

چارچوبی کمی برای انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک در شرکت‌های نوپا (مطالعه‌ی موردی: نانوفناوری)

سیده مریم هاشمی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

محمد مهدی لطفی* (دانشیار)

محمدعلی وحدت‌زاد (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۸ (۱۱۰-۹۹-۱)
دوری (۳۵-۱)، شماره ۱/۲، ص. ۱۱۰-۹۹

ریسک تأسیس و احتمال شکست شرکت‌های نوپا به دلیل دانش فنی و ارزش افزوده، ناشناخته بودن محصولات، کمبود مالی و نیاز به تیم کاری متخصص بالاست. با مدیریت ریسک می‌توان ریسک‌های ناشی از تصمیمات را به شکلی نظام‌مند ارزیابی کرد و با درک فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از تصمیمات، احتمال موفقیت را افزایش داد. در این مقاله، مرحله‌ی رشد شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان نانوفناوری به‌عنوان یک پروژه در نظر گرفته شده و چارچوبی کمی برای تحلیل راهبردهای پاسخ به ریسک، بر اساس استاندارد PMBOK، و روش ترکیبی FMEA، TOPSIS و مدل بهینه‌سازی پیشنهاد می‌شود. مدل بهینه‌سازی برای تعیین مرزکاری ریسک و سود ارائه می‌شود که می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری برای انتخاب راهبردهای مناسب به مدیران کمک کند. چارچوب پیشنهادی در یک شرکت نوپای دانش‌بنیان نانوفناوری در پارک علم و فناوری یزد استفاده و از طریق بررسی نتایج عددی و تحلیل حساسیت اعتبارسنجی می‌شود.

واژگان کلیدی: شرکت نوپای دانش‌بنیان، ریسک، سود، راهبرد پاسخ به ریسک، FMEA، تاپسیس، بهینه‌سازی.

۱. مقدمه

تصمیم‌گیری درست هنگام مواجهه با آن است تا بتوان بهترین تعادل بین منافع و ریسک ایجاد کرد.

ریسک یک رخداد غیرقطعی است که در صورت وقوع حداقل بر یکی از اهداف تأثیر منفی (تهدید) یا مثبت (فرصت) می‌گذارد.^[۴] از سال ۱۹۹۰ میلادی، مدل‌های مختلفی برای مدیریت ریسک پروژه‌ها با هدف افزایش موفقیت آن‌ها ارائه شد.^[۵] فرایند مدیریت ریسک پروژه شامل دو مرحله‌ی ارزیابی و پاسخ به ریسک است. ارزیابی ریسک از دو گام شناسایی و تحلیل ریسک تشکیل می‌شود. روش‌های اصلی شناسایی ریسک شامل طوفان فکری، مرور مستندات، دلفی و تحلیل فرضیه است.^[۶] تحلیل ریسک به دو صورت کیفی و کمی انجام می‌شود. برای تحلیل کمی از روش‌هایی مانند تحلیل حساسیت، تحلیل ارزش پولی موردانتظار، درخت تصمیم با استفاده از نظریه‌ی مطلوبیت، شبیه‌سازی، نمودار علت و معلول، نظریه‌ی بازی، نظریه‌ی فازی و تحلیل درخت خطا استفاده می‌شود.^[۷] مرحله‌ی پاسخ به ریسک شامل شناسایی، ارزیابی و انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک است PMBOK.^[۸] چهار راهبرد برای پاسخ به ریسک‌های منفی و چهار راهبرد برای پاسخ به ریسک‌های مثبت ارائه می‌کند^[۴] که در جدول‌های ۱ و ۲ قابل مشاهده است.

ارزیابی ریسک، یکی از مسائل کلیدی سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته

کسب و کارهای نوپا شرکت‌های کوچکی هستند که طول عمر بین ۳ تا ۵ سال دارند و در زمینه‌ی فناوری فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها که اغلب فعالیت خود را در مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری آغاز می‌کنند، مستعد جهش، رشد ارزش و البته ریسک فراوانی هستند و سبب توسعه‌ی اقتصاد کشور و اشتغال فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌ها می‌شوند. اگر این شرکت‌ها بتوانند آن‌قدر درآمدزایی کنند که به سود برسند، تبدیل به یک کسب‌وکار رشد یافته می‌شوند. آن‌ها پتانسیل زیادی در تولید محصولات جدید دارند، اما با کمبود منابع و دانش و تخصص لازم برای مدیریت فرایند تجاری‌سازی روبه‌رو هستند.^[۱]

