



اولویت بندی حوزه های جذاب سرمایه گذاری صنعت خودرو بر اساس روش (AHP) و ارزیابی ریسک سرمایه گذاری در حوزه تحقیق و توسعه بر اساس تکنیک (FMEA) (مورد مطالعه: شرکت خودروسازی زامیاد)

محمد شمشیری

گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

امیر بیات ترک (نویسنده مسؤول)

گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: ami.bayat_tork@iauctb.ac.ir

طهمورث سهرابی

گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نازنین پیله وری

گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۷ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

چکیده

شرکت های خودروسازی به دنبال راه هایی می باشند که بتوانند استراتژی متمایزی را نسبت به دیگر شرکت های خودروسازی برای ارائه خدمات بهتر به مشتریان اتخاذ کنند. به نمونه ای از این استراتژی های متمایز، می توان به تصمیمات سرمایه گذاری در حوزه های جذاب شرکت های خودروسازی اشاره نمود. در همین راستا هدف این پژوهش، اولویت بندی حوزه های جذاب سرمایه گذاری صنعت خودرو بر اساس متد AHP و ارزیابی ریسک های سرمایه گذاری در حوزه جذاب تحقیق و توسعه بر اساس تکنیک FMEA بود. جامعه مورد مطالعه این پژوهش، ۲۱ نفر از خیرگان صنعت خودروسازی می باشند که بر اساس نمونه گیری قضاوتی انتخاب شده اند. ابتدا با استفاده از روش FAHP حوزه های جذاب صنعت خودرو شناسایی و اولویت بندی می شود و سپس با روش FMEA به تحلیل ریسک سرمایه گذاری در حوزه تحقیق و توسعه صنعت خودرو پرداخته می شود. روایی پرسشنامه با استفاده از نسبت روایی محتوایی و پایایی از طریق نرخ ناسازگاری و ضریب آلفای کرونباخ سنجیده می شود. نتایج پژوهش نشان داد که در بین معیارهای اصلی، سرمایه گذاری در روشهای انتقال انرژی با وزن ۰/۴۳۸ رتبه اول را دارا می باشد. سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط با وزن ۰/۱۸۰ و سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی با وزن ۰/۱۷۴ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کردند. سپس در بین تمامی زیرمعیارها نیز سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه رتبه اول را کسب کرد. همچنین در حوزه تحقیق و توسعه، ریسک های مربوط به مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی نسبت به ریسک های مربوط به سایر مراحل از اولویت بیشتری برخوردار بودند.

کلمات کلیدی: تحقیق و توسعه، حوزه های جذاب سرمایه گذاری، ریسک.

۱- مقدمه

یکی از صنایعی که در سال های اخیر، به دلیل تغییرات مستمر فضای رقابت را در صنعت تشدید کرده است، صنعت خودروسازی می باشد. به طور کلی، این شرکت ها، در یک فضای رقابتی فعالیت می کنند که تنوع خدمات ارائه شده در این صنعت رو به افزایش است. شرکت های خودروسازی باید راه هایی بیابند که بتوانند استراتژی متمایزی را نسبت به دیگر شرکت های خودروسازی برای ارائه خدمات بهتر به مشتریان اتخاذ کنند (Safari and Ebrahimi, 2012). به نمونه ای از این استراتژی های متمایز، می توان به تصمیمات سرمایه گذاری در حوزه تحقیق و توسعه اشاره نمود. لازم به ذکر است که سرمایه گذاری روند بسیج منابع به منظور انجام فعالیتی مشخص با هدف کسب بازگشت از آینده است (Donald, 2010). به گفته پاندی^۱ (۲۰۰۸) تصمیمات سرمایه گذاری شامل تصمیمات سازمان برای سرمایه گذاری کارآمدتر دارایی های فعلی در دارایی های بلند مدتی است که انتظار می رود چندین سال کسب مزایا را به همراه داشته باشد. از آنجا که این تصمیم های سرمایه گذاری، تصمیمات مشکلی بوده، نقش مهمی بر رشد سازمان دارند و همچنین شامل تعهد به حجم زیادی از سرمایه شرکت می باشند، توجه به آن از اهمیت خاصی برخوردار است (Kaburia & Kimemia, 2018). به بیانی دیگر، در محیط کسب و کار مدرن که رقابتی تر است، بقای سازمان های کوچک و بزرگ به تصمیمات استراتژیکی^۲ بستگی دارد که توسط مدیریت اتخاذ می گردد (Vestine, 2016). بنا به نظر هانا^۳ (۲۰۱۰) تصمیمات سرمایه گذاری بخشی مهم از تصمیم گیری استراتژیک در هر سازمانی است، زیرا پروژه های سرمایه گذاری اساساً بر نتایج اقتصادی آینده تأثیر می گذارد و به طور چشمگیری به رشد یک شرکت کمک می کند. لازم به ذکر است که کیفیت تصمیمات سرمایه گذاری تحت تأثیر عوامل زیادی است، اما مهم ترین آنها انتخاب پروژه سرمایه گذاری می باشد (Kaburia & Kimemia, 2018).

به طور کلی در سال های اخیر و در حوزه بین المللی، سرمایه گذاری در حوزه های جذاب صنعت خودروسازی اهمیت زیادی یافته است. یکی از این حوزه های جذاب، حوزه تحقیق و توسعه است که در سال های اخیر توجه ویژه ای به سرمایه گذاری در این حوزه اختصاص یافته است. در همین راستا، دمیتری و همکاران^۴ (۲۰۱۶) در پژوهشی به منظور بررسی عوامل موثر بر سرمایه گذاری شرکت های خودروسازی در پروژه های تحقیق و توسعه، در مرحله اول، فعالیت سرمایه گذاری بزرگترین شرکت های اتومبیل سازی ژاپن و آلمان را مورد مقایسه قرار دادند و سپس همبستگی بین گروهی از عوامل و سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. طبق نتایج این تحقیق، فولکس واگن بیشترین میزان سرمایه گذاری در فعالیت های تحقیق و توسعه را در میان شرکت های تحقیقاتی (۱۳۶۱۲ میلیون یورو در سال ۲۰۱۵) نشان داد. پس از آن تویوتا با ۷۰۱۷/۸۴ میلیون یورو سرمایه گذاری در سال ۲۰۱۵، در رتبه دوم قرار داشت (Dmitry et al., 2016).

همراستا با بازارهای جهانی، شرکت های خودروسازی داخلی نیز جهت جلب رضایت و برآوردن خواسته های مشتری، نیازمند به سرمایه گذاری در حوزه های مختلف می باشند، این در حالیست که علیرغم مشهود بودن اهمیت سرمایه گذاری در حوزه های مختلف خودروسازی، اما با اینحال هیچ پژوهشی در زمینه شناسایی و اولویت بندی حوزه های جذاب سرمایه گذاری در صنعت خودروی داخلی صورت نگرفته است. به همین دلیل در این پژوهش به اولویت بندی این حوزه ها در صنعت خودروسازی پرداخته و پس از تعیین مهم ترین حوزه، به ارزیابی ریسک های حوزه جذاب مربوطه به روش Fmea می پردازیم. به عبارتی سوال اصلی که در پی پاسخگویی به آن هستیم این است که اولویت بندی حوزه های جذاب شرکت های خودروسازی چیست و مهم ترین ریسک های مربوط به این حوزه کدام است؟

در ادامه به برخی از پژوهش های مربوط به حوزه سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه اشاره می شود:

¹ Pandey

² strategic decisions

³ Hana

⁴ Dmitry et al.

جدول شماره (۱): پیشینه پژوهش

محقق	سال پژوهش	عنوان	یافته ها
رام کومار و چیترا Ramkumar	(۲۰۲۱)	مطالعه عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری سرمایه گذاران خرد در جهان VUCA	از تحلیل عاملی اکتشافی برای گروه بندی عوامل موثر بر تصمیم سرمایه گذاری سرمایه گذار استفاده شده. بر اساس یافته‌ها، چهار عامل مؤثر بر ترجیحات سرمایه‌گذاری شناسایی شده که شامل عملکرد بازار، سواد مالی، ملاحظات سرمایه گذار، و درک ریسک می باشد.
دایا و کومار شاه	(۲۰۲۰)	عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری در طلا	شش عامل تاثیرگذار مانند قیمت طلا، سرمایه گذاری تضمین شده، نیاز نقدینگی، موقعیت اجتماعی، تبلیغات و تاثیرات و تقاضای طلا مورد استفاده قرار گرفت و ارتباط آنها با تصمیم سرمایه گذاری در طلا مورد آزمون قرار گرفت. در بین تمامی متغیرهای تاثیرگذار، نیاز نقدینگی و جایگاه اجتماعی بالاترین مقدار میانگین را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده توافق قوی با دلیل سرمایه‌گذاری در طلا است، در حالی که تبلیغات و تاثیرات کمترین توافق را دارد. با این حال، وقتی صحبت از رابطه عوامل مختلف با تصمیم سرمایه‌گذاری در طلا می‌شود، سرمایه‌گذاری تضمین شده بالاترین ارزش همبستگی را با تصمیم سرمایه‌گذاری در طلا دارد. همچنین نتایج نشان داد که بین تمامی متغیرهای زمینه ای و تصمیم سرمایه گذاری رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.
پرنا من شرسدا Shrestha	(۲۰۲۰)	عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری سرمایه گذاران نیپالی	عوامل مؤثر بر تصمیم سرمایه‌گذاری در سه متغیر اصلی گروه‌بندی می‌شوند. متغیر مربوط به شرکت (CRV)، متغیر مرتبط با ریسک و بازده (RRV) و متغیر مرتبط با بازار (MRV) در شرکت عوامل متغیری مانند تیم مدیریت، عملکرد مالی، اندازه، EPS، DPS، در بازده ریسک متغیر بازده مورد انتظار، بازده گذشته، ریسک شرکت، اوراق بهادار نقدی و غیره و در بازار عوامل متغیر مربوط به بازار لحاظ شده است.
دیپان و همکاران	(۲۰۲۰)	عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری صندوق سرمایه گذاری مشترک - تحلیل عاملی	تصمیم سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذار بر روی صندوق‌های سرمایه‌گذاری متقابل بر عوامل بسیاری از جمله نقدینگی آسان، انعطاف‌پذیری بالا، ثبات بازده، حداقل سرمایه‌گذاری اولیه، مزایای مالیاتی و مدیریت حرفه‌ای بستگی دارد. ۹ متغیر مربوط به رفتار صندوق در دو عامل «کیفیت طرح خارجی» و «کیفیت طرح داخلی» خلاصه شدند. شش متغیر مرتبط با محصول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و به عنوان دو عامل به نام‌های «شهرت» و «عملکرد» گروه‌بندی شدند.
تی ین	(۲۰۲۲)	عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری سرمایه گذاران اتحادیه اروپا در ویتنام	این مطالعه از یک مدل تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) برای تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران اتحادیه اروپا در ویتنام استفاده می‌کند، بنابراین راه‌حل‌هایی برای افزایش جذابیت سرمایه‌گذاران اتحادیه اروپا موثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از اتحادیه اروپا به ویتنام در زمان آینده پیشنهاد می‌کند.
پتی و جاکوب ^۵	(۲۰۱۸)	«سرمایه گذاری های تحقیق و توسعه در شرایط عدم اطمینان در چین: اثر ارتباطات سیاسی»	نتایج این پژوهش حاکی از این بود که ارتباطات سیاسی، عاملی حیاتی در شکل دهی به تصمیمات سرمایه گذار در بخش تحقیق و توسعه در شرایط عدم اطمینان می باشد
لیمانلی ^۶	(۲۰۱۵)	«عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه در	نتایج این پژوهش حاکی از این بود که میزان فروش، یارانه، سهم مالکیت خارجی، انگیزه رقابت، مقیاس سرمایه‌گذاری، سهم تجارت داخلی و خارجی عوامل بسیار مهمی برای اثرگذاری بر تصمیمات سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه می باشند.

