی و نوآوری ماژولار	سطح بالای ماژولاریتی و نوآوری ماژولار	
	اتمام همکاری شبکه بعد از تکمیل پروژه و عدم رسیدن به فازهای بعدی چرخه عمر	ایجاد تغییرات جهشی توسط تولید کننده برای تداوم محصول	
	کمک هزینه تحقیق و توسعه از سوی کاربر	شرکتها و بازار به عنوان موجودیت های جدا	
		رقابت شرکتها در فناوری	
		انتخاب گزینه های موفق محصول در طراحی از سوی کاربر	
راهبردهای رقابتی	تمرکز بر طراحی و توسعه محصول	تمرکز بر اقتصاد مقیاس و کمینه سازی هزینه	(Hobday 1998)
	ارگانیک	مکانیستیک	
	یکپارچه سازی سیستم به عنوان شایستگی کلیدی	حجم تولید به عنوان شایستگی کلیدی	
	مدیریت اتحادهای چندبنگاهی در پروژه های جاری	تمرکز بر یک بنگاه	
هماهنگی و تکامل صنعتی	شبکه‌های پیچیده	ساختار بنگاه یا زنجیره تأمین بزرگ	(Hobday 1998)
	اتحاد میان چند بنگاه بر اساس پروژه	یک بنگاه به عنوان تولیدکننده انبوه	
	اتحادهای موقت بین چند بنگاه برای نوآوری و تولید	اتحادها معمولاً برای تحقیق و توسعه یا	
	ثبات طولانی مدت در لایه یکپارچه سازی	تبادل دارایی ها	
		طرح غالب ، صنعت را کنترل میکند.	
ویژگی های بازار	در اختیار تولید کنندگان به صورت انحصاری	تعداد بالای خریدار و فروشنده	(Hobday 1998)
	مبادلات در تعداد کم ولی با ارزش بالا	تعداد بالای مبادلات در حجم کم	(Gunawan, Igel et al. 2002, Moody and Dodgson 2006, Shibata 2009, Dedehayir, Nokelainen et al. 2014)
	نحوه اکتساب به صورت کسب وکار به کسب و کار19 و کسب وکار به دولت20	نحوه اکتساب به صورت کسب و کار به مشتری21	
	بازار سیاسی، قانونی و تحت کنترل	سازوکارهای بازار مشخص	
	قیمت گذاری بر اساس مذاکره	قیمت گذاری بر اساس بازار	
	رقابت نسبی	رقابت شدید	

1. 3. ارزیابی سطح آمادگی فناوری(TRL)

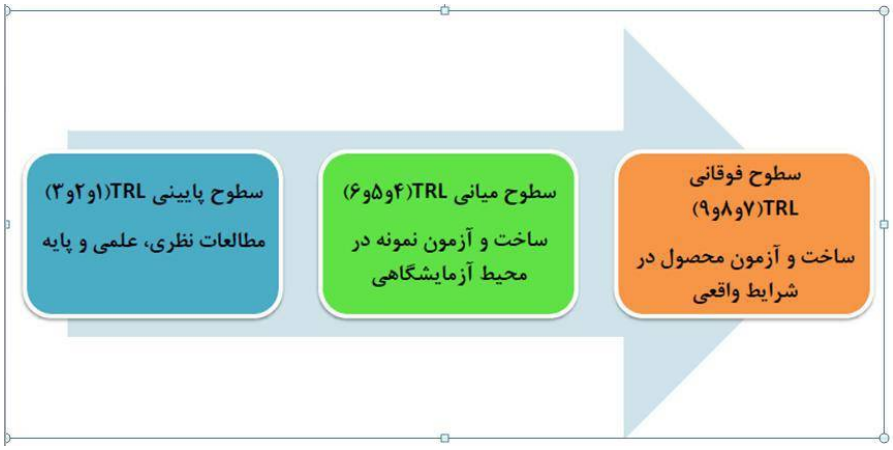
سطوح آمادگی فناوری، مقیاس هایی رسمی هستند که ارزیابی یک فناوری خاص را میسر ساخته و توانایی مقایسه مداوم بلوغ در بین انواع مختلف فناوری را ارائه می‌نمایند(Towery, Machek et al. 2017). به عبارتی دیگر، TRL ابزاری تحلیلی برای سنجش و ارزیابی سطح آمادگی و بلوغ فناوری و مقدار خطرپذیری ناشی از استفاده از یک فناوری در توسعه محصول است. این سطوح برای اولین بار در دهه 80 میلادی توسط سازمان ناسا مطرح شد.در سال 1995 ، منکینز[22] (Mankins 1995) این سطوح را تا 9 سطح توصیف کرد. TRL مجموعه ای از معیارها به منظور ارزیابی میزان بلوغ و آمادگی فناوری است که امکان مقایسه سازگاری بین انواع مختلف فناوری را در چارچوب محصولی خاص و در محیطی عملیاتی و کاربردی میسر می کند. محاسبه TRL شامل بررسی و ارزیابی اجزا، سیستم های فرعی و سیستم کامل یک فناوری و محیط آن است.

به صورت کلی می توان سطوح مطرح شده در TRL را به صورت جدول 4 تبیین نمود.

جدول (4): تعریف سطوح در TRL (فولادی 1391)

سطح آمادگی فناوری	محتوا
1	شناسایی و تثبیت اصول و ایده‌های اولیه
2	درک و نهادینه شدن اصول پایه
3	شناسایی علمی اجزای اصلی فناوری و اثبات کارکرد آنها به صورت جداگانه
4	یکپارچه سازی اجزای اصلی فناوری
5	تثبیت عملکرد مطلوب اجزای یکپارچه شده فناوری در محیط آزمایشگاهی
6	تثبیت عملکرد مطلوب اجزای یکپارچه شده فناوری در محیط عملیاتی مورد نظر
7	تثبیت عملکرد مطلوب اجزای یکپارچه شده فناوری در محیط عملیاتی متفاوت
8	تکمیل فناوری واقعی و امکان بهره‌گیری از آن با ضریب اطمینان بالا
9	تثبیت فناوری در آزمون عملیاتی کامل

سطوح مذکور در جدول 4 را میتوان به سه دسته کلی تقسیم نمود که در شکل 1 به آن اشاره میشود.



شکل (1): دسته بندی سطوح در TRL

ضرورت تعیین سطح بلوغ فناوری، کاهش ریسک پروژه های فناوری و تعدیل هزینه های ناشی از آزمون فناوری ها و پروژه های ارتقای فناوری می باشد. برای داشتن خطرپذیری قابل قبول در شروع پروژه توسعه محصول، فناوری ها باید سطح ششم آمادگی را پشت سر گذاشته باشند، در غیر این صورت ریسک برنامه بسیار بالا خواهد بود. به طور مثال وقتی فناوری در سطوح آمادگی 3 و 4 قرار دارد؛ نسبت به حالتی که در سطح آمادگی 7 باشد؛ هزینه حدود 75 درصد بالاتر است.

2. روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف تحقیق، بنیادی کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده ها و اطلاعات، توصیفی پیمایشی می باشد. از طریق مصاحبه عمیق با 18 نفر از خبرگان علمی و تجربی سازمان، اطلاعات مورد نیاز گردآوری شده است (سؤالات مصاحبه در پیوست 1 وجود دارد). جهت ترسیم و ارائه مدل تحقیق از روش نگاشت ادراکی فازی استفاده شده است. روایی متغیرها و پایایی آنها با توجه به اینکه شاخصها و مدل با استفاده از مصاحبه های عمیق با خبرگان و تصمیم گیرندگان اصلی پژوهش به دست آمده است بر اساس تئوری بردسونز و همکاران(2010) مورد تایید می باشد. نگاشت‌های ادراکی یک گراف جهت‌دار است که برای نشان دادن نظرات یک فرد

با توجه به یک دامنه‌ی خاص طراحی شده است و برای تجزیه و تحلیل تأثیرات گزینه‌های مختلف، به طور مثال سیاست‌ها یا تصمیمات تجاری به منظور دست‌یابی به هدف‌هایی خاص، به کار برده می‌شود. نگاشت‌های ادراکی بازنمایی ارتباطات علی میان چند شی یا مفهوم است که در برگیرنده نظرات خبرگان در مورد یک واقعیت ذهنی است تا یک واقعیت عینی. رابرت اکسلراد از ترکیبات علامت‌دار استفاده نموده و اثرات بدیل‌های گوناگون مانند سیاست‌ها، تصمیمات کسب و کار و غیره را بر اهداف خاص مورد تحلیل قرار داده است. نگاشت ادراکی حاوی 2 عنصر اصلی گره (مفهوم) و یال (ارتباط) است. گره‌ها، مفاهیم متغیر (مانند عدم ثبات اجتماعی، نه مثل جامعه) و یال‌ها پیوندهای علی هستند. لذا مفاهیم تحت عنوان متغیرها و ارتباطات علی به عنوان روابط میان متغیرها بازنمایی می‌شوند. ارتباطات علی، متغیرها را به هم متصل نموده و می‌تواند مثبت و یا منفی باشد(محسنی, امیرخانی et al. 1394).

در ادامه به برخی از ویژگی‌های اصلی نگاشت ادراکی فازی اشاره می‌شود:

نگاشت ادراکی فازی یک روش محاسباتی نرم برای مدل کردن سیستم‌ها است که به صورت همزمان تئوری‌های شبکه‌های عصبی و منطق فازی را ترکیب کرده و بکار برده است.

نگاشت ادراکی فازی ساختارهای نموداری فازی برای نشان دادن استدلال علی هستند و فازی بودن آنها درجات مبهمی از علیت بین مفاهیم را نشان می‌دهد.

مدل نگاشت ادراکی فازی یک استنتاج نمایشی است که ارائه دهنده ویژگی‌های یک سیستم است. در این مدل پویایی یک سیستم به وسیله شبیه‌سازی تعاملات بین مفاهیم و عوامل موجود در آن نمایش داده می‌شود. مدل نگاشت ادراکی فازی برای نمایش هر دو نوع داده‌های کمی و کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یک نگاشت ادراکی فازی ، تصویری علّی رسم می‌کند. این نگاشت حقایق، اشیاء و فرآیندها را به ارزش‌ها، سیاست‌ها و اهداف ارتباط می‌دهد. به شما اجازه می‌دهد تا چگونگی اعمال متقابل و نحوه‌ی عملکرد حوادث پیچیده را پیش‌گویی کنید و به شما امکان تحلیل بر مبنای «چه می‌شود ـ اگر» را می‌دهند.

در ایجاد نگاشت ادراکی فازی از متغیرهای زبانی می‌توان به طور مستقیم در نمایش آن استفاده کرد..

در نگاشت ادراکی فازی گره‌ها یا ملاحظات نیز فازی هستند و هر گره می‌تواند از 0% تا 100% برانگیخته شود. به عبارتی هر گره یک مجموعه فازی است. میزان روابط علی بین مفاهیم را می‌توان با ماتریسی نشان داد که به آن ماتریس مجاورت می‌گویند.

مکانیزم استنتاج یک نگاشت ادراکی فازی به این صورت است که در ابتدا یک نگاشت ادراکی فازی ارزش‌گذاری اولیه می‌شود. سطح فعال‌سازی هر گره از سیستم، بر اساس نظر کارشناس راجع به حالت کنونی، مقداری خاص می‌گیرد. سپس مفاهیم مختلف در اثرگذاری متقابل آزاد هستند. فعال‌سازی یک گره روی گره‌های دیگری که به آن متصل است اثر می‌گذارد. این فعل و انفعال تا زمانی که سیستم به نقطه ثابت تعادل یا یک دور محدود و یا یک رفتار آشوب برسد، ادامه می‌یابد و به اصطلاح فرآیند تکرار می‌شود.

اگر یک نگاشت ادراکی فازی با تعداد n گره C_i داده شده باشد، مقدار هر گره در هر تکرار می‌تواند به صورت رابطه 1 محاسبه شود [78]:

$$A_i(t) = f\left(A_i(t-1) + \sum_{j=1}^{n} A_j(t-1).W_{ji} \right) \qquad (1)$$

جایی که $A_i(t)$ ، مقدار مفهوم C_i در زمان t و $A_j(t-1)$ مقدار مفهوم C_j در زمان t-1، W_{ji} متناظر با وزن فازی بین دو گره و f تابع آستانه‌ای است که نتیجه ضرب را تبدیل به عددی در بازه [1و0] می‌کند. تابع غیر خطی f به مفهوم فعال‌سازی اجازه می‌دهد تا مقداری مجاز بگیرد. تابع f انواع گوناگونی دارد که به صورت روابط (2)، (3)، (4) و (5) است [78]:

دو ظرفیتی:

(2)

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$$

سه ظرفیتی :

$$f(x)=\begin{cases}-1, & x\le -0.5\\ 0, & -0.5<x<0.5\\ 1, & x\ge o.5\end{cases} \quad (3)$$

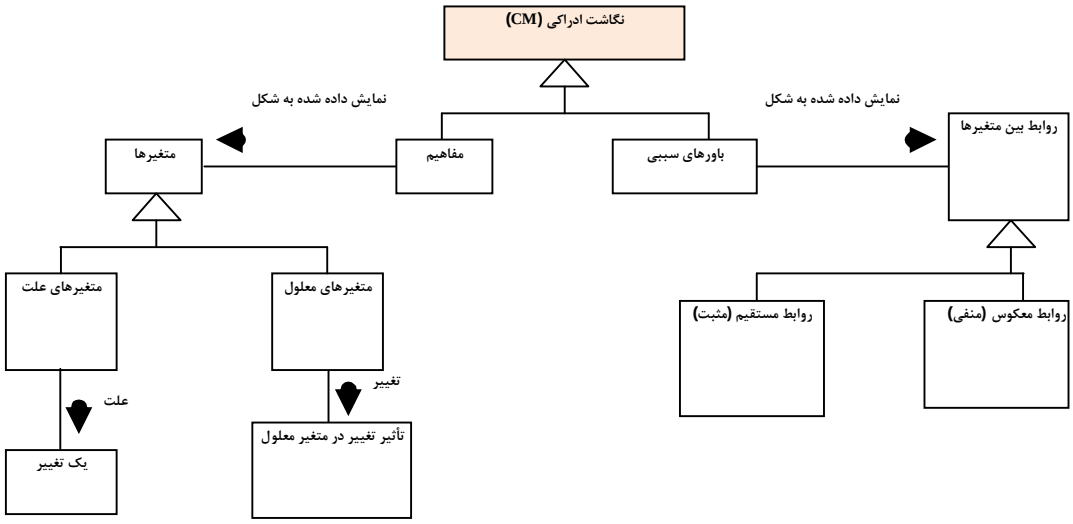
لجستیک :

