

شناسایی و مدل سازی شاخص های مؤثر در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی

علی کاظم زاده^۱، منوچهر منطقی^{۲*}، عباس طلوعی اشلقی^۳، جهانگیر جدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶

چکیده

یکی از رموز موفقیت در توسعه محصول، مدیریت ریسک و سرمایه گذاری زمان و هزینه در مراحل اولیه است تا در آینده ناگزیر به انجام تغییرات پرهزینه نشویم. از طرفی داشتن یک فرایند با پیکره بندی منطقی و درست، نیاز توسعه دهندگان محصولات است. بنابراین برای دستیابی به الگوی مناسب توسعه محصولات پیچیده دانستن پارامترهای مؤثر و نیز استفاده از این پارامترها در پیکره بندی فرایند، بسیار ضروری به نظر می رسد. این مقاله باهدف شناسایی و مدل سازی پارامترهای تأثیرگذار در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی از آبان ماه ۱۳۹۵ تا تیرماه ۱۳۹۸ در سازمان هوافضا انجام شد؛ بنابراین از منظر هدف کاربردی و از منظر روش رویکرد ترکیبی است. بدین منظور در بخش رویکرد کیفی از طریق مصاحبه و نظرسنجی دلفی فازی از مدیران و مهندسين سیستم، عوامل مؤثر در فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی شناسایی و در بخش کمی با رویکرد دیمتل فازی، روابط علی و معلولی این عوامل تحلیل شد که نتایج تحلیل ها نشان می دهد، ریسک های فرایند توسعه محصولات پیچیده در شش دسته اصلی و ۳۲ محرک ریسک، ویژگی های محصولات پیچیده در نه دسته و خصوصیات فرایند توسعه محصولات پیچیده در سه دسته در محصولات پیچیده هوافضایی شناسایی شدند و عامل تعداد زیاد زیر سیستم ها و اجزا محصولات پیچیده به عنوان تأثیرگذارترین علت و ریسک زمان بندی به عنوان تأثیرپذیرترین معلول انتخاب شدند. تحلیل هم زمان روابط پارامترهای مؤثر در طراحی الگوی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی یکی از جنبه های نوآوری این مقاله می باشد و اضافه شدن مهندسی سیستم به خصوصیات فرایند توسعه جنبه دیگری از نوآوری های این مقاله محسوب می شود. در نهایت با یک چارچوب علی پویا با محوریت ریسک زمان بندی، روابط نظری بین این عوامل ارائه گردید. می توان بیان کرد این چارچوب علاوه بر اینکه عوامل کلیدی را در نظر می گیرد، فرضیه یا روابط نظری بین فرضیه ها را نیز نشان می دهد.

واژگان کلیدی: ریسک های فرایند توسعه، خصوصیات فرایند توسعه، محصولات پیچیده، دلفی فازی، دیمتل فازی

۱- مقدمه

فرآیند توسعه محصول تا این زمان این‌گونه دستخوش تغییر و تحول نبوده است. رشد سریع فناوری، افزایش ریسک‌پذیری، تغییرات روزافزون در نیازهای مشتریان و پیچیدگی محصولات، تیم‌های توسعه محصول جدید را با فشارهای روزافزونی مواجه کرده است. با این حال، فرآیند توسعه محصول جدید، همواره با حد بالایی از عدم اطمینان و پیچیدگی همراه است. از آنجایی که میزان موفقیت پروژه‌های توسعه محصول جدید، بسیار کم است در سراسر جهان، حدود ۸۰ درصد از پروژه‌های توسعه محصول جدید قبل از اتمام، شکست می‌خورند. بیش از نیمی از ۲۰ درصد باقیمانده هم در بازگشت هزینه‌های سرمایه‌گذاری و سودآوری شکست می‌خورند. (cooper, 2003: ahn et al, 2008) میلر و لیزارد در پژوهش خود نشان دادند که از ۶۰ پروژه مهندسی بزرگ مورد مطالعه تنها ۴۵ درصد آن‌ها به اهداف پروژه رسیدند و ۲۰ درصد پس از اینکه مقدار زیادی از بودجه را تلف کردند رها شدند (Miller and Lessard, 2000) و بر اساس یک نظرسنجی از ۷۰۰ پروژه توسعه Cops، میزان موفقیت توسعه محصولات Cops تنها ۳۵ درصد بود (Lai, 2010). چرایی و دلایل اصلی این شکست‌ها در توسعه محصولات جدید در بسیاری از سازمان‌ها، افزایش زمان و هزینه در تمامی فازها و مراحل فرآیند توسعه محصول جدید، مشکلات در برنامه‌های توسعه معقول و برنامه‌های توزیع منابع، شکست در پاسخگویی درست به عوامل ریسک فرایندهای توسعه و نارسایی سیستم تصمیم‌گیری جامع مبتنی بر اطلاعات کمی است (Park et al, 2011). از طرفی پیچیدگی‌های ذاتی و ایجادشده در محصولات پیچیده می‌تواند یک منبع اصلی ریسک باشد و به چالش مداوم و شکست پروژه کمک کند (Kerzner, 2009). ابهام، عدم قطعیت، انتشار و هرج و مرج به‌عنوان چهار نوع پدیده ریسک ناشی از محرک‌های پیچیدگی محصول هستند، این پدیده‌ها یک منبع اصلی از ناتوانی تصمیم‌گیری و غیرقابل پیش‌بینی برای فرآیند توسعه محصول است. در نتیجه، پدیده محرک‌های پیچیدگی منبع اصلی ریسک‌های توسعه محصول هستند. این ریسک‌ها که از عدم قطعیت، ابهام، انتشار و یا پدیده هرج و مرج حاصل می‌شود، به افزایش پیچیدگی پروژه دامن می‌زنند و این کار به‌عنوان ناتوانی در درک، پیش‌بینی و تحت کنترل نگاه‌داشتن رفتار کلی فرآیند تعریف‌شده است (vidal, 2009).

بر اساس مطالعات انجام‌شده، یکی از عوامل مهم و چالش‌برانگیز در سازمان‌های دارای محصولات پیچیده، فرآیندهایی است که در قالب مدیریت پروژه و فرآیندهای مدیریت ریسک و به‌صورت جامع در قالب فرآیند توسعه محصول شکل می‌گیرد (Ren and Yeo, 2006) و سازمان‌ها برای طراحی محصولات

جدید از فرآیندهای مختلف توسعه محصول استفاده می‌کنند. طراحی مناسب فرایند توسعه محصول، برای کاهش زمان توسعه، مدیریت ریسک‌ها و ایجاد محصولات بهتر و کاهش احتمال شکست در توسعه محصول جدید ضروری است. (Darlan and Eppinger, 2011)

بنابراین می‌توان مدعی شد با توجه به اهمیت سه مفهوم ریسک‌های توسعه محصول، پیچیدگی‌های محصولات پیچیده و خصوصیات فرایند توسعه محصول در موفقیت یا شکست توسعه محصولات پیچیده، توسعه‌دهندگان این‌گونه محصولات در ایران نیز با وجود عوامل و پیچیدگی‌های گسترده در این حوزه تخصصی که از طبیعت این محصولات نشأت می‌گیرد، حجم سرمایه‌گذاری بسیار بالا در این حوزه و ضرورت وجود آینده‌نگری و برنامه‌ریزی درازمدت برای توسعه این محصولات از یک سو و نیز از سوی دیگر فشارهای بیرونی وارده بر صنایع هوافضایی در خصوص افزایش بهره‌وری تحقیقاتی این حوزه که با کاهش زمان و هزینه پروژه‌ها و نیز افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان پروژه‌ها مطرح می‌شود، ضرورت طرح‌ریزی و اجرای فرایند را دوچندان ساخته است بنابراین واضح است برای موفقیت توسعه محصول، فرایند توسعه محصولات پیچیده باید به‌طور دقیق طراحی شود و این مستلزم اینکه عوامل پیکره‌بندی و تأثیرگذار بر پیکره‌بندی در این فرایند شناسایی و مورد بررسی قرار گیرند.

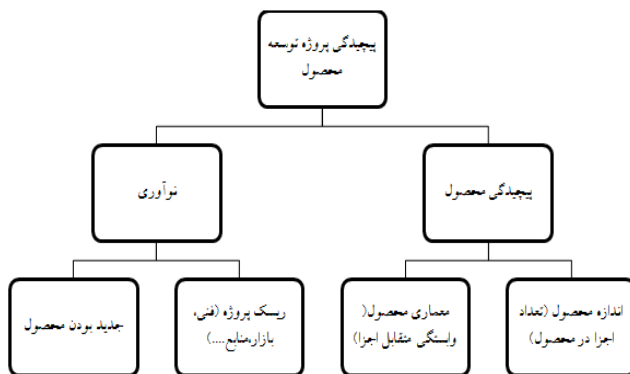
از این‌روی این مقاله باهدف شناسایی و تحلیل پارامترهایی که پیکره‌بندی فرایند توسعه محصولات پیچیده را شکل می‌دهند و نیز بر آن تأثیر دارند انجام می‌شود. در نتیجه نقطه تمایز این مقاله با سایر پژوهش‌ها تکیه بر پارامترهای تأثیرگذار بر طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده است که کمک می‌کند فرایند توسعه با چیدمان مناسب اجرا فرایند، عوامل ریسک آفرین را از ابتدا تحت کنترل و مدیریت داشته باشد بنابراین پژوهش حاضر بدین لحاظ نوآوری دارد و انتظار می‌رود این مطالعه در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی کمک کند.

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- سیستم‌ها و محصولات پیچیده

هابدی و تد با استفاده از ارتباط بین دو مفهوم "پیچیدگی ساختاری" و "پیچیدگی محصول" یک کلاس جدید از محصولات، که به سیستم‌ها و محصولات پیچیده معروف است را بیان کردند (Tidd, 1995; Hobday, 1998).

سامانه‌های محصولات پیچیده CoPS یک دسته از محصولات است که با هزینه‌های بالا، سفارشی‌سازی بالا (مشارکت بالایی مشتری در طراحی)، نرخ تولید پایین و درجه بالایی از ریسک و عدم اطمینان با توجه به چرخه یادگیری پایین، چندوظیفه‌ای و شامل ورودی‌های مهارت / دانش چند رشته‌ای هستند، چرخه عمر محصولات پیچیده ممکن است چند دهه طول بکشد (عمر یک مدل هواپیما ممکن است ۴۰-۲۰ سال باشد) شکست ساختار سیستمی بزرگ دارند، شامل سطح بالایی از دانش کارکنان در سیستم‌های مهندسی و طراحی و توسعه هستند، موفقیت آن بستگی به سطح بالایی از شایستگی‌های اصلی در مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی و مدیریت برنامه پیچیده دارد و در نهایت صنایع CoPS متمایل به انحصار چندقطبی با موانع زیاد برای ورود هستند (Hobday, 1998; Hobday, et al, 2000). مطالعات نشان می‌دهد که پیچیدگی محصول، از نظر تعداد قطعات در یک محصول و روابط درونی میان آن‌ها، یک محرک قدرتمند برای پیچیدگی پروژه توسعه محصول است (شکل (۱)) (Reda, 2005).



شکل (۱): فاکتورهای پیچیدگی در توسعه محصول جدید (Reda, 2005)

۲-۲- تکرار و بازنگری

با توجه به عدم اطمینان ذاتی در توسعه محصول، تکرار غیرقابل اجتناب بوده و باید به صورت مؤثر مدیریت شود. تکرار از لحاظ فنی به عنوان تکرار اقدام یا فرآیند تعریف می‌گردد. این تعریف می‌تواند به صورت مثبت درک شود (به عنوان نوسازی و بهبود) یا منفی (به عنوان تکرار بی‌فایده). اگر ضعف مدیریت وجود داشته باشد وابستگی متقابل و پیچیده وظایف که نیاز به بازخورد دارند پتانسیل دوباره کاری را در پی دارد. دوباره کاری، ترکیبی از بازخورد و اقدام اصلاحی است و نوعی از تکرار می‌باشد اما منفی است زیرا پاسخی به اشتباهات قابل اجتناب می‌باشد. (Darlan and Eppinger, 2006) بازنگری‌ها برای

توسعه محصول اهمیت دارند. مانند تکرارها، در تمامی فرآیندهای توسعه محصول وجود دارند ولی مختلف‌اند. طراحی بازنگری‌ها گاهی اوقات دروازه‌ها، نقاط بررسی یا نقاط عطف نامیده می‌شوند اما شامل تصمیم یا ارزیابی پیشرفت می‌باشند. بازنگری‌ها خروجی‌های اقدام قبلی را مورد آزمایش قرار داده و تصمیم می‌گیرند آیا به گام، مرحله یا مجموعه‌ای از مراحل بعدی ادامه دهند یا خیر. تمامی فرآیندهای توسعه محصول تکرار و بازنگری می‌شوند. (Darlan and Eppinger, 2009)

۲-۳- ریسک‌های فرایند توسعه محصول

ریسک فرایند توسعه محصول، ارتباط نزدیکی با عدم قطعیت دارد. عدم قطعیت پیش‌نیاز ریسک است، و اغلب به‌عنوان یک پس‌زمینه طبیعی یا زمینه‌ای که اقدامی انجام می‌شود، مشاهده شده است (Ben Hiam, 2001). در زمینه توسعه محصول، سطوح عدم قطعیت بسیار متغیر است به‌طوری‌که عدم قطعیت و ریسک اغلب به‌جای یکدیگر استفاده می‌شود. اصطلاح رایج نیز غالباً اصطلاحات "ریسک" و "عدم قطعیت" را به دلیل تغییر شرایط ادغام می‌کند. ادبیات موجود نشان می‌دهد راه‌های مختلفی برای طبقه‌بندی ریسک فرایند توسعه و عدم قطعیت وجود دارد. برخی منابع به‌سادگی هرگونه ریسک را لیست می‌کنند، اعم از انحراف برنامه تا گردش کارکنان را لیست می‌کنند (Beck, 2000). برخی دیگر ریسک را در شرایط ویژه همپوشانی و وابسته مانند بازار، معرفی بازار، فنی، تولید و ریسک مدیریتی دسته‌بندی می‌کنند (McGrath, 2001). عدم قطعیت زیاد فرایند توسعه، منجر به ریسک‌های مختلف شکست توسعه محصول می‌شود. اگرچه ریسک‌ها روزبه‌روز دستخوش تغییر هستند، تعریف آن‌ها ساده نیست. روش‌های متعددی برای تعریف ریسک و به‌طور خاص‌تر ریسک پروژه وجود دارد. که در این مقاله ریسک را به‌عنوان یک رویداد یا شرایط نامشخص تعریف می‌کنند که اگر رخ دهد حداقل بر روی یک هدف پروژه اثر می‌گذارد.