⁵ Petti & Jacob⁶ Limanli

کشور ترکیه»

لای و همکاران^۷ (۲۰۱۴) عوامل موثر بر نتایج و یافته های این محققان حاکی از این بود که استقلال مالی، میزان سودآوری، اندازه تصمیقات سرمایه گذاری در بخش تصمیقات سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه دارند.

۲- روش شناسی پژوهش

الف) مبانی نظری پژوهش

سرمایه گذاری:

سرمایه گذاری روند بسیج منابع به منظور انجام فعالیتی مشخص با هدف کسب بازگشت از آینده است (Donald, 2010). به گفته پاندی^۸ (۲۰۰۸) تصمیقات سرمایه گذاری شامل تصمیقات سازمان برای سرمایه گذاری کارآمدتر دارایی های فعلی در دارایی های بلند مدتی است که انتظار می رود چندین سال کسب مزایا را به همراه داشته باشد. از آنجا که این تصمیم های سرمایه گذاری، تصمیقات مشکلی بوده، نقش مهمی بر رشد سازمان دارند و همچنین شامل تعهد به حجم زیادی از سرمایه شرکت می باشند، توجه به آن از اهمیت خاصی برخوردار است (Kaburia & Kimemia, 2018). به بیانی دیگر، در محیط کسب و کار مدرن که رقابتی تر است، بقای سازمان های کوچک و بزرگ به تصمیقات استراتژیکی^۹ بستگی دارد که توسط مدیریت اتخاذ می گردد (Vestine, 2016). لازم به ذکر است که کیفیت تصمیقات سرمایه گذاری تحت تاثیر عوامل زیادی است، اما مهم ترین آنها انتخاب پروژه سرمایه گذاری می باشد (Kaburia & Kimemia, 2018).

حوزه های جذاب سرمایه گذاری در صنعت خودرو:

حوزه های جذاب سرمایه گذاری در صنعت خودرو را می توان به حوزه های مختلفی همچون حوزه های زیر تقسیم نمود: تهیه و تولید مجموعه های اصلی خودرو، سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات، سرمایه گذاری در زنجیره تامین، سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری و مشارکت با شرکت های بین المللی، سرمایه گذاری جهت توسعه منابع انسانی و توسعه خطوط (Sadrabadi, 2018).

تحقیق و توسعه:

به طور کلی برای فعالیت هایی که در حوزه تحقیق و توسعه طبقه بندی می شوند، پنج معیار اصلی را به شرح زیر می توان در نظر گرفت:

- یافته های جدید

یکی از اهداف یک پروژه تحقیق و توسعه، کسب دانش جدید است، اما در در زمینه های مختلف، متفاوت است. در بخش شرکت های تجاری، نوآوری بالقوه پروژه های تحقیق و توسعه باید با مقایسه با دانش فعالی صنعت مورد ارزیابی قرار گیرد. فعالیت تحقیق و توسعه در پروژه باید نتایج جدیدی را که تاکنون در صنعت مورد استفاده قرار نگرفته اند، به همراه داشته باشد. لازم به ذکر است که فعالیت هایی همچون کپی، تقلید یا معنوسی معکوس تحت فعالیت های تحقیق و توسعه طبقه بندی نمی شود (OECD, 2015:43-79).

- خلاقانه بودن

یک طرح تحقیق و توسعه باید به عنوان یک مفاهیم یا ایده هایی هدفمند باشد که موجب بهبود دانش موجود گردد. بر اساس این معیار، هرگونه تغییرات روتین در محصولات و روندها در حوزه تحقیق و توسعه قرار نمی گیرد و خلاقیت یکی از

⁷ Lai

⁸ Pandey

⁹ strategic decisions

ویژگی های ذاتی پروژه های تحقیق و توسعه است و می توان گفت پروژه تحقیق و توسعه نیازمند مشارکت محقق می باشد (OECD, 2015:43-79).

• عدم اطمینان از نتیجه نهایی

یکی دیگر از معیارهای طرح های تحقیق و توسعه، عدم اطمینان می باشد که خود دارای چندین مولفه می شود. در آغاز پروژه تحقیق و توسعه، نوع نتیجه و هزینه را نمیتوان دقیقاً بیان نمود. در مورد تحقیقات بنیادی که هدف آن گسترش مرزهای دانش رسمی است، طیف وسیعی از احتمالات عدم دستیابی به نتایج مورد نظر وجود دارد. به طور کلی در طرح های تحقیق و توسعه، در مورد هزینه ها یا زمان لازم برای دستیابی به نتایج مورد انتظار و همچنین در مورد میزان دستیابی به اهداف عدم اطمینان وجود دارد (OECD, 2015:43-79).

• برنامه ریزی شده (سیستماتیک)

تحقیق و توسعه، یک فعالیت رسمی است به طور سیستماتیک انجام می شود. در این اینجا مفهوم سیستماتیک، به این معناست که که تحقیق و توسعه به صورت برنامه ریزی شده صورت می گیرد. برای تحقق این امر، هدف پروژه تحقیق و توسعه و منابع و بودجه لازم برای اجرای طرح های تحقیق و توسعه باید شناسایی شود (OECD, 2015:43-79).

(ب) روش تحقیق

این تحقیق بر اساس هدف از نوع کاربردی و از نظر شیوه گردآوری اطلاعات، تحقیقی توصیفی - همبستگی است. کاربردی به این جهت که دانش جدیدی را که کاربرد مشخصی درباره فرآورده یا فرآیندی که واقعیت دارد، دنبال می کند. توصیفی از آن جهت که آنچه را که هست توصیف و تفسیر می کند و به شرایط یا روابط موجود توجه دارد. همبستگی هم به آن جهت که رابطه بین متغیرها را بر اساس هدف تحقیق تحلیل می کند چرا که رابطه همبستگی زمانی وجود دارد که تغییرات یک متغیر با تغییرات متغیر دیگر همراه باشد. همچنین از آنجا که پژوهشگر در شرایط واقعی در یک سازمان (شرکت خودروسازی زامیاد) حضور دارد، این پژوهش در زمره مطالعات میدانی قرار گرفته است. جهت تدوین پیشینه از شیوه اطلاعات کتابخانه ای و برای ارزیابی سوالات پژوهش از پرسشنامه استفاده گردیده است که روایی آن با استفاده از نسبت روایی محتوای مورد تأیید قرار گرفت. همچنین جهت سنجش پایایی، در بعد اول این تحقیق که به شناسایی و اولویت بندی حوزه های جذاب سرمایه گذاری صنعت خودرو می پردازد، برای تعیین پایایی پرسش نامه با توجه به سوالات مقایسه زوجی در پرسشنامه، از نرخ سازگاری استفاده شده است. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر اینصورت مقایسه ها باید تجدید نظر شود. برای محاسبه نرخ ناسازگاری از رابطه زیر استفاده می شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

n عبارتست از تعداد گزینه های موجود در مساله

نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی^{۱۰} بدست می آید.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می کند.

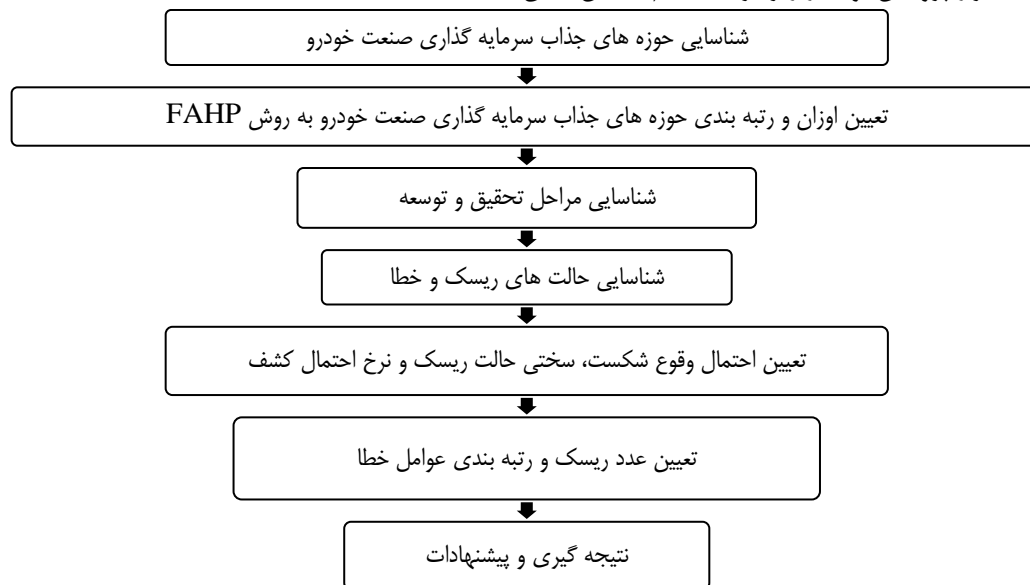
شاخص تصادفی از جدول زیر استخراج می شود.

جدول شماره (۲): شاخص سازگاری تصادفی (RI)

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰/۵۲	۰/۸۸	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۹

¹⁰ - Random Index = RI

همچنین در بعد دوم این تحقیق که به ارزیابی ریسک حوزه تحقیق و توسعه در صنعت خودروسازی می پردازد، برای تعیین پایایی پرسش نامه، از ضریب آلفای کرونباخ مورد آزمون قرار گرفت و آلفای کرونباخ پرسشنامه، برابر با ۰/۷۶ بود که حاکی از پایایی مناسب ابزار پژوهش بود. در زیر فرایند انجام تحقیق نشان داده شده است.



شکل شماره (۱): مراحل انجام تحقیق

(ج) جامعه مورد مطالعه

جامعه مورد مطالعه این پژوهش، ۲۱ نفر از کارشناسان و خبرگان صنعت خودروسازی بودند که با توجه به محدود بودن تعداد خبرگان کاملاً مطلع به حوزه های جذاب سرمایه گذاری جامعه آماری، روش نمونه گیری تمام شماری و در دسترس (قضاوتی) بود. در این نوع نمونه گیری، افرادی برای نمونه انتخاب می شوند که برای ارائه اطلاعات مورد نیاز در بهترین موقعیت قرار دارند و تعداد خبرگان در دسترس اندازه نمونه را تعیین می نمایند.

(د) روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

در بعد اول تحقیق که به شناسایی و اولویت بندی حوزه های جذاب صنعت خودرو می پردازد از روش AHP فازی (FAHP) استفاده می شود.