$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-cx}} \quad (4)$$

S مانند :

$$f(x)=\tanh(x) \quad (5)$$

رایج‌ترین تابع آستانه‌ای، تابع لجستیک است که در آن $\lambda > 0$ ، تعیین کننده شیب تابع پیوسته f می‌باشد. تی سادیراس[23](Tsadiras 2008) تأثیر توانایی‌های توابع آستانه‌ای دو ظرفیتی[24]، سه ظرفیتی[25] و سیگموید[26] را در نگاشت ادراکی فازی مقایسه کرده است و راهنمایی‌هایی را به کاربران نگاشت ادراکی فازی می‌دهد تا مناسب‌ترین نوع آن را در نگاشت ادراکی فازی خود انتخاب کنند.
مؤلفه‌های اصلی یک نگاشت ادراکی در شکل 2 نشان داده شده‌اند [60].



شکل (2): مؤلفه‌های اصلی نگاشت ادراکی

تحلیل نگاشت‌های ادراکی با دستکاری علامت‌های مسیرهای علی آغاز می‌شود و در برگیرنده 2 قانون برای تعیین جهت مسیر با هر طولی است این قوانین عبارتند از :

• قانون اول: اثر غیر مستقیم یک مسیر از متغیر علت X به متغیر معلول Y که با I(x,y) نمایش داده می‌شود، مثبت است اگر تعداد پیکان-های دارای علامت منفی، زوج باشند. اثر غیر مستقیم متغیر X بر متغیر Y از طریق مسیر(P(xwy در شکل2 مثبت خواهد بود.

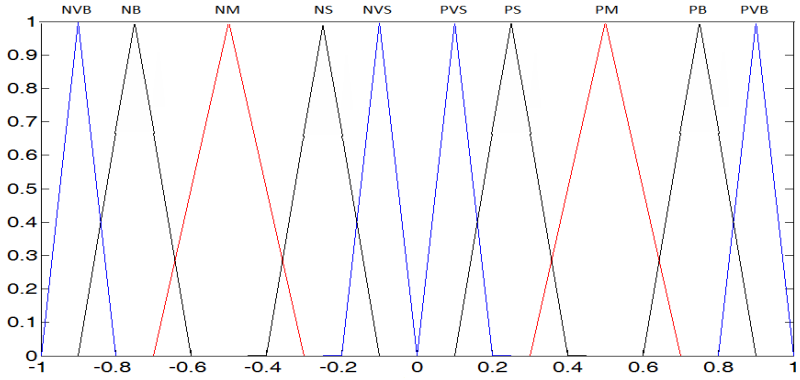
• قانون دوم: اثر کلی متغیر علت X بر متغیر معلول Y به صورت T(x,y) نمایش داده می‌شود و حاصل جمع تمامی اثرات غیرمستقیم از متغیر X به متغیر Y می‌باشد. در شکل (2-16) این اثر کلی حاصل جمع اثرات دو مسیر P(xwy) و (P(xfzy است که با توجه به مثبت بودن اثرات هر دو مسیر، اثر کلی نیز مثبت خواهد بود.

اکسلراد نمایش ماتریسی (ماتریس مجاورت) نگاشت‌های ادراکی را ابداع کرد. مرکزیت ادراکی علی در نگاشت‌های ادراکی را می‌توان با مؤلفه‌های ماتریس مجاورت تعریف کرد. به اعتقاد وی پشت هر مقاله و نطق سیاسی یک نگاشت ادراکی قرار دارد [5].

3. تحلیل داده ها و بیان یافته ها

3.1. ارائه مدل و نتایج

در این قسمت مدل همکاری برای تحقیق و توسعه پروژه‌های مرتبط با محصولات با سامانه های پیچیده توسط نگاشت ادراکی فازی ارائه می‌شود. خبرگان پژوهش روابط علی بین عوامل را شناسایی و وزن‌دهی کردند. میزان تاثیر عوامل بر یکدیگر به صورت متغیرهای زبانی فازی (خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد) با استفاده از اعداد مثلثی فازی وارد سیستم فازی شده و با کمک روش غیرفازی-سازی به اعداد قطعی در بازه 1- و 1 تبدیل شده است. هر چه عدد به دست آمده به 1- یا 1 نزدیکتر باشد، به معنای تاثیرگذاری بیشتر دو عامل بر یکدیگر است. هر چه عدد به صفر نزدیکتر باشد، نشان دهنده تاثیر ضعیف عوامل بر یکدیگر است. در شکل(3) توابع عضویت متغیرهای زبانی و در جدول (4) متغیرهای زبانی مورد استفاده نشان داده شده‌اند.



شکل (3): توابع عضویت متغیرهای زبانی

جدول (5): متغیرهای زبانی با استفاده از فرایند فازی

متغیر زبانی	عدد فازی
خیلی زیاد مثبت (PVB27)	(۰,۸,۰,۹,۱)
زیاد مثبت (PB)	(۰,۶,۰,۷۵,۰,۹)
متوسط مثبت (PM28)	(۰,۳,۰,۵,۰,۷)
کم مثبت (PS)	(۰,۱,۰,۲۵,۰,۴)
خیلی کم مثبت (PVS)	(۰,۰,۱,۰,۲)
خیلی کم منفی (NVS29)	(-0,2,-۰,۱,۰)
کم منفی (NS)	(-0,4,-0,25,-0,1)
متوسط منفی (NM)	(-0,7,-0,5,-0,3)
زیاد منفی (NB)	(-0,9,-0,75,-0,6)
خیلی زیاد منفی(NVB)	(-1,-0,9,-0,8)

برای غیرفازی‌سازی از روش میانگین ماکزیمم(MOM)[30] استفاده شده است. به این صورت که از مرکز اعداد فازی به دست آمده از نظر خبرگان، میانگین گرفته شده است. در این حالت از اعداد فازی معادل متغیرهای زبانی، میانگین گرفته شده و در ماتریس روابط نرم-افزار FC Mapper قرار داده شده است.