۳- پیشینه پژوهش

۳-۱- پیشینه پژوهش ریسک‌های توسعه محصول

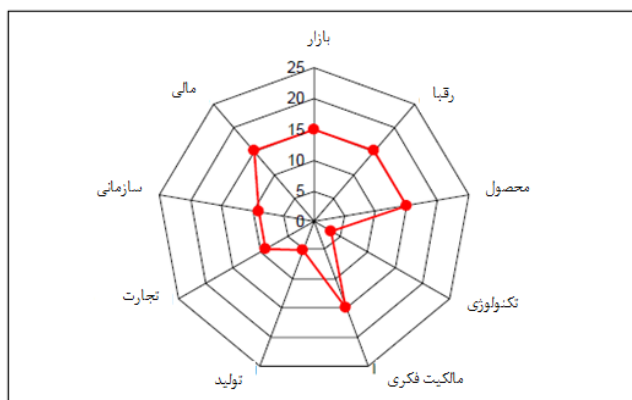
خیم و همکارانش (۲۰۱۴) در پژوهش خود با استفاده از مدل بلوغ توانمندی مدیریت ریسک (RM-CMM)^۲ ارزش مدیریت ریسک برای عملکرد پروژه در سازندگان CoPS آسیایی (غیر ژاپنی) را بررسی کردند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که سطح بالاتری از بلوغ مدیریت ریسک منجر به افزایش

کارایی پروژه توسعه CoPS می‌شود. همچنین نشان می‌دهد که پیچیدگی محصول و عدم اطمینان، رابطه بین برخی از شیوه‌های مدیریت ریسک و عملکرد پروژه را تعدیل می‌کند، علاوه بر این، نشان دادند که سازندگان CoPS آسیا در روند مدیریت ریسک ضعیف هستند. آن‌ها از مطالعه ۵۰ مقاله، ریسک‌های محصولات پیچیده را در این پژوهش به چهار گروه ریسک اصلی: ۱- ریسک فرایند که شامل فرایند مدیریت ریسک و فرایند مدیریت پروژه، ۲- ریسک فناوری شامل طراحی سیستم و فناوری، ۳- ریسک سازمان که شامل ریسک‌های فرهنگ، رهبری، ساختار سازمان و ذینفعان سازمان و ۴- ریسک محیط تقسیم کردند و این ریسک‌ها را در مجموع به ۴۸ عامل ریسک تقسیم‌بندی کردند (Khim, et al, 2014) مطالعه کایاس و همکارانش (۲۰۰۷) دربرگیرنده طراحی ابزار جامع مدیریت ریسک، سیستم هوشمند نقشه‌برداری و ارزیابی ریسک (IRMAS)^۳ با اقتضای پروژه‌های مهندسی هم‌زمان با چندین سایت و چندین بخش و باهدف دستیابی به شناسایی، اولویت‌بندی، تجزیه و تحلیل و کمک به مدیران پروژه برای مدیریت منابع درک شده از ریسک‌های مهندسی هم‌زمان می‌باشد، ریسک‌های توسعه محصول را در این پژوهش به هشت گروه، ریسک زمان‌بندی، ریسک فنی، ریسک محیطی، ریسک سازمانی، ریسک ارتباطات، ریسک موقعیت مکانی و ریسک منابع تقسیم کردند. (Kayis, et al, 2007) پژوهشگران مختلفی در مطالعات خود به طبقه‌بندی ریسک‌های توسعه محصول اشاره کرده‌اند که از آن جمله به موارد جدول (۱) می‌توان اشاره کرد.

جدول (۱): طبقه‌بندی انواع ریسک، منبع نگارنده

<p>[Smith and Merrit, 2002]</p> <p>تعریف محصولات فنی تیم توسعه فروش و توزیع کیفیتی و حقوقی ساخت. منابع خارجی</p>	<p>NPD Risk AssessorTM, Adept Group</p> <p>برتری / کیفیت محصولات نیاز بازار، رشد و اندازه بازار مزیت اقتصادی برای کاربر وضعیت رقابتی به‌طور کلی، تناسب شرکت / پروژه فرصت تعریف‌شده سازگاری فن آوری تعریف پروژه آشنایی با شرکت</p>
<p>[Keizer and Vos, 2003]</p> <p>فناوری: طراحی محصول و توسعه، فناوری تولید و مالکیت معنوی است. بازار: پذیرش مصرف‌کننده و تجارت، پذیرش عمومی و اقدامات بالقوه رقیب مالی و تداوم تجاری سازمان: سازمان داخلی، تیم پروژه، همکاری توسعه با شرکا خارجی و تهیه و توزیع</p>	<p>[Klink, Kohn, Paoletti, Levermann, 2001]</p> <p>ریسک فنی: توسعه مفهوم محصول، توسعه نمونه اولیه فرایند سطح شیب‌دار، اجرای مقررات ریسک بازار: رقبا، مشتریان، جایگزین محصولات تامین‌کنندگان، اطلاعات عمومی بازار ریسک سازمانی: رابط و ارتباطات، پذیرش ایده، منابع ناکافی</p>

ریکاندو و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهش خود نیاز به دستیابی به اطلاعات مناسب و تمرکز بر مدیریت ریسک را به عنوان یک فرایند حیاتی برای افزایش موفقیت توسعه محصول جدید به رسمیت می شناسد. بدین منظور مطابق شکل (۲) یک کارت امتیازی ریسک را توسعه دادند. نه ریسک و چندین زیرشاخه توسط مدیران فنی و نوآوری در شرکت های تولیدی شناسایی و تأیید شدند (Ricondo, et al, 2016)



شکل (۲): کارت امتیازی ریسک توسعه محصول جدید (Ricondo, et al, 2016)

مدیریت و کاهش ریسک، بخش مهمی از فرایندهای توسعه محصول است. دنیس و همکارانش باهدف تجزیه و تحلیل چگونگی مدیریت ریسک توسط چهار فرایند توسعه محصول (مدل آبشاری، مدل مارپیچ، مدل طراحی شش سیگما و مدل توسعه محصول ناب) پرداخته اند و تجزیه و تحلیل مقایسه ای این مدل ها بر اساس چهار اصل مهم در طراحی فرایند توسعه مبتنی بر ریسک، اصل اول: شناسایی و اندازه گیری ریسک. اصل دوم: تصمیم گیری مبتنی بر ریسک. اصل سوم: کاهش ریسک. اصل چهارم: ایجاد سیستم های انعطاف پذیر فرایند توسعه. نشان می دهد که هر فرایند توسعه موجود تنها بخشی از چهار اصل طراحی فرایند مبتنی بر ریسک را شامل می شوند و نقاط قوت و ضعف خاص خود را دارند. همچنین پژوهش آن ها نشان داد که فرایندهای مختلف ریسک های مختلف را مدیریت می کند و در مطالعه موردی آن ها ادغام فرایند مارپیچ و فرایند توسعه محصول ناب بهترین روش برای مدیریت ریسک می باشد با توجه به نتیجه پژوهش که فرایندهای مختلف توسعه محصول توانایی ریسک های مختلف را دارند لذا پیشنهاد دادند که فرایندها باید سفارشی طراحی شوند تا اقدامات مناسب برای درمان و کاهش ریسک را شامل شوند (Denis et al, 2011). بنابراین از مطالعه این بخش می توان نتیجه گیری کرد:

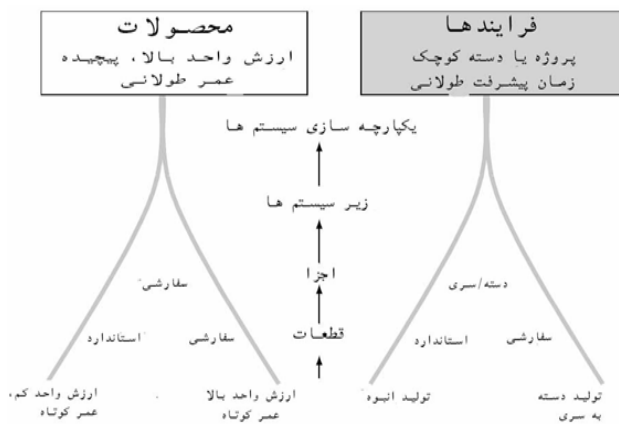
نتیجه گیری اول: ریسک های توسعه محصول از عوامل مهم در طراحی فرایند توسعه محصول هستند

بنابراین ریسک‌های توسعه محصول در طراحی فرایند توسعه محصول تأثیرگذار هستند

۳-۲- پیشینه پژوهش ویژگی‌های محصولات پیچیده

ظهور این مفهوم و این ایده که پیچیدگی بخشی از محصولات و سامانه‌های صنعتی می‌تواند معیار دسته‌بندی جداگانه آن‌ها باشد، از پیشینه تحقیقاتی، مطالعات سازمان صنعت (Woodward, 1965)، سیستم‌های نظامی (Walker et al, 1988) ادبیات مدیریت پروژه (Shenhar, 1994; Shenhar, 1998) سرچشمه می‌گیرد. جریانی از تحقیقات حول نوآوری در سامانه‌های محصولات پیچیده (CoPS) شکل گرفته (Prencipe et al, 2003; Davies and Hobday, 2005) که ایده اصلی نهفته در آن‌ها ویژگی‌های متمایزکننده صنایع سامانه‌های محصول پیچیده از صنایع تولید انبوه است که می‌تواند بر ویژگی‌های نوآوری و سازمان‌دهی صنعتی در این بخش تأثیر بگذارند (Kiamehr, 2012).

ویژگی‌های محصولات پیچیده درون حداقل چهار مشخصه بسیار نزدیک به هم قرار گرفته است که آن‌ها را به دور از کالاهای تولید انبوه قرار می‌دهد و عمیقاً بر الگوی نوآوری آن‌ها اثر می‌گذارد (این تفاوت‌ها در شکل (۳) بررسی شده است):

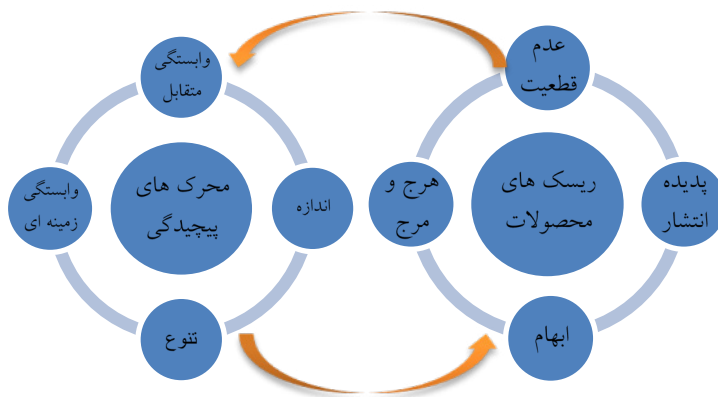


شکل (۳): تشخیص مشخصات محصولات پیچیده CoPS (Hobday and Davies, 2005)

مطابق شکل (۳) مقایسه بین محصولات پیچیده و محصولات تولید انبوه نشان می‌دهد برخلاف محصولات تولید انبوه که دارای اجزا استاندارد و ساده، ویژگی‌های نسبتاً پایدار و قابل پیش‌بینی، دخالت کاربر از طریق معادلات بازار هستند؛ محصولات پیچیده دارای دسته‌های کوچک تولید، تعداد زیاد زیرسیستم و اجزا، ویژگی‌های غیرقابل پیش‌بینی و نوظهور و درجه بالایی از دخالت مستمر کاربر و سفارشی‌سازی هستند.

اثرات پیچیدگی محصول در سطح کلی پیچیدگی پروژه توسعه محصول، توسط مورمان، در صنعت مهندسی مکانیک در آلمان مشخص شد. او متوجه شد که، به منظور کاهش زمان چرخه توسعه محصول (ریسک زمان‌بندی)، کاهش پیچیدگی محصول مهم است و این امر از طریق کاهش تعداد قطعات در محصول امکان‌پذیر می‌باشد (Murmman, 1994)

ابهام، عدم قطعیت، انتشار و هرج و مرج: به‌عنوان چهار نوع ریسک ناشی از محرک‌های پیچیدگی هستند. این پدیده‌ها یک منبع اصلی از ناتوانی تصمیم‌گیری و غیرقابل‌پیش‌بینی برای سیستم پروژه می‌باشند. در نتیجه، محرک‌های پیچیدگی منبع اصلی ریسک‌های توسعه هستند. این ریسک‌ها به افزایش پیچیدگی پروژه دامن می‌زنند و این کار به‌عنوان ناتوانی در درک، پیش‌بینی و تحت کنترل نگه داشتن رفتار کلی پروژه تعریف شده است که این امر منجر به وجود یک دور باطل و تسلسل بین ویژگی‌های محصولات پیچیده و ریسک‌های توسعه محصول می‌شود که در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل (۴): دور تسلسلی پیچیدگی با ریسک (Lodvic, 2009)

در توسعه محصول اجزا زیاد و فعالیت‌های وابسته به هم نسبت به اجزا و فعالیت‌هایی که وابستگی کم دارند اهداف عملکرد توسعه محصول را به‌کندی همگرا می‌کنند. به‌طوری‌که سطح بالاتری از یکپارچه‌سازی را می‌طلبد که این چالش یکپارچگی را می‌توان با تکرار طراحی و استفاده از مهندسی سیستم در شکست سلسله مراتبی محصول به اجزا کوچک‌تر، حل کرد (Smith and Eppinger, 1997: Eppinger et al, 1994)

کیفیت توالی فرایند که خود تابعی از سطح دانش و مهارت موردنیاز برای توسعه محصول (پیچیدگی محصول) و نیز درجه نوآوری و فناوری محصول است نه تنها تعداد تکرارهای غیر عمد و بازنگری را

تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه بر روی تعداد و دامنه فعالیت‌های چرخه تکرار و بازنگری تأثیر می‌گذارد (Smith and Eppinger, 1997; Eppinger et al, 1994)

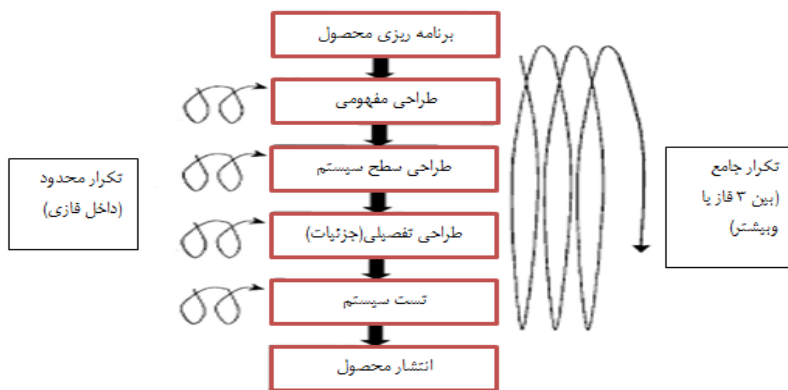
بنابراین از یک سو به ارتباط مستقیمی که بین ویژگی‌های محصولات پیچیده و ریسک‌های توسعه محصول در پیشینه اشاره شد و از سوی دیگر به ارتباطی که بین فرایند توسعه و پیچیدگی محصول در پیشینه آمده است، این پیچیدگی باید به صورت صحیح در فرایند توسعه مدیریت شود بنابراین از مطالعه این بخش می‌توان نتیجه‌گیری کرد:

نتیجه‌گیری دوم: ویژگی‌های محصولات پیچیده از عوامل مهم در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هستند به عبارتی ویژگی‌های محصولات پیچیده در طراحی فرایند توسعه تأثیرگذار هستند.

۳-۳- پیشینه پژوهش خصوصیات فرایند توسعه محصول:

درایان و اپینگر (۲۰۰۶) در پژوهش خود خصوصیات فرایند توسعه محصول را تحت عناوین بازنگری و تکرار نام بردند و ذکر کردند تمامی فرآیندهای توسعه محصول تکرار و بازنگری می‌شود. حضور همه‌جانبه آن‌ها، این دو خصوصیت را برای مقایسه فرآیند توسعه محصول معیارهایی ایده‌آل می‌سازد. انواع تکرار و بازنگری و روابط میان آن‌ها ممکن است متفاوت باشد اما تمامی فرآیندهای توسعه محصول مقداری از ترکیب هر دو را دارند. (Darlan and Eppinger, 2006)

تکرار^۴: تکرارها به سه شیوه اصلی باهم تفاوت دارند. اول اینکه، در وسعت یا دامنه تکرار تفاوت دارند. دوم اینکه، در تعداد حلقه‌های بین فازی که در بردارند، و سوم اینکه تکرارها در درجات برنامه‌ریزی باهم فرق می‌کنند. وسعت تکرار را می‌توان در شکل (۵) مشاهده کرد (Darlan and Eppinger, 2006).