بخش اول: روش AHP فازی بهبود یافته برای محاسبه اوزان

روش AHP فازی این پژوهش برگرفته از روش میانگین هندسی باکلی می باشد (Hasi et al, 2004). این روش به AHP فازی بهبود یافته (بسط یافته) معروف است.

فرض کنید \tilde{P}_{ij} مجموعه ای از ترجیحات تصمیم گیران در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص ها باشد. ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر تشکیل می شود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & 1 & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & 1 \end{bmatrix}$$

که n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. اوزان فازی هر شاخص ماتریس مقایسات زوجی به روش میانگین هندسی باکلی به دست می آید. میانگین هندسی ارزش مقایسات فازی از رابطه زیر به دست می آید.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

سپس وزن فازی آمین شاخص به وسیله یک عدد فازی مثالی نشان داده می شود.

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_m)^{-1}$$

بعد از محاسبه فاکتورهای وزن فازی، به وسیله فرمول زیر وزن ها را دیفازی کرده و سپس نرمال می کنیم.

$$w_{crisp} = \frac{l + 2m + u}{4}$$

در این پژوهش جهت محاسبه وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۳ استفاده شده است.

جدول شماره (۳): عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها

کد	اولویت ها	معادل فازی اولویت ها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتا مهمتر	۱	۲	۳
۳	نسبتا مهم تر	۲	۳	۴
۴	نسبتا مهمتر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملا مهمتر	۷	۸	۹
۹	کاملا مهمتر	۸	۹	۱۰

بخش دوم: تکنیک FMEA

روش FMEA بیشتر زمانی استفاده میشود که قصد آن باشد که محصول، خدمت، فرایند، روش و یا اقدام جدیدی در راستای هدف مورد نظر سازمان طراحی شود و یا صورت گیرد که خطا و میزان ریسک آن به درستی مشخص نشده باشد. در این تحقیق به این علت از روش FMEA استفاده شده است که سیستم تحقیق و توسعه تا بحال به معنای واقعی و یا طبق استانداردهای بین المللی در صنعت خودرو سازی داخل کشور استفاده نشده است و سرمایه گذاری در این حوزه برای صنعت خودرو سازی با توجه به شرایط متفاوت کشور نسبت به سایر کشورها، شامل ریسک هایی می باشد که می بایست آنها شناسایی و اولویت بندی شوند. این روش برای جلوگیری از شکست (قبل از وقوع) انجام می شود به طور کلی، FMEA دارای سه مرحله اساسی به شرح زیر می باشد:

گام اول: تعیین سختی حالت خطا(شدت)

در این گام سختی هر کدام از حالت های خطا با کمک کارشناسان با تجربه به صورت جدول رتبه بندی شده، ارزیابی می گردد. درجه سختی از ۱-۱۰ با سختی هیچ یا بدون سختی تا خطرناک-بدون هشدار برای حالت های خطا در کاربرگ ثبت می شود. لازم به ذکر است که چون هر کاربرگ جداگانه به کارشناسان داده شده است، درجه سختی برای هر کدام از حالت های خطا، میانگین پاسخ کارشناسان به آن خطا می باشد.

جدول شماره (۴): جدول رتبه دهی برای ارزیابی شدت در FMEA

رتبه	شدت یا سختی اثر	شرح
۱۰	خطرناک - بدون هشدار	شدت اثر رخداد و شکست خیلی بالا و بدون هشدار .
۹	خطرناک - با هشدار	شدت اثر رخداد و شکست خیلی بالا و با هشدار قبلی
۸	خیلی زیاد	شدت اثر رخداد و شکست خیلی زیاد است و عمل اصلی انجام نمی شود .
۷	زیاد	شدت اثر رخداد و شکست زیاد است و وظیفه و عمل اصلی بسیار بد انجام می شود..

۶	متوسط	شدت اثر رخداد در حد متوسط است و وظیفه و عمل اصلی انجام می شود اما راضی کننده نیست.
۵	کم	شدت اثر رخداد و شکست کم است
۴	خیلی کم	شدت اثر رخداد و شکست خیلی کم است
۳	اثرات جزئی	شدت اثر رخداد و شکست جزئی است
۲	خیلی جزئی	شدت اثر رخداد و شکست بسیار جزئی است
۱	بدون سختی و شدت	بدون اثر و شکست

گام دوم: تعیین احتمال پذیری رخداد (احتمال وقوع)

در این مرحله، احتمال وقوع رخداد هر کدام از حالت های خطا تعیین شده از ۱ تا ۱۰ مشخص می شود به طوری که عدد ۱ بیانگر کمترین احتمال و عدد وقوع ۱۰ بیانگر بیشترین احتمال وقوع است و در انتها در کاربرد ثبت می گردد.

جدول شماره (۵): جدول رتبه دهی برای ارزیابی وقوع در FMEA

رتبه	احتمال وقوع رخداد	نرخ های احتمالی وقوع رخداد	درصد احتمالی وقوع رخداد
۱۰	بسیار زیاد - خطر تقریباً اجتناب ناپذیر است	در ۲ یا بیش از آن	احتمال وقوع رخداد ۵۰٪ یا بیشتر از آن است.
۹	زیاد خطر های تکراری	در ۳	احتمال وقوع رخداد ۳۳٪ تا ۵۰٪ است.
۸	متوسط - خطر های مورد	در ۸	احتمال وقوع رخداد ۱۲٪ تا ۳۳٪ است.
۷	کم - خطر های نسبتاً نادر	در ۲۰	احتمال وقوع رخداد ۵٪ تا ۱۲٪ است.
۶	بعید: خطر نا محتمل است	در ۸۰	احتمال وقوع رخداد ۰/۰۱۲۵ تا ۵٪ است.
۵		در ۴۰۰	احتمال وقوع رخداد ۰/۰۰۲۵ تا ۰/۰۱۲۵ است.
۴		در ۲۰۰۰	احتمال وقوع رخداد کمتر از ۰/۰۰۰۵ است
۳		در ۱۵۰۰۰	احتمال وقوع رخداد کمتر از ۰/۰۰۰۰۶ است
۲		در ۱۵۰۰۰۰۰	احتمال وقوع رخداد کمتر از ۰/۰۰۰۰۰۰۶ است
۱		کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰۰	احتمال وقوع رخداد کمتر از ۰/۰۰۰۰۰۰۰۶ است

گام سوم: تعیین موثر بودن کنترل موجود

در این مرحله پس از مشاوره با کارشناسان با تجربه، احتمال اثرپذیری کنترل موجود مطابق جدول رتبه بندی ارزیابی می کنند. میزان تشخیص در جدول مخصوصی از ۱ تا ۱۰ مشخص می شوند به طوری که عدد تشخیص ۱۰ بیانگر ضعیفترین کنترل و عدد تشخیص ۱ بیانگر قویترین کنترل است و سپس در کاربرد ثبت می گردد. لازم به ذکر است چون هر کاربرد جداگانه به کارشناسان داده خواهد شد، اثرپذیری کنترل برای هر کدام از حالت های خطا، میانگین پاسخ کارشناسان به آن خطا می باشد.

جدول شماره (۶): جدول رتبه دهی برای ارزیابی تشخیص (کشف) در FMEA

رتبه	معیار: احتمال کشف خطر	قابلیت کشف
۱۰	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست	مطلقاً هیچ
۹	احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود	خیلی ناچیز
۸	احتمال ناچیزی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود	ناچیز
۷	احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود	خیلی کم
۶	احتمال کمی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود	کم
۵	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	متوسط
۴	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	نسبتاً زیاد
۳	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	زیاد
۲	احتمال خیلی زیاد وجود دارد	خیلی زیاد
۱	تقریباً بطور حتم با کنترلهای موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می شود.	تقریباً حتمی

در نهایت در این تکنیک، عدد اولویت ریسک (RPN) برای هر کدام از حالت های خطا محاسبه می گردد. عدد اولویت ریسک حاصل ضرب رتبه سختی، رتبه رخداد و رتبه کشف پذیری (تشخیص) می باشد که در کاربرد ثبت می شود.

۳- نتایج و بحث

(الف) روش فازی

در این بخش به تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته می شود. هدف در این بخش اولویت بندی عوامل موثر بر سرمایه گذاری در حوزه های جذاب صنعت خودرو می باشد که ابتدا با استفاده از مرور ادبیات شاخص های موثر بر سرمایه گذاری در حوزه های جذاب صنعت خودرو استخراج شدند که به تایید خبرگان نیز رسیده شد. سپس جهت اولویت بندی از روش AHP فازی استفاده می شود در AHP فازی از تکنیک میانگین هندسی باکلی برای محاسبه اوزان استفاده می شود.

گام اول: معرفی عوامل پژوهش

در جدول ۷ به معرفی شاخص های پژوهش پرداخته شده است. که شامل ۲۹ شاخص در ۶ دسته معیار اصلی می باشد. جدول شماره (۷): عوامل موثر بر سرمایه گذاری در حوزه های جذاب صنعت خودرو

کد	معیار	زیرمعیار
A1	سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی (A)	سرمایه گذاری در تولید مجموعه قدرت
A2		سرمایه گذاری در تولید مجموعه انتقال قدرت
A3		سرمایه گذاری در تولید مجموعه فربندی و تعلیق
A4		سرمایه گذاری در تولید مجموعه چرخ بندی و ترمزها
A5		سرمایه گذاری در تولید مجموعه هدایت و فرمان
A6		سرمایه گذاری در تولید مجموعه مدارات الکتریکی
B1	سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات (B)	سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات پرمصرف
B2		سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات بامصرف استاندارد
B3		سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات کم مصرف و انحصاری
B4		سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات جانبی و یدکی
C1	سرمایه گذاری در زنجیره تامین (C)	سرمایه گذاری در ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان
C2		سرمایه گذاری در مدیریت زمان زنجیره
C3		سرمایه گذاری در کنترل فرایند زنجیره
C4		سرمایه گذاری در انعطاف پذیری زنجیره
C5		سرمایه گذاری در جلب رضایت مشتریان
D1	سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری (D)	سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه
D2		سرمایه گذاری مشترک در تحقیق و توسعه
D3		مهندسی معکوس
D4		کپی سازی
D5		مشارکت تحت لیسانس
D6		سرمایه گذاری مشترک تحت لیسانس
E1	سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط (E)	سرمایه گذاری در حوزه منابع انسانی
E2		توسعه خطوط سالن رنگ
E3		توسعه خطوط مونتاژ
E4		توسعه قسمت پرس
F1	سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش (F)	سرمایه گذاری در برند و نام تجاری
F2		عاملیت فروش
F3		خدمات و تعمیرات
F4		توزیع قطعات یدکی

گام دوم: تشکیل مقایسات زوجی

در این بخش مقایسات زوجی معیارهای اصلی و سپس زیرمعیارها تشکیل می شود این مقایسات زوجی بر اساس طیف ۱ تا ۹ فازی انجام می گیرد.