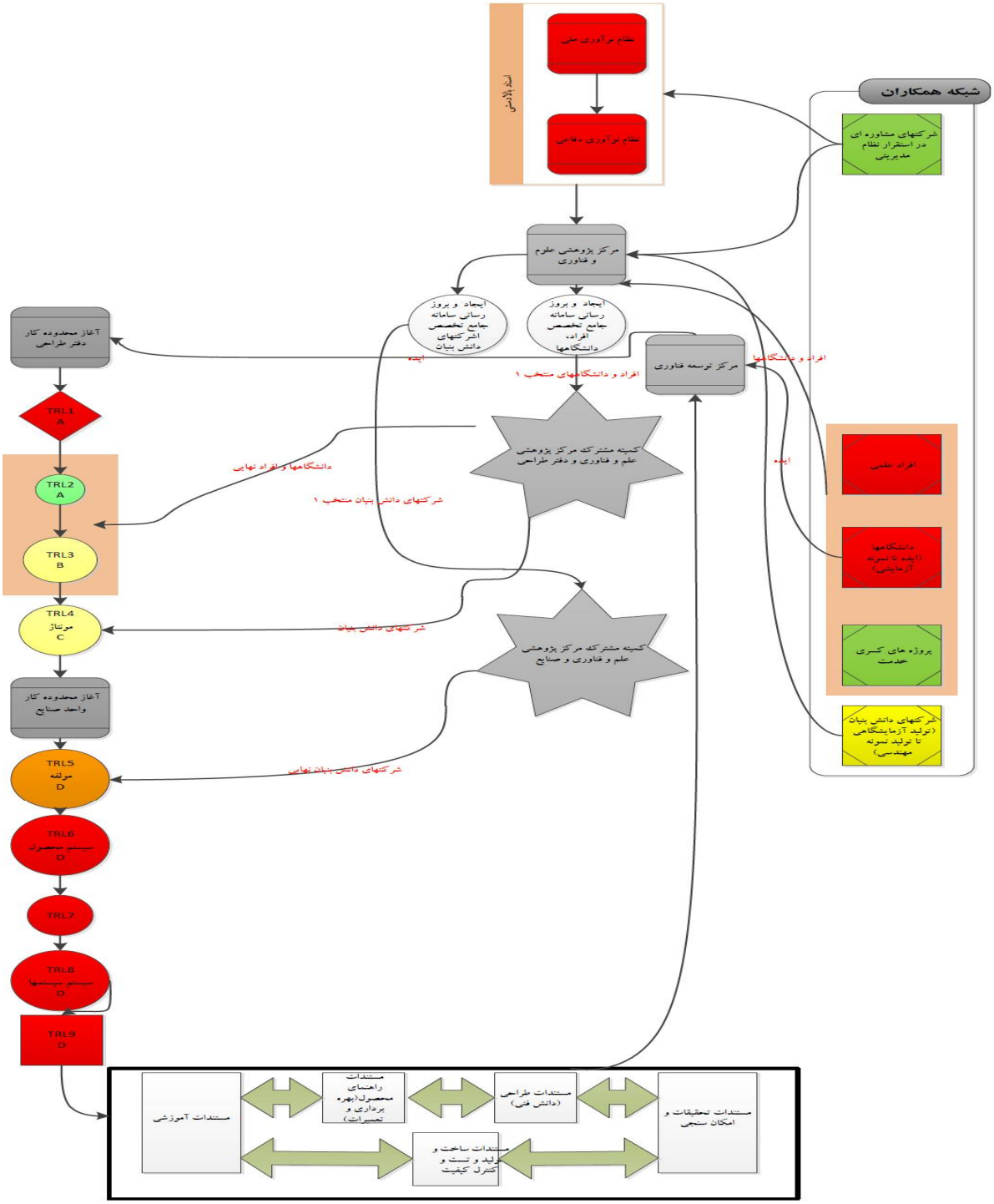
پس از اجرا، مدل نگاشت ادراکی فازی رسم می‌شود تا مورد تجزیه و تحلیل و استفاده مدیران و کارشناسان واقع شود. این نگاشت شامل عواملی است که به صورت گره و روابط علی بین عوامل که توسط یال‌ها نشان داده شده‌اند. برای رسم نگاشت از نرم‌افزار FC Mapper استفاده شده است. در این نرم افزار می‌توان گره‌ها را با توجه به درجه ورودی- خروجی آن گره رسم کرد، یعنی هر گره که مجموع وزن ورودی و خروجی (مرکزیت[31]) بیشتری داشته باشد؛ درجه بیشتری دارد و لذا از اهمیت بیشتری برخوردار است و بزرگتر نشان داده می‌شود. همچنین یال‌ها که روابط علی و میزان تاثیر روابط را نشان می‌دهند، با توجه به وزنشان تیره و روشن هستند. لذا هر چه وزن یال به عدد یک نزدیک‌تر باشد، تیره‌تر و روابط مهمتر، واضح‌تر نشان داده می‌شود. همچنین با استفاده از نرم افزار Visio 2016 واحدها و اقدامات مرتبط نیز به صورت فرایندی به مدل اضافه شده است.

مرکزیت همان مجموع وزن‌های ورودی و خروجی مفاهیم است. در جدول 6 به هر یک از مفاهیم، اعدادی نسبت داده شده و میزان ورودی، خروجی و مجموع آن‌ها حساب شده است.

جدول (6): درجه ورودی، خروجی و ورودی- خروجی (مرکزیت)

شرح متغیر	Concepts	Outdegree	Indegree	Centrality
بروزرسانی افراد و دانشگاهها	1	0,60	4,64	5,24
بروزرسانی شرکتها	2	1,98	62,9	54,9
TRL1	3	1,79	1,98	3,77
TRL2	4	0,78	2,07	2,85
TRL3	5	0,94	1,25	2,19
TRL4	6	1,27	0,79	2,06
TRL5	7	3,15	3,10	6,25
TRL6	8	6,06	2,16	8,22
TRL7	9	3,42	1,34	4,77
TRL8	10	3,35	3,01	6,36
TRL9	11	0,42	1,82	2,24
مستندسازی	12	3,24	5,93	5,18

با توجه به جدول 6، در بین مفاهیم، TRL6 دارای بیشترین عاملیت خروجی، مستندسازی دارای بیشترین عاملیت ورودی و TRL6 نیز دارای بیشترین عاملیت مرکزی است. همچنین ترکیب خروجی نرم افزارهای FC Mapper و Visio به صورت شکل 4 می باشد.



شکل (4): مدل نهایی تحقیق

3. 2. تایید نهایی مدل با بررسی ویژگیهای نظریه خوب

بر اساس ویژگی های نظریه خوب که در (علی احمدی 1389) مورد اشاره قرار گرفته است؛ یک مدل و نظریه خوب باید حائز شاخصهای موجود در جدول 7 باشد. لذا با نظر سنجی از 12 نفر از اساتید دانشگاهی در این حوزه، روایی مدل مورد سنجش قرار گرفت. در ستون چهارم (از راست) فراوانی افرادی که مدل را بر این اساس مورد تأیید قرار داده اند؛ مورد اشاره قرار گرفته است.