عدم قطعیت جزء جدانشدنی هر کسب‌وکار نوپاست. عدم قطعیت و ریسک دو مفهوم مرتبط اما متفاوت‌اند. ریسک، نوعی عدم قطعیت محاسبه‌پذیر و پیش‌بینی‌پذیر است؛ بنابراین، می‌توان آن را مدیریت کرد.^[۲] مدیریت ریسک در سازمان‌ها نقشی راهبردی دارد و به‌عنوان یک راهنمای مسیر و ابزاری برای کاهش ریسک‌های بحرانی و توسعه‌ی پایدار شناخته می‌شود.^[۳] هدف لزوماً اجتناب از ریسک نیست، بلکه

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۶/۱۲/۶، اصلاحیه ۱۳۹۷/۵/۲۰، پذیرش ۱۳۹۷/۶/۲۶.

DOI:10.24200/J65.2018.7322.1810

جدول ۱. راهبردهای پاسخ به ریسک‌های منفی.^[۴]

راهبرد	تعریف
کاهش ^۱	کاهش احتمال یا پیامدها تا آستانه‌ی قابل پذیرش
انتقال ^۲	انتقال واکنش به ریسک و پیامدهای آن به شخص ثالث
اجتناب ^۳	اعمال تغییر برای حذف ریسک یا عدم تأثیر آن بر اهداف
پذیرش ^۴	عدم اعمال تغییر و پذیرش ریسک
transfer ^۲	mitigate ^۱
accept ^۴	avoid ^۳

جدول ۲. راهبردهای پاسخ به ریسک‌های مثبت.^[۴]

راهبرد	تعریف
بهبود ^۵	افزایش احتمال وقوع ریسک
بهره‌برداری ^۶	فراهم کردن شرایط وقوع و بهره‌برداری از ریسک
اشتراک ^۷	همکاری با دیگران برای وقوع و بهره‌برداری ریسک
پذیرش ^۸	عدم اعمال تغییر و پذیرش ریسک
exploit ^۶	enhance ^۵
	share ^۷

است؛ زیرا سرمایه‌گذاران خطرپذیر در زمینه‌هایی با ریسک خیلی بالا یا بازده خیلی پایین و غیرمتناسب سرمایه‌گذاری نمی‌کنند.^[۹] همچنین ناآگاهی صاحبان شرکت از ریسک‌های ناشی از تصمیمات می‌تواند منجر به انتخاب راهبردهای نامناسب، اختلال در انجام فعالیت‌ها، به کارگیری راهکارهای نامناسب و شکست شود.

در این پژوهش، برای دستیابی به یک ابزار تصمیم‌گیری مناسب چارچوبی کمی برای شناسایی و ارزیابی و انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک در شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان ارائه و یک مدل دوهدفی ریاضی، برای تعیین مرکز کارای ریسک و سود و انتخاب راهبردها فرمول‌بندی می‌شود. مرکز کارای ریسک و سود مجموعه‌ی نقاطی است که در هر سطح ریسک و سود، نشان می‌دهند کدام راهبردها بهینه هستند. تصمیم‌گیران و مدیران با استفاده از این نمودار می‌توانند راهبردهای بهینه را که ریسک و سود مناسبی دارند، انتخاب کنند. برای تعیین مرکز کارای^۱ ریسک و سود، متغیرهای تصمیم یعنی راهبردهای کاندیدا برای پاسخ به ریسک‌ها تعیین و میزان ریسک، هزینه و زمان لازم برای اجرای هر راهبرد محاسبه می‌شود. سپس مدل ریاضی با در نظر گرفتن محدودیت بودجه، زمان، ظرفیت تولید سالانه و راهبردهای ناسازگار و دو هدف کمیته‌سازی ریسک و بیشه‌سازی سود ارائه می‌شود. با استفاده از مدل پیشنهادی می‌توان میزان ریسک و سود ناشی از تصمیمات در این پروژه‌ها را محاسبه کرد و مرکز کارای ریسک و سود را به دست آورد.

