

شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی ایران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۳۰)

رسول خوانساری^{۱*}، ابوالفضل باقری^۲، مهدی شیرازی شایسته^۳

چکیده

یکی از صنایع با فناوری پیشرفته که از سطح فناوری بسیار پیچیده و بالایی برخوردار است، صنعت هوافضا است که مربوط به تولید تجهیزات ناوبری هوایی، سیستم‌های آیرودینامیک و مکانیک پروازی ساخت هواپیماها، فناوری‌های ماهواره‌ای و مواردی از این قبیل است. یکی از الزامات رشد و پیشرفت در صنعت هوافضا، سرمایه‌گذاری مناسب و تامین مالی پروژه‌های مربوط به این صنعت است. ولی همواره سرمایه‌گذاری در هر صنعت یا زمینه‌ای با ریسک‌هایی روبه‌رو است که موجب پدید آمدن عدم اطمینان می‌گردد و عدم توجه کافی به آنها گاه حتی به شکست سرمایه‌گذاری منجر می‌شود.

در تحقیق حاضر بخش هوایی صنعت هوافضا به عنوان یکی از بخش‌های مهم این صنعت در چهار نوع محصول هوانوردی عمومی، جت منطقه‌ای، هواپیماهای باریک‌پیکر و هواپیماهای پهن‌پیکر بررسی گردیده و با استفاده از ادبیات تحقیق و نظر خبرگان انواع ریسک‌های سرمایه‌گذاری در این صنعت شناسایی و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی سلسله مراتبی رتبه‌بندی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، در بین چهار نوع محصول تجاری در صنعت هوایی، به ترتیب هواپیماهای پهن‌پیکر، هواپیماهای باریک‌پیکر، جت منطقه‌ای و هوانوردی عمومی بیشترین ریسک سرمایه‌گذاری را دربردارند. همچنین در میان هفت نوع ریسک اصلی شناسایی شده در صنعت هوایی، ریسک‌های مدیریت، مالی و تولید به ترتیب از بیشترین اهمیت برخوردارند. نوآوری این مقاله، پرداختن به ریسک‌های سرمایه‌گذاری در بخش هوایی صنعت هوافضا در ایران و سپس اولویت‌بندی آنها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است.

واژگان کلیدی:

صنایع با فناوری پیشرفته، سرمایه‌گذاری، مدیریت ریسک، صنعت هوافضا، صنعت هوایی

۱* - کارشناس ارشد پژوهشی پژوهشکده پولی و بانکی، دانشجوی دکتری مدیریت مالی دانشگاه تهران (نویسنده مسؤول):

r.khansari@gmail.com

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۳- دکتری مدیریت تکنولوژی دانشگاه علامه طباطبائی (ره)

۱- مقدمه

یکی از صنایع با فناوری پیشرفته که از پیچیدگی بالایی برخوردار است، صنعت هوافضا است. در چند سال اخیر توجه ویژه‌ای به صنعت هوافضا شده و این صنعت نقش خوبی در ایجاد مشاغل باکیفیت و نوآوری‌های فناورانه داشته و در نتیجه آن قابلیت‌های مستقیم و غیرمستقیم خوبی در صنایع دیگر نیز ایجاد شده است. صنعت هوایی کشور تاکنون با اتکا بیش از حد لازم به منابع عمومی توسعه یافته است و به نظر می‌رسد اکنون به مرحله‌ای از رشد رسیده که باید از منابع بزرگ‌تر و منعطف‌تر بازار داخلی و بین‌المللی برخوردار شود تا با استفاده از محرک‌های مذکور فرصت ورود به تراز متفاوت‌تری از تکامل و اثربخشی در اقتصاد ملی را به دست آورد. توسعه محصولات در صنعت هوافضا امری پیچیده و در مقیاس وسیع است که نیازمند سرمایه‌گذاری زیادی از جهت منابع و زمان است و معمولاً نیازمند همکاری بخش خصوصی و دولتی است. این امر با ریسک‌های زیادی همراه است و توسعه سرمایه‌گذاری در این صنعت، نیازمند شناسایی ریسک‌ها و چالش‌های پیش روی آن است تا راهکارهای لازم برای مدیریت آنها اتخاذ شود. از این رو بررسی ریسک‌های سرمایه‌گذاری این صنعت (در بخش هوایی) به عنوان یکی از موضوعات لازم برای پیشرفت و ارتقای آن اهمیت دارد و باید مد نظر قرار گیرد. در این مقاله، مهم‌ترین ریسک‌های پیش‌روی سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی شناسایی و با بهره‌مندی از نظرات خبرگان و روش‌های کمی، درجه اهمیت آنها مشخص می‌گردد. نوآوری این مقاله، پرداختن به ریسک‌های سرمایه‌گذاری در بخش هوایی صنعت هوافضا و سپس اولویت‌بندی آنها با استفاده از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است که موجب افزایش دقت در نتایج به دست آمده می‌شود.

۲- ادبیات پژوهش

طبق تعریف فرهنگ لغت لانگمن^۱، هوافضا عبارت است از صنعت ساخت تجهیزات هوایی و فضایی. هوافضا شامل ترکیب علوم هوانوردی و کیهان‌نوردی به منظور پژوهش، طراحی، تولید، بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات قابل حرکت در هوا و فضا است و طیف گسترده‌ای از کاربردهای تجاری، صنعتی و نظامی را دربرمی‌گیرد. بر اساس آنچه در سند جامع توسعه هوافضای کشور آمده است، بخش هوافضا شامل کلیه نهادها و عامل‌هایی است که به نحوی در امر شناسایی و بهره‌برداری از فضا و هوا جهت کاربردهایی از قبیل فعالیت‌های رسانه‌ای و مخابراتی، تصویربرداری، شناسایی و جابه‌جایی محموله‌ها در هوا و فضا دخیل هستند [۷]. از منظر اسناد بالادستی صنعت هوافضا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و در نقشه جامع علمی کشور، هوافضا به عنوان یکی از اهداف بخش نظام علم و فناوری و موارد اولویت‌های «الف» فناوری تعیین شده است [۸]. همچنین هوافضا نقش مؤثری در توسعه دیگر فناوری‌های اولویت‌دار دارد.

کشورهای قدرتمند، نه تنها تأمین‌کنندگان و مشتریان صنعت هوافضا هستند، بلکه قصد دارند که خود تبدیل به قدرت‌های موجود در این صنعت شوند و بدین منظور سرمایه‌گذاری انبوهی در صنایع خود کرده‌اند. این

^۱. Longman

موضوع به معنی رقابت بیشتر بین کشورها در این صنعت است. بازیگران جدید این صنعت از هزینه‌های نسبتاً اندک تولید داخلی بهره می‌برند و از نظر پیچیدگی فناوری به سرعت در حال رسیدن به کشورهای غربی هستند. برای قدرت‌های صنعت هوافضا، تغییر توازن جهانی به معنی مشتریان جدید، شرکای جدید و رقبای جدید است. این موجب پدید آمدن یک بازار پیچیده‌تر و پویا و یک محیط تولیدی با مجموعه‌ای گوناگون و جدید از ریسک‌ها و پاداش‌های بالقوه شده است.

بر اساس مرجع [۷]، صنعت هوافضا در ایران به سه بخش تقسیم شده است:

۱- **حوزه هوایی و هوانوردی:** کلیه عملیات و خدمات موثر بر تولید، آماده‌سازی، به‌روزرسانی و به کارگیری عملیات پرواز، ایمنی و خدماتی سامانه‌های پرنده از قبیل هواپیماها، بالگردها و پهپادها در منطقه هوایی

۲- **حوزه فضایی:** کلیه خدمات و محصولات فضاپایه یا زمین‌بایه مرتبط با کاربری یا اکتشافات فضایی اعم از مخابرات، مشاهده زمین، سنجش از دور، ناوبری و موقعیت‌یابی، امنیت فضایی، زیست فضایی و علوم و اکتشافات فضایی

۳- **حوزه دفاعی هوافضا:** کلیه عملیات و خدمات لازم در بخش هوافضا برای حفاظت و دفاع از امنیت جمهوری اسلامی ایران و ارتقای اقتدار بین‌المللی نظامی آن اعم از هوایی و فضایی.

صنعت هوایی از جمله صنایعی است که در دنیا تحت عنوان صنایع پردرآمد شناخته می‌شود؛ چنان که شرکت‌های فعال در این صنعت، از بزرگترین و ثروتمندترین شرکت‌ها به شمار می‌روند. البته باید توجه داشت که حمایت‌های دولتی همواره با این صنایع همراه بوده و در صورت عدم حمایت از جانب دولت‌ها به خصوص در مراحل اولیه شکل‌گیری و رشد، بسیاری از این شرکت‌ها قادر به ادامه حیات خود نمی‌بودند.

صنعت هوایی ظرفیت‌های بسیاری در تولید ثروت و بهبود توان رقابتی کشورها در صحنه‌های بین‌المللی، ایجاد اشتغال و صادرات دارد. این صنعت با ایجاد زیرمجموعه‌های وسیع و متنوع در حوزه‌های مختلف علوم با کیفیتی فراتر از صنایع دیگر مانند خوردوسازی سبب ایجاد توانمندی بالا در شرکت‌های کوچک و متوسط و گسترش آنها در سطح یک کشور یا منطقه جغرافیایی می‌شود که می‌تواند تأثیر به‌سزایی در رشد آن کشور داشته باشد. کشورهای توسعه‌یافته نمونه خوبی برای این ادعا هستند.

با توسعه بخش هوایی در ایران، فرصت‌های شغلی زیادی در کشور ایجاد می‌شود که برای محققین در سطح دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، مهندسان و تکنسین‌های برجسته از جاذبه زیادی برخوردار است و فرار مغزها را کاهش می‌دهد. صنعت هوایی مشتمل بر فناوری‌های حیاتی بسیاری از صنایع پیشرفته است که در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور به کار می‌آیند.

صنعت هوایی یک صنعت پویا است که پیوسته با عوامل مختلف بازار انطباق می‌یابد. برخی عوامل کلیدی اثرگذار بر این صنعت عبارتند از: بهای سوخت، رشد و توسعه اقتصادی، قوانین و مقررات، زیرساخت‌ها، آزادسازی بازارها، قابلیت‌های هواپیماها، سایر روش‌های حمل و نقل، مدل‌های کسب و کار و بازارهای نوظهور. در حال حاضر بهای سوخت، بیشترین سهم را در ساختار هزینه صنعت هوایی دارد. این امر سازندگان را به تولید هواپیماهای کاراتر و با مصرف سوخت کمتر ترغیب کرده است، به‌گونه‌ای که حتی با وجود گران

بودن سوخت، موجب کاهش هزینه و افزایش درآمد شده است. با رشد صنعت هوایی جهان، بازارهای نوظهور گسترش زیادی پیدا می‌کنند و الگوهای جدید کسب و کار پدید می‌آیند [۱۵].

هرگونه فعالیت سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف با ریسک همراه است و سرمایه‌گذاران با پذیرش ریسک بیشتر در پی کسب بازده بیشتر هستند. به طور کلی ریسک عبارت است از «احتمال انحراف نتایج واقعی از نتایج مورد انتظار». میزان ریسک در صنایع مختلف بر حسب ویژگی‌های هر صنعت متفاوت است. ولی معمولاً در صنایع با فناوری پیشرفته، ریسک‌های بیشتری وجود دارد و سرمایه‌گذاری در این صنایع با مخاطرات زیادی نیز همراه است. ولی این بدان معنی نیست که مدیریت و کنترل ریسک‌ها امکان‌پذیر نیست. اگر ریسک‌ها به خوبی شناسایی و مدیریت نشوند، عواقب و تبعات احتمالی نامطلوب به مراتب شدیدتر خواهد بود. اگر سرمایه‌گذاران با توجه به سطح ریسک‌پذیری و اهداف خود در سرمایه‌گذاری اقدامات مناسبی برای کنترل و مدیریت ریسک انجام دهند، احتمال بروز زیان‌های شدید کاهش می‌یابد. از این رو مدیریت ریسک باید به عنوان یک اقدام فعالانه و نه منفعلانه توسط سرمایه‌گذاران مد نظر قرار گیرد [۱۳].