جدول شماره (۸): مقایسات زوجی معیارها (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۸)

	A	B	C	D	E	F
A	۱,۱,۱	۳/۷۰,۴/۳۳,۴/۹۵	۳/۰۱,۳/۴۵,۳/۹۶	۰/۲۷,۰/۳۰,۰/۳۳	۰/۶۵,۰/۷۳,۰/۸۲	۱/۹۱,۲/۱۱,۲/۳۲
B	۰/۲۰,۰/۲۳,۰/۲۷	۱,۱,۱	۲/۸۴,۳/۲,۳/۶۴	۰/۱۱,۰/۱۳,۰/۱۵	۰/۲۵,۰/۲۹,۰/۳۴	۱/۱۶,۱/۳۳,۱/۵۳
C	۰/۲۵,۰/۲۸,۰/۳۳	۰/۲۷,۰/۳۱,۰/۳۵	۱,۱,۱	۰/۱۵,۰/۱۸,۰/۲۱	۰/۴۰,۰/۴۵,۰/۵۰	۰/۱۸,۰/۲۱,۰/۲۵

D	۲/۹۸,۳/۳۲,۳/۶۶	۶/۴۷,۷/۵۳,۸/۵۷	۴/۷۱,۵/۴۹,۶/۳۱	۱,۱,۱	۲/۵۷,۲/۸,۳/۲۲	۳/۷۰,۴/۴۳,۵/۵۹
E	۱/۲۰,۱/۳۵,۱/۵۲	۲/۸۷,۳/۴۱,۳/۸۸	۱/۹۸,۲/۲۲,۲/۴۸	۰/۳۱,۰/۳۴,۰/۳۸	۱,۱,۱	۲/۱۱,۲/۴۵,۲/۸۷
F	۰/۴۳,۰/۴۷,۰/۵۲	۰/۶۵,۰/۷۴,۰/۸۵	۳/۹۹,۴/۶۲,۵/۳۳	۰/۱۷,۰/۲۲,۰/۲۷	۰/۳۴,۰/۴۰,۰/۴۷	۱,۱,۱
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱,۱,۱	۰/۵۹,۰/۶۳,۰/۶۸	۱/۶۳,۱/۸۴,۲/۰۹	۱/۸۰,۲/۰۲,۲/۳۰	۱/۷۸,۲/۰۰,۲/۲۸	۲/۷۹,۲/۹۹,۳/۱۸
A2	۱/۴۵,۲/۵۷,۱/۶۹	۱,۱,۱	۲/۲۶,۲/۴۹,۲/۷۷	۲/۴۳,۲/۷۳,۳/۰۶	۳/۰۰,۳/۴۶,۳/۹۶	۲/۷۵,۳/۱۱,۳/۵۷
A3	۰/۴۷,۰/۵۴,۰/۶۱	۰/۳۶,۰/۴۰,۰/۴۴	۱,۱,۱	۱/۷۱,۱/۹۴,۲/۱۶	۰/۷۷,۰/۸۸,۰/۹۹	۲/۱۷,۲/۴۳,۲/۶۶
A4	۰/۴۳,۰/۴۹,۰/۵۵	۰/۳۲,۰/۳۶,۰/۴۱	۰/۴۶,۰/۵۱,۰/۵۸	۱,۱,۱	۱/۰۱,۱/۰۹,۱/۱۸	۲/۵۴,۲/۸۴,۳/۱۱
A5	۰/۴۳,۰/۵۰,۰/۵۶	۰/۲۵,۰/۲۸,۰/۳۳	۱/۰۰,۱/۱۳,۱/۲۸	۰/۸۴,۰/۹۱,۰/۹۸	۱,۱,۱	۲/۱۴,۲/۳۹,۲/۶۲
A6	۰/۳۱,۰/۳۳,۰/۳۵	۰/۲۸,۰/۳۲,۰/۳۶	۰/۳۷,۰/۴۱,۰/۴۶	۰/۳۲,۰/۳۵,۰/۳۹	۰/۳۸,۰/۴۱,۰/۴۶	۱,۱,۱
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲						
	B1	B2	B3	B4		
B1	۱,۱,۱	۰/۳۶,۰/۴۰,۰/۴۵	۰/۴۲,۰/۴۱,۰/۷۸	۴/۱۷,۴/۷۲,۵/۳۷		
B2	۲/۱۸,۲/۴۶,۲/۷۵	۱,۱,۱	۱/۳۵,۱/۵۳,۱/۷۰	۵/۱۳,۵/۶۸,۶/۲۱		
B3	۱/۲۸,۱/۶۲,۲/۳۶	۰/۵۸,۰/۶۵,۰/۷۳	۱,۱,۱	۴/۵۳,۵/۳۰,۶/۲۰		
B4	۰/۱۸,۰/۲۱,۰/۲۳	۰/۱۶,۰/۱۷,۰/۱۹	۰/۱۶,۰/۱۸,۰/۲	۱,۱,۱		
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در زنجیره تامین نرخ ناسازگاری: ۰/۰۸						
	C1	C2	C3	C4	C5	
C1	۱,۱,۱	۰/۱۹,۰/۲۲,۰/۲۵	۰/۵۰,۰/۵۴,۰/۶۰	۰/۳۷,۰/۴۱,۰/۴۶	۰/۱۸,۰/۲۰,۰/۲۳	
C2	۳/۸۵,۴/۴۷,۵/۰۶	۱,۱,۱	۱/۷۰,۱/۹۴,۲/۱۷	۱/۰۹,۱/۲۷,۱/۴۸	۰/۱۱,۰/۱۳,۰/۱۵	
C3	۱/۶۵,۱/۸۳,۱/۹۷	۰/۴۶,۰/۵۱,۰/۵۸	۱,۱,۱	۰/۲۷,۰/۳۶,۰/۴۶	۰/۱۱,۰/۱۲,۰/۱۴	
C4	۲/۱۵,۲/۴۳,۲/۶۷	۰/۶۷,۰/۷۸,۰/۹۱	۲/۱۳,۲/۷۷,۳/۵۸	۱,۱,۱	۰/۱۳,۰/۱۵,۰/۱۷	
C5	۴/۲۱,۴/۷۸,۵/۳۵	۶/۵۲,۷/۶۴,۸/۷۱	۶/۷۲,۷/۸۵,۸/۹۲	۵/۷۱,۶/۵۷,۷/۴۳	۱,۱,۱	
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱						
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	۱,۱,۱	۱/۰۲,۱/۱۱,۱/۲۱	۳/۶۷,۴/۱۸,۴/۷۵	۵/۳۸,۵/۹۲,۶/۴۴	۵/۳۷,۶/۰۳,۶/۶۷	۴/۹۸,۵/۵۴,۶/۱۲
D2	۰/۸۲,۰/۸۹,۰/۹۷	۱,۱,۱	۴/۳۹,۵/۰۲,۵/۷۱	۴/۸۷,۵/۳۹,۵/۹۲	۵/۸۶,۶/۴۹,۷/۱۲	۴/۹۰,۵/۴۳,۵/۹۷
D3	۰/۲۱,۰/۲۳,۰/۲۷	۰/۱۷,۰/۱۹,۰/۲۲	۱,۱,۱	۲/۰۱,۲/۲۱,۲/۴۳	۱/۲۸,۱/۶۴,۲/۰۳	۱/۰۷,۱/۲۰,۱/۳۸
D4	۰/۱۵,۰/۱۶,۰/۱۸	۰/۱۶,۰/۱۸,۰/۲۰	۰/۴۱,۰/۴۵,۰/۴۹	۱,۱,۱	۰/۸۳,۱,۱/۱۳	۰/۷۵,۰/۷۹,۰/۸۴
D5	۰/۱۵,۰/۱۶,۰/۱۸	۰/۱۴,۰/۱۵,۰/۱۷	۰/۴۹,۰/۶۰,۰/۷۷	۰/۸۷,۱,۱/۱۹	۱,۱,۱	۰/۷۷,۰/۸۴,۰/۹۱
D6	۰/۱۶,۰/۱۸,۰/۲۰	۰/۱۶,۰/۱۸,۰/۲۰	۰/۷۲,۰/۸۲,۰/۹۲	۱/۱۷,۱/۲۶,۱/۳۲	۱/۰۹,۱/۱۸,۱/۲۸	۱,۱,۱
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط نرخ ناسازگاری: ۰/۰۴						
	E1	E2	E3	E4		
E1	۱,۱,۱	۰/۱۹,۰/۲۲,۰/۲۵	۰/۳۲,۰/۴۰,۰/۵۵	۰/۴۳,۰/۵۸,۰/۷۶		
E2	۳/۹۴,۴/۴۴,۵/۰۲	۱,۱,۱	۴/۷۵,۵/۳۹,۵/۹۶	۳/۷۴,۴/۲۷,۴/۸۰		
E3	۱/۷۹,۲/۴۹,۳/۰۹	۰/۱۶,۰/۱۸,۰/۲۱	۱,۱,۱	۰/۸۰,۱/۰۵,۱/۵۶		
E4	۱/۳۰,۱/۶۹,۲/۲۹	۰/۲۰,۰/۲۳,۰/۲۶	۰/۶۴,۰/۹۵,۱/۲۴	۱,۱,۱		
مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲						
	F1	F2	F3	F4		
F1	۱,۱,۱	۰/۸۸,۰/۹۶,۱/۰۴	۰/۵۴,۰/۶۲,۰/۷۳	۱/۶۲,۱/۹۶,۲/۲۳		
F2	۰/۹۵,۱/۰۳,۱/۱۲	۱,۱,۱	۱/۱۵,۱/۲۴,۱/۳۴	۱/۳۴,۱/۴۴,۱/۵۶		
F3	۱/۳۵,۱/۶۰,۱/۸۴	۰/۷۴,۰/۸۰,۰/۸۶	۱,۱,۱	۱/۵۳,۱/۷۴,۱/۹۴		
F4	۰/۴۴,۰/۵۱,۰/۶۱	۰/۶۴,۰/۶۹,۰/۷۴	۰/۵۱,۰/۵۷,۰/۶۵	۱,۱,۱		

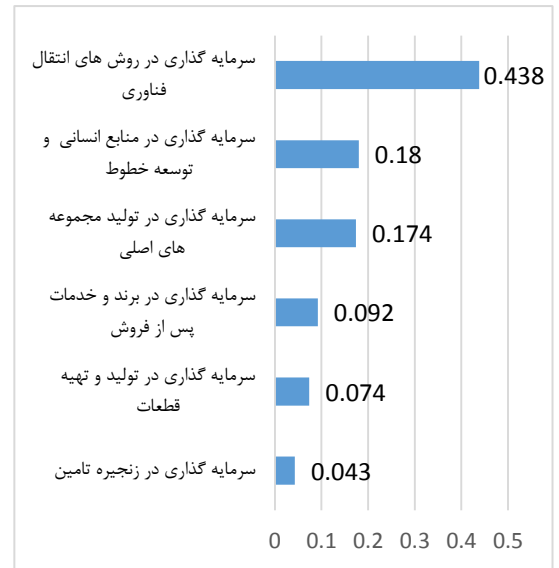
گام سوم: محاسبه اوزان فازی و نرمال

در این گام بر اساس روابط زیر ابتدا میانگین هندسی اعداد فازی هر سطر را محاسبه می کنیم و سپس هر میانگین هندسی حاصل را بر مجموع میانگین های هندسی تقسیم می کنیم تا وزن فازی حاصل شود سپس هر وزن فازی را غیرفازی می کنیم و برای نرمال سازی هر وزن غیرفازی کفایت آن وزن را بر مجموع وزن های غیرفازی تقسیم کنیم. برای تمام سطرها این

محاسبات صورت می گیرد که نتایج در ستون دوم جدول ۹ آورده شده است سپس مجموع تمامی این میانگین هندسی را بدست می آوریم سپس وزن فازی هر معیار برابر با میانگین هندسی سطر آن معیار تقسیم بر مجموع میانگین های هندسی. وزن های فازی در ستون سوم جدول ۹ آورده شده است. سپس وزن ها غیرفازی می شود. برای کلیه معیار ها این فرایند صورت می گیرد که نتایج در ستون چهارم جدول ۹ آورده شده است سپس وزن های غیر فازی نرمال سازی می شوند.