در ادامه، ابتدا پژوهش‌های مرتبط بررسی می‌شود. سپس تشریح مسئله و مراحل چارچوب پیشنهادی، به همراه مدل پیشنهادی ارائه می‌شود. مدل پیشنهادی از طریق بررسی نتایج عددی و تحلیل حساسیت اعتبارسنجی می‌شود. در انتها نتایج و یافته‌های پژوهش به همراه پیشنهادهایی برای مطالعات آتی ارائه می‌شود.

۲. مرور پژوهش‌های پیشین

با وجود اطلاعات زیادی که در زمینه‌ی مدیریت ریسک پروژه وجود دارد، پژوهش‌های معدودی در ارتباط با مدیریت ریسک SMEها انجام شده است.^[۱۰-۱۱] در واقع، بیشتر مطالعات تحلیل ریسک به شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک با

هدف جلوگیری از اتفاقات ناگوار محدود می‌شوند.^[۱۲] استانداردهای مختلفی مانند AFNOR، ISO، PMBOK و ... برای کمک به مدیران برای تحقق اهداف توسعه یافته‌اند.^[۱۳] برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک یک مرحله‌ی مهم برای کاهش اثرات منفی ریسک است^[۱۴] که در آن، اقدامات اجرایی برای کاهش احتمال وقوع و شدت اثر ریسک شناسایی و ارزیابی می‌شوند.^[۱۵] برخی از معیارهای ارزیابی راهبردهای پاسخ به ریسک عبارت‌اند از: اثرات پاسخ، منابع پاسخ، ظرفیت پاسخ، احتمال پاسخ، طول مدت پاسخ، کیفیت پاسخ، تأخیر اثر پاسخ، فوریت پاسخ، ویژه بودن پاسخ و عدم قطعیت پاسخ.^[۱۶] روش‌های انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک به چهار دسته تقسیم می‌شوند: ناحیه‌یی، موازنه، مبتنی بر ساختار شکست کار و مدل بهینه‌سازی که هر کدام مزایا و محدودیت‌هایی دارند.^[۱۷] در روش ناحیه‌یی، با استفاده از یک گراف یا ماتریس دو بعدی، ناحیه‌ی تقریبی انتخاب راهبردها شناسایی می‌شود. با این روش فقط حدود راهبردها مشخص می‌شود و تنها دو معیار را می‌توان در نظر گرفت. در روش موازنه که به‌منظور تعیین مرکز کارا (مؤثر) استفاده می‌شود، تعادلی بین اهداف مورد نظر و اولویت‌های مدیران ایجاد و سپس راهبردهای مطلوب از نظر بین‌کاندیداها، بر اساس کارایی انتخاب می‌شوند. این روش نیز فقط دو عامل را در نظر می‌گیرد. روش مبتنی بر ساختار شکست کار، که به‌منظور برقراری ارتباط بین مدل ارزیابی پاسخ ریسک‌ها با سایر سیستم‌های مدیریت پروژه استفاده می‌شود، راهبردها را بر اساس تحلیل شکست کار پروژه انتخاب می‌کند اما بهینگی راهبردها نامشخص است. در روش مدل بهینه‌سازی، یک مدل ریاضی برای حل مسئله‌ی انتخاب راهبرد پاسخ به ریسک ارائه می‌شود. معمولاً تابع هدف کاهش هزینه‌ی اجرای راهبردها و محدودیت‌ها شامل ترکیب راهبردها، سطح قابل قبول ریسک، بودجه‌ی در دسترس برای اجرای راهبردها و موارد مشابه هستند.^[۱۷،۱۸] در جدول ۳ به برخی از مهم‌ترین پژوهش‌ها که از رویکردهای ذکر شده استفاده کرده‌اند، اشاره می‌شود. هیلسون^[۲۳] یک رویه‌ی آشناری برای شناسایی و انتخاب اقدامات پاسخ به ریسک ارائه کرد؛ ابتدا راهبرد اجتناب و در صورت عدم امکان، به‌ترتیب راهبردهای انتقال، کاهش و پذیرش بررسی شدند. پینی^[۱۸] یک نمودار برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک بر اساس مطلوبیت تصمیم‌گیرنده از ماتریس احتمال - اثر ارائه و دستورالعملی برای تعیین ناحیه‌ی اتخاذ راهبرد روی این نمودار پیشنهاد کرد. الکجائر و فلدینگ^[۱۹] از ماتریس احتمال - اثر به‌منظور انتخاب راهبرد پاسخ استفاده کردند. آن‌ها منطقه‌ی قرارگیری ریسک را با توجه به احتمال و اثر ریسک، شناسایی و راهبرد پاسخ به آن را تعیین کردند. چپمن^[۲۰] روشی برای بررسی تک‌تک اجزای ساختار شکست کار و شناسایی ریسک‌ها و پاسخ‌های مربوط ارائه کرد که در پروژه‌های بزرگ نیازمند حجم محاسبات زیاد بود. کلین و همکاران^[۲۱] نسخه‌ی اصلاح شده‌ی این مدل را ارائه دادند که به‌جای بررسی ریسک و پاسخ تک‌تک فعالیت‌ها، فعالیت‌های نمونه بررسی و نتایج به تمام فعالیت‌ها تعمیم داده شد. حمزه‌یی و دری^[۶] مسئله‌ی انتخاب پاسخ به ریسک در شرکت مهندسی و توسعه‌ی شرکت نفت را با استفاده از فرایند مدیریت ریسک استاندارد PMBOK و روش ANP حل کردند. چپمن و وارد^[۲۳] رابطه‌ی هزینه‌ی اجرای پاسخ و سطح ریسک هزینه را بررسی و با حذف پاسخ‌هایی که هزینه‌ی اجرا و سطح ریسک هزینه‌ی آن‌ها بدتر بود، جواب‌های کارا را تعیین کردند. سپس بر اساس ترجیحات تصمیم‌گیرنده، گزینه‌ی مطلوب از بین جواب‌های کارا انتخاب شد. کوچاوسکی^[۲۲] مجموع هزینه‌های اجرای پاسخ و هزینه‌ی ریسک پس از اجرای پاسخ را با کمک درخت تصمیم محاسبه و منحنی توزیع احتمال جمعیتی را ترسیم کرد. مرز کارا در منتهی‌الیه سمت چپ منحنی‌های توزیع جمعیتی قرار دارد. هایمز^[۲۵] با تبادل هزینه‌ی اجرای پاسخ و هزینه‌ی ریسک پس از اجرای پاسخ، مرز کارا را در یک پروژه‌ی مبارزه با آفات گیاهی محاسبه کرد. یون و همکاران^[۲۶] مدل