مدیریت ریسک در فضای سرمایه‌گذاری تفاوت‌هایی با مدیریت ریسک در حالت متداول دارد. می‌توان مدیریت ریسک را یک فرایند دو مرحله‌ای در نظر گرفت که شامل تعیین ریسک‌های موجود در فعالیت سرمایه‌گذاری و سپس اداره آنها به بهترین نحو هماهنگ با اهداف، ترجیحات و افق زمانی مورد انتظار سرمایه‌گذاران است [۱۴، ۲۵]. ایجاد یک چارچوب موثر مدیریت ریسک نیازمند شناسایی، اندازه‌گیری، پایش و اداره ریسک‌ها جهت پیشگیری از پذیرش خطرات نامعقول و پیشگیری از تبعات احتمالی زیان‌بار است. همچنین این چارچوب باید به گونه‌ای باشد که امکان مقابله با ریسک‌ها هم در شرایط عادی و هم در شرایط بحرانی را فراهم سازد [۱۳].

هر یک از صنایع و بخش‌های سرمایه‌گذاری ریسک‌ها و عدم اطمینان‌های مختص به خود را دارد. در تحقیق حاضر، تمرکز اصلی بر ریسک‌های سرمایه‌گذاری در بخش تجاری صنعت هوایی است. محصولات صنعت هوایی را از جهات گوناگون طبقه‌بندی می‌کنند. در یک تقسیم‌بندی کلی محصولات هوایی در بخش تجاری بر حسب ظرفیت حمل مسافر به چهار گروه تقسیم می‌شوند [۱۵]:

- ۱- **هوانوردی عمومی:** هواپیماهایی که ظرفیت جابه‌جایی حداکثر ۲۰ مسافر را دارند و برای کاربردهایی نظیر مسافرت‌های شخصی، حمل و نقل مسافری داخل استانی، پست و حمل و نقل مراسلات پستی، امدادسانی، نقشه‌برداری هوایی و ... استفاده می‌شوند.
- ۲- **جت منطقه‌ای:** هواپیمایی است که برای پرواز در مسافت‌های نه‌چندان طولانی استفاده می‌شود. این نوع هواپیماها توانایی حمل ۲۰ تا ۱۵۰ مسافر را دارند.
- ۳- **باریک‌پیکر:** این نوع هواپیما دارای قطری در حدود ۳ تا ۴ متر است و به نام تک‌راهرو نیز شناخته می‌شود. تعداد صندلی‌های این نوع هواپیما در هر ردیف بین ۲ تا ۶ عدد و ظرفیت حمل آن بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ مسافر است.
- ۴- **پهن‌پیکر:** هواپیمای بزرگ مسافربری است که در سالن مسافران آن دو راهرو وجود دارد. این نوع هواپیماها بدنه‌ای با قطر ۵ تا ۶ متر دارند و در کل توانایی حمل ۲۰۰ تا ۸۵۰ مسافر را دارند.

هر یک از این محصولات ویژگی‌های خاص خود را دارند و شدت ریسک‌های مختلف در آنها متفاوت است. از این رو در مقاله حاضر سعی می‌شود تا علاوه بر بررسی کلی ریسک‌های صنعت هوایی، به تفکیک هر یک از این محصولات نیز شدت ریسک‌ها ارزیابی گردد.

۳- پیشینه پژوهش

مدیریت ریسک یکی از موضوعاتی است که به ویژه در دو دهه اخیر در کانون توجه صاحبان صنایع، پژوهشگران و مراجع نظارتی بوده است. مدیریت ریسک به ویژه در پروژه‌ها و صنایع با فناوری پیشرفته و فعالیت‌های مربوط به سرمایه‌گذاری مخاطره‌آمیز^۱ به دلیل وجود ریسک‌های بالقوه زیاد در آنها، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند و تاکنون نیز پژوهش‌های گوناگونی در این زمینه انجام شده است. در جدول ۱ برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های خارجی صورت گرفته درباره ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته آورده شده است.

جدول ۱- پژوهش‌های خارجی در زمینه ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته

مرجع	موضوع پژوهش	نتیجه
[۳۳]	معیارهای مورد استفاده توسط سرمایه‌گذاران مخاطره‌پذیر برای ارزیابی طرح‌های جدید	شناسایی ریسک‌ها در شش گروه شخصیت کارآفرین، تجربه کارآفرینی، ویژگی‌های محصول / خدمت، ویژگی‌های بازار، ملاحظات مالی و ترکیب اعضای پروژه
[۳۱]	روش ارزیابی ریسک برای پروژه‌های با فناوری پیشرفته با استفاده از منطق زبانی	شناسایی شش گروه ریسک شامل مالی، فنی، تولید، بازار، مدیریت و محیطی
[۲۸]	بررسی عوامل موفقیت در سرمایه‌گذاری‌های جدید با فناوری پیشرفته	شناسایی ۳۸ معیار در قالب شش گروه شامل ویژگی‌های کارآفرین، میزان وابستگی به منابع، راهبرد رقابتی، ویژگی‌های محصول، ویژگی‌های بازار، موضوعات مالی
[۳۰]	مدل ارزیابی مقایسه‌ای فازی چندمتغیره برای ریسک سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته	شناسایی هفت گروه ریسک شامل فناوری، ریسک تحقیق و توسعه، ریسک تولید، ریسک بازار، ریسک مدیریت، ریسک تامین مالی و ریسک محیطی
[۲۶]	ارزیابی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و شبکه عصبی	شناسایی شش گروه ریسک شامل تحقیق و توسعه، فناوری، تولید، مدیریت، بازار و محیطی

در ایران نیز برخی پژوهش‌ها در حوزه سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته انجام شده است که به طور خلاصه در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

جدول ۲- پژوهش‌های داخلی در زمینه ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنایع با فناوری پیشرفته

مرجع	موضوع پژوهش	نتیجه
[۶]	عوامل پدیدآورنده ریسک در شرکت‌های خطرپذیر	ارائه فهرستی از ریسک‌های مهم و مؤثر بر پروژه‌های دارای فناوری پیشرفته شامل ریسک میزان رشد، ریسک فناوری، ریسک بازاریابی، ریسک مالی و ریسک مدیریت
[۵]	طراحی مدل جهت ارزیابی ریسک در شرکت‌های سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر	وجود ارتباط میان عوامل مختلف ریسک با توجه به مراحل مختلف فرایند ارزیابی ریسک و منابع گوناگون اطلاعات
[۱]	بررسی معیارهای ارزیابی پروژه‌های با فناوری پیشرفته	معرفی معیارهای مختلف مؤثر در ارزیابی پروژه‌های با فناوری پیشرفته
[۱۰] و [۱۱]	شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت نانو با استفاده از روش دلفی و فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره	شناسایی ۲۳ عامل اثرگذار در ریسک سرمایه‌گذاری در شرکت‌های دارای فناوری نانو در سه حوزه ریسک‌های تجاری، مالی و سیاسی

گرچه پژوهش‌های معرفی شده به عوامل ریسک در پروژه‌های با فناوری پیشرفته پرداخته‌اند، ولی در مورد ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت هوافضا و بخش هوایی آن در ایران تاکنون تحقیقی انجام نگرفته است. در تحقیق حاضر ریسک‌های سرمایه‌گذاری در بخش هوایی به عنوان یکی از بخش‌های مهم صنعت هوافضا شناسایی و اولویت‌بندی شده است.

۴- ادبیات پژوهش

پروژه‌های مربوط به صنایع با فناوری پیشرفته، بر حسب نوع و ماهیت عوامل و مولفه‌های هر صنعت و زمینه‌های فعالیت آن، ریسک‌های گوناگونی دارند. ولی برخی ریسک‌ها در بین صنایع مختلف مشترک است و تفاوت آنها در میزان ریسک است. در این مقاله ابتدا با استفاده از ادبیات موجود در زمینه ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنایع پیشرفته و کسب نظر خبرگان، مهم‌ترین ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی شناسایی شد. بر این اساس ۳۹ عامل ریسک برای سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی مشخص و در هفت دسته شامل ریسک تحقیق و توسعه، ریسک فناوری، ریسک تولید، ریسک مدیریت، ریسک بازار، ریسک مالی و ریسک محیطی طبقه‌بندی شدند که هر یک از این دسته‌ها در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۴-۱. ریسک تحقیق و توسعه

ریسک تحقیق و توسعه مربوط به عدم اطمینان اهداف مورد انتظار تحقیق و توسعه به دلیل تغییرات در این گونه فعالیت‌ها از جمله مبانی نظری، منابع انسانی، منابع اطلاعاتی، شرایط تحقیق و توسعه و نوپا بودن صنعت است [۳۲، ۳۷].

۱- مبانی نظری: مناسب بودن شالوده‌های نظری پروژه با فناوری پیشرفته، یک عامل مهم در موفقیت پروژه‌ها است. پروژه‌های با فناوری پیشرفته که دارای شالوده نظری مناسب هستند، با صرف تلاش و

هوشمندی خوب احتمال موفقیت بیشتری دارند. برعکس اگر مبنای نظری پروژه منطقی نباشد، حتی اگر پروژه دورنمای خوبی داشته باشد، موفقیت آن امکان‌پذیر نیست.

۲- منابع انسانی: تکیه‌گاه اصلی فعالیت‌های نوآورانه فناوری، افراد هستند. تیم پروژه و کارکنان فنی عوامل مهمی در موفقیت و پیشرفت پروژه‌های با فناوری پیشرفته در صنعت هوایی هستند. وجود ارتباط مطلوب بین بدنه علمی (اعم از مراکز آموزشی و پژوهشی) و بدنه اجرایی می‌تواند زمینه مناسبی برای تحقیق و توسعه در این حوزه فراهم آورد.

۳- منابع اطلاعاتی: یک پروژه با فناوری پیشرفته، خود مجموعه‌ای از دانش و اطلاعات است. اگر اطلاعات مناسبی از پروژه وجود داشته باشد و به خوبی درک شود، امکان موفقیت و نوآورانه بودن آن نیز افزایش می‌یابد [۴۰، ۴۲].

۴- شرایط تحقیق و توسعه: هر چه دشواری فنی و پیچیدگی پروژه بیشتر باشد، ریسک تحقیق و توسعه بیشتر است. هرگاه پروژه به طور موفقیت‌آمیز از مرحله فنی و تولید عبور کند، (که ممکن است فناوری‌های خاصی را پدید آورد) پیچیدگی و دشواری فنی برای شرکت‌های دیگر که قصد ورود به این فعالیت را دارند، مانع محسوب می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته منافع زیادی داشته باشد.

۵- نوپا بودن صنعت: عدم وجود پیشینه کافی، نوپا بودن صنعت هوانوردی در کشور و فاصله نسبتاً زیاد آن با مرز دانش، موجب می‌شود تا برخی مراحل تحقیق و توسعه بیشتر از حد معمول طول بکشد.

۴-۲. ریسک فناوری

ریسک‌های فناوری به معنی ریسک‌های ناشی از ناکارایی ایده‌های جدید و پژوهش‌های علمی (ناکامل بودن خود فناوری‌ها) و ظهور فناوری‌های جایگزین جدید است و شامل رشد فناوری، قابلیت اجرای فناوری، انطباق فناوری و چرخه عمر فناوری است [۳۵، ۴۱].