جدول شماره (۹): وزن فازی و غیرفازی معیارهای اصلی

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
A	(۱.۲۵۱, ۱.۳۸۵, ۱.۵۲۷)	(۰.۱۴۱, ۰.۱۷۴, ۰.۲۱۵)	۰.۱۷۶	۰.۱۷۴
B	(۰.۵۲۱, ۰.۵۸۲, ۰.۶۵۸)	(۰.۰۵۹, ۰.۰۷۳, ۰.۰۹۳)	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴
C	(۰.۳۰۶, ۰.۳۴۱, ۰.۳۸۲)	(۰.۰۳۴, ۰.۰۴۳, ۰.۰۵۴)	۰.۰۴۴	۰.۰۴۳
D	(۳.۰۸۸, ۳.۴۷۵, ۳.۹۱۲)	(۰.۳۴۷, ۰.۴۳۷, ۰.۵۵۱)	۰.۴۴۳	۰.۴۳۸
E	(۱.۲۸۶, ۱.۴۳۵, ۱.۵۹۵)	(۰.۱۴۵, ۰.۱۸۱, ۰.۲۲۵)	۰.۱۸۳	۰.۱۸۰
F	(۰.۶۴۲, ۰.۷۲۹, ۰.۸۲)	(۰.۰۷۲, ۰.۰۹۲, ۰.۱۱۶)	۰.۰۹۳	۰.۰۹۲

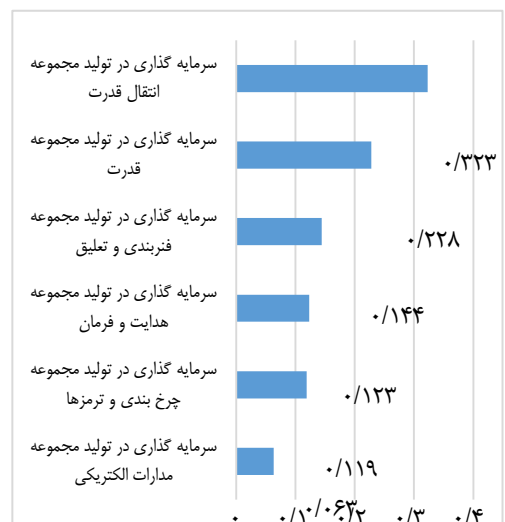
$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} = (۷.۰۹۵, ۷.۹۴۷, ۸.۸۹۴)$$


نمودار شماره (۱): وزن و رتبه معیارهای اصلی

با توجه به نمودار ۱، سرمایه گذاری در روشهای انتقال انرژی با وزن ۰/۴۳۸ رتبه اول را کسب کرده است. سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط با وزن ۰/۱۸۰ و سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی با وزن ۰/۱۷۴ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند. مقایسات زوجی زیرمعیارها در ادامه نشان داده می شود:

جدول شماره (۱۰): وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
A1	۱/۴۳۴, ۱/۵۵۷, ۱/۷۰۱	۰/۱۹۱, ۰/۲۲۸, ۰/۲۷۲	۰/۲۳۰	۰/۲۲۸
A2	۲/۰۱۱, ۲/۲۱, ۲/۴۲۶	۰/۲۶۹, ۰/۳۲۳, ۰/۳۸۹	۰/۳۲۶	۰/۳۲۳



A3	۰/۸۹،۰/۹۸۴،۱/۰۷۷	۰/۱۱۹،۰/۱۴۴،۰/۱۷۳	۰/۱۴۵	۰/۱۴۴
A4	۰/۷۴۳،۰/۸۱۳،۰/۸۸۷	۰/۰۹۹،۰/۱۱۹،۰/۱۴۲	۰/۱۲۰	۰/۱۱۹
A5	۰/۷۶۵،۰/۸۴۳،۰/۹۲۴	۰/۱۰۲،۰/۱۲۳،۰/۱۴۸	۰/۱۲۴	۰/۱۲۳
A6	۰/۳۹۹،۰/۴۳۱،۰/۴۷۱	۰/۰۵۳،۰/۰۶۳،۰/۰۷۵	۰/۰۶۴	۰/۰۶۳

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n} = ۶/۳۴۲،۶/۸۳۷،۷/۴۸۷$$

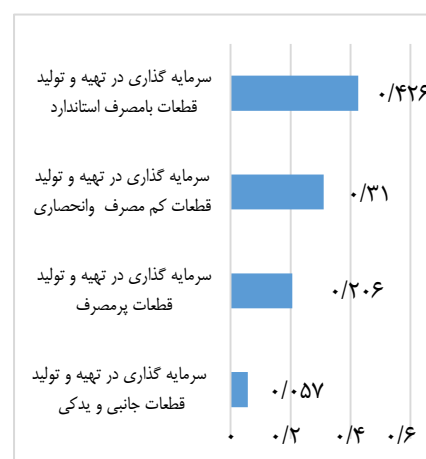
نمودار شماره (۲): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی

با توجه به نمودار ۲، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی، سرمایه گذاری در تولید مجموعه انتقال قدرت با وزن ۰/۳۲۳ رتبه اول را کسب کرده است. سرمایه گذاری در تولید مجموعه قدرت با وزن ۰/۲۲۸ و سرمایه گذاری در تولید مجموعه فنر بندی و تعلیق با وزن ۰/۱۴۴ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

جدول شماره (۱۱): وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات

نام معیار	میانگین هندسی $\left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n}$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
B1	۰/۸۹۵،۱/۰۴۲،۱/۱۷۸	۰/۱۵۹،۰/۲۰۷،۰/۲۶۲	۰/۲۰۹	۰/۲۰۶
B2	۱/۹۷۵،۲/۱۵۲،۲/۳۳۵	۰/۳۵۱،۰/۴۲۸،۰/۵۱۸	۰/۴۳۱	۰/۴۲۶
B3	۱/۳۵۸،۱/۵۴،۱/۸۱۳	۰/۳۴۱،۰/۳۰۷،۰/۴۰۴	۰/۳۱۴	۰/۳۱۰
B4	۰/۲۶۳،۰/۳۹،۰/۳۱۸	۰/۰۴۷،۰/۰۵۸،۰/۰۷۱	۰/۰۵۸	۰/۰۵۷

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n} = ۴/۴۹۲،۵/۰۲۴،۵/۶۳۴$$



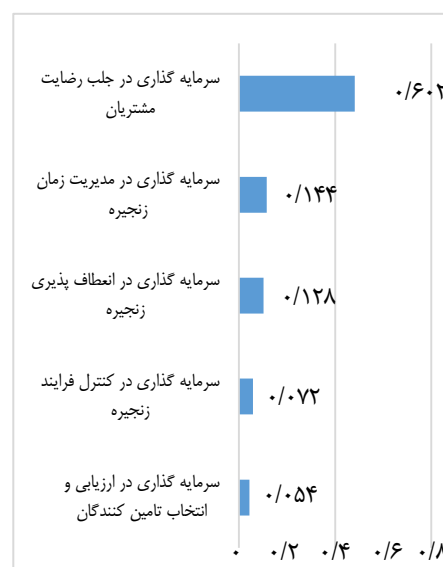
نمودار شماره (۳): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات

با توجه به نمودار ۳، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات، سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات با مصرف استاندارد با وزن ۰/۴۲۶ رتبه اول را کسب کرده است. سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات کم مصرف و انحصاری با وزن ۰/۳۱ و سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات پرمصرف با وزن ۰/۲۰۶ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

جدول شماره (۱۲): وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در زنجیره تامین

نام معیار	میانگین هندسی $\left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n}$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
C1	۰/۳۷،۰/۴۰۲،۰/۴۴۴	۰/۰۴۴،۰/۰۵۴،۰/۰۶۶	۰/۰۵۵	۰/۰۵۴
C2	۰/۹۶۳،۱/۰۷۷،۱/۲۰۱	۰/۱۱۶،۰/۱۴۴،۰/۱۸	۰/۱۴۶	۰/۱۴۴
C3	۰/۴۷۴،۰/۵۳۴،۰/۶۰۴	۰/۰۵۷،۰/۰۷۱،۰/۰۹۱	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲
C4	۰/۸۴،۰/۹۵۷،۱/۰۸۹	۰/۱۰۱،۰/۱۲۸،۰/۱۶۳	۰/۱۳۰	۰/۱۲۸
C5	۴/۰۲۶،۴/۵۲۳،۴/۹۹	۰/۴۸۳،۰/۶۰۴،۰/۷۴۸	۰/۶۱۰	۰/۶۰۲

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n} = ۶/۶۷۲،۷/۴۹۳،۸/۳۲۸$$

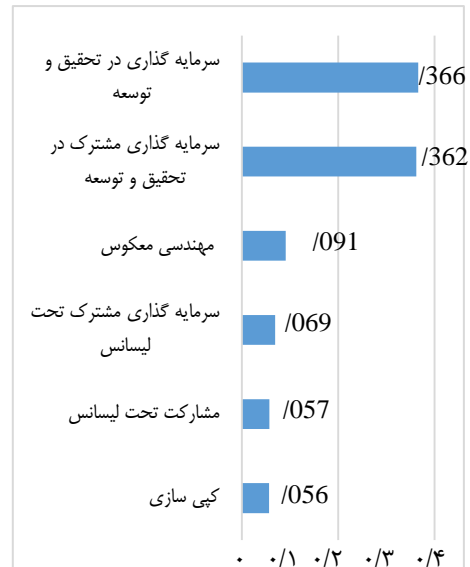


نمودار شماره (۴): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در زنجیره تامین با توجه به نمودار ۴، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در زنجیره تامین، سرمایه گذاری در جلب رضایت مشتریان با وزن ۰/۶۰۲ رتبه اول را کسب کرده است. سرمایه گذاری در مدیریت زمان زنجیره با وزن ۰/۱۴۴ و سرمایه گذاری در انعطاف پذیری زنجیره با وزن ۰/۱۲۸ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

جدول شماره (۱۳): وزن فازی و غیرفازی و میانگین های سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری

نام معیار	میانگین هندسی $((\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n})$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
D1	۲/۸۵۶,۳/۱۲,۳/۳۹	۰/۳۰۷, ۰/۳۶۶, ۰/۴۳۶	۰/۳۶۹	۰/۳۶۶
D2	۲/۸۲۵,۳/۰۸۵,۳/۳۴۷	۰/۳۰۴, ۰/۳۶۲, ۰/۴۳	۰/۳۶۵	۰/۳۶۲
D3	۰/۶۸۴, ۰/۷۷, ۰/۸۶۷	۰/۰۷۴, ۰/۰۹, ۰/۱۱۱	۰/۰۹۱	۰/۰۹۱
D4	۰/۴۳۵, ۰/۴۷۳, ۰/۵۱۳	۰/۰۴۷, ۰/۰۵۶, ۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶
D5	۰/۴۳۸, ۰/۴۸۶, ۰/۵۴۸	۰/۰۴۷, ۰/۰۵۷, ۰/۰۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۷
D6	۰/۵۴۲, ۰/۵۸۷, ۰/۶۳۴	۰/۰۵۸, ۰/۰۶۹, ۰/۰۸۱	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} = ۷/۷۸۱,۸/۵۲۱,۹/۲۹۹$$