جدول ۳. مهمترین پژوهش‌ها در ارتباط با انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک.

مرجع	تمرکز تحلیل	روش انتخاب
[۱۸]	احتمال وقوع و قابلیت پذیرش اثر ریسک	ناحیه‌یی
[۱۹]	درجه‌ی اثر و احتمال وقوع ریسک	ناحیه‌یی
[۱۵]	درجه‌ی ریسک‌های قابل کنترل و خاص	ناحیه‌یی
[۲۰]	فعالیت‌ها، ریسک‌ها و پاسخ به ریسک فعالیت‌ها	ساختار شکست
[۲۱]	تحلیل نمونه‌ی فعالیت‌ها برای تسهیل روش چپس	ساختار شکست
[۲۲]	کمینه‌سازی انحرافات نامطلوب در دست‌یابی به محدوده‌ی پروژه	ساختار شکست
[۲۳]	هزینه‌ی مورد انتظار اجرای راهبردهای پاسخ و عدم اطمینان از هزینه‌ی مورد انتظار	موازنه
[۲۴]	هزینه‌ی اجرای پاسخ و هزینه‌ی پس از اجرای پاسخ	موازنه
[۲۵]	هزینه‌ی اجرای راهبرد و درصد کاهش تلفات	موازنه
[۱]	کمینه‌سازی ریسک و بیشینه‌سازی سود	موازنه
[۲۶]	اثر راهبردها بر میزان هزینه و تقاضا در سیستم حمل و نقل	موازنه
[۸]	کمینه‌سازی کل زیان مورد انتظار	بهینه‌سازی
[۲۷]	ریسک حمل و نقل و راهبردهای کاهش آن	بهینه‌سازی
[۲۸]	تعامل بسته‌های کاری در رابطه با ریسک و اقدامات کاهش ریسک	بهینه‌سازی
[۲۹]	اهداف راهبردی پروژه و کاهش بودجه در دسترس	بهینه‌سازی
[۱۷]	ریسک و هزینه‌ی اجرای راهبردهای پاسخ	بهینه‌سازی
[۳۰]	یکپارچگی زمان، هزینه و کیفیت پروژه	بهینه‌سازی
[۳۱]	تحلیل ریسک در چرخه‌ی حیات پروژه	بهینه‌سازی
[۳۲]	اثر راهبردها بر کاهش مقدار کل ریسک در چرخه‌ی حیات پروژه	بهینه‌سازی