جدول (7): روایی مدل با استفاده از چک لیست نظریه خوب

ردیف	شاخص	توضیحات	فراوانی (از 12)	درصد فراوانی
1	منحصر به فرد بودن	بدین معنی که یک تئوری باید منحصر به فرد و یگانه بوده و متمایز از تئوری دیگری باشد.	10	0,83
2	محافظه‌کاری	یک تئوری جدید نمی‌تواند جایگزین تئوری موجود گردد مگر اینکه تئوری جدید مشخصاً دارای دلایل قانع‌کننده و خصوصیات برتری نسبت به تئوری موجود باشد.	9	0,75
3	قلمرو قابلیت تعمیم و وسعت کاربرد	تعداد حوزه‌هایی که در آن تئوری می‌تواند صادق بوده و کاربرد داشته باشد، بسیار مهم است، لذا چنانچه یک تئوری موضوعات بیشتری را نسبت به تئوری دیگری تحت پوشش قرار دهد از اهمیت بیشتری برخوردار است.	9	0,75
4	قابلیت تولید ایده	چنانچه یک تئوری قابلیت تولید مدلها و فرضیات بیشتری را داشته باشد ارجح‌تر خواهد بود.	11	0,92
5	کاهش محدودیت تئوری و ساده سازی و صرفه جوئی تئوری	چنانچه تئوری فرضیات محدودکننده کمتری داشته باشد از برتری بیشتری نسبت به تئوری که فرضیات محدودکننده متعددی دارد برخوردار است. به عبارت دیگر تئوری باید عاری از اجزاء مازاد باشد. تا تئوری ساده سازی شده و با صرفه تر باشد.	9	0,75
6	سادگی و اثربخشی	سادگی بیان و درک تئوری ویژگی است که یک تئوری را نسبت به تئوریهای پیچیده و دشوار در انتقال مفهوم متمایز می‌سازد. به عبارت دیگر تئوری خوب باید با حداقل روابط و متغیرهای کلیدی، پدیده و خروجی مورد نظر را توصیف نماید.	8	0,67
7	سازگاری و ثبات داخلی	بدین معنی است که متغیرها، اجزاء و عواملی که تئوری دربردارد با یکدیگر به صورت منطقی هماهنگ و سازگار باشند.	10	0,83
8	ریسک اجرا و تجربه	آزمونها و تجربیات مبتنی بر تئوری عمدتاً با مخاطره مواجه هستند. لذا چنانچه تئوری به گونه‌ای توسعه یابد که ریسک و مخاطره اجرا را کاهش دهد مطلوبتر خواهد بود. به عبارت دیگر تئوری باید ابعاد اجرایی و تجربی را نیز در بر گیرد.	8	0,66
9	مجرد بودن از زمان و مکان	بدین معنی که تئوری باید مستقل از زمان و مکان بوده و همواره بر اساس روابط و متغیرهای آن صادق باشد.	7	0,59
10	شفاف و بدون ابهام بودن نظریه	بدین معنی که تئوری باید کاملاً واضح بوده و منظور و مقصود آن آشکار باشد. به نحوی که امکان تعریف و ارائه تعابیر و تفاسیر مختلف فراهم نشود. نظریه نباید پر از استثنائات و بی قاعدگیها باشد.	10	0,83
11	مطلوبیت خروجی و نتایج تئوری	خروجی و نتایج تئوری باید به موضوعات جالب، زیبا و مهیجی منتهی گردد، نه این که بیان دیگری باشد از موضوعاتی که قبلاً به آنها پرداخته شده است.	10	0,83
12	قدرت توجیه گر امور در عمل	توضیح وقایع گذشته توسط تئوری ایجاد شده و مقایسه با شاهد تجربی مناسب	10	0,83
13	تاثیر بر اندیشمندان	نظریه جدید بر اندیشه غالب افراد مطلع و متخصص تاثیر شگرفی بگذارد و آنان را به واکنش عملی وا دارد.	8	0,66
14	قابلیت پیش بینی	نظریه باید دست کم ما را به پیش بینی برخی امور قادر سازد.	10	0,83
15	بیانی از حقیقت و واقعیت باشد	تئوری حقیقت مهمی را با دقت ، ظرافت، و اختصار و سادگی هر چه بیشتر بیان کند. و به درک بیشتر و عینی تر واقعیات و تبیین واقعیات کمک کند.	10	0,83
16	ارائه توصیف جامع و بینش همه جانبه از موضوع	ارائه توصیفی جامع و چشم اندازی گسترده از موضوع به مخاطبان توسط تئوری مثلا هر نظریه سیاسی نه تنها توصیف هم جانبه ای از کنش ها و واکنشهای دخیل است بلکه نمایشی از نظم یا آشفتگی ، موفقیت یا شکست اجتماعی را نیز نشان میدهد.	9	0,75
17	میان رشته ای بودن نظریات جدید	چون کارائی نظریه مبتنی بر یک رشته اندک است تلاش اندیشمندان معطوف به ارائه نظریه های بین رشته ای و چند رشته ای معطوف است.	9	0,75

بنابراین، همان گونه که ملاحظه می گردد، در عمده شاخصها (13 شاخص از کل 17 شاخص) اکثر خبرگان(بالای 0/7) بر این باور هستند که مدل ارائه شده مناسب است. لذا اعتبار مدل مورد تأیید قرار میگیرد.

نتیجه گیری

مقاله حاضر برای ارائه مدل همکاری در پروژه های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه های پیچیده و با رویکرد مبتنی بر TRL تدوین شده است. ابتدا با مروری بر ادبیات موضوع در حوزه های همکاری شامل نوع همکاران و انگیزه آنها در پروژه های تحقیق و توسعه، ضرورت توسعه این مدل برای این دسته از محصولات مشخص شد. از سویی پیشینه تحقیق، وجوه افتراق محصولات با سامانه های پیچیده را با محصولات عادی (تولید انبوه) مشخص ساخته و اهمیت توسعه مدلی برای این دسته از محصولات را کاملا مبرهن می‌نماید. بدیهی است که اتکا بر مدلهای مبتنی بر محصولات عادی، در محصولات پیچیده رضایت بخش نیست.

سطح آمادگی فناوری هم به عنوان معیاری برای تعیین سیر مراحل فناوری، مورد توجه قرار گرفت. از طریق مصاحبه عمیق با 18 نفر از خبرگان سازمان، مفاهیم و ارتباطات معنادار برای توسعه مدل از طریق نگاشت شناختی فراهم شد. درجات ورودی، خروجی و همچنین مجموع آنها به عنوان مرکزیت هر مفهوم نیز حاصل گشت. بر اساس این مدل (در شکل 4)، فرایند تعریف، طراحی و توسعه محصول جدید در سازمان به ترتیب شامل نیازسنجی، طراحی مفهومی سیستم، طراحی اولیه آن، طراحی تفصیلی اجزاء سیستم، ساخت اجزاء سیستم، یکپارچه کننده لایه اول، مونتاژ نهایی، تست عملیاتی و مستندسازی می باشدکه این مسیر به صورت قرمز(غیر قابل واگذاری به

همکاران) است ولی در صورتی که بتوان این فرایند را به جزئیات بسیار دقیق ، جزئی و غیر قابل پیگیری تبدیل نمود؛ قابلیت تبدیل به حالت زرد و سبز(قابل واگذاری به شبکه همکاران) را دارد. دفتر طراحی مسئولیت نیازسنجی محصول را به عهده دارد که غیر قابل واگذاری است. همین گونه است در مورد صنایع که مسئولیت یکپارچه سازی، مونتاژ نهایی و تست عملیاتی را بر عهده دارند.

شبکه همکاران در پروژه های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه های پیچیده در سازمان در 4 نوع شرکتهای مشاوره ای در استقرار نظام مدیریتی، اعضای هیئت علمی، دانشگاهها، پروژه های کسری خدمت و شرکتهای دانش بنیان تعریف می گردد. از آنجا که در این پروژه ها، اسناد بالادستی شامل نظام نوآوری ملی و دفاعی هستند؛ شرکتهای مشاوره ای می توانند از نظر تئوری و به صورت محرمانه در تدوین و بهبود این اسناد یاری رسانند. همچنین مرکز توسعه فناوری ضمن بررسی صلاحیت اعضای هیئت علمی و تفکیک تخصص دانشگاهها، افراد و دانشگاههای دارای صلاحیت (علم، دانش و مهارت) را به دفتر طراحی و جهت آغاز طرح نیازسنجی معرفی می‌نماید. مرکز پژوهش علوم و فناوری نیز ضمن بررسی شرکتها، افراد و دانشگاههای دارای صلاحیت، می تواند به صورت مرتب، سامانه جامع تخصص افراد، دانشگاهها و شرکتهای دانش بنیان را ایجاد و بروز رسانی نماید. افراد و دانشگاههای منتخب می توانند از طریق کمیته مشترک مرکز پژوهش علم و فناوری و دفتر طراحی وارد فرایند طراحی مفهومی و طراحی اولیه سیستم گردند. از سویی شرکتهای دانش بنیان منتخب نیز می توانند از طریق کمیته مشترک مرکز پژوهشی علم، فناوری و صنایع در ساخت اولیه اجزاء سیستم یاری رسانند.