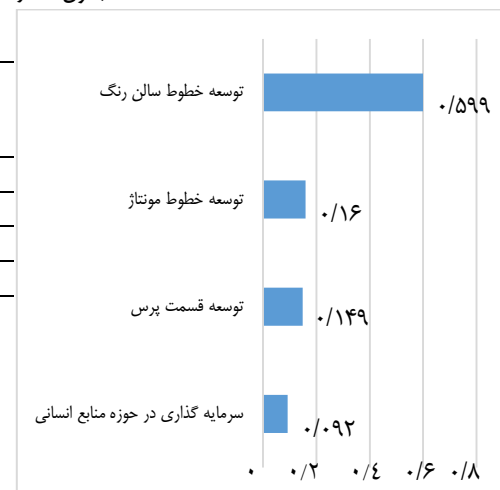


نمودار شماره (۵): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری با توجه به نمودار ۵، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری، سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه با وزن ۰/۳۶۶ رتبه اول را کسب کرده است. سرمایه گذاری مشترک در تحقیق و توسعه با وزن ۰/۳۶۲ و مهندسی معکوس با وزن ۰/۰۹۱ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

جدول شماره (۱۴): وزن فازی و غیرفازی و میانگین های سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط

نام معیار	میانگین هندسی $((\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n})$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
E1	۰/۴۰۹, ۰/۴۸, ۰/۵۷۳	۰/۰۶۸, ۰/۰۹۱, ۰/۱۲۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲
E2	۲/۸۹۵, ۳/۱۸۲, ۳/۴۶۶	۰/۴۸۴, ۰/۶۰۳, ۰/۷۴۵	۰/۶۰۹	۰/۵۹۹
E3	۰/۷۰۲, ۰/۸۳۵, ۱/۰۰۴	۰/۱۱۷, ۰/۱۵۸, ۰/۲۱۶	۰/۱۶۲	۰/۱۶۰
E4	۰/۶۴۶, ۰/۷۸۴, ۰/۹۳۳	۰/۱۰۸, ۰/۱۴۸, ۰/۲۰۱	۰/۱۵۱	۰/۱۴۹

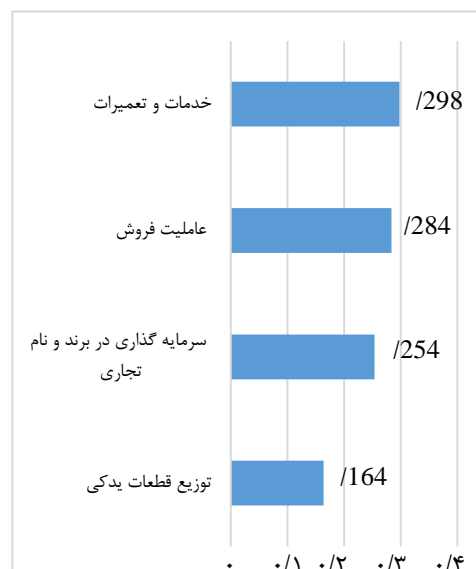
$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} = ۴/۶۵۲, ۵/۲۸۱, ۵/۹۷۶$$



نمودار شماره (۶): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط با توجه به نمودار ۶، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط، توسعه خطوط سالن رنگ با وزن ۰/۵۹۹ رتبه اول را کسب کرده است. توسعه خطوط مونتاژ با وزن ۰/۱۶۰ و توسعه قسمت پرس با وزن ۰/۱۴۹ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

جدول شماره (۱۵): وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی (\tilde{W})	وزن غیرفازی	وزن نرمال
F1	۰/۹۳۹, ۱/۰۴۳, ۱/۱۴۶	۰/۲۱۱, ۰/۲۵۴, ۰/۳۰۳	۰/۲۵۶	۰/۲۵۴
F2	۱/۱۰۲, ۱/۱۶۸, ۱/۲۴	۰/۳۴۷, ۰/۲۸۵, ۰/۳۲۸	۰/۲۸۶	۰/۲۸۴
F3	۱/۱۱۶, ۱/۲۲۵, ۱/۳۲۹	۰/۲۵, ۰/۳۹۸, ۰/۳۵۲	۰/۳۰۰	۰/۲۹۸
F4	۰/۶۲, ۰/۶۷, ۰/۷۴	۰/۱۳۹, ۰/۱۶۳, ۰/۱۹۶	۰/۱۶۵	۰/۱۶۴

$$\sum \left(\prod_{j=1}^n \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} = ۳/۷۷۷, ۴/۱۰۶, ۴/۴۵۵$$


نمودار شماره (۷): وزن و رتبه زیرمعیارهای سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش با توجه به نمودار ۷، در بین زیرمعیارهای سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش، خدمات و تعمیرات با وزن ۰/۲۹۸ رتبه اول را کسب کرده است. عاملیت فروش با وزن ۰/۲۸۴ و سرمایه گذاری در برند و نام تجاری با وزن ۰/۲۵۴ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کرده اند.

گام چهارم: اوزان نهایی زیرمعیارها

اوزان نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارها حاصل می شود که در جدول ۱۶ آورده شده است. بر این اساس سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه رتبه اول را در بین تمامی زیرمعیارها کسب کرده است.

جدول شماره (۸): وزن نهایی زیرمعیارها

رتبه	وزن نسبی	کد	زیرمعیار	وزن	معیار
۶	۰/۰۳۹۷	A1	سرمایه گذاری در تولید مجموعه قدرت	۰/۱۷۴	سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی (A)
۴	۰/۰۵۶۲	A2	سرمایه گذاری در تولید مجموعه انتقال قدرت		
۱۵	۰/۰۲۵۱	A3	سرمایه گذاری در تولید مجموعه فنر بندی و		
۲۰	۰/۰۲۰۷	A4	سرمایه گذاری در تولید مجموعه چرخ بندی و		
۱۹	۰/۰۲۱۴	A5	سرمایه گذاری در تولید مجموعه هدایت و		
۲۴	۰/۰۱۱۰	A6	سرمایه گذاری در تولید مجموعه مدارات		
۲۳	۰/۰۱۵۲	B1	سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات	۰/۰۷۴	سرمایه گذاری در تولید و تهیه قطعات (B)
۷	۰/۰۳۱۵	B2	سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات		
۱۸	۰/۰۲۲۹	B3	سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات کم		
۲۷	۰/۰۰۴۲	B4	سرمایه گذاری در تهیه و تولید قطعات جانبی و		
۲۹	۰/۰۰۲۴	C1	سرمایه گذاری در ارزیابی و انتخاب تامین	۰/۰۴۴	سرمایه گذاری در زنجیره تامین (C)
۲۵	۰/۰۰۶۳	C2	سرمایه گذاری در مدیریت زمان زنجیره		
۲۸	۰/۰۰۳۲	C3	سرمایه گذاری در کنترل فرایند زنجیره		
۲۶	۰/۰۰۵۶	C4	سرمایه گذاری در انعطاف پذیری زنجیره		
۱۲	۰/۰۲۶۵	C5	سرمایه گذاری در جلب رضایت مشتریان		
۱	۰/۱۶۲۱	D1	سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه	۰/۴۴۳	سرمایه گذاری در روش های انتقال فناوری (D)
۲	۰/۱۶۰۴	D2	سرمایه گذاری مشترک در تحقیق و توسعه		
۵	۰/۰۴۰۳	D3	مهندسی معکوس		
۱۶	۰/۰۲۴۸	D4	کپی سازی		

رتبه	وزن نهایی	وزن نسبی	کد	زیرمعیار	وزن	معیار
۱۴	۰/۰۲۵۳	۰/۰۵۷	D5	مشارکت تحت لیسانس	۰/۱۸۳	سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط (E)
۸	۰/۰۳۰۶	۰/۰۶۹	D6	سرمایه گذاری مشترک تحت لیسانس		
۲۱	۰/۰۱۶۸	۰/۰۹۲	E1	سرمایه گذاری در حوزه منابع انسانی		
۳	۰/۰۱۰۹۶	۰/۰۵۹۹	E2	توسعه خطوط سالن رنگ		
۹	۰/۰۲۹۳	۰/۱۶۰	E3	توسعه خطوط مونتاژ		
۱۱	۰/۰۲۷۳	۰/۱۴۹	E4	توسعه قسمت پرس	۰/۰۹۳	سرمایه گذاری در برند و خدمات پس از فروش (F)
۱۷	۰/۰۲۳۶	۰/۲۵۴	F1	سرمایه گذاری در برند و نام تجاری		
۱۳	۰/۰۲۶۴	۰/۲۸۴	F2	عملیات فروش		
۱۰	۰/۰۲۷۷	۰/۲۹۸	F3	خدمات و تعمیرات		
۲۲	۰/۰۱۵۳	۰/۱۶۴	F4	توزیع قطعات یدکی		

ب) تکنیک FMEA

گام اول: شناسایی مراحل تحقیق و توسعه

در این بخش، مراحل مختلف مربوط به فرایند تحقیق و توسعه شناسایی خواهند شد که چهار حوزه ایده یابی و طراحی ایده، مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی، مرحله طراحی، توسعه، آزمون و تایید و مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار شناسایی شدند.

گام دوم: شناسایی حالت های ریسک و خطا

پیش از شروع و اجرای تکنیک باید تیمی از متخصصان تشکیل گردد. افرادمشارکت کننده در این تیم، ۲۱ نفر از خبرگان مربوط به صنعت خودروسازی بودند که کاربرگ مورد نظرمحقق بین آنها توزیع گردید و مهم ترین ریسک های مربوط به حوزه تحقیق و توسعه در این صنعت مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ادبیات تحقیق و پیشینه تحقیق در این حوزه نیز به شناسایی حالت های خطا موجود در حوزه تحقیق و توسعه کمک شایانی کرده است. در مجموع ۳۸ خطا شناسایی شد و تعداد خطاهای بالقوه هر بخش به صورت ذیل است:

جدول شماره (۹): شناسایی حالت های ریسک و خطا

تعداد ریسک و خطا	طبقه
۱ خطا	مرحله ایده یابی و طراحی ایده
۸ خطا	مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی
۱۴ ریسک	مراحل طراحی و توسعه، آزمون و تایید
۱۵ خطا	مرحله تولید انبوه

گام سوم: تعیین احتمال وقوع شکست (Occurrence)

در این مرحله به علت عدم دسترسی به داده های تاریخی، از دانش و تجربه کارشناسان صنعت خودرو استفاده شده و با توجه به جدول رتبه بندی، احتمال رخداد هرکدام از حالت های خطا تعیین شده و در انتها در کاربرگ ثبت می گردد. لازم به ذکر است چون هر کاربرگ جداگانه به کارشناسان داده شده است، احتمال رخداد برای هر کدام از حالت های خطا، میانگین پاسخ کارشناسان با آن خطا می باشد. حالت های خطا با بالاترین احتمال پذیری در جدول ۱۸ نشان داده شده است.