تحلیلی برای موازنه‌ی راهبردهای مختلف پاسخ به ریسک در سیستم حمل‌ونقل با توجه به هزینه و تقاضا ارائه دادند. فن و همکاران [۲۷] ریسک راهبردهای حمل‌ونقل و ویژگی‌های مربوط به پروژه را بررسی کردند و یک مدل مفهومی برای توصیف رابطه‌ی کمی میان متغیرها توسعه دادند. بن دیوید و همکاران [۲۸] بر تعامل بسته‌های کاری پروژه در رابطه با ریسک و اقدامات کاهش ریسک تمرکز کردند و یک الگوریتم بهینه‌سازی شاخه و کران و دو الگوریتم ابتکاری ارائه دادند. ذگردی و همکاران [۸] یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای انتخاب پاسخ به ریسک با هدف کمینه‌سازی کل زیان مورد انتظار شامل هزینه‌ی اجرای پاسخ‌ها و اثرات نامطلوب مورد انتظار بر زمان و هزینه و کیفیت پروژه ارائه و ضرایب تابع هدف مربوط را از طریق رویکرد اولویت‌بندی فازی تعیین کردند. ژانگ و فن [۱۷] یک مدل بهینه‌سازی با یکپارچه‌سازی اهداف حیاتی پروژه شامل هزینه و زمان و کیفیت ارائه دادند. ژانگ و همکاران [۳۰] دوره‌های مختلف چرخه‌ی حیات پروژه‌های نرم‌افزاری را معرفی و عوامل ریسک را مشخص و در پایان کل ریسک را محاسبه کردند. لیو و همکاران [۳۱] یک مدل فازی تحلیل ریسک برای محاسبه‌ی کل مقدار ریسک پروژه ارائه و عوامل ریسک را به دوره‌های مختلف چرخه‌ی حیات پروژه اختصاص دادند. غفاری و همکاران [۲۲] با کمک منطق فازی، یک مدل تحلیل ریسک برای انتخاب راهبردهای پاسخ در پروژه‌های مجازی در طی چرخه‌ی حیات پروژه ارائه دادند.

در مطالعات گذشته، ریسک‌های مؤثر بر فعالیت شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان با فناوری پیشرفته شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند. اما این اقدامات بدون شناسایی، ارزیابی و انتخاب راهبردهای پاسخ، اثربخش نخواهند بود. همچنین در مدل‌های مدیریت ریسک موجود، به تأثیر راهبردهای پاسخ به ریسک بر سود توجه نشده است. بنابراین در این پژوهش، علاوه بر کمینه کردن ریسک، بیشینه‌سازی سود نیز به عنوان تابع هدف در مدل بهینه‌سازی لحاظ می‌شود. بنابراین، سهم این پژوهش در پژوهش‌های مرتبط به این موضوع شامل موارد زیر است:

۱. پیشنهاد چارچوب کمی برای شناسایی و ارزیابی راهبردهای پاسخ به ریسک در مرحله‌ی رشد شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان بر اساس استاندارد مدیریت پروژه PMBOK و روش ترکیبی FMEA و TOPSIS.

۲. ارائه‌ی مدل دو هدفه (ریسک و سود) برای انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک، با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه، زمان، ظرفیت تولید سالانه و راهبردهای ناسازگار.

۳. چارچوب پیشنهادی برای شناسایی، ارزیابی و انتخاب

راهبردهای پاسخ به ریسک

مراحل چارچوب پیشنهادی برای انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک در شکل ۱ نشان داده شده است. در ادامه به تشریح مراحل چارچوب پیشنهادی پرداخته می‌شود.