۱- رشد فناوری: هرگاه یک فناوری در مرحله عدم تکامل (بلوغ) ظهور یابد، در ابتدا حجم کار پس از سرمایه‌گذاری افزایش خواهد یافت و آنگاه کنترل سرمایه‌گذاری دشوارتر خواهد شد. بنابراین یک پروژه تکامل نیافته، احتمال بروز ریسک‌های سرمایه‌گذاری را افزایش خواهد داد.

۲- قابلیت اجرای فناوری: قابلیت اجرای فناوری به معنی درجه دشواری و عمومیت کاربرد فنون در آن است. اگر بتوان از یک فناوری به طور گسترده‌ای استفاده کرد، ریسک‌های فناوری آن بسیار کاهش خواهد یافت و در مقابل اگر دامنه کاربرد فناوری محدود و با شرایط دشواری همراه باشد، ریسک‌های فناوری پروژه نیز افزایش خواهد یافت.

۳- انطباق فناوری: هیچ فناوری‌ای به طور مستقل وجود ندارد و باید با دیگر فناوری‌ها و محصولات مرتبط انطباق یابد. اگر طراحی دیگر فناوری‌های مرتبط با فناوری اصلی پروژه با تأخیر زیاد همراه باشد، این امر بر دورنمای توسعه پروژه‌های با فناوری پیشرفته اثرگذار خواهد بود. برعکس، اگر دیگر فناوری‌های پیشینیان از

بلوغ بیشتری برخوردار باشند، موجب ارتقای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته و فراهم شدن ایده‌ها و ابزارهای توسعه خواهد شد.

۴- قابلیت جایگزینی فناوری: در صورت وجود فناوری‌های جایگزین برای پروژه، احتمال شکست پروژه در اثر نقصان فناوری یا از رده خارج شدن آن کمتر می‌شود.

۵- چرخه عمر فناوری: اگر چرخه عمر فناوری در یک پروژه با فناوری پیشرفته بسیار کوتاه باشد، در آینده نزدیک با پیدایش محصولات جدید حذف می‌شود و در نتیجه ریسک سرمایه‌گذاری آن افزایش می‌یابد. ولی اگر چرخه عمر فناوری از ظهور تا افول آن به اندازه کافی طولانی باشد، پروژه دارای بازده اثبات‌تر و بلندمدت‌تری خواهد بود که می‌تواند ریسک‌های پروژه را کاهش دهد.

۶- محدودیت در مرادوات علمی و انتقال فناوری: وجود محدودیت‌های مربوط به مرادوات علمی و انتقال فناوری، موجب کاهش دسترسی به فناوری‌های روز دنیا و استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه صنعت هوایی می‌شود.

۴-۳. ریسک تولید

این دسته از ریسک‌ها مربوط به عدم اطمینان‌های ناشی از تغییرات در ظرفیت تجهیزات تولید، ترکیب کارکنان تولید، توانایی تهیه مواد اولیه و مانند آن است. این ریسک‌ها در سراسر فرایند تولید وجود دارند.

۱- ظرفیت تجهیزات تولید: ظرفیت تجهیزات تولید به معنی آن است که آیا تجهیزات تولید موجود در سازمان می‌تواند نیازمندی‌های جدید تولید را برآورده سازد یا خیر. اگر بتوان از تجهیزات اصلی تولید در پروژه‌های جدید استفاده کرد، سازمان می‌تواند از مزیت صرفه‌جویی به مقیاس استفاده کند.

۲- ترکیب کارکنان تولید: در عصر اقتصاد دانش محور، فناوری پیشرفته به معنی یکپارچگی دانش است. افراد تکیه‌گاه اصلی پروژه‌های با فناوری پیشرفته محسوب می‌شوند و ترکیب کارکنان تولید، در ظرفیت تولید و توانایی بالقوه پروژه‌های با فناوری پیشرفته تأثیر به‌سزایی دارد و نقش مهمی در موفقیت یا شکست فعالیت‌های سرمایه‌گذاری ایفا می‌کند. اگر کارکنان تولید، از شایستگی‌های فرهنگی بالایی برخوردار باشند، آسان‌تر فناوری‌های جدید را می‌پذیرند و در نتیجه ریسک‌های تولید در پروژه کمتر خواهد بود.

۳- توانایی تهیه مواد اولیه: هزینه تأمین مواد اولیه بر کل هزینه‌های سازمان و تفاوت محصول تأثیرگذار خواهد بود. از این رو سازمان‌ها باید تأثیر تأمین‌کنندگان مواد اولیه، محصولات فرعی، انرژی و دیگر جنبه‌ها را بر فرایند تولید بررسی کنند. یک محصول دارای چشم‌انداز بازار خیلی خوب در صورتی که زنجیره تأمین اثبات و قابل اطمینانی از مواد خام نداشته باشد، با ریسک‌های سرمایه‌گذاری شدیدی روبه‌رو خواهد بود.

۴-۴. ریسک مدیریت

ریسک‌های مدیریتی مربوط به ریسک‌های ناشی از توافق عمومی مدیریت سازمان در مورد سرمایه‌گذاری در پروژه با فناوری پیشرفته و ویژگی‌های مدیران و کارکنان است. برخی از آنها عبارتند از: تجربه و توانمندی مدیران، عقلانیت در ساختار پروژه، علمی بودن فرایند تصمیم‌گیری و سازوکار مدیریت پروژه [۱۷، ۲۳].

۱- تجربه و توانمندی مدیران: پروژه‌های با فناوری پیشرفته دارای برخی ویژگی‌ها هستند که موجب می‌شود مدیر پروژه تبدیل به مرکز اطلاعات مدیریت پروژه شود. از این رو موقعیت مدیر پروژه بسیار مهم است. پایین بودن سطح دانش مدیران پروژه، درک خوبی نداشتن از نوآوری و یا تجربه ناکافی آنها اثرات منفی بر نتایج پروژه می‌گذارد. لذا در ارزیابی ریسک پروژه‌های با فناوری پیشرفته، سازمان‌ها نباید ارزیابی ریسک پروژه را به خود پروژه محدود کنند، بلکه باید به شایستگی و تجربه مدیران نیز توجه کنند.

۲- عقلانیت در ساختار پروژه: آمارهای موجود نشان می‌دهد که در پروژه‌های با فناوری پیشرفته مشابه و دارای ساختار و مدیریت خوب و منطقی، در مقایسه با ساختار و مدیریت پروژه ناکارآمد، نرخ موفقیت بالاتر است. از این رو منطقی بودن ساختار پروژه، تأثیر زیادی بر موفقیت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته دارد.

۳- علمی بودن فرایند تصمیم‌گیری: یک پروژه با فناوری پیشرفته و دارای ظرفیت توسعه باید سیستم تصمیم‌گیری علمی و اثربخش داشته باشد. اگر مدیر پروژه تنها با قضاوت‌های ذهنی و تجربه شخصی خود تصمیم بگیرد، ممکن است در تصمیم‌گیری خود دچار اشتباه شود و منجر به شکست سرمایه‌گذاری گردد.

۴- سازوکار مدیریت پروژه: ایجاد یک سازوکار علمی برای مدیریت پروژه در پروژه‌های با فناوری پیشرفته، در موفقیت سرمایه‌گذاری اهمیت زیادی دارد. سازوکارهای مدیریت علمی می‌تواند انگیزه اعضا برای پیشینه کردن ظرفیت افراد را به طور کامل طرح‌ریزی کند. همچنین می‌تواند امکان پایش و مدیریت مؤثر در فرایند سرمایه‌گذاری را فراهم سازد و از موفقیت پروژه پشتیبانی کند [۳۸، ۳۹].

۵- ثبات مدیریت: به دلیل آنکه بیشتر پروژه‌های موجود در صنعت هوایی، ماهیت بلندمدت دارند، برنامه‌ریزی برای به ثمر رسیدن و بهره‌برداری مطلوب از پروژه‌ها نیازمند داشتن دیدگاه بلندمدت، وجود ثبات مدیریت و جلوگیری از تغییرات مکرر و غیرضروری به ویژه در سطوح ارشد مدیریت پروژه‌ها می‌باشد.

۴-۵. ریسک بازار

ریسک‌های بازار مربوط به عدم اطمینان مزیت‌های رقابتی بازار در اثر گستره‌ای از عوامل داخلی و بیرونی پدید می‌آیند. برخی از آنها عبارتند از: دورنمای بازار نسبت به محصول، رقابت‌پذیری محصول، رقابای بالقوه، قابلیت بازاریابی و غیره [۲۰، ۱۶].

۱- دورنمای بازار نسبت به محصول: درآمد سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته ارتباط نزدیکی با دورنمای بازار دارد. هر چه دورنمای بازار درباره محصولات شرکت بهتر باشد، بازده سرمایه‌گذاری بیشتر خواهد بود.

۲- رقابت‌پذیری محصول: یکی از عوامل مهم در سودآور بودن سرمایه‌گذاری، رقابت‌پذیری محصولات در بازار است. اگر محصولات یک پروژه تنها اندکی نسبت به محصولات مشابه از رقابت‌پذیری بیشتری در بازار برخوردار باشد، خود این موضوع می‌تواند جریان پایداری از عواید سرمایه‌گذاری پدید آورد.

۳- رقابای بالقوه: این ریسک عمدتاً توسط شرایطی مانند تعداد رقبا، قوت رقبا و وابستگی مشتریان به محصولات رقیب تعیین می‌شود. هر چه رقبا بیشتر باشند، بازار رقابتی‌تر و عدم اطمینان نسبت به آینده بیشتر

خواهد بود. اگر رقبا به اندازه کافی قوی نباشند، پروژه‌های سرمایه‌گذاری ما با تهدید جدی روبه‌رو نخواهند بود. برعکس، رقبا قدرتمند از ما باشند، ریسک‌های ناشی از عوامل رقابتی بیشتر خواهد بود.

۴- قابلیت بازاریابی و پیش‌بینی بازار: برخی محصولات پروژه با فناوری پیشرفته باید بر اساس نیازهای بازار و سازماندهی نوآورانه فناوری با تقاضای بازار انطباق یابند؛ و برخی محصولات، سرمایه‌گذاران را ملزم می‌کنند تا توجه مشتریان را با محصولات جدید جلب کنند و ترجیحات مشتریان را هدایت کنند. گرایش ذاتی به مصرف که از طرف مشتریان منعکس می‌شود، بیان‌کننده آن است که تنها محصولات دارای قابلیت‌های رقابت‌پذیری زیاد و توانمند در پیش‌بینی بازار، مشتریان را در کوتاه‌مدت جذب می‌کنند و از ظرفیت تقاضای مشتریان بهره‌برداری می‌کنند.

۵- سرعت ارتقاء و تغییر محصول: هر چه امکان ارتقا و تغییر محصول بیشتر باشد، امکان کسب سهم بیشتر در بازار و پیشی گرفتن از رقبا بیشتر می‌شود.

۷- وجود بازار رقابتی مناسب: وجود بازار رقابتی مناسب و نبود انحصار بخش دولتی در صنعت هوایی، موجب افزایش انگیزه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری و فعالیت در صنعت هوایی می‌شود.

۴-۶. ریسک مالی

سازوکار تأمین مالی و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته نقش مهمی در اجرا و پیشبرد آنها دارد. توانایی پیش‌بینی تغییرات نرخ سود، نرخ ارز، مالیات و مانند اینها موجب می‌شود تا آمادگی لازم برای برنامه‌ریزی مالی و پیشگیری یا مقابله با بحران‌های مالی احتمالی فراهم شود. برخی از مهم‌ترین ریسک‌های مالی عبارتند از: نوسان نرخ سود، نوسان نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات و غیره [۲۲، ۳۶].