شکل (۵): نمایش تکرارهای جامع و محدود (Darlan and Eppinger, 2006)

بازنگری^۹: طراحی بازنگری‌ها برای توسعه محصول اهمیت دارند. مانند تکرارها، در تمامی فرآیندهای توسعه محصول وجود دارند ولی مختلف هستند. طراحی بازنگری‌ها گاهی اوقات دروازه‌ها، نقاط بررسی یا نقاط عطف نامیده می‌شوند اما شامل تصمیم یا ارزیابی پیشرفت می‌باشند. بازنگری‌ها خروجی‌های اقدام قبلی را مورد آزمایش قرار داده و تصمیم می‌گیرند آیا به گام، مرحله یا مجموعه‌ای از مراحل بعدی ادامه دهند یا خیر و دو فاکتور اصلی یعنی سخت‌گیرانه و فراوانی به‌عنوان معیارهای تشخیص بازنگری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. (Darlan and Eppinger, 2006)

گاهی اوقات تکرارها موجب افزایش ریسک زمان‌بندی می‌شوند. برخی شرکت‌ها از فرهنگ تکرار بی‌پایان هراس دارند و در عوض بر سرعت بخشیدن به حلقه تکرار و انجام درست آن در اولین بار تأکید می‌کنند (Blanchard and Fabrycky, 2011).

این فرض که تکرار، عملکرد را به‌طور یکنواخت افزایش می‌دهد، منجر به تکرار برنامه‌ریزی‌شده زیاد طراحی می‌شود و ممکن است تکرارهای اضافی مفید نباشد از طرفی عدم قطعیت عملکرد، نشان‌دهنده عدم پیش‌بینی عملکرد، باعث تکرارهای ناخواسته می‌شود. به‌عنوان مثال، یک تست شکست غیرمنتظره ممکن است سبب دوباره‌کاری برنامه‌ریزی نشده برای چندین فعالیت شود. و اثربخشی هر تکرار در کاهش شکاف عملکرد به‌وسیله افزایش کیفیت طراحی واقعی است (Eppinger 1995). تعداد زیاد زیرمجموعه‌ها و فعالیت‌های بسیار وابسته به هم نسبت به فعالیت‌هایی که وابستگی کم دارند هدف عملکرد چندبعدی را به‌کندی همگرا می‌کنند. مقدار سطح بالاتری از مونتاژ همراه مسائل طراحی بیشتر است که می‌تواند به‌طور تکراری حل شود. آن‌ها همچنین می‌توانند از طریق کیفیت توالی فعالیت کاهش یابد (Smith and Eppinger, 1997b).

تعداد تکرارهای موردنیاز برای همگرا شدن ارزش‌های قابل‌قبول پارامتر طراحی، به‌طور عمده وابسته به کیفیت طراحی مفهوم است، یعنی در نقاط شروع جستجو و الگوریتم همگرایی طراحی، کار شروع می‌شود (Ramachandran, 1992)

برنامه‌ریزان پروژه و کنترل‌کننده‌ها تصمیم می‌گیرند که چه تعداد تکرارهای طراحی عمده بر اساس سطح عملکرد طراحی، زمان در دسترس و بودجه موجود (ریسک هزینه توسعه) انجام دهند. (Smith and Eppinger, 1997b)

محدوده (شامل تعداد فعالیت‌های تشکیل‌دهنده) و مدت‌زمان بالقوه تکرارها، نقش مهمی در واریانس زمان‌بندی دارد. تعدادی از نویسندگان اشاره کرده‌اند که نیاز به اجرای بسیاری از تکرارهای کوتاه و سریع

به جای تکرار طولانی است. دامنه و مدت زمان تکرار تحت تأثیر تعدادی از متغیرها مانند کیفیت توالی فعالیت، خصوصیات اجزاء فعالیت، دسترسی به منابع، کیفیت توالی فعالیت، تعداد تکرارهای عمده یا غیر عمده است (Clark, 1991; Eisenhardt, 1995). بنابراین از مطالعه این بخش می توان نتیجه گیری کرد: نتیجه گیری سوم: خصوصیات فرایند توسعه از پارامترهای مهم در طراحی فرایند توسعه محصول هستند به عبارتی خصوصیات فرایند توسعه در طراحی فرایند توسعه محصول تأثیر گذار هستند.

مهم ترین و مرتبط ترین پژوهش های صورت گرفته باهدف این مقاله در پیشینه تحقیقاتی، ریسک های فرایند توسعه محصول، سامانه های محصول پیچیده و خصوصیات فرایند توسعه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): مهم ترین پژوهش های مرتبط با تحقیق

پژوهشگر	عنوان پژوهش	یافته ها و نتایج	عوامل مورد بررسی
یین و خیم (۲۰۱۱)	Research challenges on complex product system (CoPS) innovation	در این پژوهش مروری بر ویژگی های محصولات پیچیده داشت و چهارچوبی برای چالش های محصولات پیچیده ارائه کردند	ویژگی های محصولات پیچیده (مطابق جدول (۱))
دیویس و هابیدی (۲۰۰۵)	The business of projects; managing innovation in complex products and systems	در این پژوهش بر بیان ویژگی های محصولات پیچیده و نوآوری محصولات پیچیده و مقایسه آن با محصولات تولید انبوه پرداختند و زیر توانمندی ها ابر توانمندی یکپارچه سازی سامانه را معرفی کرده اند.	ویژگی های محصولات پیچیده (مطابق جدول (۱))
درایان و اسپنگر (۲۰۱۱)	Improving product development process design: a method for managing information flows, risks, and iterations	از نتایج این مطالعه دسته بندی ریسک ها در چهار گروه است و تنها پژوهشی است که به بیان خصوصیات فرایند توسعه پرداخته است، و نشان دادند که فرایندهای مختلف توسعه محصول جدید ریسک های مختلف را مدیریت می کند	ریسک های فرایند توسعه: فناوری، مالی، بازار و زمان بندی خصوصیات فرایند توسعه: (تکرار و بازنگری)
کایاس و همکاران (۲۰۰۵)	IRMAS, development of a risk management tool for collaborative multi-site, multi-partner new product development projects	با شناسایی ریسک ها و ایجاد پایگاه داده آن ها را در هشت گروه تقسیم و در نهایت ریسک ها را به روش AHP اولویت بندی کردند:	ریسک های فرایند توسعه: زمان بندی، فنی، محیطی، سازمانی، ارتباطات، موقعیت مکانی و منابع
ریکاندو و همکاران (۲۰۱۶)	NPD Risk Management: Proposed Implementation to Increase New Product Success	در این مقاله ضمن شناسایی ریسک های فرایند، اثر مدیریت ریسک NPD مورد مطالعه قرار گرفته است و نشان می دهد این مدیریت می تواند به شدت بر موفقیت محصولات جدید توسعه تأثیر بگذارد. و ریسک ها را به نه گروه تقسیم کردند	ریسک های فرایند توسعه: بازار، رقبا، محصول، فناوری، مالی، تولید، تجارت، سازمان و مالکیت فکری
خیم و همکاران (۲۰۱۴)	Risk Management Capability Maturity and Performance of Complex Product and System (CoPS) Projects with an Asian Perspective	ضمن شناسایی و دسته بندی ریسک ها در سه گروه، نتایج بررسی نشان می دهد که سطح بالاتری از بلوغ مدیریت ریسک منجر به افزایش کارایی پروژه CoPS می شود. همچنین نشان می دهد که پیچیدگی پروژه و عدم اطمینان، رابطه بین برخی از شیوه های مدیریت ریسک و عملکرد پروژه را تعدیل می کند،	ریسک های فرایند توسعه: فرایند، فناوری و سازمانی
کیزر و همکاران (۲۰۰۳)	Diagnosing risk in new product development	علاوه بر شناسایی و دسته بندی ریسک ها در چهار گروه اصلی، نتایج نشان می دهد که استراتژی های مدیریت ریسک در بهبود عملکرد فرایند توسعه محصول مؤثر هستند.	ریسک های فرایند توسعه: فناوری، سازمان، بازار و مالی

بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که پژوهش‌های قبلی دارای سه مشخصه اصلی هستند. نخست برخی از پژوهش‌ها به هر کدام از عوامل یعنی خصوصیات فرایند توسعه محصول جدید (به صورت بسیار نادر)، ویژگی‌های محصولات پیچیده و ریسک‌های فرایند توسعه محصول جدید، یا به صورت فهرست‌وار اکتفا کرده‌اند یا در زمینه پژوهشی کاملاً متفاوتی به آن‌ها پرداخته‌اند و این عوامل به صورت هم‌زمان در قالب ساختار و نظریه‌های مشخص ارائه نشده است. دوم اینکه هیچ‌کدام از پژوهش‌ها به بررسی رابطه هم‌زمان این سه عامل به صورت علی نپرداخته‌اند. سوم به دلیل اینکه موضوع Cops در ادبیات موضوع، از تازگی برخوردار است، موضوعی با عنوان پارامترهای اثرگذار در طراحی الگوی فرایند توسعه محصولات پیچیده (Cops)، یافت نشد و ادبیات پژوهش در این زمینه سکوت کرده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد درک عمیق‌تر از عوامل مؤثر بر طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده در قالب ساختار نظام‌مند و تبیین روابط جامع علی این عوامل در تعامل با یکدیگر می‌تواند به شکل‌گیری دانش این عوامل و استفاده مؤثرتر از آن‌ها در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده کمک کند. این مقاله سعی دارد خلغ و شکاف پژوهش موجود در زمینه شناخت عوامل مؤثر در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده و تبیین روابط موجود و علی بین این عوامل را با رویکرد استفاده از آن‌ها در طراحی الگوی فرایند توسعه اثربخش، برای محصولات پیچیده را پر کند. در این مقاله عوامل عنوان‌شده در بستر محصولات پیچیده هوافضایی مورد بررسی قرار گرفته است.

لذا این پژوهش از منظرهای مختلف دارای نوآوری و دستاوردهای جدید می‌باشد. نخست با توجه به عدم مشاهده پژوهشی در ادبیات، با موضوع این مقاله می‌توان گفت زمینه پژوهش، یعنی شناخت عوامل مؤثر بر طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده دارای تازگی و نوآوری می‌باشد. اضافه شدن "مهندسی سیستم" به خصوصیات فرایند توسعه محصول جدید در ادبیات و ارائه خصوصیات فرایند توسعه محصولات پیچیده با سه عنوان (بازنگری، تکرار و مهندسی سیستم) جنبه دوم نوآوری و از دستاوردهای جدید این مقاله می‌باشد. گرچه هر کدام از مطالعات به بررسی جداگانه این پارامترها پرداخته‌اند اما در هیچ‌کدام از آن‌ها به بررسی رابطه هم‌زمان این سه عامل یا متغیر توجه نشده است لذا مقاله حاضر نسبت به پژوهش‌های پیشین جامعیت بیشتری دارد که جنبه دیگری از نوآوری آن محسوب می‌شود.

با توجه به اینکه این مقاله با رویکردی به دسته‌بندی عوامل مؤثر فرایند توسعه محصول پرداخته است که بتوان از این عوامل در پیکره‌بندی فرایند توسعه محصولات پیچیده استفاده کرد. می‌توان گفت دستیابی به هدف یعنی شناسایی عوامل سه‌گانه (خصوصیات فرایند توسعه محصولات پیچیده، ویژگی‌های محصولات

پیچیده و ریسک‌های فرایند توسعه محصولات پیچیده) با عنوان عوامل مؤثر در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی از یافته‌های منحصربه‌فرد این مقاله است که دانش جدید توسعه‌یافته از این تحقیق می‌تواند در کمک به طراحی سیستماتیک و مناسب فرایند توسعه محصولات پیچیده، بکار رود. نتایج تحقیق علاوه بر اینکه مورد کاربرد سازمان‌های هوافضایی می‌باشد می‌تواند مورد استفاده مدیران و دانشجویان قرار گیرد. همچنین نتایج پژوهش می‌تواند مورد استفاده سیاست‌گذاران و مدیران صنعت دارای محصولات پیچیده (CoPS) در تصمیم‌گیری‌های کلان نیز قرار گیرد.

۴- مدل مفهومی پژوهش

مطالعه پیشینه پژوهش نشان داد مدیریت و کاهش ریسک، بخش مهمی از فرایندهای توسعه محصول است لذا برای رسیدن به فرایندهای سفارشی که با اقدامات مناسب توانایی درمان و کاهش ریسک را داشته باشد بایستی ابتدا این عوامل در فرایند مورد بررسی قرار گیرند بنابراین ابتدا بر اساس نتیجه‌گیری اول از مطالعه پیشینه می‌توان گفت ریسک‌های توسعه محصول از عوامل مهم در طراحی فرایند توسعه محصول هستند و در طراحی فرایند توسعه محصول تأثیرگذارند. همچنین به ارتباط مستقیم و تسلسلی که بین ویژگی‌های محصولات پیچیده (پیچیدگی محصول) و ریسک‌های توسعه محصول در پیشینه اشاره شد می‌توان بیان کرد فرایند توسعه محصولات پیچیده برای کنترل و کاهش ریسک لازم است ظرفیت کاهش پیچیدگی محصول را فراهم آورد بنابراین بر اساس نتیجه‌گیری دوم مبنی بر اینکه ویژگی‌های محصولات پیچیده از عوامل مهم در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هستند به عبارتی ویژگی‌های محصولات پیچیده در طراحی فرایند توسعه تأثیرگذار هستند. در نهایت در پیشینه پژوهش ابزارهایی در کنار فازهای توسعه محصول برای مدیریت ریسک‌های توسعه تحت عنوان خصوصیات فرایند توسعه اشاره شد لذا بر اساس نتیجه‌گیری سوم می‌توان گفت خصوصیات فرایند توسعه از پارامترهای مهم در طراحی فرایند توسعه محصول هستند به عبارتی خصوصیات فرایند توسعه در طراحی فرایند توسعه محصول تأثیرگذار هستند بنابراین بر اساس نتیجه‌گیری سه‌گانه که از مطالعه پیشینه حاصل شد می‌توان مدل مفهومی اولیه را مطابق شکل (۶) نمایش داد.



شکل (۶): اجزای مدل مفهومی پژوهش

۵- روش پژوهش

پژوهش حاضر برای تحلیل فرایند توسعه محصولات پیچیده به عنوان واحد تحلیل در بستر هوافضا از آبان ماه ۱۳۹۵ تا تیرماه سال ۱۳۹۸ صورت گرفت بنابراین از نظر هدف کاربردی است و از نظر روش پژوهش ترکیبی^۶ است بدین منظور در بخش کیفی طی مصاحبه و یک نظرسنجی دلفی فازی^۷ و ایجاد یک ابزار (پرسشنامه)، برای مرحله کمی به عبارتی برای دیمتل فازی^۸ جهت تعیین روابط علی استفاده می شود و در نهایت به روش کیفی مدل سازی پویا صورت می گیرد (Creswell and Clark 2007).

روش نمونه گیری در گام اول، روش نمونه گیری هدفمند است یکی از اقسام نمونه گیری هدفمند، نمونه گیری خبرگانی است. نمونه گیری از خبرگان، شامل انتخاب از بین افرادی است که تجربه و یا خبرویت آن‌ها در یک حوزه مطالعاتی محرز شده است (Sigh, 2007). در برخی شرایط نمونه گیری خبرگانی ممکن است تنها روش مفید برای پاسخ گویی به سؤالات باشد (Sekaran, and Bougie, 2010). از این رو معیارهای انتخاب خبرگان در این مقاله، تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترس بودن است و معیارها از طریق شاخص‌های هفت گانه زیر سنجیده شدند (Munhall, 2011; Somerville, 2008).

- (۱) گذراندن تحصیلات تکمیلی (۲) تجربه مشارکت حداقل یک پروژه توسعه محصول پیچیده هوافضایی
- (۳) تجربه بیش از ۵ سال در پروژه‌های توسعه محصول (۴) تجربه مشارکت در طراحی متدهای توسعه محصول یا مهندسی سیستم (۵) در دسترس بودن (چراکه پرسشنامه به صورت حضوری است) (۶) تمایل به مشارکت در پژوهش، (۷) زمان کافی برای توجیه شدن در مورد ماهیت پژوهش، آشنا شدن با برخی از فنون، و تکمیل پرسشنامه که کاری وقت گیر است

برای رسیدن به این لیست خبرگان، نمونه‌یابی گلوله برفی انجام شد، بر اساس معرفی خبرگان توسط خبرگان در مجموع ۲۲ نفر شناسایی شدند که بعد از فیلتر کردن و اعمال شاخصه‌های پیش‌گفته لیست ۱۵ نفری به دست آمد.