۱.۳. شناسایی حالت‌ها و علت‌های شکست

فرایند شناسایی ریسک مشتمل بر تعیین ریسک‌های مؤثر بر پروژه و ویژگی‌های آن‌هاست. جدول ۴ فهرستی از تمام حالت‌های شکست و علت‌های مرتبط را نشان می‌دهد که با استفاده از مطالعات پیشین، [۲۵] نظرات خبرگان و مستندات شرکت‌های نوپای نانوفتواری (پارک علم و فناوری یزد) تهیه شده است. همان‌طور که

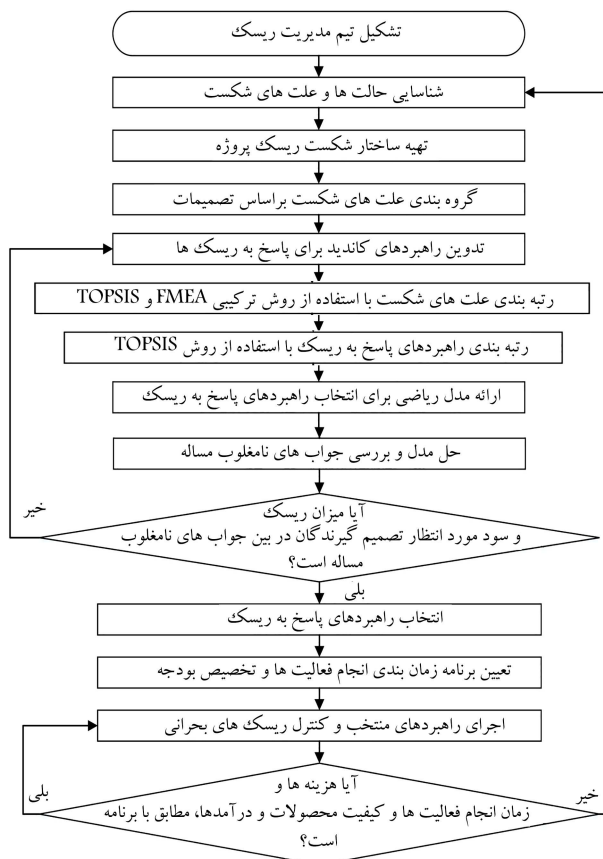
جدول ۴. حالت‌ها و علت‌های شکست مرتبط در مرحله‌ی رشد شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان نانو فناوری.

حالت‌های شکست	علت‌های شکست
	متناسب نبودن فناوری با نیاز بازار
	شناسایی نادرست نیاز بازار
	بی‌ثباتی بازار برای محصول
	قیمت‌گذاری نامتعادل محصول
	تشخیص نادرست بازار هدف
	انتخاب نادرست روش بازاریابی
کاهش درآمدها	افشای فرمول‌بندی
	از دست دادن نیروی کلیدی
	عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان
	تغییر میزان تقاضای پیش‌بینی شده
	تغییر بهای تمام شده‌ی محصول
	ظهور رقبای قوی
	افزایش زمان بازاریابی
	افزایش هزینه‌های عملیاتی
	افزایش هزینه‌های بازاریابی
	عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان
	برآورد نادرست هزینه‌ها
افزایش هزینه‌ها	از دست دادن نیروی کلیدی
	عدم اطمینان از تأمین مواد اولیه
	افزایش زمان راه‌اندازی
	افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی
	تداخل مدیریتی با شریک
	تداخل علمی با شریک
	اختلاف مالی با شریک
	جدا شدن شریک
	کمبود نقدینگی
	تمام شدن نقدینگی
	از دست دادن نیروی کلیدی
	از دست دادن مالکیت شرکت

بازاریابی بستگی دارند. بنابراین، برای این‌که بتوان هزینه‌ها و درآمدهای هر محصول را برآورد کرد، نوع محصول و روش بازاریابی با هم در نظر گرفته می‌شوند. یک عامل ممکن است به بیش از یک تصمیم نسبت داده شود. همچنین عواملی که هم‌پوشانی یا ارتباط زیادی دارند، با نظر خبرگان ادغام می‌شوند. جدول ۶ گروه‌بندی علت‌های شکست بر اساس تصمیمات را نشان می‌دهد.

۴.۳. تدوین راهبردهای کاندیدها برای پاسخ به ریسک‌ها

ابتدا با توجه به راهبردها در جدول‌های ۱ و ۲ و نیز اهداف و چشم‌انداز شرکت، پتانسیل بازار، شرایط و ظرفیت تولید شرکت راهبردهای کاندیدها برای پاسخ به ریسک‌ها تدوین و سپس مدت زمان اجرا، درآمدهای مورد انتظار و هزینه‌های سالانه‌ی آن‌ها پیش‌بینی می‌شوند. راهبردهای کاندیدها با توجه به نوع محصولات و شرایط هر شرکت می‌تواند، متفاوت باشد.