۱- نوسان نرخ سود: تغییرات و ناطمینانی زیاد در نرخ‌های سود، موجب ایجاد عدم اطمینان سرمایه‌گذاران برای ورود به بخش هوایی و سرمایه‌گذاری بلندمدت در آن می‌شود. به علاوه نوسان زیاد نرخ سود، تأمین مالی در مراحل بعدی پیشرفت پروژه را با عدم اطمینان همراه می‌سازد.

۲- نوسان نرخ ارز: بخشی از فرایند تولید محصولات در صنعت هوایی نیازمند تهیه قطعات و ملزومات از خارج کشور است که به صورت ارزی وارد می‌شود. از این نوسان زیاد نرخ ارز، موجب می‌شود تا نتوان برآورد درستی از هزینه‌ها و حتی درآمدها (پس از تولید محصول) داشت.

۳- تغییر نرخ مالیات: نوسان نرخ مالیات نیز می‌تواند بر تخمین هزینه مالیاتی در پروژه تأثیرگذار باشد و موجب انحراف در نتایج مورد انتظار شود.

۴- تغییر نرخ تورم: تغییرات شدید در سطح قیمت‌ها، می‌تواند بر هزینه‌های پروژه با فناوری پیشرفته اثرات نامطلوب گذارد و به ویژه در صنعت هوایی که سرمایه‌گذاری بلندمدت صورت می‌گیرد، اثرات تورمی، سرمایه‌گذاران را با کاهش ارزش پول خود در اثر تورم مواجه سازد.

۵- پیچیدگی فرایند تأمین منابع مالی: هرچه فرایند دسترسی به منابع مالی قابل تزیبق برای ادامه پیشرفت پروژه آسان‌تر باشد، احتمال موفقیت پروژه بالاتر می‌رود. وجود رویه‌های دست‌وپاگیر و غیرضروری در مسیر دریافت منابع مالی، به ویژه در مراحل اولیه پیشرفت پروژه را با مشکل مواجه می‌سازد.

۴-۷. ریسک‌های محیطی

برخی از ریسک‌های پروژه‌های با فناوری پیشرفته ناشی از عوامل و متغیرهای محیطی است که سازمان کنترل زیادی روی آنها ندارد. ولی می‌تواند با برنامه‌ریزی مناسب اثرات منفی آنها بر پروژه را به حداقل برساند. برخی از این ریسک‌ها عبارتند از: سیاست‌های صنعتی، شرایط کلان اقتصادی، تغییر قوانین و مقررات، حقوق مالکیت فکری و غیره.

۱- *سیاست‌های صنعتی*: کشورها و مناطق گوناگون معمولاً دارای برنامه‌های و سیاست‌های حمایت از پروژه‌های سرمایه‌گذاری در زمینه توسعه اقتصادی هستند. این حمایت‌ها توسط دولت‌ها می‌تواند بر کارایی کسب و کار تأثیر بگذارد. در عین حال وجود نهادهای متولی مختلف در صنعت هوانوردی ممکن است موجب موازی‌کاری و بروز ضعف در انجام کار تخصصی شود و بین نهادهای گوناگون رقابت منفی پدید آید.

۲- *شرایط کلان اقتصادی*: این عامل برای تعیین عدم اطمینان شرایط اقتصاد کلان دولتی در فرایند سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته به کار می‌رود. بدیهی است هنگامی که تغییرات اقتصاد کلان، در جهت منفی باشد، بر تقاضا برای محصولات پروژه با فناوری پیشرفته تأثیر نامطلوب می‌گذارد. ولی هرگاه شرایط کلان اقتصادی رو به بهبود گذارد، شتاب رشد اقتصادی معمولاً با قیمت‌ها و نرخ رشد بالا همراه می‌شود که موجب افزایش تقاضا برای مواد خام و سرمایه می‌گردد.

۳- *تغییر قوانین و مقررات*: وجود قوانین حمایتی به ویژه در ایجاد فضای کسب و کار مناسب، نقش زیادی در توسعه و پیشبرد پروژه‌های با فناوری پیشرفته دارد. در عین حال بی‌ثباتی در قوانین و مقررات موجب کاهش انگیزه سرمایه‌گذاری و افزایش احتمال شکست در این پروژه‌ها می‌شود.

۴- *حقوق مالکیت فکری*: نبود یا ضعف در مقررات مربوط به حقوق مالکیت فکری موجب می‌شود تا امکان دستیابی رقبا یا سوء استفاده کنندگان به فناوری طراحی شده آسان‌تر شود و پشتوانه لازم برای سرمایه‌گذاری در این پروژه‌ها فراهم نباشد.

۵- *تحریم‌های خارجی*: یکی از عواملی که به ویژه در کشور ایران بر سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته، اثرگذار است، تحریم‌های خارجی به ویژه در زمینه اقتصادی است که موجب می‌شود ضمن محدودیت دسترسی به بازارهای بین‌المللی، سرمایه‌گذاری خارجی در پروژه‌ها کاهش یابد و فرایند تولید با مشکلات زیادی همراه باشد.

۶- *چالش‌های فرهنگی/اجتماعی*: توسعه صنعت هوانوردی ممکن است برخی چالش‌های فرهنگی اجتماعی را نیز به همراه داشته باشد. مانند انتقاداتی که امکان دارد در مورد استفاده از هواپیماهای شخصی پدید آید.

۷- *مشکلات زیست محیطی*: هر گونه سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با فناوری پیشرفته دارای محیط خاصی است که ممکن است بر سرمایه‌گذاری تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد. برای مثال اثرات گازهای گلخانه‌ای بدون شک نقش مهمی در توسعه پروژه‌هایی خواهد داشت که به منظور کاهش اثرات اشعه فرابنفش طراحی می‌گردد و یا افزایش تعداد زمین لرزه‌ها تقاضا برای تجهیزات ضدزلزله را افزایش می‌دهد.

۵- روش پژوهش

با توجه به مباحث مطرح شده در بخش‌های گذشته، پرسش‌های اصلی این تحقیق به شرح ذیل است:

۱- اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در انواع محصولات صنعت هوایی چگونه است؟

۲- ریسک‌های سرمایه‌گذاری در کدام یک از محصولات صنعت هوایی بیشتر است؟

برای پاسخ‌گویی به پرسش‌های فوق، نخست با استفاده از ادبیات تحقیق و مصاحبه با خبرگان، مهم‌ترین ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی شناسایی و در مرحله بعد با به‌کارگیری یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به صورت فازی یعنی روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی^۱، اولویت‌بندی شده‌اند. روش تاپسیس^۲ اولین بار در مرجع [۲۴] معرفی گردید. اساس این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل منفی دارد [۲، ۳].

در روش تاپسیس کلاسیک یا معمولی، برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در مواردی که با عدم قطعیت روبه‌رو هستیم، از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده می‌شود. نظریه فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی عسگرزاده دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی آمریکا عرضه شد [۴۳]. یکی از این روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، روش تاپسیس فازی است. در این روش، عناصر ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هر دو توسط متغیرهای زبانی که به صورت اعداد فازی ارائه شده‌اند، ارزیابی می‌شود و از این طریق بر مشکلات روش تاپسیس کلاسیک غلبه می‌شود. روش‌ها و فنون مختلفی برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد، اما روش تاپسیس حساسیت کمتری نسبت به روش وزن‌دهی به معیارها را دارد [۳۴]. در روش تاپسیس کلاسیک و فازی، تعدادی معیار اصلی و تعدادی گزینه وجود دارد و سطوح سلسله‌مراتبی مسأله دارای سه سطح هدف، معیارهای اصلی و گزینه‌ها است. چنانچه ساختار سلسله‌مراتبی مسأله دارای زیرمعیار باشد، روش‌های تاپسیس کلاسیک و فازی غیر قابل استفاده خواهد بود، به همین دلیل از یک روش توسعه یافته تحت عنوان تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود [۱۲، ۴].

ساختار سلسله‌مراتبی دارای چهار سطح هدف (Goal)، معیارهای اصلی (MA)، معیارهای فرعی (SA) و گزینه‌ها (A) است. هر معیار اصلی دارای r_i معیار فرعی است. اگر عدد فازی مثلی را به صورت (a, b, c) نشان دهیم، مراحل اجرای روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی به شرح ذیل است:

۱- ماتریس (بردار) وزن معیارهای اصلی نسبت به هدف (\tilde{I}_{MA})، محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{I}_{MA} = \begin{matrix} & \text{Goal} \\ & \begin{bmatrix} \tilde{W}_1 \\ \tilde{W}_2 \\ \vdots \\ \tilde{W}_n \end{bmatrix} \\ MA_1 & \\ MA_2 & \\ \vdots & \\ MA_n & \end{matrix}$$

¹. Hierarchical Fuzzy TOPSIS

². Technique for Order-Preferences by Similarity to Ideal Solution

۲- ماتریس وزن معیارهای فرعی نسبت به معیارهای اصلی (\tilde{I}_{SA})، محاسبه می‌شود.

$$\tilde{I}_{SA} = \begin{matrix} MA_1 & MA_2 & \dots & MA_n \\ SA_1 \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \\ SA_2 \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \\ \vdots \\ SA_n \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \end{matrix} \right. \end{matrix} \right. \end{matrix} \right. \end{matrix}$$

۳- ماتریس وزن گزینه‌ها نسبت به معیارهای فرعی که با (\tilde{I}_A)، محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{I}_A = \begin{matrix} SA_1 & SA_2 & \dots & SA_n \\ A_1 \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \\ A_2 \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \\ \vdots \\ A_n \left[\begin{matrix} () & () & \dots & () \end{matrix} \right. \end{matrix} \right. \end{matrix} \right. \end{matrix}$$

مقادیر داخل پراتنز با استفاده از اعداد فازی تعیین می‌شوند. در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی بدین منظور استفاده می‌شود. ماتریس‌های وزن معیارها نسبت به هدف و معیارهای فرعی نسبت به معیارهای اصلی با استفاده از پرسشنامه که توسط خبرگان پر می‌شود، به دست می‌آید.

۴- به منظور بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم A ، با استفاده از روش مورد استفاده در مرجع [۱۹]، این ماتریس به صورت خطی نرمال می‌شود تا ماتریس \tilde{I}_A به دست آید.

۵- ماتریس تصمیم نرمال شده وزن دار (V_{ij}) با ضرب کردن ماتریس تصمیم نرمال شده در ماتریس وزن محاسبه می‌شود.

۶- رتبه اعداد فازی در ماتریس V_{ij} که با $M(V_{ij})$ نشان داده می‌شود، بر اساس روش لی و لای در مرجع [۲۸] به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

$$M(V_{ij}) = \frac{-a_{ij}^2 + c_{ij}^2 - a_{ij}b_{ij} + c_{ij}b_{ij}}{3(-a_{ij} + c_{ij})} \quad (۱)$$

پس از به دست آوردن مقادیر $M(V_{ij})$ به ازای هر ستون j ، \tilde{V}_{ij}^- ای را که دارای بیشترین مقدار $M(V_{ij})$ است به عنوان \tilde{V}_{ij}^- معرفی می‌شود.