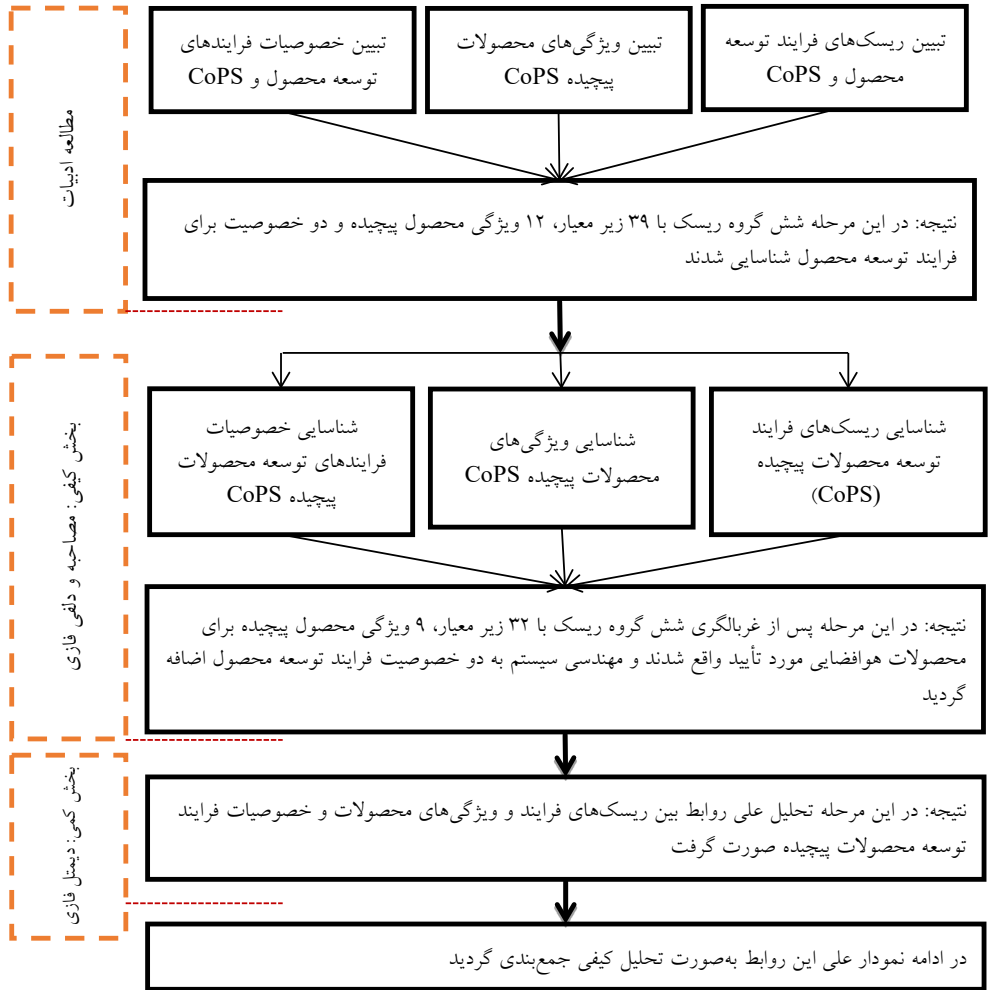
قابل توضیح هست که در رویکرد دلفی برای تعداد اعضا پنل، هوگارت، معتقد است ۶ تا ۱۲ عضو برای تکنیک دلفی ایده‌آل است (Hugart, 1978) و به‌زعم کلیتون اگر از ترکیبی از خبرگان با تخصص‌های گوناگون استفاده شود بین ۵ تا ۱۰ عضو کافی است (Clyton, 1997). در مورد روش‌های ترکیبی بررسی‌ها نشان می‌دهد توافق آشکار و واضحی وجود دارد که برای سهولت مقایسه داده‌ها و یکی شدن آن‌ها بهتر است نمونه‌های یکسانی جهت جمع‌آوری داده‌های کیفی و کمی انتخاب شود (دلاور، کوشکی ۱۳۹۶) بنابراین بخش کمی نیز با توجه به اینکه روش دیمتل فازی استفاده شده، در ضمن بررسی برخی مقالاتی که روش دیمتل فازی را انتخاب کرده‌اند نشان می‌دهد که تعداد خبرگان بین ۱۰ الی ۱۵ نفر می‌باشد (محمد پور، میرزا پور ۱۳۹۴؛ وثوقی و همکاران ۱۳۹۴) لذا تعداد نمونه در مرحله دیمتل نیز همان ۱۵ نفر نمونه مرحله اول در نظر گرفته شدند که مشخصات خبرگان به شرح جدول (۳) می‌باشد.

جدول (۳): مشخصات خبرگان

شغل	فراوانی	دکتری	کارشناس ارشد	سابقه
مدیر پروژه توسعه	۵	۴	۱	همه اعضا بالای ۵ سال سابقه تخصصی و بالای ۱۵ سال سابقه کاری داشتند
مدیر مهندسی سیستم	۴	۲	۲	
مدیر کنترل پروژه	۲	۱	۱	
کارشناس خبره طراحی	۴		۴	
جمع	۱۵	۷	۸	

در جمع‌آوری داده‌ها از سه منبع مصاحبه، مستندات و مشاهده استفاده شده است. استفاده از سه منبع جمع‌آوری داده‌ها باعث شده رویکرد مثلث‌سازی در جمع‌آوری داده‌ها به‌عنوان یک عامل مهم در ایجاد روایی پژوهش شکل بگیرد. علاوه بر این در این مقاله از روایی صوری و محتوایی که به قضاوت خبرگان بستگی دارد بهره گرفته شد. نسخه اولیه پرسشنامه قبل از ارسال به جامعه مخاطب، در اختیار تعدادی از اساتید و افراد متخصص در زمینه روش تحقیق و رشته مدیریت قرار گرفت تا ابهامات احتمالی برطرف شود در این مرحله تغییراتی نیز داده شد. پایایی پرسشنامه کل برابر با ۰.۷۴ می‌باشد که به‌وسیله آلفای کرون باخ در نرم‌افزار SPSS محاسبه شد و چون بیشتر از ۰.۷ می‌باشد نشان از پایایی قابل قبول پرسشنامه

است. در شکل (۷) فرایند روش پژوهش ارائه شده است.



شکل (۷): فرایند انجام تحقیق

به دلیل اینکه تکنیک دلفی یک فرآیند قوی مبتنی بر ساختار ارتباطی گروهی است و در مواردی که دانشی ناکامل و نامطمئن در دسترس باشد باهدف دستیابی به اجماع گروهی در بین خبرگان استفاده می‌شود. (Keeney et al., 2001) از آنجایی که افراد خبره از شایستگی‌های ذهنی خود برای بیان نظر استفاده می‌کنند و این نشان‌دهنده احتمالی بودن عدم قطعیت حاکم بر این شرایط است. احتمالی بودن عدم قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد. بنابراین، بهتر است داده‌ها در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ و با

استفاده از مجموعه‌های فازی مورد تحلیل قرار گیرند (آذر و فرجی، ۱۳۸۹). برای تعیین میزان اهمیت شاخص‌ها و غربال مهم‌ترین شاخص‌های شناسایی شده از تکنیک دلفی با رویکرد فازی شامل گام‌های زیر استفاده شده است (Dalkey and Helmer, 1963):

۱- شناسایی طیف مناسب برای فازی سازی عبارات کلامی

۲- تجمیع فازی مقادیر فازی شده

۳- فازی زدایی مقادیر

۴- انتخاب شدت آستانه و غربال معیارها

در این مقاله از طیف فازی مثلثی با مقیاس پنج درجه لیکرت برای دلفی و دیمتل شاخص‌ها به صورت جدول (۴) استفاده شده است:

جدول (۴): گزینه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی

دیمتل فازی (لئو و همکاران، ۲۰۱۳)	تأثیر خیلی زیاد	تأثیر زیاد	تأثیر کم	تأثیر خیلی کم	بدون تأثیر
دلفی فازی (مارتینز و کانل، ۲۰۱۱)	خیلی بااهمیت	باهمیت	متوسط	بی‌اهمیت	خیلی بی‌اهمیت
	(1, 1, 0.75)	(1, 0.75, 0.5)	(0.75, 0.5, 0.25)	(0.5, 0.25, 0)	(0.25, 0, 0)

پس از انتخاب یا توسعه طیف فازی مناسب، دیدگاه خبرگان گردآوری شده به صورت فازی ثبت شد. در گام دوم به تجمیع دیدگاه خبرگان و فازی زدایی پرداخته شد. در نهایت با توجه به اینکه اختلاف میانگین دو راند متوالی دلفی فازی از ۰.۱ کمتر شد دلفی فازی به اتمام رسید (Cheng and Lin, 2002). دیمتل روشی جامع و مناسب برای طراحی و تحلیل مدل ساختاری روابط علی و معلولی میان عوامل یک سیستم پیچیده است (Wie and Yu, 2007). در این مقاله گام‌های تکنیک دیمتل بر اساس مطالعات (Yeh and Huang, 2014) انجام شده است در این قسمت از پاسخ‌دهندگان درخواست گردید نوع تأثیر عوامل شناسایی شده را با طیف زبانی (بدون تأثیر، خیلی کم، کم، زیاد، خیلی زیاد) و با رویکرد فازی مطابق جدول (۱) پاسخ دهند (لئو و همکاران ۲۰۱۳).

۶- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

۶-۱- تجزیه و تحلیل دور اول دلفی فازی

در این مرحله، پرسشنامه‌ای شامل ۷۰ شاخص تأثیرگذار بر توسعه محصول در اختیار اعضای گروه خبره قرار گرفت و از آن‌ها درخواست شد نظرشان را درباره میزان اهمیت هر کدام از شاخص‌ها محصولات هوافضایی و از طریق متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) و با رویکردی فازی ابراز کنند همچنین در انتهای پرسشنامه از خبرگان خواسته شد. چنانچه شاخص دیگری مدنظر دارند بیان کنند. ابتدا نظرات ۱۵ خبره بر اساس طیف فازی در مورد هر شاخص جمع‌آوری شد سپس بر اساس جدول (۱) به اعداد فازی تبدیل شد در گام بعد، اعداد فازی میانگین گرفته شد تا برای هر شاخص یک عدد فازی ادغام‌شده به دست آید. سپس این عدد فازی ادغام‌شده به عدد غیر فازی (قطعی) تبدیل شد تا امتیاز قطعی و نهایی هر شاخص به دست آید سپس بر اساس آن تأیید یا رد شاخص‌ها، تصمیم‌گیری شد؛ شاخص‌هایی که میانگین قطعی بالاتر از ۰.۵ دارند مورد تأیید قرار می‌گیرند. همچنین در دور اول دلفی فازی، شاخص "مهندسی سیستم" توسط خبرگان به بعد "خصوصیات فرایند" اضافه گردید. نتایج دور اول دلفی به تفکیک ابعاد پژوهش در جداول (۵) تا (۷) آورده شده است. در این مقاله روش دلفی فازی در دو راند برای اطمینان و اجماع نظر انجام شده است.

۶-۲- تجزیه و تحلیل دور دوم دلفی فازی:

در این دور نتایج مرحله اول دلفی فازی، به همراه میانگین شاخص‌های دور اول و شاخصی که توسط خبرگان اضافه شده بود، تهیه و در اختیار خبرگان قرار داده شد. در این دور نیز، خبرگان نظر خود را درباره میزان اهمیت هر کدام از شاخص‌ها بر اساس طیف پنج گانه لیکرت از طریق متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) و با رویکردی فازی ابراز کردند. نتایج دور دوم دلفی فازی نیز در جداول (۵) تا (۷) به همراه نتایج دور اول آورده شده است.

همان‌طور که قدر مطلق اختلاف میانگین دور اول و دوم تمامی شاخص‌ها کمتر از ۰.۱ می‌باشد و بر اساس نظر (Cheng and Lin, 2002) چنانچه اختلاف میانگین دو دور متوالی دلفی فازی از ۰.۱ کمتر باشد دلفی فازی به اتمام می‌رسد. بنابراین در این دور به اجماع رسیده‌ایم و شاخص‌های پژوهش استخراج و تأیید شدند.

جدول (۵): نتایج دور اول و دوم دلفی فازی در خصوص ریسک‌های فرایند توسعه محصولات پیشنهادی

ریسک	معیارها	میانگین فازی مرحله اول	وضعیت دور اول	میانگین فازی مرحله دوم	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین فازی مرحله اول	میانگین قطعی مرحله دوم	اختلاف میانگین‌ها
ریسک فرایند ^۱	نیود انگیزه برای کاهش ریسک‌های شناسایی‌شده عدم کیفیت توالی فعالیت‌ها سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، ناکافی و ضعیف نقش‌ها و مسئولیت نامشخص عدم برنامه‌ریزی یکپارچه، کنترل و نظارت بر سیستم اطلاعات تعریف ناکافی مشخصات و ویژگی‌های محصولات (کیفیت طراحی اولیه) عدم درک و یا پیش‌بینی فنی به‌طور کامل یا عدم تجربه فنی و قابلیت داخلی ناکافی یا نادرست بودن اطلاعات طراحی و توسعه محصول عدم توانایی فناوری تولید سازمان به‌طور کامل درک و یا پیش‌بینی برخی از جنبه‌های محیط زیستی فن آوری مربوط به پروژه را ندارد پیشچندگی بالای محیط فناوری فن آوری‌های مورد استفاده در توسعه این محصول، در آغاز موجود نبوده و به‌سرعت در طول زمان، تغییر می‌کنند. عدم توانایی‌های فنی غلبه بر مشکلات فناوریانه محصول، دانش فنی، نوآوری و پشتیبانی فنی. در دسترس نبودن یک فناوری جایگزین	۰	رد	۰،۱۲۰،۳۰،۵۵)	۰،۳۲۲	۰،۱۲۰،۳۰،۵۵)	۰،۳۲۲	۰
		۰	تأیید	۰،۴۷۰،۷۲،۰۹)	۰،۶۹۴	۰،۴۷۰،۷۲،۰۹)	۰،۶۹۴	۰
		۰،۰۱۷	تأیید	۰،۴۲۰،۶۵،۰۸۸)	۰،۶۴۴	۰،۴۲۰،۶۵،۰۸۸)	۰،۶۴۴	۰،۰۱۷
		۰،۰۱۷	تأیید	۰،۴۵۰،۷۰،۰۹)	۰،۶۸۳	۰،۴۵۰،۷۰،۰۹)	۰،۶۸۳	۰،۰۱۷
		۰،۰۳۳	تأیید	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۸۷)	۰،۶۵۰	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۸۷)	۰،۶۵۰	۰،۰۳۳
		۰	تأیید	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۸۷)	۰،۶۵۰	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۸۷)	۰،۶۵۰	۰
		۰	تأیید	۰،۴۰،۶۵،۰،۸۷)	۰،۶۳۹	۰،۴۰،۶۵،۰،۸۷)	۰،۶۳۹	۰
		۰،۰۱۷	تأیید	۰،۴۳۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۵۰	۰،۴۳۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۳۹	۰،۰۱۷
		۰	رد	۰،۱۳۰،۲۵،۰،۵)	۰،۲۹۴	۰،۱۳۰،۲۵،۰،۵)	۰،۲۹۴	۰
		۰	تأیید	۰،۴۵۰،۷۰،۰،۹۲)	۰،۶۸۹	۰،۴۵۰،۷۰،۰،۹۲)	۰،۶۸۹	۰
۰	تأیید	۰،۴۵۰،۷۰،۰،۹۲)	۰،۶۸۹	۰،۴۵۰،۷۰،۰،۹۲)	۰،۶۸۹	۰		
۰	تأیید	۰،۴۳۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۱۷	۰،۴۳۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۱۷	۰		
۰،۰۱۷	تأیید	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۰۹)	۰،۶۱۱	۰،۴۲۰،۶۷،۰،۰۹)	۰،۶۱۱	۰،۰۱۷		