جدول شماره (۱۰): تعیین احتمال وقوع شکست

احتمال	حالت بالقوه خطا
۸/۷۶	دشواری تامین مالی (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار)
۸/۴۷	تعریف نامناسب استراتژی بازاریابی (مراحل طراحی و توسعه، آزمون و تایید)
۸/۱۴	دشواری در برنامه ریزی زمان اجرای پروژه (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)
۸/۰۹۵	عملکرد ضعیف منابع انسانی (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار)
۷/۸۰	دشواری خرید و تدارکات مربوط به پیمانکاران (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار)

۷/۷۶	تغییر اولویت های سازمان (مراحل طراحی و توسعه، آزمون و تایید)
۷/۵۷	نقص یا دشواری در مطالعات بازار (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)
۷/۴۲	عدم ایجاد ذهنیت مثبت از شرکت یا محصول بر روش مشتری (برندینگ) (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار)
۷/۱۹	عملکرد ضعیف منابع انسانی (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)

گام چهارم: تعیین سختی حالت ریسک (Severity)

در این گام سختی هر کدام از ریسک های مربوط به حوزه تحقیق و توسعه با کمک کارشناسان با تجربه صنعت خودرو به صورت جدول رتبه بندی شده، ارزیابی می گردد. درجه سختی از ۱-۱۰ با سختی معمولی تا حساس برای حالت های خطا در کاربرد ثبت می شود. لازم به ذکر است که چون هر کاربرد جداگانه به کارشناسان داده شده است، درجه سختی برای هر کدام از حالت های خطا، میانگین پاسخ کارشناسان به آن خطا می باشد. در این بخش حالت های خطا با بالاترین درجه سختی در جدول ۱۹ ارائه شده است.

جدول شماره (۱۱): درجه سختی

حالت بالقوه خطا	سختی حالت ریسک
تعریف نامناسب استراتژی بازاریابی (مرحله طراحی، توسعه، آزمون و تایید)	۹/۰۹
دشواری تامین مالی (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۸/۵۲
دشواری در مدیریت تیم (ارزیابی اولیه و تفصیلی)	۸/۱۹
عملکرد ضعیف منابع انسانی (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۷/۴۲
عدم ایجاد ذهنیت مثبت از شرکت یا محصول بر روش	۷/۳۳
دشواری در برنامه ریزی زمان اجرای پروژه (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)	۷/۲۸

گام پنجم: تعیین نرخ احتمال کشف (Detection)

منظور از احتمال کشف، نوعی ارزیابی از میزان توانایی سیستم جهت شناسایی یک وقوع خطر است. در این امتیازدهی، اعضای تیم، کنترل های موجود جهت ریسک های تحقیق و توسعه را بازبینی نمودند و در صورت نبود کنترل های جاری، احتمال کشف خطر را بسیار کم تلقی می کردند و در نتیجه درجه کشف را بسیار بالا و در حد ۹ یا ۱۰ محاسبه نمودند. حالت های خطا با بالاترین درجه کشف در جدول ۲۰ نشان داده شده است.

جدول شماره (۱۲): تعیین نرخ احتمال کشف

حالت بالقوه خطا	احتمال پذیری رخداد
تعریف نامناسب استراتژی بازاریابی (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)	۸/۵۷
عملکرد ضعیف منابع انسانی (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۸/۳۳
عملکرد ضعیف منابع انسانی (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)	۸/۰۴
دشواری در برنامه ریزی زمان اجرای پروژه (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی)	۸/۰۹
دشواری تامین مالی (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۷/۹۵
- دشواری در تامین تجهیزات و قطعات (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۷/۷۶
تغییر در طراحی فنی، برنامه ها و طرح های بازاریابی و معرفی محصول (مرحله طراحی، توسعه، آزمون و تایید)	۷/۵۷
عدم ایجاد ذهنیت مثبت از شرکت یا محصول بر روش مشتری (برندینگ) (تولید انبوه و معرفی به بازار)	۷/۴۷

گام ششم: محاسبه عدد اولویت ریسک

در این گام عدد اولویت ریسک (RPN) برای هر کدام از حالت های خطا محاسبه می گردد. عدد اولویت ریسک حاصل ضرب رتبه سختی، رتبه رخداد و رتبه کشف پذیری (تشخیص) می باشد که در کاربرد ثبت می شود. به منظور تعیین سطح ریسک و تجزیه و تحلیل داده ها ابتدا میانگین وانحراف معیار ۳۸ ریسک محاسبه گردید. سپس ریسک های شناسایی شده اولویت بندی گردید. بر اساس نتایج آماری با استفاده از نرم افزار SPSS19، میانگین ۲۲۹/۶۲۶ و انحراف معیار ۴۴/۴۴ برای ۳۸ ریسک محاسبه شد. به منظور تعیین نقطه برش یک انحراف استاندارد بالا و پایین میانگین به عنوان نقطه برش انتخاب گردید که در جدول ۲۱ نشان داده شد.

جدول شماره (۱۳): میانگین و انحراف معیار RPN

شرح	میانگین	انحراف معیار
RPN	۲۲۹/۶۲۶	۴۴/۴۴
حد بالای RPN	$274/0.66 < RPN$	$229/626 + 44/44 = 274/0.66$
حد متوسط RPN	بین ۱۸۵/۱۸۶ الی ۲۷۴/۰۶۶	
حد پایین RPN	$185/186 > RPN$	$229/626 - 44/44 = 185/186$

بر این اساس، تمامی ریسک هایی که عدد اولویت آن ها کمتر از حد پایین ریسک (۱۸۵/۱۸۶) به دست آمد، دارای شرایط طبیعی، ریسک هایی که عدد اولویت آن بیشتر از حد بالای ریسک (۲۷۴/۰۶۶) بود، غیرطبیعی و ریسک هایی که عدد اولویت آنان بین حد بالا و پایین ریسک (۱۸۵/۱۸۶ الی ۲۷۴/۰۶۶) قرار گرفت، دارای شرایط غیرطبیعی و در حد متوسط هستند. جدول ۲۲ رتبه بندی عوامل خطا را نشان می دهد.

جدول شماره (۱۴): رتبه بندی عوامل خطا

رتبه	RPN	عنوان ریسک	فکتور ریسک
۱	۲۹۷/۹۵۲	۱- حذف یا عدم شناسایی برترین ایده	مرحله ایده یابی و طرحی ایده
۲	۲۴۴/۵۲۳	۲- نقص یا دشواری در مطالعات بازار	۹. کله ارزیابی اولیه و تفصیلی
۱	۲۵۳/۳۳۳	۳- دشواری در برنامه ریزی هزینه پروژه	
۱	۴۹۸/۰۹۵	۴- دشواری در برنامه ریزی زمان اجرای پروژه	
۱	۳۳۰/۴۷	۵- نقص یا فقدان مطالعات اقتصادی و امکانسنجی	
۱	۳۴۶/۰۴۷	۶- تغییر در طراحی فنی، برنامه ها و طرح های بازاریابی و معرفی محصول	
۱	۳۸۱/۹۰۴	۷- دشواری در مدیریت تیم	
۱	۴۵۰/۱۹	۸- عملکرد ضعیف منابع انسانی	
۱	۲۸۳/۹۰	۹- دشواری برنامه ریزی دقیق هزینه	
۱	۷۱۴/۲۳	۱۰- تعریف نامناسب استراتژی بازاریابی	
۳	۱۵۶/۵۷	۱۱- تغییر در طراحی فنی، برنامه ها و طرح های بازاریابی و معرفی محصول	
۳	۱۰۹/۹۰	۱۲- دشواری در خرید و تدارکات مربوط به مشاوره و خدمات طراحی مهندسی	
۳	۹۷/۶۶	۱۳- دشواری در کنترل و تضمین کیفیت	
۳	۱۰۲/۲۳	۱۴- در دسترس نبودن تجهیزات مناسب آزمون	
۳	۸۱/۰۹	۱۵- ضعف در ارتباطات و اطلاع رسانی تغییرات	
۳	۵۸/۱۹	۱۶- تغییر مکرر در طراحی	
۳	۳۷/۲۳	۱۷- دشواری در مدیریت تیم و ضعف عملکرد منابع انسانی	
۳	۱۰۹/۷۱	۱۸- وابستگی بین پروژه ها	
۲	۲۴۳/۶۶۶	۱۹- دشواری دسترسی به دانش فنی طراحی	
۳	۱۱۱/۴۷۶	۲۰- تغییر در طراحی یا توقف پروژه	
۳	۱۶۸/۹۰	۲۱- دشواری در تامین تجهیزات مناسب آزمون	۱۱. تولید و عرضه به بازار
۳	۱۶۶/۶۶۶	۲۲- عدم اخذ مجوزهای لازم، عدم عقد موافقت نامه ها	
۳	۸۴/۶۱۹	۲۳- تغییر اولویت های سازمان	
۲	۲۶۵/۱۹۰	۲۴- دشواری خرید و تدارکات مربوط به پیمانکاران	
۱	۶۲۲/۰۹۵	۲۵- دشواری تامین مالی	
۱	۴۰۶/۵۷۱	۲۶- عدم ایجاد ذهنیت مثبت از شرکت یا محصول بر روش مشتری (برندینگ)	
۳	۱۱۳/۸۰	۲۷- تغییر در خط تولید	
۳	۱۵۶/۷۶	۲۸- ایجاد وقفه در تولید	
۳	۱۴۳/۳۸۱	۲۹- دشواری در ارائه مزیت های جانبی محصول	
۳	۱۵۵/۹۰۴	۳۰- دشواری در مدیریت تیم	
۱	۵۲۵/۳۳۳	۳۱- عملکرد ضعیف منابع انسانی	
۳	۱۱۸/۹۵۲	۳۲- دشواری در تامین تجهیزات و قطعات	

۲	۱۹۴/۹۵۲	۳۳- حوادث غیرمترقبه
۳	۱۷۱/۰۹۵	۳۴- معرفی سریعتر محصول توسط رقبا
۳	۱۳۲/۷۶۱	۳۵- عدم دسترسی به دانش فنی و تکنولوژی تولید انبوه
۳	۹۸/۴۷۶	۳۶- تغییرات تکنولوژیکی یا تغییرات استانداردها
۳	۹۴/۸۵۷	۳۷- تغییر شرایط محیطی بازار
۳	۱۱۷/۰۴۷	۳۸- دشواری در گشایش اعتبار اسنادی و انتقال پول به خارج از کشور

بر اساس نتایج جدول فوق، ریسک های به دست آمده به شرح زیر می باشد:

۱) یک ریسک مطرح شده در مرحله ایده یابی و طرحی ایده در محدوده حد بالا قرار گرفت.
 ۲) در حوزه ریسک های ارزیابی اولیه و تفصیلی، ۸ ریسک در محدوده حد بالا و ۱ ریسک در محدوده ریسک متوسط قرار گرفتند.