۷- جواب ایده‌آل مثبت (D^+) یا جواب ایده‌آل منفی (D^-) محاسبه می‌شود. اگر روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود.

$$D^+ = \begin{cases} 1 - \frac{c_{ij} - a^+}{b^+ + c_{ij} - a^+ + b_{ij}}; & b_{ij} < b^+ \\ 1 - \frac{c^+ - a_{ij}}{b_{ij} + c^+ - a_{ij} - b^+}; & b_{ij} > b^+ \end{cases} \quad (۲)$$

$$D^{-} = \begin{cases} 1 - \frac{c^{-} - a_{ij}}{b_{ij} + c^{-} - a_{ij} - b^{-}}; & b^{-} < b_{ij} \\ 1 - \frac{c^{+} - a_{ij}}{b^{-} + c_{ij} - a^{-} + b_{ij}}; & b^{-} > b_{ij} \end{cases} \quad (۳)$$

۸- اندازه فاصله هر گزینه نسبت به ایده آل مثبت و منفی (S^{+}, S^{-}) با استفاده از روابط (۴) و (۵) محاسبه می‌شود.

$$S_i^{+} = \sum_{j=1}^n D_{ij}^{+} \quad (۴)$$

$$S_i^{-} = \sum_{j=1}^n D_{ij}^{-} \quad (۵)$$

۹- شاخص نزدیکی هر گزینه به ایده آل (C_i^{+}) به دست می‌آید. این شاخص به منظور ترکیب کردن مقادیر S_i^{+} و S_i^{-} در نتیجه مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$C_i^{+} = \frac{S_i^{-}}{S_i^{+} + S_i^{-}} \quad (۶)$$

۱۰- بر اساس ترتیب نزولی C_i^{+} گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند [۱۲، ۹، ۱۸].

قلمرو موضوعی تحقیق حاضر در زمینه ریسک‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دارای فناوری پیشرفته است که در آن، صنعت هوافضا برای مطالعه انتخاب شده است. قلمرو مکانی تحقیق، حوزه هوایی و هوانوردی صنعت هوافضا در کشور ایران است. علت انتخاب حوزه هوایی و هوانوردی بر اساس سند جامع توسعه هوافضای کشور آن است که در حال حاضر این بخش از صنعت هوافضا نسبت به حوزه فضایی از پتانسیل بهتری برای سرمایه‌گذاری برخوردار است. همچنین به دلیل ماهیت راهبردی و دسترسی محدود به اطلاعات در بخش نظامی، تنها بخش غیرنظامی (تجاری) در حوزه هوایی و هوانوردی بررسی شده است. قلمرو زمانی تحقیق نیز شرایط اقتصادی کشور در زمان برنامه پنجم توسعه است.

خبرگان مد نظر در این تحقیق از بین افراد متخصص و فعال در حوزه صنعت هوایی انتخاب شده‌اند. در روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه با استفاده از نظرات خبرگان، تعداد زیاد نمونه اهمیت چندانی ندارد، بلکه آنچه مهم‌تر است، انتخاب خبرگان مرتبط است. لذا در این تحقیق سعی شده است که افراد متخصص و آشنا در حوزه صنعت هوایی شناسایی و از نظرات آنها استفاده شود. این خبرگان شامل اساتید دانشگاه، مدیران و کارشناسان فعال در سازمان‌ها و شرکت‌های مرتبط با حوزه هوایی و هوانوردی می‌باشند. در جدول (۳) اسامی نهادهایی که خبرگان تحقیق از آنها انتخاب شده‌اند، ذکر شده است.

جدول ۳- سازمان‌ها و شرکت‌های منتخب برای نظرسنجی از خبرگان

ردیف	نام نهاد	نام حوزه مربوطه
۱	دانشگاه صنعتی مالک اشتر	مجتمع دانشگاهی مدیریت و فناوری‌های نرم مجتمع دانشگاهی هوافضا
۲	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	دانشکده هوافضا
۳	سازمان صنایع هوایی نیروهای مسلح	بخش تحقیق و توسعه

بخش‌های مالی و اقتصادی		
بخش تحقیق و توسعه بخش‌های مالی و اقتصادی	شرکت مهندسی تعمیرات هواپیمای فارسکو	۴
بخش تحقیق و توسعه	شرکت پشتیبانی و نوسازی هلیکوپترهای ایران (پنجا)	۵
بخش تحقیق و توسعه	شرکت صنایع هواپیماسازی ایران (سها)	۶
مدیریت ارشد	شرکت هلی پارس	۷
بخش تحقیق و توسعه	پژوهشکده هوایی	۸

پیش از تحلیل نتایج تحقیق، روایی و پایایی پرسشنامه ارزیابی شده است. در این تحقیق برای سنجش روایی پرسشنامه، روایی صوری از طریق ارائه آن به خبرگان و دریافت نظرات مثبت آنها مورد بررسی قرار گرفته و تأیید شد. برای سنجش پایایی پرسشنامه از دو روش ضریب آلفای کرونباخ و روش گاتمن استفاده شده است. همان‌طور که جدول ۴ بر اساس خروجی SPSS نشان می‌دهد، ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰/۹۵۹ است که سطح بالایی از پایایی را نشان می‌دهد. همچنین مقادیر ضریب لاندا در روش گاتمن نیز از مقدار بالایی برخوردار است.

جدول ۴- نتایج آزمون پایایی بر اساس دو روش آلفای کرونباخ و گاتمن برای پرسشنامه مرحله دوم

Case Processing Summary

	N	%
Valid	۳۵	۱۰۰
Cases Excluded ^a	۰	۰
Total	۳۵	۱۰۰

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
۰/۹۵۹	۳۹

Reliability Statistics

Lambda	۱	۰/۹۳۴
	۲	۰/۹۶۳
	۳	۰/۹۵۹
	۴	۰/۹۲۵
	۵	۰/۹۴۸
	۶	.
N of Items		۳۹

۶- نتایج پژوهش

پس از دسته‌بندی ریسک‌های گوناگون بر اساس نظرسنجی از خبرگان، پرسشنامه مربوط به اولویت‌بندی ریسک‌ها طراحی شد. در این پرسشنامه، از خبرگان خواسته شد تا اهمیت ریسک‌ها را در هر دسته کلی و در هر یک از محصولات صنعت هوایی با عددی بین ۱ تا ۵ مشخص کنند. این پرسشنامه بین ۵۰ نفر از خبرگان توزیع شد که از میان آنها ۳۵ پرسشنامه تکمیل شد. پرسشنامه‌های تکمیل شده بر اساس روش تاپسیس فازی سلسله مراتبی تحلیل شد تا نتایج اولویت‌بندی مشخص گردد. شایان ذکر است در هر پرسشنامه علاوه بر جدول تعیین اولویت‌ها، توضیح کاملی درباره هر یک از انواع ریسک‌ها و زیرمجموعه‌ها وجود داشت تا ابهام درباره تعریف آنها وجود نداشته باشد.

نتایج این تحقیق در دو بخش به دست آمده است؛ در بخش نخست انواع محصولات صنعت هوایی بر حسب میزان ریسک‌های سرمایه‌گذاری در آنها اولویت‌بندی شده‌اند و در بخش دوم انواع ریسک‌های سرمایه‌گذاری در محصولات صنعت هوایی رتبه‌بندی شده‌اند.

۶-۱ اولویت‌بندی محصولات صنعت هوایی بر حسب ریسک‌های سرمایه‌گذاری

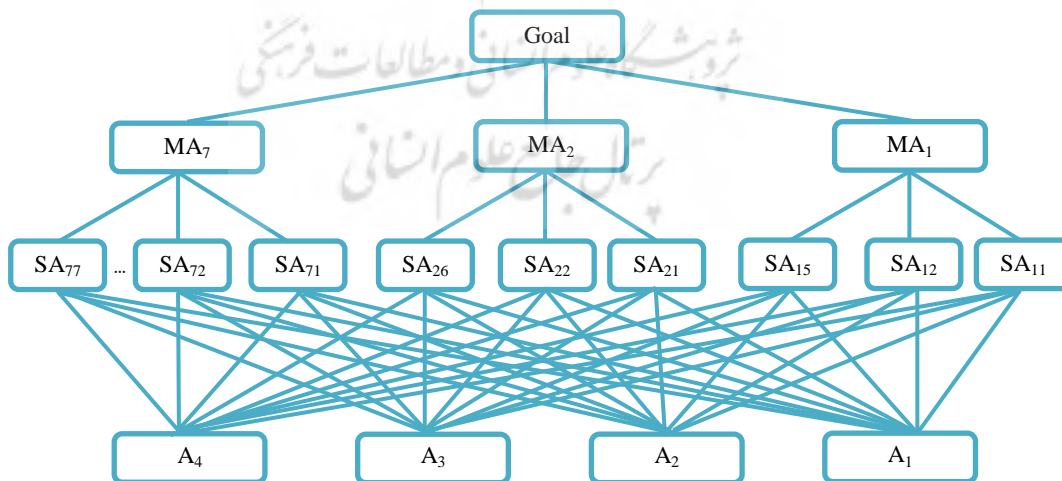
در ابتدا متغیرهای مربوطه در سطوح مختلف ساختار سلسله مراتبی به صورت جدول (۵) نام‌گذاری شده‌اند.

جدول ۵- نمادگذاری متغیرهای تحقیق در بخش اول

سطح	متغیر	نماد	متغیر	نماد
هدف اصلی	اولویت‌بندی محصولات صنعت هوایی از نظر ریسک‌های سرمایه‌گذاری	Goal		
سطح اول: معیارهای اصلی	ریسک تحقیق و توسعه	MA ₁		
	ریسک فناوری	MA ₂		
	ریسک تولید	MA ₃		
	ریسک مدیریت	MA ₄		
	ریسک بازار	MA ₅		
	ریسک مالی	MA ₆		
	ریسک محیطی	MA ₇		
سطح دوم: معیارهای فرعی	مبانی نظری	SA ₁₁	دورنمای بازار نسبت به محصول	SA ₅₁
	منابع انسانی	SA ₁₂	رقابت‌پذیری محصول	SA ₅₂
	منابع اطلاعاتی	SA ₁₃	رقبای بالقوه	SA ₅₃
	شرایط تحقیق و توسعه	SA ₁₄	توانایی بازاریابی و پیش‌بینی بازار	SA ₅₄
	نوپا بودن صنعت	SA ₁₅	سرعت ارتقاء و تغییر محصول	SA ₅₅
	رشد فناوری	SA ₂₁	وجود بازار رقابتی مناسب	SA ₅₆
	قابلیت اجرای فناوری	SA ₂₂	نوسان نرخ سود	SA ₆₁
	انطباق فناوری	SA ₂₃	نوسان نرخ ارز	SA ₆₂

SA ₆₃	تغییر نرخ مالیات	SA ₂₄	قابلیت جایگزینی فناوری	
SA ₆₄	تغییر نرخ تورم	SA ₂₅	چرخه عمر فناوری	
SA ₆₅	پیچیدگی فرایند تأمین منابع مالی	SA ₂₆	محدودیت مراودات علمی و انتقال فناوری	
SA ₇₁	سیاست‌های صنعتی	SA ₃₁	ظرفیت تجهیزات تولید	
SA ₇₂	شرایط کلان اقتصادی	SA ₃₂	ترکیب کارکنان تولید	
SA ₇₃	تغییر قوانین و مقررات	SA ₃₃	توانایی تهیه مواد اولیه	
SA ₇₄	حقوق مالکیت فکری	SA ₃₄	کیفیت محصولات	
SA ₇₅	تحریم‌های خارجی	SA ₃₅	میزان استاندارد بودن فرایند تولید	
SA ₇₆	چالش‌های فرهنگی اجتماعی	SA ₄₁	تجربه و توانمندی مدیران	
SA ₇₇	مشکلات زیست محیطی	SA ₄₂	عقلانیت در ساختار پروژه	
		SA ₄₃	علمی‌بودن فرایند تصمیم‌گیری	
		SA ₄₄	سازوکار مدیریت پروژه	
		SA ₄₅	ثبات مدیریت	
		A ₁	هوانوردی عمومی		سطح سوم: گزینه‌ها
		A ₂	جت منطقه‌ای	
		A ₃	باریک پیکر	
		A ₄	پهن پیکر	

ساختار سلسله مراتبی متغیرها در بخش اول تحقیق، دارای چهار سطح هدف (اولویت‌بندی محصولات)، معیارهای اصلی (ریسک‌های عمده)، زیرمعیارها (ریسک‌های فرعی) و گزینه‌ها (محصولات صنعت هوایی) است (شکل ۱). در این ساختار، هفت معیار اصلی، ۳۹ معیار فرعی و چهار گزینه وجود دارد.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی محصولات صنعت هوایی بر حسب ریسک‌های سرمایه‌گذاری

در تحقیق حاضر پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان درباره اولویت ریسک‌های سرمایه‌گذاری در محصولات مختلف صنعت هوایی، تحلیل داده‌های گردآوری شده با استفاده از روش تاپسیس سلسله مراتبی فازی انجام شد. بدین منظور ابتدا اعداد قطعی در هر پرسشنامه به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده‌اند و سپس میانگین اعداد فازی بین خبرگان محاسبه شده است. برای تعیین وزن هر معیار اصلی نسبت به هدف و همچنین هر زیرمعیار نسبت به معیار اصلی و تعیین امتیاز (اهمیت) گزینه‌ها نسبت زیرمعیارها از جدول (۶) استفاده می‌شود [۲۷].