اختلاف میانگین‌ها	میانگین قطعی مرحله دوم	میانگین فازی مرحله دوم	وضعیت دور اول	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین فازی مرحله اول	معیارها	ریسک
۰	۰.۰۸۳	(۰.۰۰۰, ۰.۲۵)	رد	۰.۰۸۳	(۰.۰۰۰, ۰.۲۵)	فرهنگ مثبتی بر ترس، آگاهی ضعیف و حس ضعیف نسبت به مالکیت ریسک	ریسک سازمان ^{۱۱}
۰	۰.۶۱۷	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۶۱۷	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۸۸)	ضعف یادگیری متقابل پروژه، عدم یادگیری از پروژه‌های قبلی	
۰	۰.۳۰۰	(۰.۱۲۰, ۰.۲۷۰, ۰.۵۲)	رد	۰.۳۰۰	(۰.۱۲۰, ۰.۲۷۰, ۰.۵۲)	مقاومت در برابر پذیرش تغییرات در رویکرد مدیریت و یا فن‌آوری	
۰	۰.۶۱۷	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۶۱۷	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۸۸)	در دسترس نبودن منابع انسانی و کمبود منابع	
۰	۰.۶۷۸	(۰.۴۵۰, ۰.۷۰, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۶۷۸	(۰.۴۵۰, ۰.۷۰, ۰.۸۸)	رابطه ضعیف و عدم حمایت مدیریت ارشد	
۰	۰.۶۷۲	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۹)	تأیید	۰.۶۷۲	(۰.۴۳۰, ۰.۶۸۰, ۰.۹)	ارتباطات و همکاری ضعیف با شرکای شبکه‌های خارجی	
۰	۰.۷۱۱	(۰.۵۰, ۰.۷۵, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۷۱۱	(۰.۵۰, ۰.۷۵, ۰.۸۸)	ضعف در ساختار ماتریسی	
۰.۰۱۶	۰.۶۹۴	(۰.۴۷, ۰.۷۲, ۰.۹)	تأیید	۰.۶۷۸	(۰.۴۵, ۰.۷۰, ۰.۸۸)	کار گروهی ضعیف، عدم ارتباط و همکاری بین وظیفه‌ای	
۰	۰.۲۹۴	(۰.۱, ۰.۲۷, ۰.۵۲)	رد	۰.۲۹۴	(۰.۱, ۰.۲۷, ۰.۵۲)	تغییرات مفرط و تغییرات سیاست دولت	
۰	۰.۲۵۶	(۰.۰۸, ۰.۲۲, ۰.۴۷)	رد	۰.۲۵۶	(۰.۰۸, ۰.۲۲, ۰.۴۷)	عدم توافقات بلندمدت و تغییرات زنجیره تأمین	
۰.۰۱۶	۰.۷۱۷	(۰.۵, ۰.۷۵, ۰.۹)	تأیید	۰.۶۳۳	(۰.۵۲, ۰.۷۷, ۰.۹۲)	عدم تخمین درست و عدم کفایت زمان اختصاص یافته برای توسعه، تولید، اجرا و به‌روزرسانی از سیستم	ریسک زمان‌بندی ^{۱۲}
۰	۰.۶۷۸	(۰.۴۵, ۰.۷۰, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۶۷۸	(۰.۴۵, ۰.۷۰, ۰.۸۸)	تعداد تکرارهای عمدی (برنامه‌ریزی نشده)	
۰	۰.۶۵۰	(۰.۴۲, ۰.۶۷, ۰.۸۷)	تأیید	۰.۶۵۰	(۰.۴۲, ۰.۶۷, ۰.۸۷)	تعداد تکرارهای غیر عمد (برنامه‌ریزی نشده)	
۰.۰۱۷	۰.۶۵۶	(۰.۴۲, ۰.۶۷, ۰.۸۸)	تأیید	۰.۶۳۹	(۰.۴۰, ۰.۶۵, ۰.۸۷)	مدت زمان یا طول دوره تکرارها	

ریسک	معیارها	میانگین فازی مرحله اول	میانگین قطعی مرحله اول	وضعیت دور اول	میانگین فازی مرحله دوم	میانگین قطعی مرحله دوم	اختلاف میانگین‌ها
ریسک بازار ^{۱۳}	زمان بیش از حد چرخه توسعه محصول	(۰،۴۲،۰،۶۷،۰،۸۷)	۰،۶۵۰	تأیید	(۰،۴۵،۰،۷۰،۰،۹)	۰،۶۸۳	۰،۰۳۳
	عدم پذیرش مصرف‌کننده، عدم تأمین نیازها یا انتظار مشتری	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۹)	۰،۶۴۴	تأیید	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۹)	۰،۶۹۴	۰
	اقدامات بالقوه رقیب	(۰،۰۷،۰،۲،۰،۴۵)	۰،۲۳۹	رد	(۰،۰۷،۰،۲،۰،۴۵)	۰،۲۳۹	۰
	تغییر زیاد در نیازهای مشتری یا تغییر پیش‌ازحد سفارش‌ها	(۰،۴۳،۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۱۷	تأیید	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۹)	۰،۶۹۴	۰،۰۷۷
	تغییر شرایط اقتصادی و اجتماعی کشور	(۰،۴،۰،۶۵،۰،۸۸)	۰،۶۴۴	تأیید	(۰،۴۲،۰،۶۷،۰،۹)	۰،۶۶۱	۰،۰۱۷
	تجزیه و تحلیل ضعیف نیازمندی‌ها، یا درک معیوب از نیازهای مشتری،	(۰،۴،۰،۶۵،۰،۹)	۰،۶۵۰	تأیید	(۰،۴۲،۰،۶۷،۰،۹)	۰،۶۶۱	۰،۰۱۱
	مصرف‌کنندگان تجربه استفاده کمی از محصول را داشته‌اند، در نتیجه محصول مورد نیاز برای تعریف دشوار است	(۰،۴۳،۰،۶۸،۰،۹۲)	۰،۶۷۸	تأیید	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۹۳)	۰،۷۰۶	۰،۰۲۸
	پروژه منابع (هزینه) بیشتری را نسبت به حالتی که برای رسیدن به الزامات فنی برنامه‌ریزی شده، صرف می‌کند.	(۰،۴۲،۰،۶۷،۰،۸۸)	۰،۶۵۶	تأیید	(۰،۴۳،۰،۶۸،۰،۸۸)	۰،۶۶۷	۰،۰۱۱
	در دسترس نبودن منابع	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۹)	۰،۶۴۴	تأیید	(۰،۴۸،۰،۷۳،۰،۹)	۰،۷۰۶	۰،۰۱۲
	کمبود/عدم ذخایر مالی	(۰،۴۷،۰،۷۲،۰،۸۸)	۰،۶۸۹	تأیید	(۰،۵۰،۰،۷۵،۰،۹)	۰،۷۱۷	۰،۰۲۸
عدم وقت و منطقی بودن برآورد هزینه و اهداف	(۰،۴۵،۰،۷۰،۰،۸۸)	۰،۶۷۸	تأیید	(۰،۴۸،۰،۷۳،۰،۹)	۰،۷۰۶	۰،۰۲۸	
ریسک هزینه /بودجه ^{۱۴}							

جدول (۲۱): نتایج دور اول و دوم دلفی فازی در خصوص ویژگی‌های محصولات پیشنهادی

میانگین‌ها اختلاف	میانگین قطعی مرحله دوم	میانگین فازی مرحله دوم	وضعیت دور اول	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین فازی مرحله اول	شاخص
۰	۰,۳۸۳	(۰,۴۵۰,۰۷۰,۰۹)	تأیید	۰,۳۳۳	(۰,۴۰۰,۰۶۵۰,۰۸۵)	در محصول پیشنهادی سلسله مراتبی زیاد (ساختار درختی) به عبارتی تعداد اجزا و زیر سیستم‌ها زیاد و ظاهر اجرا پیشنهادی می‌باشد
۰	۰,۳۳۹	(۰,۴۰۰,۰۶۵۰,۰۸۷)	تأیید	۰,۳۱۹	(۰,۴۰۰,۰۶۵۰,۰۸۷)	هرینه واحد و مقیاس مالی محصول معمولاً بسیار بزرگ است
۳۳,۰۰۰	۰,۷۰۰	(۰,۵۰۰,۰۷۵۰,۰۹۳)	تأیید	۰,۶۵۶	(۰,۴۳۰,۰,۶۸۰,۰۸۵)	عمر محصول پیشنهادی طولانی و چند دهه‌ای می‌باشد
۳۳,۰۰۰	۰,۷۲۸	(۰,۵۰۰,۰۷۵۰,۰۹۳)	تأیید	۰,۶۹۴	(۰,۴۷۰,۰,۷۲۰,۰۹)	محصول پیشنهادی دربرگیرنده طیف وسیعی از دانش و مهارت می‌باشد
۰	۰,۳۵۶	(۰,۴۳۰,۰,۶۸۰,۰۸۵)	تأیید	۰,۳۳۹	(۰,۴۲۰,۰,۶۷۰,۰۸۳)	محصول پیشنهادی نیاز به سطح بالایی از مهارت‌های سیستم و یکپارچه‌سازی و معماری دارد
۰	۰,۷۰۰	(۰,۴۸۰,۰,۶۳۰,۰,۸۸)	تأیید	۰,۶۷۳	(۰,۴۷۰,۰,۷۲۰,۰,۸۷)	محصول پیشنهادی حساس به مقیاس می‌باشد یعنی تولید در دسه کوچک صورت می‌گیرد و تولید انبوه مطرح نیست
۰	۰,۳۸۳	(۰,۴۷۰,۰,۷۲۰,۰,۸۷)	تأیید	۰,۳۱۷	(۰,۴۵۰,۰,۷۰,۰,۸۵)	شدت دخالت (مشارکت) مشتری در انتخاب طرح، محصول پیشنهادی شامل درجه بالایی از سفارشی‌سازی برای مشتریان خاص می‌باشد.
۰	۰,۷۳۱	(۰,۵۵۰,۰,۸۰۰,۰,۹۳)	تأیید	۰,۷۴۴	(۰,۵۳۰,۰,۷۸۰,۰,۹۲)	شامل درجه بالا و خاصی از تازگی فناوری و نوآوری است
۰	۰,۴۸۹	(۰,۴۵۰,۰,۶۸۰,۰,۸۵)	رد	۰,۴۸۹	(۰,۳۷۰,۰,۴۸۰,۰,۷۲)	شدت دخالت قانون‌گذاران می‌تواند مسیر نوآوری را شکل دهد.
۰,۰۷۸	۰,۳۱۱	(۰,۱۳۰,۰,۲۵۰,۰,۵)	تأیید	۰,۳۳۳	(۰,۴۳۰,۰,۶۵۰,۰,۸۲)	ساختار انحصاری دو جانبه بازار
۰	۰,۴۸۹	(۰,۳۷۰,۰,۴۸۰,۰,۷۲)	رد	۰,۴۸۹	(۰,۳۷۰,۰,۴۸۰,۰,۷۲)	شدت دخالت تأمین‌کنندگان می‌تواند مشکلات هماهنگی پیشنهادی بیشتری ایجاد کند.
۰	۰,۴۸۹	(۰,۳۷۰,۰,۴۸۰,۰,۷۲)	رد	۰,۴۸۹	(۰,۳۷۰,۰,۴۸۰,۰,۷۲)	خصوصیات بازار، نهادی/استراتژی/بستار قانونی

جدول (۷): نتایج دور اول و دوم دلفی فازی در خصوص خصو صیات فرایند توسعه محصولات پیشنهادیه

اختلاف میانگین ها	میانگین قطعی مرحله دوم	میانگین فازی مرحله دوم	وضعیت دور اول	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین فازی مرحله اول	شاخص
۰	۰٫۷۳۳	(۰٫۵۳، ۰٫۷۸، ۰٫۸۸)	تأیید	۰٫۷۳۳	(۰٫۵۳، ۰٫۷۸، ۰٫۸۸)	بازنگری
۷۸،۰	۰٫۷۵۶	(۰٫۵۵، ۰٫۸۰، ۰٫۹۲)	تأیید	۰٫۷۲۸	(۰٫۵۳، ۰٫۷۷، ۰٫۸۸)	تکرار
۰	۰٫۷۳۳	(۰٫۵۲، ۰٫۷۷، ۰٫۹۲)			توسط خبرها ارائه شده است.	مهندسی سیستم ۱۵

در این بخش پارامترهای مؤثر در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده هوافضایی با استفاده از دلفی فازی شناسایی شدند و در ادامه ریسک‌های اصلی به شش دسته تقسیم شدند (زمان‌بندی، فرایند، فنی/فناوری، بودجه/هزینه، بازار و سازمان) و از ۳۹ زیرمعیار ریسک‌ها، ۳۲ زیرمعیار ریسک‌ها مورد تأیید قرار گرفت و ۷ زیر معیار ریسک‌ها حذف شدند و در بین ویژگی‌های محصولات پیچیده از ۱۲ ویژگی ۹ ویژگی تأیید و ۳ ویژگی حذف شد و در نهایت در زمینه خصوصیات فرایند توسعه، خصوصیت مهندسی سیستم به ۲ خصوصیت استخراج شده اضافه گردید. و این معیارهای شناسایی شده عوامل اصلی بخش کمی یعنی دیمتل فازی را تشکیل دادند.

۶-۳- تجزیه و تحلیل دیمتل فازی

در این بخش برای پیاده‌سازی تکنیک دیمتل ساختار تصمیم‌گیری با ۱۸ معیار اصلی شناسایی شده در بخش دلفی فازی (جدول (۸)) تشکیل شد در این قسمت از پاسخ‌دهندگان درخواست گردید نوع تأثیر عوامل شناسایی شده را با طیف زبانی (بدون تأثیر، خیلی کم، کم، زیاد، خیلی زیاد) و با رویکرد فازی پاسخ دهند، و رابطه میان معیارها با استفاده از اعداد مثلث فازی به ترتیب جدول (۴) مشخص شد. سپس برای در نظر گرفتن نظر همه خبرگان از آن‌ها میانگین حسابی گرفته می‌شود و یکپارچه‌سازی و ماتریس روابط مستقیم تشکیل گردید و ماتریس نرمال شده روابط مستقیم، سپس ماتریس روابط کل محاسبه شد که به خاطر محدودیت در تعداد صفحات در اینجا آورده نشده‌اند.