۳) در حوزه ریسک های مربوط به مراحل طراحی و توسعه، آزمون و تایید، ۱ ریسک در محدوده حد بالا، ۱ ریسک در محدوده ریسک متوسط و ۱۲ ریسک در محدوده ریسک پایین قرار گرفتند.

۴) در حوزه ریسک های تولید انبوه و معرفی به بازار، ۳ ریسک در محدوده حد بالا و ۱ ریسک در محدوده ریسک متوسط و ۱۱ ریسک در محدوده ریسک پایین قرار گرفتند.

در پژوهش حاضر، با استفاده از روش AHP فازی وزن و اهمیت این شاخص ها مشخص شد که در بین معیارهای اصلی، سرمایه گذاری در روشهای انتقال انرژی با وزن ۰/۴۳۸ رتبه اول را دارا می باشد. سرمایه گذاری در منابع انسانی و توسعه خطوط با وزن ۰/۱۸۰ و سرمایه گذاری در تولید مجموعه های اصلی با وزن ۰/۱۷۴ به ترتیب رتبه های دوم و سوم را کسب کردند. سپس در بین تمامی زیرمعیارها نیز سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه رتبه اول را کسب کرد.

همچنین، در این پژوهش برای نخستین بار تحلیل ریسک سرمایه گذاری در یکی از حوزه های جذاب صنعت خودرو (تحقیق و توسعه) بر اساس متد FMEA مورد بررسی قرار گرفت و با بررسی مطالعات پیشین و مصاحبه با خبرگان، ریسک های مربوط به حوزه سرمایه گذاری در این حوزه در چهار بخش ایده یابی و طراحی ایده، مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی، مراحل طراحی و توسعه، آزمون و تایید مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار طبقه بندی شدند. با استفاده از شاخص RPN تکنیک FMEA، اولویت ریسک های شناسایی شده در سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه مورد بررسی قرار گرفت که اقدامات کنترلی جهت کاهش ریسک های مربوط به سرمایه گذاری در این حوزه ها به شرح زیر ارائه می گردد:

تعریف نامناسب استراتژی های بازاریابی (مراحل طراحی، توسعه، آزمون و تایید): تعیین میزان جمعیت گروه هدف، سازمان را در انتخاب نوع استراتژی بازاریابی مناسب برای بخش تحقیق و توسعه کمک می کند، در واقع اطلاعات جمعیتی به دست آمده می تواند سازمان را در انتخاب مناسب ترین طرح بازاریابی برای کسب و کار خود کمک کند. همچنین ایجاد یک فرآیند فرضی برای خرید جهت تست مخاطبان و مشتریان امری ضروری و لازم است. با دانستن رفتارهای خرید مخاطبان و مشتریان مورد نظر، سازمان می تواند انتخاب درست و مناسبی در مورد استراتژی بازاریابی خود در بخش تحقیق و توسعه انجام دهد و از طرفی با در دست داشتن اطلاعات کافی در مورد میزان جمعیت گروه هدف، دیگر سازمان دانش، نگرش و رفتار آن ها را دانسته و بدین ترتیب می تواند استراتژی بازاریابی مناسبی همسو با این دانش ها و نگرش ها انتخاب کند. بعد از بررسی و انتخاب استراتژی های بازاریابی از میان آن هایی که در نظر گرفته شده بود و اعمال بعضی از آن ها، پیشنهاد می گردد که سازمان هر لحظه استراتژی های بازاریابی خود را ارزیابی کرده و با آزمایش همیشگی استراتژی های بازاریابی، متوجه شود که آیا انتخاب درستی صورت گرفته است و استراتژی مناسب و سازنده برای بازاریابی خود انتخاب کرده است یا نه.

دشواری تامین مالی (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار): برنامه ریزی های دقیق مالی قبل از مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار (همچون اخذ وام، سرمایه گذاری در بورس و) می تواند نقش مهمی در حوزه مدیریت ریسک های مربوط به دشواری تامین مالی اعمال نماید.

عملکرد ضعیف منابع انسانی (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی و مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار): فراهم آوردن بستری برای جذب فارغ التحصیلان نخبه، توجه ویژه به تخصص و شایستگی کارکنان، استفاده از تمام توانمندی ها و پتانسیل های کارکنان، و همچنین تشویق کارکنان به تفکر و رفتار به طرق جدید و خلاق و همچنین حمایت از کارکنانی که به دنبال روش های جدید انجام کار هستند، می تواند نقش مهمی در مدیریت ریسک مربوط به عملکرد ضعیف منابع انسانی اعمال نماید.

دشواری در برنامه ریزی هزینه پروژه (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی): می توان با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری در انجام برآورد هزینه ها، استفاده از روشها و تکنیکهای علمی متداول در امر بودجه بندی و همچنین مدیریت ریسک هزینه های احتمالی، نظیر افزایشهای ناشی از تورم و ... در امر برنامه ریزی هزینه پروژه موفق تر عمل نمود.

دشواری در برنامه ریزی زمان اجرای پروژه (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی): اعمال توجه ویژه به ترسیم صحیح شکست کار، تعیین مناسب فعالیت ها و توالی آنها، و همچنین استفاده از متدهای تخمین مناسب می تواند نقش مهمی در تسهیل برنامه ریزی زمان اجرای پروژه اعمال نماید.

تغییر در طراحی فنی، برنامه ها، طرح های بازاریابی و معرفی محصول (مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی): شناسایی دقیق الزامات فنی و نیازهای مشتری و همچنین اشراف کامل به قوانین فنی کپی رایت، ایمنی، محیط زیست و ... در مرحله ارزیابی اولیه و تفصیلی و همچنین مشخص نمودن دقیق محدوده محصول، ویژگی ها و کارکردهای مورد محصول (شرح محصول) در مرحله طراحی و توسعه، آزمون و تایید می تواند نقش مهمی در مدیریت ریسک های مربوط به تغییرهای مکرر در طراحی فنی و برنامه های و طراح های بازاریابی محصول اعمال نماید.

عدم ایجاد ذهنیت مثبت از شرکت یا محصول در ذهن مشتری (برندینگ) (مرحله تولید انبوه و معرفی به بازار): اجرای استراتژی های صحیح بازاریابی و جذب نیروهای متخصص در حوزه فروش و تبلیغات می تواند نقش مهمی در مدیریت ریسک مربوط به حوزه برندینگ ایفا کند.

همچنین به پژوهشگران برای مطالعات آتی پیشنهاد می گردد که در پژوهش های بعدی، نقش عوامل دیگری نیز بر سرمایه گذاری در حوزه های جذاب شرکت های خودروسازی صورت گیرد، تا بررسی جامع تری در حوزه عوامل موثر بر سرمایه گذاری در این صنایع، حاصل شود.

با توجه به محدودیت در روش شناسی بخش کمی و استفاده صرف از داده های کمی، پیشنهاد می گردد در آینده؛ پژوهشی مشابه با استفاده از داده های کیفی نظیر مصاحبه صورت پذیرد و به عنوان مکمل نتایج حاصل از این تحقیق، به بهبود اعتبار یافته ها کمک نماید.

از روش های رتبه بندی دیگری نیز استفاده نمایند و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنند.

به پژوهشگران پیشنهاد می گردد که تحقیقی با عنوان مشابه در سایر صنایع و جوامع آماری انجام دهند تا علاوه بر غلبه بر محدودیت تعمیم پذیری آن، نتایج آن را با تحقیق حاضر مطابقت دهند تا به بینش دقیق تری در زمینه نقش سرمایه فکری، هزینه های مالی و پروفایل ریسک مدیر بر سرمایه گذاری در حوزه های مختلف دست یابند.

۴- منابع

1. Deepan, M., Deepa, N., Rohini, A., Malarkodi, M., Indumathi, VM. (2020). Factors influencing mutual fund investment decisions-factor analysis. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 2106-2109.
2. Dmitry, N., Akimova, L., Mylov, I., Kareva, D., Azimov, T. (2016). Factors of investments in automobile companies' R&D. *Investment Management and Financial Innovations*, 13(4), 27-32
3. Hasana Sadr Abadi, J. 2018, Human resource development models, *Journal of Management Studies and Accounting*, 2 (4), 228 – 232

4. Kaburia, S. K., & Kimemia, L. (2018). Factors Affecting Table Banking On Investment Decisions Among Women In Mombasa County. *The Strategic Journal of Business & Change Management*, 5(2), 126 – 149.
5. Lai, Y.-L., Lin, F.-J., Lin, Y.-H. (2014). Factors affecting firm's R&D investment Decisions. *Journal of Business Research*, 68(4), 840 – 844.
6. Limanli, O. (2015). Determinants of R&D investment decision in Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 195, 759-767.
7. OECD (2015). Concepts and definitions for identifying R&D, in Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, OECD Publishing, Paris.
8. Pandey, M. (2008). *Financial Management*. New Delhi: Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi.
9. Petti, C., Jacob, J. (2018). R&D investments under uncertainty in China: The effect of political connections. RSA SIE – Sessione “China’s industrial development: new challenges for a long-term sustainable development.”
10. Ramkumar, G., & Chitra, S. (2021). A Study on Factors Influencing Investment Decisions of Retail Investors in VUCA World. *Ushus Journal of Business Management*, 20(1), 69-87.
11. Safari, S., Ebrahimi, A. (2012). Measuring competitiveness of Iranian banks. *Iraninan Jouornal of Trade Studies (IJTS)*, 16(64), 187 – 222.
12. Shrestha, P. M. (2020). Factors Influencing Investment Decisions of Nepalese Investors. *Management Dynamics*, 23(2), 145-160.
13. Thapa, B., & Shah, A. K. (2020). Factors Influencing Investment Decisions in Gold. *Journal of Business and Social Sciences Research*, 5(2), 52-62.
14. Tien, L. N., Phuong, L. D., Nhu, H. B. (2022). Factors Affecting Investment Decisions of EU Investors in Vietnam. *International Journal of Current Science Research and Review*, 5(2).

Prioritization of Attractive Areas of Investment in the Automotive Industry Based On AHP Method and Evaluation of Investment Risk in Areas of Research and Development Based on FMEA Technique

Mohammad Shamshiri

Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Amir Bayat Tork (Corresponding Author)

Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Email: ami.bayat_tork@iauctb.ac.ir

Tahmoures Sohrabi

Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Nazanin Pilevari

Department of Industrial Management, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Automotive companies are looking for ways to adopt a different strategy from other automotive companies to provide better customer service. An example of these distinct strategies is investing decisions in attractive areas of automotive companies. In this regard, the purpose of this study was to prioritize attractive areas of investment in the automotive industry based on the AHP method and evaluate investment risks in attractive areas of research and development based on the FMEA technique. The study population of this study is 21 experts in the automotive industry who have been selected based on judgmental sampling. First, using the FAHP method, attractive areas of the automotive industry are identified and prioritized, and then with the FMEA method, investment risk in the field of research and development of the automotive industry is analyzed. The results showed that among the main criteria, investment in energy transfer methods weighing 0.438 ranks first. Investment in human resources and development of lines with a weight of 0.180 and investment in production of main collections with a weight of 0.174 won the second and third ranks, respectively. Then, among all the sub-criteria, investment in research and development was ranked first. Also in the field of research and development, the risks related to the initial and detailed evaluation stage had a higher priority than the risks related to other stages.

Keywords: Research and development (R&D), attractive areas of investment, risk.