جدول ۶- وزن هر معیار اصلی نسبت به هدف و معیار فرعی نسبت به معیار اصلی

مقادیر فازی مورد استفاده برای تعیین اهمیت گزینه‌ها		مقادیر فازی مورد استفاده برای تعیین وزن‌ها	
توصیف	بیان فازی مثلثی	توصیف	بیان فازی مثلثی
خیلی ضعیف	(۰ و ۰ و ۲۰)	خیلی کم	(۰ و ۰ و ۰/۲)
ضعیف	(۰ و ۲۰ و ۴۰)	کم	(۰ و ۰/۲ و ۰/۴)
متوسط	(۳۰ و ۵۰ و ۷۰)	متوسط	(۰/۵ و ۰/۷ و ۰/۳)
قوی	(۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰)	زیاد	(۰/۶ و ۰/۸ و ۱)
خیلی قوی	(۸۰ و ۱۰۰ و ۱۰۰)	خیلی زیاد	(۰/۸ و ۱ و ۱)

نتایج به دست آمده در روش تاپسیس سلسله مراتبی فازی به ترتیب مراحل صورت گرفته به شرح ذیل است:
 ۱- ماتریس وزن معیارهای اصلی (ریسک‌های عمده) نسبت به هدف (MA):

Goal

MA ₁	(۰/۶۰۹, ۰/۸۰۳, ۰/۹۱۵)
MA ₂	(۰/۶۰۶, ۰/۸۰۶, ۰/۹۴۷)
MA ₃	(۰/۵۶۵, ۰/۷۶۵, ۰/۸۷۶)
MA ₄	(۰/۵۸۵, ۰/۷۸۵, ۰/۹۰۳)
MA ₅	(۰/۵۷۹, ۰/۷۶۲, ۰/۸۸۵)
MA ₆	(۰/۵۶۲, ۰/۷۶۲, ۰/۸۸۵)
MA ₇	(۰/۴۲۹, ۰/۶۲۹, ۰/۷۸۸)

۲- ماتریس وزن معیارهای فرعی نسبت به معیارهای اصلی (SA):

	MA ₁	MA ₂ ...	MA ₇
SA ₁₁	(۰/۴۸۳, ۰/۶۷۷, ۰/۸۳۱)	• ...	•
SA ₁₂	(۰/۶۰۶, ۰/۸۰۶, ۰/۹۱۴)	• ...	•

SA ₁₃	(۰/۵۲۶, ۰/۷۲۶, ۰/۸۴۶)	• ...	•
SA ₁₄	(۰/۵۴۶, ۰/۷۴۶, ۰/۸۸۹)	• ...	•
SA ₁₅	(۰/۵۷۷, ۰/۷۷۱, ۰/۸۹۱)	• ...	•
SA ₂₁	• (۰/۴۸۶, ۰/۶۸۶, ۰/۸۲۹) ...		•
SA ₂₂	• (۰/۴۸۳, ۰/۶۷۷, ۰/۸۳۱) ...		•
SA ₂₃	• (۰/۵۰۹, ۰/۶۹۷, ۰/۸۵۱) ...		•
SA ₂₄	• (۰/۴۴, ۰/۶۳۴, ۰/۷۸۹) ...		•
SA ₂₅	• (۰/۵۱۴, ۰/۷۰۹, ۰/۸۵۷) ...		•
SA ₂₆	• (۰/۵۵۷, ۰/۷۵۷, ۰/۹۰۶) ...		•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
SA ₇₁	•	• ... (۰/۵۰۹, ۰/۷۰۹, ۰/۸۴۶)	
SA ₇₂	•	• ... (۰/۵۲۶, ۰/۷۲۶, ۰/۸۶۳)	
SA ₇₃	•	• ... (۰/۵۱۱, ۰/۷۰۰, ۰/۸۴۳)	
SA ₇₄	•	• ... (۰/۴۲۳, ۰/۶۰۶, ۰/۷۶۰)	
SA ₇₅	•	• ... (۰/۶۵۱, ۰/۸۵۱, ۰/۹۴۹)	
SA ₇₆	•	• ... (۰/۲۵۴, ۰/۴۵۴, ۰/۶۳۱)	
SA ₇₇	•	• ... (۰/۲۹۴, ۰/۴۷۷, ۰/۶۴۹)	

۳- ماتریس وزن معیارهای فرعی با توجه به وزن معیارهای اصلی تعدیل می‌شود:

	MA ₁	MA ₂ ...	MA ₇
SA ₁₁	(۰/۲۹۴, ۰/۵۴۴, ۰/۷۶۱)	• ...	•
SA ₁₂	(۰/۳۶۹, ۰/۶۴۷, ۰/۸۳۶)	• ...	•
SA ₁₃	(۰/۳۲۰, ۰/۵۸۳, ۰/۷۷۴)	• ...	•
SA ₁₄	(۰/۳۳۲, ۰/۵۹۹, ۰/۸۱۳)	• ...	•
SA ₁₅	(۰/۳۵۱, ۰/۶۱۹, ۰/۸۱۵)	• ...	•
SA ₂₁	• (۰/۲۹۴, ۰/۵۵۳, ۰/۷۸۵) ...		•
SA ₂₂	• (۰/۲۹۳, ۰/۵۴۶, ۰/۷۸۷) ...		•
SA ₂₃	• (۰/۳۰۸, ۰/۵۶۲, ۰/۸۰۶) ...		•

SA ₂₄	• (۰/۲۶۷, ۰/۵۱۱, ۰/۷۴۷) ...	•
SA ₂₅	• (۰/۳۱۲, ۰/۵۷۱, ۰/۸۱۲) ...	•
SA ₂₆	• (۰/۳۳۸, ۰/۶۱۰, ۰/۷۵۸) ...	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
SA ₇₁	• ... (۰/۲۱۸, ۰/۴۴۶, ۰/۶۶۷)	•
SA ₇₂	• ... (۰/۲۲۶, ۰/۴۵۷, ۰/۶۸۰)	•
SA ₇₃	• ... (۰/۲۲۰, ۰/۴۴۱, ۰/۶۶۴)	•
SA ₇₄	• ... (۰/۱۸۲, ۰/۳۸۱, ۰/۵۹۹)	•
SA ₇₅	• ... (۰/۲۸۰, ۰/۵۳۶, ۰/۷۴۷)	•
SA ₇₆	• ... (۰/۱۰۹, ۰/۲۸۶, ۰/۴۹۸)	•
SA ₇₇	• ... (۰/۱۲۶, ۰/۳۰۰, ۰/۵۱۱)	•

۴- ماتریس شدت ریسک در گزینه‌ها یعنی محصولات صنعت هوایی (A) به شرح ذیل برآورد شد:

	SA ₁₁	SA ₁₂	...	SA ₇₇
A ₁	(۱۸/۸۶, ۳۵/۴۳, ۵۵/۴۳)	(۱۸/۸۶, ۳۳/۱۴, ۵۳/۱۴)	...	(۱۵/۱۴, ۳۱/۷۱, ۵۱/۱۴)
A ₂	(۳۲/۰۰, ۵۱/۴۳, ۷۰/۲۹)	(۳۱/۷۱, ۵۰/۵۷, ۶۸/۸۶)	...	(۱۵/۷۱, ۳۲/۸۶, ۵۱/۷۱)
A ₃	(۴۷/۷۱, ۶۷/۷۱, ۸۵/۴۳)	(۴۰/۲۹, ۵۹/۱۴, ۷۵/۷۱)	...	(۲۴/۵۷, ۴۱/۷۱, ۶۱/۱۴)
A ₄	(۶۰/۲۹, ۸۰/۲۹, ۹۰/۵۷)	(۵۳/۴۳, ۷۲/۶۸, ۸۴/۸۶)	...	(۳۲/۲۹, ۴۸/۸۶, ۶۸/۲۹)

۵- ماتریس شدت ریسک در گزینه‌ها به صورت نرمال تبدیل شد تا ماتریس zjz به دست آید:

	SA ₁₁	SA ₁₂	...	SA ₇₇
A ₁	(۰/۲۰۸, ۰/۳۹۱, ۰/۶۱۲)	(۰/۲۲۲, ۰/۳۹۱, ۰/۶۲۶)	...	(۰/۲۲۲, ۰/۴۶۴, ۰/۷۴۹)
A ₂	(۰/۳۵۳, ۰/۵۶۸, ۰/۷۷۶)	(۰/۳۷۴, ۰/۵۹۶, ۰/۸۱۱)	...	(۰/۲۳۰, ۰/۴۸۱, ۰/۷۵۷)
A ₃	(۰/۵۲۷, ۰/۷۴۷, ۰/۹۴۳)	(۰/۴۵۷, ۰/۶۹۷, ۰/۸۹۲)	...	(۰/۳۶۰, ۰/۶۱۱, ۰/۸۹۵)
A ₄	(۰/۶۶۶, ۰/۸۸۶, ۱/۰۰۰)	(۰/۶۳, ۰/۸۵۹, ۱/۰۰۰)	...	(۰/۴۷۳, ۰/۷۱۵, ۱/۰۰۰)

۶- از ضرب ماتریس V_{ij} در ماتریس وزن معیارها، ماتریس V به دست می‌آید:

	SA_{11}	SA_{12}	...	SA_{77}
A_1	(۰/۰۶۱, ۰/۲۱۳, ۰/۴۶۵)	(۰/۰۸۲, ۰/۲۵۳, ۰/۵۲۴)	...	(۰/۰۲۸, ۰/۱۳۹, ۰/۳۸۳)
A_2	(۰/۱۰۴, ۰/۳۰۹, ۰/۵۹۰)	(۰/۱۳۸, ۰/۳۸۶, ۰/۶۷۹)	...	(۰/۰۲۹, ۰/۱۴۵, ۰/۳۸۷)
A_3	(۰/۱۵۵, ۰/۴۰۶, ۰/۷۱۷)	(۰/۱۷۵, ۰/۴۵۱, ۰/۷۴۶)	...	(۰/۰۴۵, ۰/۱۸۳, ۰/۴۵۸)
A_4	(۰/۱۹۶, ۰/۴۸۲, ۰/۷۶۱)	(۰/۲۳۲, ۰/۵۵۵, ۰/۸۳۶)	...	(۰/۰۶۰, ۰/۲۱۵, ۰/۵۱۱)

۷- مقادیر $M(V_{ij})$ برای ماتریس V محاسبه شده است:

	SA_{11}	SA_{12}	SA_{13}	...	SA_{75}	SA_{76}	SA_{77}
A_1	۰/۲۵۳	۰/۲۹۶	۰/۲۴۶	...	۰/۳۵۰	۰/۲۵۵	۰/۱۸۵
A_2	۰/۳۴۹	۰/۴۲۴	۰/۳۶۸	...	۰/۴۵۴	۰/۲۰۳	۰/۱۸۸
A_3	۰/۴۵۵	۰/۴۹۳	۰/۴۶۷	...	۰/۴۹۴	۰/۱۹۰	۰/۲۳۲
A_4	۰/۵۲۵	۰/۶۰۱	۰/۵۴۳	...	۰/۵۳۰	۰/۲۱۶	۰/۲۶۷

۸- جواب ایده‌آل مثبت (D^+) به صورت زیر به دست آمده است:

	SA_{11}	SA_{12}	SA_{13}	...	SA_{75}	SA_{76}	SA_{77}
A_1	۰/۵۰۰	۰/۵۰۹	۰/۵۴۱	...	۰/۳۲۸	.	۰/۱۸۹
A_2	۰/۳۰۵	۰/۲۷۶	۰/۳۰۰	...	۰/۱۳۸	۰/۱۲۵	۰/۱۷۷
A_3	۰/۱۲۶	۰/۱۶۹	۰/۱۳۴	...	۰/۰۶۴	۰/۱۵۸	۰/۰۷۳
A_4	.	.	.	...	.	.	.