جدول (۸): معرفی معیارها

کد	نام عامل	کد	نام عامل
C10	طیف وسیع دانش و مهارت مورد نیاز محصولات پیچیده	C1	ریسک فنی
C11	سطح بالای مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی مورد نیاز محصولات پیچیده	C2	ریسک بازار
C12	تولید تیراژ پایین محصولات پیچیده	C3	ریسک سازمان
C13	دخالت زیاد کاربر در طراحی محصولات پیچیده (سفارشی‌سازی)	C4	ریسک فرایند
C14	درجه بالای تازگی فن‌آوری و نوآوری	C5	ریسک زمان‌بندی
C15	انحصار چندجانبه بازار محصولات پیچیده	C6	ریسک هزینه/بودجه
C16	تعداد بازنگری	C7	تعداد زیاد زیرسیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده
C17	تعداد تکرار	C8	هزینه واحد زیاد محصولات پیچیده
C18	به‌کارگیری مهندسی سیستم	C9	عمر طولانی محصولات پیچیده

جدول (۹): جدول فازی مقادیر D و R معیارها

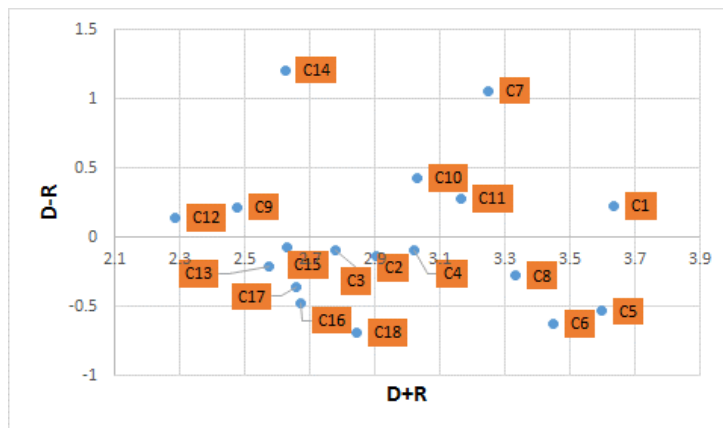
کد عامل	Di	Ri	(Di) ^{defuzzy}	(Ri) ^{defuzzy}	Di+Ri	Di-Ri	نوع معیار
C1	(0.689,1.475,3.63)	(0.514,1.24,3.359)	1.931	1.704	3.636	0.227	علت
C2	(0.334,0.93,2.887)	(0.414,1.068,3.083)	1.384	1.522	2.906	-0.138	معلول
C3	(0.313,0.892,2.827)	(0.368,0.991,2.949)	1.344	1.436	2.780	-0.092	معلول
C4	(0.366,0.994,3.024)	(0.414,1.102,3.157)	1.462	1.558	3.019	-0.096	معلول
C5	(0.415,1.066,3.114)	(0.749,1.587,3.861)	1.532	2.066	3.597	-0.534	معلول
C6	(0.375,0.947,2.914)	(0.715,1.548,3.848)	1.412	2.037	3.449	-0.625	معلول
C7	(0.825,1.711,3.926)	(0.237,0.674,2.373)	2.154	1.095	3.249	1.059	علت
C8	(0.436,1.071,3.076)	(0.563,1.308,3.543)	1.528	1.805	3.333	-0.277	معلول
C9	(0.311,0.913,2.819)	(0.242,0.705,2.44)	1.348	1.129	2.477	0.219	علت
C10	(0.551,1.285,3.347)	(0.362,0.873,2.673)	1.728	1.303	3.031	0.425	علت
C11	(0.556,1.281,3.328)	(0.423,0.992,2.919)	1.722	1.445	3.166	0.277	علت
C12	(0.262,0.805,2.576)	(0.218,0.653,2.348)	1.214	1.073	2.287	0.142	علت
C13	(0.27,0.765,2.514)	(0.351,0.944,2.876)	1.183	1.390	2.573	-0.207	معلول
C14	(0.733,1.462,3.554)	(0.173,0.364,1.588)	1.916	0.708	2.624	1.208	علت
C15	(0.296,0.859,2.686)	(0.35,0.911,2.789)	1.281	1.350	2.631	-0.070	معلول
C16	(0.256,0.676,2.371)	(0.455,1.143,3.116)	1.101	1.571	2.672	-0.471	معلول
C17	(0.291,0.718,2.448)	(0.42,1.081,3.026)	1.152	1.509	2.661	-0.357	معلول
C18	(0.272,0.656,2.302)	(0.585,1.323,3.395)	1.076	1.768	2.844	-0.691	معلول

در جدول (۹) نشانگر (D) نشان‌دهنده میزان یا درجه تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس عامل تعداد زیاد زیر سیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده (C7)، ریسک فنی (C1) و درجه بالای تازگی فن‌آوری و نوآوری (C14) و به همین ترتیب تا آخرین عامل یعنی به‌کارگیری مهندسی سیستم (C18)، از نظر میزان یا درجه تأثیرگذاری در رتبه‌های اول تا هجدهم قرار دارند، بنابراین عامل تعداد زیاد زیر سیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده (C7) به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل در این پژوهش انتخاب می‌گردد.

نشانگر (R) نشان‌دهنده میزان یا درجه تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس عامل ریسک زمان‌بندی (C5)، ریسک هزینه/بودجه (C6) و هزینه واحد زیاد محصولات پیچیده (C8) به همین ترتیب تا آخرین عامل یعنی درجه بالای تازگی فن‌آوری و نوآوری (C14) از نظر میزان تأثیرپذیری در رتبه‌های اول تا هجدهم قرار دارند؛ بنابراین عامل ریسک زمان‌بندی (C5)، به‌عنوان تأثیرپذیرترین عامل

در این پژوهش انتخاب می‌گردد.

مدل علی پژوهش را بر اساس مقادیر D+R و D-R می‌توان رسم کرد. بردار افقی (D+R)، میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد و از این منظر از اهمیت بالایی برخوردار است. و از آنجایی که هر عامل در یک سیستم هم تأثیرگذار و هم تأثیرپذیر می‌باشد بنابراین نشانگر (D-R) قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به طور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. (عوامل بالای محور X جنبه علت و عوامل پایین محور X جنبه معلول دارند).



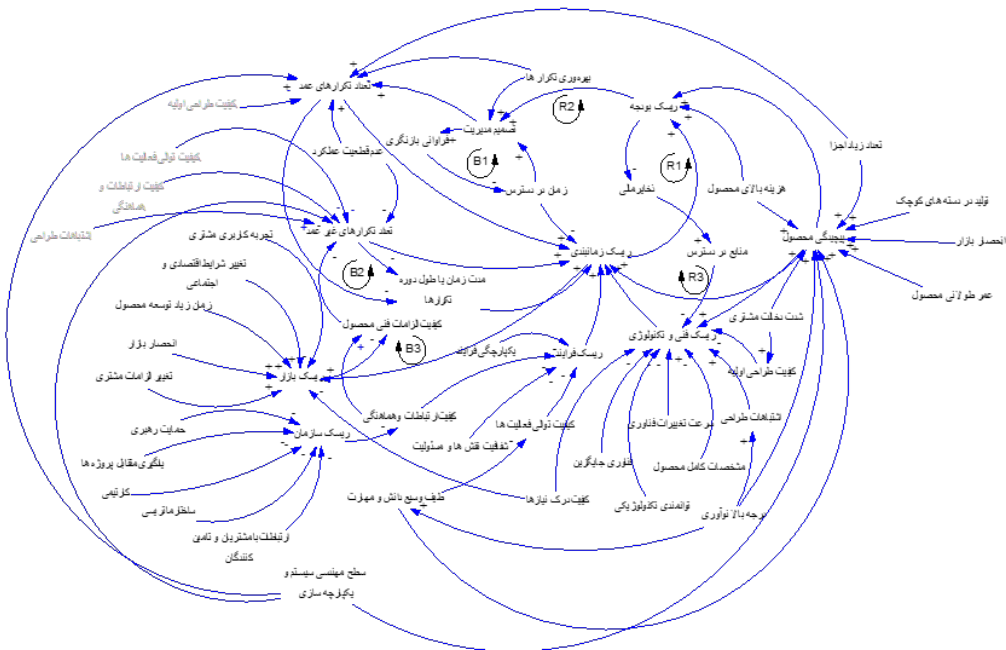
شکل (۸): نمودار علی معیارها

بر اساس نمودار علی (شکل (۸)) عوامل ریسک فنی (C1)، تعداد زیاد زیر سیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده (C7)، عمر طولانی محصولات پیچیده (C9)، طیف وسیع دانش و مهارت مورد نیاز محصولات پیچیده (C10)، سطح بالای مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی مورد نیاز محصولات پیچیده (C11)، تولید تیراژ پایین محصولات پیچیده (C12)، درجه بالای تازگی فن‌آوری و نوآوری (C14) در گروه علت قرار دارند و عامل‌های ریسک بازار (C2)، ریسک سازمان (C3)، ریسک فرایند (C4)، ریسک زمانبندی (C5)، ریسک هزینه/ بودجه (C6)، هزینه واحد زیاد محصولات پیچیده (C8)، دخالت زیاد کاربر در طراحی محصولات پیچیده (سفارشی‌سازی) (C13)، انحصار چندجانبه بازار محصولات پیچیده (C15)، تعداد بازنگری (C16)، تعداد تکرار (C17)، عامل به‌کارگیری مهندسی سیستم (C18) در گروه معلول قرار گرفتند. ریسک فنی (C1)، از منظر تعامل بیشترین تعامل را با دیگر عامل‌ها دارد یعنی بالاترین اهمیت را از منظر تعامل به خود اختصاص داده است و باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد همچنین عامل تولید تیراژ پایین

محصولات پیچیده (C12) از منظر تعامل با دیگر عامل‌ها، کمترین تعامل را با سایر عوامل دارد و در رتبه هجدهم قرار دارد و از این حیث کم‌اهمیت‌ترین عامل می‌باشد.

۶-۴- تجزیه و تحلیل علی :

با توجه به اینکه ریسک زمان‌بندی تأثیرپذیرترین عامل می‌باشد لذا در این قسمت با ترکیب نتایج حاصل از تحلیل دلفی فازی و تحلیل دیمتلفازی، مدل علی با تمرکز بر ریسک زمان‌بندی در شکل (۹) ترسیم شده است.



شکل (۹): چارچوب علی عوامل با محوریت ریسک زمان‌بندی

با توجه به اینکه کلیه زیر معیارهای ریسک‌ها با رویکرد همسو (مثبت) با عامل اصلی خودشان در جداول دلفی فازی تعریف شدند لذا این امر نشانگر رابطه مثبت بین زیر معیارها و عامل اصلی است و می‌توان روابط مدل‌سازی پویای این عوامل را براساس این رابطه‌ها مشخص کرد به‌عنوان مثال عدم توانمندی فناوری تولید که به‌عنوان زیر معیار ریسک فنی می‌باشد، بانام توانمندی فناوری در مدل پویا در نظر گرفته شده است که با توجه به رابطه معکوس توانمندی تکنولوژی با ریسک فنی می‌توان گفت توانمندی فناوری بالا موجب کاهش ریسک فنی (نشانه منفی) می‌شود و درروش دیمتلفازی نیز رابطه علی و

معلولی بین ریسک‌های اصلی با سایر عوامل ویژگی‌های محصولات پیچیده و خصوصیات فرایند توسعه تعیین شد بنابراین در این قسمت با حضور کلیه متغیرها اعم از اصلی و فرعی یا زیرمعیارها، مدل‌سازی پویا شکل گرفت البته جهت نشان دادن مسیر تأثیر عوامل و تکمیل ارتباطات، متغیرهای تصمیم‌مدیریت، بهره‌وری تکرارها و عملکرد پروژه از ادبیات موضوع به مدل اضافه شده است و جهت ساده‌سازی مدل پویا دو متغیر عدم توانایی فناوری تولید و عدم توانایی‌های فنی غلبه بر مشکلات فناوریانه محصول، دانش فنی، نوآوری و پشتیبانی فنی در ریسک فنی با عنوان توانمندی فناوریانه در نظر گرفته شد و متغیر سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، ناکافی و ضعیف با متغیر یکپارچگی فرایند ادغام شد و سعی شده است شکل خلاصه و ساده متغیرها در مدل پویا استفاده شود به‌عنوان مثال متغیر تجزیه و تحلیل ضعیف نیازمندی‌ها، یا درک معیوب از نیازهای مشتری به شکل کیفیت درک نیازها و برایش شده است. نشانه‌های مثبت و منفی در نمودار حلقه علی نشان‌دهنده جهت‌گیری در روابط علت و اثر است که همه برابر هستند. به‌عنوان مثال، انجام تکرارهای اضافی طراحی محصول، ریسک انحراف از زمان از قبل پیش‌بینی شده را افزایش می‌دهد که با + در کنار فلش هر دو متغیر تکرار، ریسک زمان‌بندی نشان داده شده است. چون ریسک زمان‌بندی به‌عنوان تأثیرپذیرترین معلول شناخته شد بنابراین چهارچوب فوق با محوریت ریسک زمان‌بندی مورد بحث قرار می‌گیرد و برخی از متغیرهای نشان داده ممکن است در واقع علت مستقیم نباشند، بلکه نمایانگر علل مطمئن و یا اثرات هستند. همچنین در یک مدل پویا تمایز بین علت و اثر کم‌رنگ می‌شود.

با توجه به مدل می‌توان گفت ریسک زمان‌بندی به‌صورت مستقیم تحت تأثیر مثبت تکرارهای عمدی، تکرارهای غیرعمدی، مدت‌زمان یا طول دوره تکرار، زمان در دسترس، ریسک بودجه، ریسک فنی و فناوری، ریسک فرایند و پیچیدگی محصول، قرار می‌گیرد یعنی افزایش هرکدام از این عامل‌ها موجب افزایش ریسک زمان‌بندی می‌شوند و در بازخورد ریسک زمان‌بندی تأثیر مثبت بر ریسک بودجه و ریسک بازار دارد به عبارتی افزایش ریسک زمان‌بندی موجب افزایش آن‌ها می‌گردد و حلقه تکرار و تسلسل بین این عوامل موجب تقویت تأثیر متقابل این عامل‌ها روی همدیگر می‌شود؛ که هر یک از این عوامل به‌صورت جداگانه تشریح می‌گردند

بدین ترتیب افزایش تعداد زیاد اجزا محصول، ریسک بودجه، بهره‌وری تکرار (برداشت نادرست مدیریت) و سطح مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی موجب افزایش تعداد تکرارهای عمدی می‌شود و افزایش عدم قطعیت عملکرد، با کاهش تعداد تکرار عمدی همراه است و افزایش سطح مهندسی

سیستم و یکپارچه‌سازی موجب کاهش تکرارهای غیرعمدی می‌شود. از طرف دیگر افزایش عملکرد پروژه و کیفیت الزامات فنی محصول که خود متأثر از ریسک بازار است، موجب کاهش تعداد تکرارهای غیرعمدی می‌شود و در ادامه ریسک بازار نیز تحت تأثیر مثبت انحصار بازار، تغییر شرایط اقتصادی و اجتماعی، زمان توسعه محصول، تغییر الزامات مشتری و ریسک زمان‌بندی هست یعنی افزایش هرکدام از این عامل‌ها افزایش ریسک بازار را در پی دارد و برعکس تحت تأثیر منفی کیفیت و پایداری درخواست‌های مشتری و تجربه کاربری بوده و افزایش این‌ها موجب کاهش ریسک بازار می‌باشد و ریسک بازار متأثر از ریسک زمان‌بندی نیز هست و این خود موجب حلقه تکرار می‌گردد. مدت زمان و طول دوره تکرار تحت تأثیر منفی تکرارهای عمدی و تکرارهای غیرعمدی یعنی افزایش آن‌ها موجب کاهش مدت زمان و طول دوره تکرار می‌شود و در اثر ایجاد حلقه بازخورد ریسک زمان‌بندی خود موجب افزایش مدت زمان و طول دوره تکرار می‌گردند.

افزایش پیچیدگی محصول، هزینه محصول و ریسک زمان‌بندی موجب افزایش ریسک بودجه می‌شود و به صورت غیرمستقیم نیز افزایش ریسک فنی، ریسک فرایند، ریسک بازار و ریسک سازمان نیز موجب افزایش ریسک بودجه می‌شوند و این ارتباط باعث ایجاد حلقه تکرار است و ریسک بودجه بر ذخایر مالی و تصمیمات مدیریتی تأثیر می‌گذارد.