مرکز توسعه فناوری که به گونه ای بانک اطلاعاتی افراد، سازمانها و پروژه های سازمان است؛ می تواند به عنوان ایده پرداز جهت نیاز سنجی و آغاز فرایند توسعه محصول عمل نماید. بنابراین، در شبکه همکاران بهتر است با اعضای هیئت علمی، راهبرد اکتساب آموزشی، با دانشگاهها راهبرد قرارداد تحقیق و توسعه، در مورد پروژه های کسری خدمت راهبرد برون سپاری، شرکتهای دانش بنیان راهبرد کمک هزینه تحقیقاتی و قرارداد تحقیق و توسعه و با شرکتهای مشاوره ای نیز راهبرد قرارداد تحقیق و توسعه به کار گرفته شود. جهت غنی تر شدن مدل نکات و پیشنهادات ذیل مطرح میگردد:

نهادهای تصمیم گیری به روش های سنتی وظایف خود را انجام می دهند و خود را به روشهای تصمیم گیری نظارتی تجهیز نکرده و از توانایی لازم برای پایش و کنترل در یک جامعه اطلاعاتی برخوردار نیستند. بنابراین یک تغییر دیدگاه اساسی در نهادهای تصمیم گیری مورد نیاز است که جز با فرهنگ سازی میسر نخواهد شد.

از آنجا که نهادهای تصمیم گیری، به نقاط بحرانی و حساس موضوع همکاری آشنایی ندارند؛ محدوده کنترل خود را وسیع می کنند، لذا به منظور بهبود و افزایش اثربخشی در عملکرد؛ نهادهای تصمیم گیری باید تمرکز خود را بر روی نقاط حساس قرار دهند، چرا که همه موارد به یک اندازه نیازمند مراقبت حفاظتی نیستند.

پروژه های تحقیقاتی مورد نظر برای همکاری باید جهت حفظ محرمانگی سطح بندی شوند و در هر یک از سطوح، تعیین اولویت گردند تا به این ترتیب تحلیل و تصمیم گیری برای سازمان تسهیل شده و پروژه ها با توجه به سطح محرمانگی، به پروژه های کوچکتر تقسیم شوند به نحوی که تا حد ممکن امکان افشای اطلاعات کاهش یابد. بهتر است تعیین طبقه بندی هر پروژه به عهده تیم مدیریت آن همکاری باشد تا با استفاده از آیین‌نامه های حفاظت اطلاعات در مورد طبقه بندی پروژه اقدامات لازم را به عمل آورند.

اگر بخواهیم به چکیده پاسخ خبرگان به سوالات تحقیق (در پیوست) هم اشاره نماییم؛ به صورت ذیل خواهد بود:

1-تحقیقاتی (TRL 1 تا 3)

توسعه ای (TRL 4 تا 6)

2-کسب منابع (مالی، نیروی انسانی، تجهیزات و دانشی) برتر برای رفع محدودیت های موجود

بقا (در صورت عدم همکاری و استفاده از منابع برتر بیرونی، سازمان به تدریج تضعیف شده و میرا می‌شود)

توسعه ظرفیت

دستیابی به ساختار و نظام چابک

کاهش زمان توسعه محصول

افزایش کیفیت

کاهش هزینه

کسب مزیت رقابتی (بخش های زرد پروژه ها برای سازمان مزیت رقابتی ندارند اما اگر برای شرکتهای خصوصی جاذبه ای نداشته باشند یا زیر ساخت توسعه آن در این شرکتها موجود نباشد؛ سازمان به تنهایی این بخش ها را انجام میدهد)

تقابل با فضای تحریم و تعارض

تحقیق و توسعه در خود سازمان و تعمیق آن، هم هزینه زیادی دارد و هم نرخ بازگشت سرمایه آن مناسب نیست.
تمرکز زدایی از تحقیق و توسعه (انباشت تحقیق و توسعه در یک سازمان همکار، با توجه به محرمانگی موضوع و ریسک مدیریت دانش، توصیه نمیشود.) (به عنوان علت همکاری با بیش از یک سازمان)
استفاده از توانمندی سازمانهای همکار برای پوشش ضعف یکدیگر (به عنوان علت همکاری با بیش از یک سازمان
3-ابتدا می‌بایست بانک اطلاعاتی جامع از همکاران وجود داشته باشد و توانایی آنان با ملزومات پروژه تطبیق داده شده و از منتخبین، در خواست پیشنهادیه (RFP[32]) شود. در این زمینه میتوان از اطلاعات سمتا (سازمان مدیریت تأمین کنندگان) بهره گرفت.
موارد ذیل در مورد همکار بررسی میشود:
نمونه کار قبلی
دانایی و اشراف بر پروژه
مداومت بر انجام پروژه های این حوزه و عدم پراکندگی در حوزه کارهای قبلی
تعامل با شبکه های دانشی
امکانات زیرساختی (مثل آزمایشگاه)
مدل ارائه شده در این مقاله به عنوان راهکاری در زمینه فرایند همکاری سازمان است.
4-دانشگاه علوم پایه (بخش مطالعاتی و تولید علم، 1TRL)
دانشگاه صنعتی (تا طراحی مفهومی،TRL 2 و 3)
مراکز تحقیقاتی و پژوهشگاهها (TRL 4، 5 و 6)
شرکتهای دانش بنیان (ساخت و تولید زیرسامانه با تیراژ محدود TRL 7، 8 و 9، در واقع تجاری سازی فناوری)
شرکتهای مشاوره ای (استقرار نظام مدیریتی)
اعضای هیئت علمی
همکاران تحقیقاتی (کار مطالعاتی، ساخت جزئی یا طراحی فرایند که هزینه ای به سازمان تحمیل نکند و به عنوان خدمت سربازی محسوب می‌شود)
5-شکست پروژه به قسمت های کوچک تر و ساده به طوری که محرمانگی آن از بین برود.
انتخاب همکاران از بین سازمانهایی که گواهی سمتا (سازمان مدیریت تأمین کنندگان دفاعی) را دارند.
صلاحیت مدیر پروژه در شکست صحیح پروژه و جمع آوری نتایج
6-لازمه نظارت وجود پیوست های فنی دقیق و کامل از پروژه است.
ارتباط مداوم با همکاران و دریافت نظرات آنان در اسرع وقت و تلاش برای رفع مشکلات
نظارت مستمر و ماهانه
بازبینی پیوست فنی در صورت نیاز و عدم توانایی کارفرما
برای طراحی و شبیه سازی، تأییدیه دفتر طراحی یا توسعه فناوری در مورد خروجی کار، ملاک است.
با توجه به شکست کار در محصولات با سامانه های پیچیده، مبحث کنترل پروژه اهمیت بسیار زیادی دارد.
هر قسمت از پروژه ناظر خاصی میخواهد: مثلاً ناظر قسمت طراحی، باید دیدگاه وسیع تری نسبت به مدیر پروژه داشته باشد. ناظر سیستمی، فنی و مفهوم عملیاتی. مدیر پروژه باید هدایتگر ناظران باشد.
در پروژه های محصولات با سامانه های پیچیده، ارزیابی در حین کار انجام میشود و نه پایان کار. اگر در انتهای پروژه متوجه اشتباهی شویم؛ راه بازگشتی وجود ندارد.
7-سطح بلوغ شرکتهای خارجی و تجربه آنها معمولاً بالاتر است و باید برای همکاری با آنها، آمادگی بیشتری کسب کنیم.
به دلیل محرمانگی موضوعات، تحریم، دقت و به هنگام بودن مالی شرکتهای خارجی، همکاری خاصی با آنها وجود ندارد (گاهی اوقات پرداختی به همکار با تأخیر صورت میگیرد و این امر عموماً مورد قبول شرکتهای خارجی نیست).