۹- جواب ایده‌آل منفی (D^-) به صورت زیر به دست آمده است:

	SA_{11}	SA_{12}	SA_{13}	...	SA_{75}	SA_{76}	SA_{77}
A_1	.	.	.	...	۰/۵۴۳	.	.
A_2	۰/۶۵۸	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴	...	۰/۷۰۸	۰/۳۶۳	۰/۳۳۶
A_3	۰/۸۸۳	۰/۸۶۷	۰/۹۳۹	...	۰/۸۰۳	.	۰/۴۷۷
A_4	۱/۰۳۱	۱/۰۵۳	۱/۰۹۰	...	۰/۸۷۵	۰/۴۰۵	۰/۵۷۸

۱۰- فاصله گزینه‌ها از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی، شاخص نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل و شاخص نزدیکی نرمال شده به صورت زیر محاسبه شده است:

رتبه	شاخص نرمال شده	نزدیکی شاخص نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل (C)	$-S$	$+S$	گزینه
۴	۰/۰۱۴	۰/۰۳۹	۰/۵۴۳	۱۳/۲۹۸	A_1
۳	۰/۲۸۷	۰/۷۸۱	۲۴/۶۸۴	۶/۹۳۳	A_2
۲	۰/۳۳۱	۰/۸۹۹	۲۹/۰۳۱	۳/۲۴۴	A_3
۱	۰/۳۶۷	۰/۹۹۷	۳۲/۰۳۸	۰/۰۹۵	A_4

همان‌طور که اولویت‌بندی بالا نشان می‌دهد، میزان ریسک در محصولات صنعت هوایی از بیشترین به کمترین به ترتیب عبارت است از: پهن‌پیکر، باریک‌پیکر، جت منطقه‌ای و هوانوردی عمومی.

۲-۶ اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در محصولات صنعت هوایی

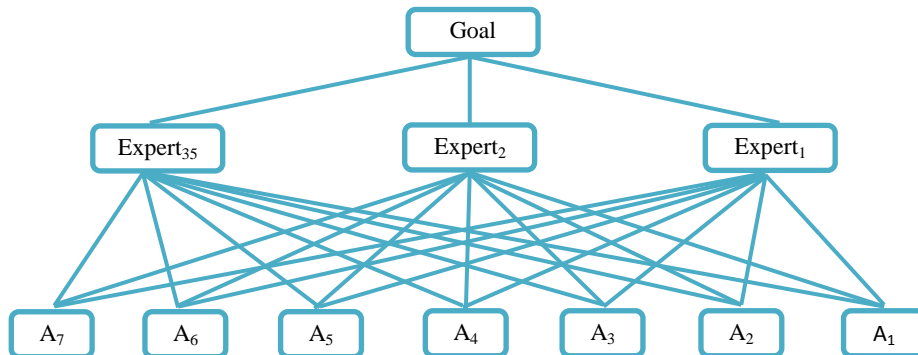
از آنجا که یکی از اهداف تحقیق، اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در هر یک از محصولات صنعت هوایی است، روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی را برای اولویت‌بندی ریسک‌ها نیز اجرا کرده‌ایم. با این تفاوت که این بار، انواع ریسک‌های سرمایه‌گذاری به عنوان گزینه‌ها و هر یک از خبرگان نیز به عنوان معیار در نظر گرفته می‌شوند. در جدول (۷) متغیرهای تحقیق در این بخش نام‌گذاری شده‌اند.

جدول ۷- نمادگذاری متغیرهای تحقیق در بخش دوم

سطح	متغیر	نماد
هدف اصلی	اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در محصولات صنعت هوایی	Goal
سطح اول: معیارهای اصلی	خبره اول	Expert ₁
	خبره دوم	Expert ₂

	خبره سی و پنجم	Expert ₃₅
سطح دوم: گزینه‌ها	ریسک تحقیق و توسعه	A_1
	ریسک فناوری	A_2
	ریسک تولید	A_3
	ریسک مدیریت	A_4
	ریسک بازار	A_5
	ریسک مالی	A_6
	ریسک محیطی	A_7

ساختار سلسله‌مراتبی در این حالت در شکل (۲) ترسیم شده است:



شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در محصولات صنعت هوایی

با انجام مراحل روش تاپسیس فازی، همانند بخش اول، اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در هر یک از محصولات صنعت هوایی به شرح جداول (۸) و (۹) به دست می‌آید.

جدول ۸- شاخص نزدیکی نرمال شده در انواع محصولات صنعت هوایی

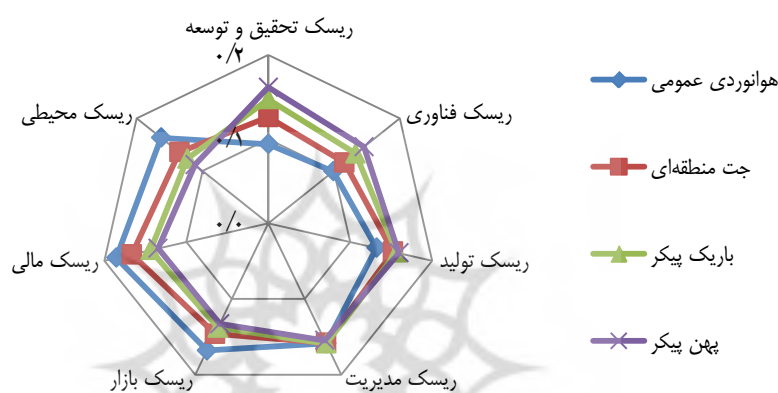
گزینه	شاخص نزدیکی نرمال شده				
	هوانوردی عمومی	جت منطقه‌ای	باریک‌پیکر	پهن‌پیکر	میانگین
ریسک تحقیق و توسعه	۰/۰۹۴	۰/۱۲۶	۰/۱۴۷	۰/۱۶۲	۰/۱۳۲
ریسک فناوری	۰/۰۹۹	۰/۱۱۶	۰/۱۳۳	۰/۱۴۶	۰/۱۲۳
ریسک تولید	۰/۱۳۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۷	۰/۱۵۹	۰/۱۵۰
ریسک مدیریت	۰/۱۵۹	۰/۱۵۸	۰/۱۵۹	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸
ریسک بازار	۰/۱۶۸	۰/۱۴۶	۰/۱۳۸	۰/۱۳۳	۰/۱۴۶
ریسک مالی	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۱۴۴	۰/۱۳۴	۰/۱۵۷
ریسک محیطی	۰/۱۶۳	۰/۱۳۵	۰/۱۲۳	۰/۱۱۱	۰/۱۳۳

جدول ۹- رتبه‌بندی انواع ریسک‌های سرمایه‌گذاری در انواع محصولات صنعت هوایی

گزینه	رتبه (اهمیت ریسک از بیشترین به کمترین)				
	هوانوردی عمومی	جت منطقه‌ای	باریک‌پیکر	پهن‌پیکر	میانگین کل محصولات
ریسک تحقیق و توسعه	۷	۶	۳	۱	۶
ریسک فناوری	۶	۷	۶	۴	۷
ریسک تولید	۵	۳	۲	۲	۳

ریسک مدیریت	۴	۲	۱	۳	۱
ریسک بازار	۲	۴	۵	۶	۴
ریسک مالی	۱	۱	۴	۵	۲
ریسک محیطی	۳	۵	۷	۷	۵

مقادیر جدول (۹) در قالب شکل (۳) نمایش داده شده‌اند.



شکل ۳- ریسک‌های سرمایه‌گذاری در انواع محصولات هوایی

با توجه به نتایج جدول (۹) مشخص است که از نظر خبرگان، ریسک مالی در هوانوردی عمومی اهمیت بیشتری دارد، پس از آن به ترتیب ریسک بازار و ریسک محیطی بیشترین اهمیت را دارند. در جت منطقه‌ای نیز ریسک مالی اهمیت مهم‌تر است و پس از آن ریسک‌های مدیریت و تولید بیشترین اهمیت را دارند. در هواپیماهای باریک‌پیکر، ریسک مدیریت مهم‌تر است و پس از آن، ریسک تولید و ریسک تحقیق و توسعه درجه اهمیت بالاتری دارند. سرانجام در هواپیماهای پهن‌پیکر ریسک تحقیق و توسعه، ریسک تولید و ریسک مدیریت به ترتیب بالاترین اهمیت را دارند. می‌توان علت این امر را در پیچیدگی طراحی و تولید هواپیماهای پهن‌پیکر جستجو کرد که به‌ویژه در مراحل تحقیقاتی با چالش‌های فراوانی روبه‌رو است. در مجموع با توجه به مقادیر میانگین شاخص نزدیکی نرمال شده، می‌توان گفت ریسک مدیریت بیشترین اهمیت را در محصولات هوایی دارد و پس از آن، ریسک مالی و ریسک تولید از اهمیت بالاتری در محصولات هوایی برخوردارند.

۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

صنعت هوافضا به عنوان یکی از صنایع با فناوری پیشرفته از اهمیت ویژه‌ای در توسعه اقتصادی جوامع برخوردار است. رشد و پیشرفت این صنعت به عوامل زیادی بستگی دارد که یکی از آنها سرمایه‌گذاری دولت‌ها، شرکت‌ها و حتی اشخاص است. با این حال به دلیل مولفه‌های خاص صنایع با فناوری پیشرفته و به ویژه صنعت هوافضا، سرمایه‌گذاری در این صنایع با ریسک‌های زیادی روبه‌رو است. از این رو بررسی و اولویت‌بندی ریسک‌های صنعت هوافضا، می‌تواند به متولیان و سرمایه‌گذاران برای ورود به این صنعت و سرمایه‌گذاری در آن کمک کند.