پیچیدگی محصول که تحت تأثیر مثبت تعداد زیاد اجزا، انحصار بازار، تولید در دسته‌های کوچک، هزینه بالای محصول، عمر طولانی محصول، شدت دخالت مشتری، درجه بالای نوآوری و سطح بالای مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی است یعنی افزایش این عامل‌ها افزایش پیچیدگی را در پی دارند، خود تأثیر مثبت بر ریسک فنی و فناوری دارد بنابراین افزایش پیچیدگی و هرکدام از زیرمعیارهای پیچیدگی موجب افزایش ریسک فنی و فناوری و ریسک زمان‌بندی می‌گردد همچنین افزایش سرعت تغییرات فناوری و اشتباهات طراحی افزایش ریسک فنی و فناوری را به همراه دارد از سوی دیگر افزایش کیفیت طراحی اولیه، فناوری‌های جایگزین، توانمندی فناوری، مشخصات کامل محصول، منابع در دسترس و کیفیت درک نیازها برعکس کاهش ریسک فنی و فناوری را موجب می‌شوند و در نهایت کیفیت طراحی اولیه که خود متأثر از شدت دخالت مشتری است با ایجاد حلقه تکرار بین ریسک فنی و ریسک زمان‌بندی از طریق ریسک بودجه موجب تقویت تأثیر روی همدیگر می‌شوند.

ریسک فرایند نیز تحت تأثیر منفی شفافیت نقش‌ها و مسئولیت، کیفیت توالی فعالیت‌ها، یکپارچگی فرایند، کیفیت ارتباطات و هماهنگی است یعنی افزایش هرکدام از این عامل‌ها کاهش ریسک فرایند را

موجب می‌شوند. البته کیفیت توالی فرایند، خود متأثر از سطح دانش و مهارت کارکنان می‌باشد. از طرف دیگر کیفیت ارتباطات و هماهنگی‌ها تحت تأثیر ریسک سازمان است و ریسک سازمان نیز در ادامه تحت تأثیر منفی حمایت رهبری، یادگیری متقابل پروژه‌ها، کار تیمی، ساختار ماتریسی و کیفیت ارتباط با مشتریان و تأمین‌کنندگان می‌باشد به این معنی که افزایش هر کدام از این عوامل موجب کاهش ریسک سازمان می‌شوند.

۷- جمع‌بندی

نتایج بخش دلفی فازی نشان داد از ۳۹ محرک ریسک‌های اصلی ۳۲ محرک ریسک مورد تأیید قرار گرفت و ۷ محرک یا زیر معیار ریسک‌ها حذف شدند. عوامل مهمی در بستر هوافضا در غربالگری و بومی‌سازی ریسک‌ها تأثیرگذار بودند من جمله ساختار متمایز صنایع دفاعی، موانع ورود و خروج در صنایع دفاعی، ویژگی‌های خاص تولید و صنعت دفاعی مانند انحصار تولید از دلایل مهم حذف زیرمعیار اقدامات بالقوه ربا از ریسک بازار برخلاف مطالعات (Keizer and vos 2003) و زیرمعیار مقاومت در برابر پذیرش تغییرات در رویکرد مدیریت و یا فن‌آوری از ریسک سازمان برخلاف مطالعات (Ren et al 2014) گردیدند و همچنین از دلایلی که منجر به حذف زیرمعیار فرهنگ مبتنی بر ترس، آگاهی ضعیف و حس ضعیف نسبت به مالکیت ریسک از ریسک سازمان (Ren et al 2014) و زیر معیار عدم درک و یا پیش‌بینی برخی از جنبه‌های محیط زیستی فن‌آوری از ریسک فنی برخلاف مطالعات (Keizer and vos 2003) و (Mansor et al 2016) و زیر معیار نبود انگیزه برای کاهش ریسک‌ها از ریسک فرایند (Ren et al 2014) شدند، به عامل‌هایی مانند شکاف دانش و فناوری با کشورهای توسعه‌یافته، محرمانه بودن فعالیت‌های صنایع هوافضایی در دنیا، ریسک‌پذیری بالاتر این صنعت و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، تمرکز به ارتقای خودباوری و غرور ملی بیش از سایر وجوه و اهداف توسعه فناوری در بخش هوافضایی اشاره کرد. اهمیت بالای امنیت ملی و ساختار قوانین متفاوت این حوزه از دلایل حذف زیر معیار تغییرات مقررات و تغییرات سیاست دولت از ریسک سازمان برخلاف مطالعات (Jaber, 2016 و Ren et al 2014) و زیر معیار عدم توافقات بلندمدت و تغییرات زنجیره تأمین از ریسک سازمان برخلاف مطالعات (Keizer and vos 2003) و Thouser, et al 2017 و (Ren et al 2014) هستند.

(نظر یکی از مصاحبه‌شوندگان: به دلیل هزینه بالای توسعه و کمبود دانش و مهارت در ابتدای کار برخی

از جنبه‌های مختلف ریسک و فناوری کمتر مورد مطالعه قرار می‌گیرد)

و در بین ویژگی‌های محصولات پیچیده از ۱۲ ویژگی استخراج شده از ادبیات ۹ ویژگی تأیید و ۳ ویژگی حذف شد و در نهایت در زمینه خصوصیات فرایند توسعه، خصوصیت مهندسی سیستم به ۲ خصوصیت استخراج شده اضافه گردید. به دلیل تحریم‌های اقتصادی و فناورانه علیه کشورمان که منجر به جلوگیری از انتقال دانش و فناوری‌های پیش رفته در این حوزه به داخل کشور می‌شود از یک‌سو و تهدیدهای امنیتی از سوی دیگر دلیل تمرکز به توسعه فناوری‌ها در درون بستر مورد مطالعه و عدم اتحادهای استراتژیک با پیمانکاران بیرونی شده است و این امر باعث گردیده که شدت دخالت تأمین‌کنندگان برخلاف مطالعات (Hobday, Davies, 2005) که در کشورهای پیشرفته جز ویژگی‌های محصولات پیچیده است، در ایران جز ویژگی محصولات پیچیده در نظر گرفته نشود. همچنین شاخص، خصوصیات بازار نهادی و سیاسی و قانونی برخلاف مطالعات (Hobday and Davis, 2005) و شدت دخالت قانون‌گذاران برخلاف مطالعات (Ren and Khim 2011) که در بستر کشورهای پیشرفته عامل پیچیدگی محصول بودند در ایران به دلایلی مانند ساختار اداری متفاوت و نیز ساختار نظامی بستر مورد مطالعه، در کنار دلایلی که در بالا به آن اشاره شد، این صنعت کمتر از قوانین دولتی تأثیر می‌پذیرد بنابراین این سه عامل از اهمیت ناچیزی برخوردار بودند و به‌عنوان عوامل پیچیدگی محصولات شناخته نشدند. در مورد خصوصیات فرایند توسعه، نتیجه مهم دیگری که به دست آمد، اضافه شدن شاخص مهندسی سیستم به شاخص‌های خصوصیات فرایند توسعه مطرح در پیشینه پژوهش (بازنگری و تکرار) بر اساس مطالعات (Darjan and Eppinger, 2011) بود که جنبه نخست و مهمی از نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد.

(نظر یکی از مصاحبه‌شوندگان: به دلایل مختلف تهدیدهای صنعتی و امنیتی مجبور به توسعه فناوری‌ها در داخل هستیم و به دلیل ساختار متفاوت اداری و نظامی و به دلیل اینکه محصولات ما به‌عنوان کالای سرمایه‌ای در اختیار مشتریان خاصی قرار می‌گیرد کمتر از سیستم بازار و قانون‌گذاری‌های مختلف تأثیر می‌پذیرد)

در این پژوهش تلاش شده است برای ساختن یک تعریف منسجم از ریسک‌های توسعه محصولات پیچیده، و توسعه روابط بین آن‌ها، ارتباط هم‌زمان و جامع بین ریسک‌های توسعه محصول و ویژگی‌های پیچیدگی محصول و همچنین خصوصیات فرایند توسعه مورد بررسی قرار گرفت بنابراین نشان دادن بسیاری از روابط این سه عامل به‌صورت پویا و هم‌زمان از یافته‌های این پژوهش است که برخی از این روابط همسو با مطالعات قبلی هستند و برخی نیز به دلیل جامعیت این مدل از یافته‌های این

پژوهش می‌باشد. بررسی کامل این مدل نشان می‌دهد روابط بین ریسک زمان‌بندی با تکرارهای عمدی، تکرارهای غیرعمدی، مدت‌زمان یا طول دوره تکرار، زمان در دسترس، ریسک بودجه همچنین روابط بین تکرارهای عمدی با عدم اطمینان عملکرد، بهره‌وری تکرار، تعداد زیاد اجزای وابسته، کیفیت طراحی اولیه، تصمیم‌گیری در مدیریت همسو با برخی مطالعات (Eppinger 1995; Smith 1997c; Ramachandran 1992, Clark 1991) است.

تعداد تکرارهای غیرعمد تحت تأثیر عدم اطمینان عملکرد، کیفیت توالی فعالیت، کیفیت الزامات فنی محصول و اشتباهات طراحی است و کیفیت توالی نیز تحت تأثیر سطح دانش موردنیاز (تابع نوآوری محصول و فرآیند) و ریسک بازار نیز کیفیت الزامات فنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، و این روابط نیز همسو با مطالعات (Eppinger 1995; Gulati 1996) می‌باشند. و بسیاری از روابط شناسایی شده که در مدل مشاهده می‌شود به دلیل جامعیت این پژوهش در بررسی رابطه سه متغیر هم‌زمان از یافته‌های این پژوهش است مانند روابط ریسک بازار، ریسک فرایند، ریسک سازمان و ریسک فنی با ریسک زمان‌بندی و رابطه ریسک فنی با ریسک فرایند و ریسک بازار به صورت مستقیم یا از طریق زیرمعیارها و همچنین حلقه‌های ایجاد شده بین ریسک زمان‌بندی با ریسک بازار، تکرار عمدی، ریسک بودجه و پیچیدگی محصول که نشانگر تأثیر متقابل و تقویت روابط بین این متغیرها می‌باشد و همچنین رابطه بین مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی با تکرار عمدی و تکرار غیر عمد و همچنین رابطه درجه بالای نوآوری با سطح مهندسی سیستم و روابط بین زیرمعیارهای عوامل اصلی با عامل‌های اصلی خودشان به صورت مستقیم و با عامل‌های اصلی دیگر به صورت غیرمستقیم و روابط دیگری که در بخش قبلی توضیح کامل آن‌ها آورده شده است از یافته‌های این پژوهش است و این نتایج همسو با هدف این پژوهش که بیشتر در پی شناسایی روابط پیچیده بین عواملی که در فرایند توسعه نقش داشتند، می‌باشد.

سازمان‌ها دائماً در حال طراحی و توسعه محصولات جدید و به دنبال فرایند قابل اعتماد هستند که با توجه به نیازهای خاص آن‌ها به بهترین وجه برای آن‌ها مناسب باشد. و اصولاً در طراحی یا انتخاب آن مشکل دارند، این تحقیق برای تعریف مؤلفه‌هایی که در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده مهم هستند را شناسایی و دسته‌بندی کرده سپس با بررسی روابط پیچیده بین آن‌ها به دنبال کمک به سازمان‌ها برای طراحی یا بهبود فرایندهای توسعه محصول، می‌باشد.

نتایج غربالگری و بومی‌سازی شاخص‌های مؤثر در طراحی فرایند توسعه محصولات پیچیده در بافت کشور ایران، نشان می‌دهد که شش ریسک اصلی و از ۳۹ محرک ریسک‌های اصلی ۳۲ محرک ریسک

مورد تأیید قرار گرفت و ۷ محرک یا زیر معیار ریسک‌ها از اهمیت کمتری برخوردار بودند و حذف شدند. و همچنین برخی عوامل که در بستر کشورهای پیشرفته عامل پیچیدگی محصول بودند در این پژوهش به دلایل متعددی که در بخش قبلی به آن‌ها اشاره شد، به‌عنوان ویژگی‌های محصولات پیچیده از اهمیت کمتری برخوردار بودند بنابراین از ۱۲ ویژگی محصولات پیچیده ۹ ویژگی برای محصولات پیچیده هوافضایی مورد تأیید قرار گرفت، در مورد خصوصیات فرایند توسعه، نتیجه مهم دیگری که به دست آمد، اضافه شدن شاخص مهندسی سیستم به شاخص‌های خصوصیات فرایند توسعه مطرح در پیشینه پژوهش بود که جنبه نخست و مهمی از نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد.

نتیجه تحلیل دیمتل فازی نشان داد که در بین ریسک‌های فرایند توسعه محصولات پیچیده، ریسک فنی در گروه علت یا تأثیرگذار و ریسک زمان‌بندی، ریسک فرایند، ریسک سازمان، ریسک بودجه و ریسک بازار در گروه معلول یا تأثیرپذیر و در بین ویژگی‌های محصولات پیچیده، معیارهای تعداد زیاد زیرسیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده، عمر طولانی محصولات، طیف وسیع دانش و مهارت موردنیاز، سطح بالای مهندسی سیستم و یکپارچه‌سازی مورد نیاز، تولید تیراژ پایین محصولات، درجه بالای تازگی فن‌آوری و نوآوری محصولات پیچیده در گروه علت یا تأثیرگذار و معیارهای هزینه بالای واحد محصول، دخالت زیاد کاربر و انحصار بازار در گروه معلول یا تأثیرپذیر قرار گرفتند و در نهایت هر سه خصوصیات فرایند توسعه یعنی تعداد بازنگری و تعداد تکرار و به‌کارگیری مهندسی سیستم به‌درستی و با توجه به اینکه بر اساس اولویت ریسک‌ها در هر فاز از نظر نحوه بکارگیری و تعداد آن‌ها در فرایند پیاده‌سازی می‌شوند معلول هستند و در بین عوامل تأثیرگذار، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد تعداد زیاد زیر سیستم‌ها و اجزا محصولات پیچیده به‌عنوان تأثیرگذارترین علت در بین سایر عامل‌ها است و این نتیجه با توجه به فراوانی این عامل در پیشینه و بر مبنای کار (Reda, 2005) که تعداد زیاد اجزا و روابط بین آن‌ها را پایه و اساس پیچیدگی می‌دانستند دور از انتظار نبود و در بین عوامل تأثیرپذیر، ریسک زمان‌بندی به‌عنوان تأثیرپذیرترین معلول شناسایی شدند این انتخاب با توجه به همبستگی بالای ریسک زمان‌بندی با ریسک بودجه و عملکرد پروژه بر اساس مطالعه (Zhe, Li 2017) و بر اساس شواهد تجربی با توجه به اهمیت این ریسک و گستردگی و حساسیت آن در تأثیرپذیری از همه حوزه‌ها مثل تغییرات فنی فن‌آوری، تغییرات نیازهای مشتری، تغییرات سازمانی و تغییرات فرایندی و خصوصیات فرایندها، تغییرات منابع و بودجه‌ای و نوع روابط و پیچیدگی اجزا محصول که کوچک‌ترین تغییر آن‌ها موجب تأثیر بر ریسک زمان‌بندی می‌شود این انتخاب به نظر درست می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون این نوع

دسته‌بندی عوامل انجام نگرفته است لذا مقایسه‌ای با سایر پژوهش‌ها صورت نگرفت. بنابراین می‌توان بیان کرد این نوع دسته‌بندی در این پژوهش نوآوری دوم پژوهش حاضر محسوب می‌شود

در بخش تجزیه و تحلیل چارچوب علی مقاله، روابط علی بین محرک ریسک‌ها و ویژگی‌های محصولات پیچیده و خصوصیات فرایند توسعه این محصولات با محوریت ریسک زمان‌بندی، با استفاده از واقعیت محیط پویا مشخص شدند. اولاً عوامل و روابطی که در این چارچوب‌ها وجود دارد اهمیت یکسانی ندارند. بسیاری از فلش‌ها بر اساس مطالعه تجربی حاصل از این مقاله هستند و بسیاری دیگر، نظریه‌ها یا فرضیه‌ها را نشان می‌دهند. اهمیت عوامل و روابط در یک پروژه مشخص، به شدت تحت تأثیر سازمان، انگیزه‌ها، روش‌ها، صلاحیت‌ها و سیاست‌های توسعه سازمان‌ها می‌باشد و یکی از نتیجه بسیار مهم این بخش به‌عنوان تکمیل‌کننده نتایج قبلی می‌توان به آن اشاره کرد اینکه از دیدگاه سیستمی بسیاری از روابط در محیط پویا و پیچیده در عین حال که معلول هستند می‌توانند علت نیز باشند. به‌عنوان مثال انتخاب بازنگری یا تکرار معلول نوع و شدت ریسک است تا اثر ریسک را کاهش دهد ولی ممکن بازنگری‌های متعدد موجب افزایش ریسک زمان‌بندی و تکرارهای زیاد و ناکارآمد موجب اتلاف هزینه و زمان شود اما نتایج بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد در هیچ‌کدام از پژوهش‌ها به بررسی رابطه علی هم‌زمان سه عامل یعنی ریسک‌های توسعه محصول، خصوصیات فرایند توسعه و ویژگی‌های محصولات پیچیده در قالب نظریه‌ها توجه نشده است و شناسایی برخی روابط مانند روابط سطح بالای مهندسی سیستم با تکرارهای غیر عمد و روابط شدت دخالت مشتری با کیفیت طراحی اولیه همچنین روابط ریسک سازمان و ریسک فرایند و پیچیدگی محصول به‌صورت مستقیم با ریسک زمان‌بندی و از همه مهم‌تر شناسایی روابط بازخوردی بین این عوامل از یافته‌های این پژوهش است. بنابراین مدل‌سازی و تبیین روابط به‌صورت هم‌زمان بین این سه عامل با محرک‌های آن‌ها، نشان از جامعیت و دستاورد جدید و جنبه دیگری از نوآوری پژوهش می‌باشد. در نهایت هم با توجه به نبود مطالعه قبلی مشابه در بستر محصولات پیچیده هوافضا در ایران، از نظر نویسندگان پژوهش حاضر، در حوزه مورد مطالعه از تازگی برخوردار بوده و جنبه چهارم نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد.