پیوست

سؤالات مصاحبه عمیق

پروژه های تحقیق و توسعه سازمان صنایع هوایی چه دسته بندی ای دارند؟
هدف از همکاری با منابع بیرون سازمان در انجام پروژه های تحقیق و توسعه محصولات با سامانه های پیچیده چیست؟

فرایند این همکاری عموما به چه صورت است؟(از نقطه صفر تا پایان) و مکانیزم تصمیم گیری در مراحل مختلف آن چگونه است؟ (قبل از شروع و در حین کار)

با توجه به محرمانه بودن برخی اطلاعات، سازمان همکار تا چه حد درگیر اطلاعات می شود و مشکل محرمانه بودن اطلاعات را چگونه حل میکنید؟

در زمینه پروژه های تحقیق و توسعه، با چه سازمانها و افرادی، همکاری دارید؟

مکانیزم نظارت در مراحل مختلف همکاری از نقطه آغاز تا پایان فرایند و نتایج کار به چه صورت است؟

نوع تعامل با شرکتهای خارجی (غیر ایرانی) چگونه است؟

منابع

حسینی، سیدعلی؛ مهدی، محمدی، حاجی حسینی، حجت الله (1395). "عوامل حیاتی موفقیت نوآوری در محصولات و سیستم های پیچیده (CoPS)؛ مطالعه موردی: پروژه بالگرد ملی سازمان صنایع هوایی." فصلنامه مدیریت توسعه فناوری 4(1): 159-186.

صفدری رنجبر، مصطفی؛ رحمان سرشت،حسین؛ منطقی، منوچهر و قاضی نوری، سید سروش (1395). "پیشران های کسب و ایجاد قابلیت های فناورانه ساخت محصولات و سامانه های پیچیده در بنگاه های متاخر: مطالعه موردی شرکت توربوکمپرسور نفت (OTC)." مدیریت نوآوری 5(3): 1-26.

صفدری رنجبر، مصطفی؛ قیدرخلجانی, جعفر؛ طهماسبی، سیامک و توکلی، غلامرضا (2016). "قابلیت های کلیدی برای نوآوری و توسعه محصولات و سامانه های پیچیده دفاعی". فصلنامه مدیریت توسعه فناوری 4(1): 133-158.

صفدری رنجبر، مصطفی؛ رحمان سرشت،حسین؛ منطقی، منوچهر و قاضی نوری، سید سروش (1395). "کسب دانش و قابلیت های فناورانه ساخت محصولات و سامانه های پیچیده در کشورهای در حال توسعه: مورد مطالعه توربین گازی IGT25. ششمین کنفرانس بین المللی و دهمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری. تهران.

علی احمدی، علیرضا (1390). "روش تحقیق و راهنمای پایان نامه نویسی". تهران, تولید دانش.

فولادی، قاسم (1391). "ارزیابی و استفاده از سطوح آمادگی فناوری" تهران, موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاعی.

محسنی، اکرم؛ امیرخانی، عبدالله؛ موسوی، محمدرضا؛ و محمدی زاده، فرشته (1394). "استفاده از نگاشت ادراکی فازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک کد حقیقی برای طبقه بندی ضایعات مجرایی سینه". دومین کنگره بین المللی فن آوری، ارتباطات و دانشICTCK2015, دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

Acha, V., A. Davies, M. Hobday and A. Salter (۲۰۰٤). "Exploring the capital goods economy: complex product systems in the UK." Industrial and Corporate Change ۱۳(۳): ٥۰٥-٥۲۹.

Adner, R. (۲۰۰٤). A demand-based perspective on technology life cycles. Business Strategy over the Industry Lifecycle, Emerald Group Publishing Limited: ۲٥-٤۳.

Anderson, P. and M. L. Tushman (۱۹۹۰). "Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change." Administrative science quarterly: ٦۰٤-٦۳.۳

Andrikopoulos, A. and K. Kostaris (۲۰۱۷). "Collaboration networks in accounting research." Journal of International Accounting, Auditing and Taxation ۲۸: ۱-۹.

Appiah-Adu, K., B. K. Okpattah and J. G. Djokoto (۲۰۱٦). "Technology transfer, outsourcing, capability and performance: A comparison of foreign and local firms in Ghana." Technology in Society ٤۷: ۳۱-۳۹.

Barge-Gil, A. and A. López (۲۰۱٤). "R&D determinants: Accounting for the differences between research and development." Research Policy ٤۳(۹.۱٦٤۸ ۱٦۳٤ :(

Barlow, J. (۲۰۰۰). "Innovation and learning in complex offshore construction projects." Research policy ۲۹(۷): ۹۷۳-۹۸۹.

Cassiman, B. and R. Veugelers (۱۹۹۸). "R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence".

Chen, J. H. and C. Vuik" .(۲۰۱۷) Globalization technique for projected Newton-Krylov methods." International Journal for Numerical Methods in Engineering ۱۱۰(۷): ٦٦۱-٦۷٤.

Chesbrough, H. W. and D. J. Teece (۱۹۹٦). "When is virtual virtuous." Harvard business review ۷٤(۱): ٦٥-۷۳.

Chiesa, V., R. Manzini and F. Tecilla (۲۰۰۰). "Selecting sourcing strategies for technological innovation: an empirical case study." International Journal of Operations & Production Management ۲۰(۹): ۱۰۱۷-۱۰۳۷.

Clayton, C. (۱۹۹۷). "The innovator's dilemma :When new technologies cause great firms to fail." Harvard Business School Print.

Cuervo-Cazurrra, A., R. Mudambi and T. Pedersen (۲۰۱۷). "Globalization: Rising skepticism." Global Strategy Journal ۷(۲): ۱٥٥-۱٥۸.

Davies, A. and T. Brady (۲۰۰۰). "Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions." Research Policy ۲۹(۷-۸): ۹۳۱-۹٥۳.