با وجود ویژگی‌های خاص صنعت هوافضا و ریسک‌های ویژه‌ای که در این صنعت وجود دارد، برخی مزیت‌های ویژه نیز در این صنعت وجود دارد که سرمایه‌گذاری در آن را جذاب می‌کند. اول اینکه شرکت‌های فعال در این صنعت، به طور تاریخی خاصیت ضدادواری داشته‌اند و در شرایط رکود، معمولاً بهتر از متوسط بازار عمل می‌کنند. همچنین در این صنعت، می‌توان فناوری‌های جدید را با مشارکت و حمایت دولت پدید آورد. به علاوه صنعت هوافضا وابستگی زیادی به تقاضای دولتی برای محصولات خود دارد. از آنجا که این بخش از تقاضا، به بودجه‌های بلندمدت بستگی دارد و نسبت به تغییر قیمت‌ها در بازار کُشش‌پذیری کمتری دارد، نوسان درآمد در این صنعت کمتر است. از این رو به عنوان یکی از صنایع پرریسک و در عین حال با ظرفیت بالای درآمدزایی، بررسی و تحلیل شرایط و موانع سرمایه‌گذاری در این صنعت ضروری به نظر می‌رسد. نوآوری این مقاله، پرداختن به ریسک‌های سرمایه‌گذاری در بخش هوایی صنعت هوافضا در ایران و سپس اولویت‌بندی آنها با استفاده از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است.

نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر نشان می‌دهد اولویت محصولات صنعت هوایی از بیشترین به کمترین مقدار ریسک به ترتیب عبارت است از: پهن‌پیکر، باریک‌پیکر، جت منطقه‌ای و هوانوردی عمومی. از این رو پیشنهاد می‌شود مراجع تصمیم‌گیرنده و اجرایی برای توسعه صنعت هوایی کشور، با تمرکز راهبردی بر حوزه‌های کم‌ریسک‌تر ابتدا زمینه توسعه محصولات کم‌ریسک‌تر را فراهم سازند و با تقویت بیشتر زیرساخت‌ها و زمینه‌های لازم، امکان سرمایه‌گذاری در محصولات پرریسک‌تر را نیز میسر سازند. در این راستا استفاده از ظرفیت موسسات و نهادهای سرمایه‌گذاری در قالب همکاری راهبردی با صنعت‌گران نقش مهمی در مدیریت ریسک‌های سرمایه‌گذاری در این حوزه خواهد داشت. هرچند سرمایه‌گذاری در صنایع پیشرفته مستلزم آن است که سرمایه‌گذاران تا حدی ریسک‌پذیر باشند، ولی با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان چنین گفت که سرمایه‌گذارانی که درجه ریسک‌پذیری پایین‌تری دارند بهتر است به دنبال سرمایه‌گذاری در محصولات کم‌ریسک‌تر همانند هوانوردی عمومی باشند و در مقابل سرمایه‌گذارانی که مایل به پذیرش ریسک بیشتر هستند، بهتر است در محصولات پرریسک‌تر همانند هواپیماهای پهن‌پیکر سرمایه‌گذاری کنند. در واقع سیاست‌گذاری در زمینه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در صنعت هوانوردی باید به گونه‌ای باشد که متناسب با سلايق و ترجیحات سرمایه‌گذاران (از نظر ریسک‌پذیری) زمینه‌های سرمایه‌گذاری به آنها معرفی شود.

همچنین با توجه به نتایج بخش دیگر مقاله می‌توان گفت در بین انواع ریسک‌های سرمایه‌گذاری در صنعت هوایی به طور میانگین ریسک مدیریت بیشترین اهمیت را دارد و پس از آن، به ترتیب ریسک مالی و ریسک تولید، ریسک بازار، ریسک محیطی، ریسک تحقیق و توسعه و ریسک فناوری اهمیت دارند. شاید بتوان چنین استنباط نمود که اهمیت بالای ریسک مدیریت در نگاه خبرگان، حاکی از لزوم توجه به مدیریت حرفه‌ای و مناسب پروژه‌های صنعت هوایی است و مدیریت این‌گونه پروژه‌ها باید به دست افراد صاحب صلاحیت و تخصص کافی سپرده شود. همچنین باید سازوکارها و ابزارهای موجود در بازارهای پول و سرمایه به منظور تامین مالی پروژه‌های صنعت هوایی به کار گرفته شود و در صورت لزوم ابزارهای مالی جدید بدین منظور طراحی شود. یکی از حوزه‌های مهمی که شایسته است در سطح کلان مورد توجه متولیان امر قرار گیرد، سرمایه‌گذاری مخاطره‌آمیز^۱ است. بدین معنی که بسترها و مشوق‌های لازم برای ورود افراد متمکن، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، بنگاه‌های تجاری توانمند، صندوق‌های سرمایه‌گذاری و مانند اینها در پروژه‌ها و شرکت‌های مرتبط با صنعت هوایی (به‌ویژه مواردی که ریسک آن بالاتر است) فراهم شود و با تامین مالی کارآفرینانه زمینه رشد این صنعت و صنایع مرتبط با آن مهیا گردد.



^۱. Venture Capital

References:

منابع:

۱. اسلامی بیدگلی، غلامرضا، و بیگدلو، مهدی (۱۳۸۵). همسنجی بازده و ریسک فرصت‌های جایگزین سرمایه‌گذاری در ایران. فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، دوره ۱۳، شماره ۲.
۲. اصغرپور، محمدجواد، (۱۳۸۱). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، ویرایش دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۳. آذر، عادل. و رجبزاده، علی (۱۳۸۷). تصمیم‌گیری کاربردی با رویکرد MADM، چاپ سوم، تهران: انتشارات نگاه دانش.
۴. آذر، عادل. و فرجی، حجت، (۱۳۸۶). علم مدیریت فازی، چاپ دوم، تهران: موسسه کتاب مهربان نشر، ۱۳۸۶.
۵. بیگدلو، مهدی. و مصطفوی، امیر (۱۳۸۳). مدل چندمعیاره ارزیابی ریسک برای شرکت‌های سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر. اولین کنفرانس ملی سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر، تهران.
۶. رستمی، محمد (۱۳۸۳). چالش‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در ایران. دومین همایش سرمایه‌گذاری خطرپذیر، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
۷. شورای عالی انقلاب فرهنگی (۱۳۹۰). نقشه جامع علمی کشور.
۸. شورای عالی انقلاب فرهنگی (۱۳۹۱). سند جامع توسعه هوافضای کشور.
۹. عطائی، محمد (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی. ویرایش اول، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
۱۰. مرتضی‌نیا، حمید (۱۳۸۹). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دارای تکنولوژی پیشرفته (مطالعه موردی نانوتکنولوژی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده معارف اسلامی و مدیریت، دانشگاه امام صادق (ع).
۱۱. مرتضی‌نیا، حمید و فلاح‌شمس، میرفیض (۱۳۹۰). شناخت و اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دارای فناوری پیشرفته؛ مورد مطالعه: فناوری نانو. دوفصلنامه اندیشه مدیریت راهبردی، شماره ۱۲.
12. Ates, N.Y., Cevik, S., Kahraman, C., Gulbay, M., Erdogn, A., (2006). Multi-attribute Performance Evaluation Using a Hierarchical Fuzzy TOPSIS Method. Fuzzy Application in Industrial Engineering Studies in Fuzziness and Soft Computing, 201, pp. 537–572.
13. Baker, H. K. and Filbeck G. (2015). Investment Risk Management. Oxford University Press, New York.
14. Bender, J. and Nielsen F. (2009). Best Practices for Investment Risk Management. The Markit Magazine, August, 55–57 .
15. Boeing (2013). Current Market Outlook 2013 –2032.
16. Bonai F. Rongfang Sh. and Demian Ch. (2001). Index System Research on Growing Evaluation of Risk Enterprise in China. Research Management, 2001(01), pp.113-118.
17. Burns J., Noonan J. and Kichak L. (2001). NASA Risk Assessment and Management Roadmap. Systems Engineering Capstone Conference, Hampton, VA.
18. Chan, H. K., and Wang, X. (2013). Fuzzy Hierarchical Model for Risk Assessment. London: Springer.
19. Chen, S.J. and Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multi Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag , p. 536.
20. Chun Ch. (2007). Research on Venture Investment Project Evaluation Index System. Market Modernization, 12, pp.182-183.
21. Deloitte (2013). 2013 Global Aerospace and Defense Industry Outlook. www.deloitte.com.
22. Gompers, P. (1995). Optimal Investment, Monitoring, and the Staging of Venture Capital, Journal of Finance, 50, pp. 1461–1489.
23. Hicks J.R. (1946). Value and Capital. Clarendon Press.
24. Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag.
25. Investopedia (2014). Risk Management. Available at <http://www.investopedia.com/terms/r/riskmanagement.asp>.

26. Jiang H. and Ruan J. (2010). Investment Risks Assessment on High-tech Projects Based on Analytic Hierarchy Process and BP Neural Network. *Journal of Networks*, 5 (4), pp. 393-402.
27. Kahraman, C., Yasin Ateş, N., Çevik, S., Gülbay, M., & Ayça Erdoğan, S. (2007). Hierarchical fuzzy TOPSIS Model for Selection among Logistics Information Technologies. *Journal of Enterprise Information Management*, 20(2), 143–168.
28. Kakati, M. (2003). Success Criteria in High-tech New Ventures, *Technovation*, 23(5), pp. 447–457.
29. Lee, E.S and Li, R.L. (1998). Comparison of Fuzzy Numbers Based on the Probability Measure of Fuzzy Events. *Computer and Mathematics with Applications*, 1998(15), pp 887-896.
30. Li Y. H. and Hu Y. Q. (2006). A Model OF Multilevel Fuzzy Comprehensive Evaluation for Investment Risk of Hight and New Technology Project. *Proceeding of fifth international conference on machin learning and cybernetics, Dalian, 13-16 August 2006*. pp. 1042– 1041.
31. Liu, P., Zhang, X., & Liu, W. (2011). A Risk Evaluation Method for the High-tech Project Investment Based on Uncertain Linguistic Variables. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(1), pp. 40–50.
32. Love E. D. P. Irani Z. and Edwards D J, (2005). Researching the Investment of Information Technology in Construction: an Examination of Evaluation Practices. *Automation in Construction*, 14 (4), pp. 569–582.
33. Macmillan, I. C. Siegel, R. and Narasimha, P. (1985). Criteria Used by Venture Capitalists to Evaluate New Venture Proposals. *Journal of Business Venturing*, 1(1), pp. 119–128.
34. Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley and Sons.
35. McCauley B. P. and Wang H, (1997). Fuzzy Linear Regression Models for Assessing Risks Of Cumulative Trauma Disorders, *Fuzzy Sets and Systems*.
36. Moriarity R. and Kosnik T. (1989). High Technology Marketing: Concepts, Continuity and Change, *Sloan Management Review*, 30 (4), 7-17.
37. Peng Y. (2003). Study of the Artificial Nerves Nets Model of High-tech Project Investment Risk Evaluation, *Journal of Xi'an Institute of Finance & Economics*, 2003(04), pp.19-22.
38. Pennings, E. and Lint, O. (2000). Market Entry, Phased Rollout or Abandonment? a Real Option Approach. *European Journal of Operational Research*, 124(1), pp.125-138.
39. Prahalad C. K. and Hamel G. (1990). *The Core Competence of the Corporation*. Harvard Business Review.
40. Run-fang L. and Ling L. (2007). Fuzzy Comprehensive Evaluation on Shanxi Investment Environment. *Business Research*, 2007 (06), pp.215-217.
41. Shibo W. Jinqian C. and Shiliang W. (2003). Evaluation on Venture Investment Project Based on Analytic Hierarchy Process. *Industrial Technology & Economy*, 2003(06), pp.89-91.
42. Yong G. (2005). Artificial Neural Network Model in Project Risk Analysis. *Journal of Electric Power*, 2005(03), pp.97-99.
43. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338–353.