امید است که این چارچوب به مدیران توسعه محصولات پیچیده هوافضایی، آن‌هایی که بیشترین فعالیت‌های مدیریت ریسک را دنبال می‌کنند کمک کند

علاوه بر نتایج فوق، نتیجه‌گیری‌های متعدد دیگری از این مطالعه اکتشافی به دست می‌آید. اول، شناسایی ریسک‌ها در توصیه‌های جدید جهت سیاست‌ها، روش‌ها و ابزارهای مدیریت ریسک مفید است.

بخصوص، مدل‌های فرایند توسعه محصول با درک متغیرهای جدید برای کاربری مفید خواهد بود. این به نتیجه دوم منجر می‌شود: چندین منبع کلیدی ریسک. اگرچه این مقاله مدل‌ها و تکنیک‌ها را بررسی نمی‌کند، بلکه از لینک‌های مهم برای تحقیق و مدل‌سازی پژوهش، شامل پیوندهایی بین خصوصیات فرایند توسعه، ریسک‌ها و ویژگی‌های محصولات پیچیده و اثرات آن‌ها بهره می‌برد. سوم، به‌عنوان یک دیدگاه سیستمی نسبت به محرک‌های ریسک مفید است

بنابراین یکی از مهم‌ترین خروجی‌ها و نتایج این پژوهش برای محصولات پیچیده هوافضایی، ارتباط بین ویژگی‌های محصولات با خصوصیات فرایند توسعه محصول و ریسک‌های فرایند توسعه محصولات می‌باشد برای کاربرد آن در بستر مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود فرایند توسعه محصولات منحصربه‌فرد خود را با استفاده از عوامل حاصل‌شده از این تحقیق طراحی و پیاده‌سازی کند.

پیشنهاد بعدی ایجاد چارچوبی یا فرایند توسعه با چیدمان مناسب اجزا فرایند، طوری که عوامل ریسک آفرین را از ابتدا تحت کنترل و مدیریت داشته باشد است استفاده از خصوصیات بازنگری و تکرار در فرایند توسعه محصول با هدف مدیریت ریسک‌ها در پیکره‌بندی فرایند و استفاده از خصوصیات مهندسی سیستم در فرایند توسعه محصول باهدف مدیریت پیچیدگی محصول و فرایند در پیکره‌بندی فرایند پیشنهادهای کاربردی دیگری حاصل از پژوهش است، تهیه چک‌لیست ارزیابی ریسک‌های توسعه محصول برای مدیریت کارآمد ریسک‌ها آخرین کاربرد پیشنهادی می‌باشد.

با توجه به محدودیت‌های پژوهش که تازگی موضوع محصولات پیچیده یکی از آن‌ها می‌باشد و عدم دسترسی به مطالعات بیشتر این مطالعه چندین حوزه غنی را برای تحقیقات آینده روشن می‌کند. ابتدا برای توسعه چارچوب‌های هوشمند بیشتر و نتیجه‌گیری‌های مهم‌تر دیگر، مطالعات بیشتری در بخش‌های مختلف صنعتی موردنیاز است. دوم برای تعیین مشارکت محرک‌های مختلف ریسک در پژوهش‌های آینده رگرسیون و آنالیز ANOVA می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، و درنهایت برای توسعه روش‌های بهبودیافته تصمیم‌گیری و مدل‌ها، مقایسه میان گروه‌های مختلف ریسک با استفاده از چارچوب‌ها و مدل‌های کمی بیشتری صورت پذیرد.

۸- تقدیر و تشکر:

نویسندگان از اعضای پانل تخصصی و نیز کلیه کسانی که با علاقه، تلاش و دلسوزی وصف‌ناشدنی و با هماهنگی و مشارکت، یستر انجام هر چه بهتر این پژوهش را فراهم آوردند، تقدیر و تشکر می‌نمایند.

- Ahn, J. O. Jeung, H. S. Kim, J. S. and Choi, H. G. 2008. "A framework for managing risks on concurrent engineering basis", Proceedings of the IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology.
- Beck, N. 2000. Extreme programming explained. Boston, Addison, Wesley, Technion Academic Press.
- BenHiam, Y. 2001. Information GP decision under sever uncertainty. Haifa.
- Blanchard, S, B, Fabrycky, W, J. 2011. Systems engineering and analysis, fifth edition, pp 48-233.
- Boehm, B. 1988. "A Spiral Model of Software Development and Enhancement," IEEE Computer, pp. 61-72.
- Cheng, C.H. and Lin, Y. 2002. Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. European journal of operational research, 142(1), pp.174-186.
- Clark, KB and Fujimoto, T. 1991. "Product development performance: strategy, organization and management in the world Auto industry". Harvard Business School Press, Cambridge, MA.
- Clayton, M. J. 1997. Delphi: A technique to harness expert opinion for critical decision-making tasks in education. Educational Psychology, 17(4), 373-384.
- Cooper.L.P. 2003. "A research agenda to reduce risk in new product development through knowledge management: a practitionerperspective", Journal of Engineering and Technology Management.
- Creswell, John W. Plano Clark Vicki L. 2007. Dsigning and conducting mixed methods research, pp, 12.
- Creswell. 2009. Research Design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches, pp, 325.
- Drarian, W.U. Eppinger.S. 2011. Improving product development process design: a method for managing information flows, risks, and iterations, Journal of Engineering Design, Vol. 22, No. 10, pp.689-699.
- Darian W, Unger, and Eppinger, Steven D. 2009. "Comparing product development processes and managing risk." International Journal of Product Development, Vol. 8, No. 4.
- Darian W, Unger, and Eppinger, Steven D. 2006. "Improving Product Development Processes to Manage Development Risk" MIT Sloan Working Paper 4568-06, pp3- 25.
- Denis Bassler, Josef Oehmen, Warren Seering, Mohamed Ben-Daya. 2011. A comparison of the integration of Risk management Principles in Product Development Approaches Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED11), 15-18 August 2011, Copenhagen.
- Eisenhardt, Kathleen M. and Behnam N. Tabrizi .1995. "Accelerating Adaptive Processes: Product Innovation in the Global Computer Industry" Administrative Science Quarterly 40(Mar.): 84-110.
- Eppinger, Steven D. 1995. "Three Concurrent Engineering Problems in Product Development" Presentation, Cambridge, MA.
- Eppinger, Steven D., Daniel E. Whitney, Robert P. Smith, and David A. Gebala. 1994. "A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development" Research in Engineering Design 6: 1-13.

- Gulati, Rosaline K. and Steven D. Eppinger.1996."The Coupling of Product Architecture and Organizational Structure Decisions" M.I.T. International Center for Research on the Management of Technology, Working Paper no.151.
- Hobday M .1998. "Product complexity, innovation and industrial organisation". Research Policy, V 26, pp 689-710.
- Hobday, M., Rush, H., and J., Tidd.2000. "Innovation in complex products and systems", Research Policy, 29, p 793-804.
- Hobday, M. Davies, A.2005. The Business of Projects Managing Innovation in Complex Products and System, Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York,pp.20-55.
- Hoo-Gon Choi, Seonmuk Park, Jongseong Kim.2011.A Risk Management System Framework for New Product Development (NPD), IPEDR vol.4 © IACSIT Press, Singapore, pp, 51-55.
- Hugarth, R. M.1978. A note on aggregating opinions. Organizational Behavior and Human Performance, 21, 40-46.
- Jünger, Saskia., Sarah Brearley, Sheila Payne, Aukje K. Mantel-Teeuwisse, Thomas Lynch, Willem Scholten, Lukas Radbruch.2013. Consensus Building on Access to Controlled Medicines: A Four-Stage. Delphi Consensus Procedure, Journal of Pain and Symptom Management, Volume 46, Issue 6, December 2013, Pages 897-910.
- Kayis, B. Zhou, M. Savci,S. Khoo,Y.B. Ahmed, A. Kusumo R. Rispler A. IRMAS.2007.development of a risk management tool for collaborative multi-site, multi-partner new product development projects Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 18 No. 4, pp. 387-414.
- Keeney, S., Hasson, F. & McKenna, H.P. 2001. A critical review of the Delphi technique as a research methodology for nursing. Internatinal Journal of Nursing Study, 38(2), 195-200.
- Keizer, J.A. Vos, J.P .2003.Diagnosing risks in new product development. Eindhoven Centre for Innovation Studies.working pappers.
- Kerzner, H. 2009. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 10th edition, John Wiley, New York.
- Khim T Yeo Yingtao Ren,, and Yingju Ren.2014.Risk Management Capability Maturity and Performance of Complex Product and System (CoPS) Projects with an Asian Perspective Journal of Engineering, Project, and Production Management,pp 102-120.
- Kiamehr, M., Hobday, M., and A., Kermanshahi.2013. "Latecomer systems integration capability in complex capital goods: Thes case of Iran's electricity generation systems", Industrial and corporate change, 23 (3), p 689-716.
- Landeta J.2006. "Current validity of the Delphi method in social sciences", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 73, No. 5, pp: 467-82.

Lu and et al.2013. Environmental Strategic Orientations for Improving Green Innovation Performance in Fuzzy Environment - Using New Fuzzy Hybrid MCDM Model, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 15.

Ludovic-Alexandre Vidal.2009.Thinking project management in the age of complexity: particular implications on project risk management. Business administration. Ecole Centrale Paris.pp. 21-29, 83-87.

Mahler, M.2014. A new framework for supporting and managing multi-disciplinary system simulation in a plm enviroment.

McGrath, M.E.2001. Product strategy for high technology companies. 2nd ED, New York, McGrath Hill

Mello, Sheila.1997."Product and Service Definition" Presentation, Boston: Product Development Consulting, Inc.

Murmann PA.1994. "Expected development time reductions in the German mechanical engineering industry". Journal of Product Innovation Management V11, pp 236-252.

Meijering,J.V., J.K. Kampen, H. Tobi.2013.Quantifying the development of agreement among experts in Delphi studies, Technological Forecasting and Social Change, Volume 80, Issue 8, October 2013, Pages 1607-1614.

Miller, R., Lessard, D.2001. Understanding and Managing Risks in Large Engineering Projects. International Journal of Project Management 19, pp. 437-443

Munhall PL. 2011. Nursing research. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning.

Ramachandran, Natarajan, Noshir A. Langrana, Louis I. Steinberg, and Vakram R. Jamalabad.1992. "Initial Design Strategies for Iterative Design" Research in Engineering Design 4: 159-169.

Reda, M. Lebcir.2005. "A Framework for Project Complexity in New Product Development (NPD), Management Systems Department the Business School University of Hertfordshire Projects"pp 15-30.

Ricondo, I. Arrieta, J. A. Aranguren, N. 2016.NPD Risk Management: Proposed Implementation to Increase New Product Success. ResearchGate.

Reinertsen, Donald G.1997. Managing the Design Factory: A Product Developer's Toolkit New York: The Free Press.

Gummett, P., & Reppy, J. (Eds.).1988. The relations between defence and civil technologies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Sekaran, U. and Bougie, R. 2010. Research Methods for Business: A Skill Building Aroach, John Wiley and Sons.

- Shenhar, A. J.1998. "From theory to practice: Toward a typology of project management styles," IEEE Transactions on Engineering Management, 45(1), 33- 48.
- Shenhar, A. J.1994. "Systems engineering management: a framework for the development of a multidisciplinary discipline," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 24(2), February, 327-332.
- Singh, K.2007.Quantitative social research methods, SAGE.
- Smith, P.G., Merritt, G.M.2002. Proactive Risk Management: Controlling Uncertainty in Product Development, Productivity Press.
- Smith, Robert P. and Steven D. Eppinger.1997b. "Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration" Management Science 43(3): 276-293.
- Smith, Robert P. and Steven D. Eppinger.1995. "Deciding Between Sequential and Parallel Tasks in Engineering Design" M.I.T. Sloan School of Management, Working Paper no.3858.
- Somerville, Jerry A.2008. Effective Use of the Delphi Process in Research: Its Characteristics, Strengths, and Limitations.
- Tidd, J.1995."The development of novel products through intra- and interorganizational networks". Journal of Product Innovation Management, V 12, pp 307-322.
- Vidal, Ludovic, Alexandre.2009.Thinking project management in the age of complexity: particular implications on project risk management. Business administration. Ecole Centrale Paris.pp. 21-29, 83-87.
- Walker, W., M. Graham, and B. Harbor.1988. "From components to integrated systems: technological diversity and integration between the military and civilian sectors," In: Gummett, P.
- Wei WW, Yu TL.2007. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. Expert System Application. 32(2): 499-507.
- Woodward, J.1965. Industry Organization: Theory and Practice, Oxford Univ. Press.
- Yeh, T.M. and Huang, Y.L.2014. Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP. Renewable Energy, 66, pp.159-169.
- PMI.2009. Practice standard for project risk management. PMI – Project Management Institute, Pennsylvania, USA.
- Zhe Xu and Hongbo Li. 2017.Assessing Performance Risk for Complex Product Development: A Simulation-Based ModelPublished online in Wiley Online Library.

آذر عادل و حجت فرجی، ۱۳۸۹. علم مدیریت فازی، ویرایش پنجم، انتشارات کتاب مهربان.
 اوما سکاران، ۱۳۸۱. روش‌های تحقیق در مدیریت، ترجمه صائبی، محمد و شیرازی، محمود تهران: مرکز آموزش مدیریت دولتی.

دلاور علی و کوشکی شیرین، ۱۳۹۶. روش تحقیق آمیخته، انتشارات ویرایش، چاپ دوم.

-
- 1 Complex product and system
 - 2 Risk Management Capability Maturity Model
 - 3 Intelligent Risk Mapping and Assessment System (IRMAS)
 - 4 Iteration
 - 5 Review
 - 6 Mixed methods
 - 7 Fuzzy Delphi
 - 8 Fuzzy DEMATEL
 - 9 Process risk
 - 10 Technology / technical risk
 - 11 Organizational risk
 - 12 Schedule Risk
 - 13 Market risk
 - 14 Budget / Cost Risk
 - 15 System Engineering
 - 16 Causal analysis