Dedehayir, O., T. Nokelainen and S. J. Mäkinen (۲۰۱٤). "Disruptive innovations in complex product systems industries: A case study." Journal of Engineering and Technology Management ۳۳: ۱۷٤-۱۹۲.
Dowdell Jr, T. D. and S. C. Lim (۲۰۱٥). "The effect of in-process research and development capitalization on M&A and purchase price allocations." Research in Accounting Regulation ۲۷.٥٦-٥١ :(١)
Fujii, H. and S. Managi (۲۰۱٦). "Research and development strategy for environmental technology in Japan: A comparative study of the private and public sectors." Technological Forecasting and Social Change ۱۱۲: ۲۹۳-۳۰۲.
Gunawan, B. Igel and K. Ramanathan (۲۰۰۲). "Innovation networks in a complex product system project: the case of the ISDN project in Indonesia." International Journal of Technology Management ۲٤(٥-٦): ٥٨۳-٥۹۹.
Hagedoorn, J., A. N. Link and N. S. Vonortas (۲۰۰۰). "Research partnerships." Research Policy ۲۹(٤): ٥٦۷-٥۸٦.
Hardstone, G. (۲۰۰٤). "Capabilities, structures and strategies re-examined: incumbent firms and the emergence of complex product systems (CoPS) in mature industries." Technology Analysis & Strategic Management ۱٦.۱۹٦-۱۷۳ :(۲)
Hatch, W. F. (۲۰۱۷). "Building Legislative Coalitions for Free Trade in Asia: Globalization as Legislation." Journal of Japanese Studies ٤۳(۱): ۲۳٦-۲٤٠.
Health Procurement Services, I. (۲۰۱۲). "The power of collaboration: Incorporating voices in Canadian healthcare into integrated, responsive purchasing networks." Healthcare Management Forum ۲٥(۳, Supplement): S۳۹-S٤۲.
Henderson, R. M. and K. B. Clark (۱۹۹۰). "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms." Administrative science quarterly: ۹-۳۰.
Hobday, M. (۱۹۹۸). "Product complexity, innovation and industrial organisation." Research policy ۲٦(٦): ٦۸۹-۷۱٠.
Hsu, C.-C. and J. J. H. Liou (۲۰۱۲). "An outsourcing provider decision model for the airline industry." Journal of Air Transport Management ۲۸: ٤٠-٤٦.
Kamuriwo, D. S. and C. Baden-Fuller (۲۰۱٦). "Knowledge integration using product R&D outsourcing in biotechnology." Research Policy ٤٥(٥): ۱۰۳۱-۱۰٤٥.
Kamuriwo, D. S. and C. Baden-Fuller (۲۰۱٦). "Knowledge integration using product R&D outsourcing in biotechnology." Research Policy ٤٥(٥): ۱۰۳۱-۱۰٤٥.
Kröger, M. and M. Schäfer (۲۰۱٦). "Scenario development as a tool for interdisciplinary integration processes in sustainable land use research." Futures ۸٤, Part A: ٦٤-۸۱.
Mah, J. S. (۲۰۱۷). "Globalization and Economic Growth in Cambodia." Singapore Economic Review ٦۲(۲): ۳٦۳-۳۷٥.
Mankins, J. C. (۱۹۹٥). "Technology readiness levels." White Paper, April ٦.
Miller, R., M. Hobday ,T. Leroux-Demers and X. Olleros (۱۹۹٥). "Innovation in complex systems industries: the case of flight simulation." Industrial and corporate change ٤(۲): ۳٦۳-٤٠٠.
Miotti, L. and F. Sachwald (۲۰۰۳). "Co-operative R&D: why and with whom?: An integrated framework of analysis." Research Policy ۳۲(۸): ۱٤۸۱-۱٤۹۹.
Monjon, S. and P. Waelbroeck (۲۰۰۳). "Assessing spillovers from universities to firms: evidence from French firm-level data." International Journal of Industrial Organization ۲۱(۹): ۱۲٥٥-۱۲۷٠.
Moody, J .B. and M. Dodgson (۲۰۰٦). "Managing complex collaborative projects: Lessons from the development of a new satellite." The Journal of Technology Transfer ۳۱(٥): ٥٦۸-٥۸۸.
Moore, G. A. and R. McKenna (۱۹۹۹). "Crossing the Chasm: Marketing and selling high-tech products to mainstream customers (Преодоление разрыва: маркетинг и продажа высокотехнологичных товаров массовому потребителю)".
Mowery, D. and N. Rosenberg (۱۹۷۹). "The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies." Research policy ۸(۲): ۱۰۲-۱٥۳.
Naghizadeh, M., M. Manteghi, M. Ranga and R. Naghizadeh (۲۰۱٦). "Managing integration in complex product systems: The experience of the IR-۱٥٠ aircraft design program." Technological Forecasting and Social Change.
Olausson, D. (۲۰۰۹). Facing interface challenges in complex product development, Linköping University Electronic Press.
Rehm, S.-V. and L. Goel (۲۰۱۷). "Using information systems to achieve complementarity in SME innovation networks." Information & Management ٥٤(٤): ٤۳۸-٤٥۱.
Ren, Y.-T. and K.-T. Yeo (۲۰۰٦). "Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation." Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers ۲۳(٦): ٥۱۹-٥۲۹.
Sauser, B. J. (۲۰۰۸). NASA Strategic Project Leadership in an Era of Better, Faster, Cheaper: Striving for Systems Innovation, VDM Publishing.
Shibata, T. (۲۰۰۹). "Product innovation through module dynamics: A case study." Journal of engineering and technology management ۲٦(۱): ٤٦-٥٦.
Smith, E. (۲۰۱۷). "Globalization and the colonial origins of the great divergence: intercontinental trade and living standards in the Dutch East India Company's commercial empire, c. ۱٦٠٠-۱۸٠٠." Economic History Review ۷٠(۲): ٦۷۹-٦۸٠.
Towery, N. D., E. Machek and A. Thomas (۲۰۱ .(۷Technology Readiness Level Guidebook.
Tsadiras, A. K. (۲۰۰۸). "Comparing the inference capabilities of binary, trivalent and sigmoid fuzzy cognitive maps." Information Sciences ۱۷۸(۲٠): ۳۸۸٠-۳۸۹٤.
Verwaal, E. (۲۰۱۷). "Global outsourcing, explorative innovation and firm financial performance: A knowledge-exchange based perspective." Journal of World Business ٥۲(۱): ۱۷-۲۷.
Warner, M. (۲۰۱۷). "On globalization "with Chinese characteristics'?" Asia Pacific Business Review ۲۳(۳): ۳٠۹-۳۱٦.
Yang, A. and J. Bentley (۲۰۱۷). "A balance theory approach to stakeholder network and apology strategy." Public Relations Review ٤۳(۲): ۲٦۷-۲۷۷.

پی نوشت:

[1] *Technology Readiness Level*
2 Educational acquisition
3 Joint venture
4 Joint R&D
5 Research funding
6 R&D contract
7 alliance
8 consortium
9 Networking
10 Outsourcing
11One-off
12 Customized, interconnected components
13 gross domestic product)
14 interface
15 uncertainty
16 interface
17 user-push
18 supplier driven
19 B2B
20 B2G
21 B2C
22 Mankins
23- Tsadiras
24- Bivalent
25- Trivalent
26- Sigmoid
27 Positive Very Big
28 Positive mediate
29 Negative very small
30Medium of maximum
31 Centrality
32 Request for proposal