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی برای شناسایی، ارزیابی و انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک.

مشاهده می‌شود، برخی علت‌ها ممکن است به بیش از یک حالت شکست نسبت داده شوند.

۲.۳. تهیه‌ی ساختار شکست ریسک پروژه^۲

تهیه‌ی ساختار شکست ریسک پروژه، سبب شفاف شدن مرحله‌ی بروز عوامل شکست و قضاوت دقیق‌تر درباره‌ی معیارهای سنجش ریسک می‌شود. برای تهیه‌ی ساختار شکست ریسک پروژه، ابتدا مراحل چرخه‌ی حیات آن شناسایی و سپس عوامل شکست با توجه به مرحله‌ی بروز آن‌ها به این مراحل نسبت داده می‌شوند. در این پژوهش، ساختار شکست ریسک با استفاده از نظرات خبرگان تهیه شده که در جدول ۵ آمده است. یک عامل ممکن است به بیش از یک مرحله نسبت داده شود.

۳.۳. گروه‌بندی علت‌های شکست بر اساس تصمیمات

پروژه‌ها با انواع مختلف ریسک روبه‌رو هستند که باید آن‌ها را به گروه‌های کوچک‌تر تقسیم کرد تا قابل مدیریت باشند.^[۳۶] برای بررسی اثر تصمیمات بر میزان ریسک پروژه، عوامل ریسک با نظر خبرگان و با توجه به تأثیر هر یک از تصمیمات بر آن‌ها گروه‌بندی می‌شوند. تصمیمات به دو گروه ۱. انتخاب نوع محصول و روش بازاریابی و ۲. روش تأمین سرمایه تقسیم می‌شوند. احتمال وقوع و شدت اثر عواملی که به انتخاب نوع محصول مرتبط هستند به روش بازاریابی نیز بستگی دارند. همچنین هزینه‌های تولید، بازاریابی و فروش به انتخاب نوع محصول، ظرفیت تولید و روش

جدول ۵. ساختار شکست ریسک مرحله‌ی رشد شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان نانوفناوری.

شماره مرحله	عنوان مرحله	عوامل ریسک
۱	ثابت نمونه و تکمیل نیروی کار	افشای فرمول‌بندی عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان (عدم استخدام نیروی ماهر) تداخل مدیریتی با شریک شناسایی نادرست نیاز بازار برآورد نادرست هزینه‌ها افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی
۲	بازاریابی هدفمند	بی‌ثباتی بازار برای محصول قیمت‌گذاری نامتعادل محصول تشخیص نادرست بازار هدف تداخل مدیریتی با شریک انتخاب روش نادرست بازاریابی افشای فرمول‌بندی برآورد ناصحیح نیاز بازار جدا شدن شریک از دست دادن نیروی کلیدی افزایش زمان بازاریابی
۳	آمادگی تولید در حجم بالا	از دست دادن نیروی کلیدی عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان سرعت زیاد تغییر فناوری عدم اطمینان از تأمین مواد اولیه افزایش هزینه‌های عملیاتی افزایش زمان راه‌اندازی پروژه افشای فرمول‌بندی کمبود نقدینگی تمام شدن نقدینگی تداخل مدیریتی با شریک جدا شدن شریک عدم اطمینان از تأمین مواد اولیه
۴	انعقاد قرارداد و فروش	تغییر میزان تقاضای پیش‌بینی شده تغییر بهای تمام شده‌ی محصول ظهور رقبای قوی برای محصول ناتوانایی مشتریان در خرید محصول از دست دادن نیروی کلیدی عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان اختلاف مالی با شریک

جدول ۶. گروه‌بندی علت‌های شکست بر اساس تصمیمات.

تصمیم	علت‌های شکست	علت‌های مرتبط
انتخاب روش محصول و روش بازاریابی	۱- افشای فرمول‌بندی ۲- عدم مهارت و تجربه‌ی کارکنان	انتخاب نادرست روش بازاریابی
	۳- شناسایی نادرست نیاز بازار	تشخیص نادرست بازار هدف پیش‌بینی نادرست تقاضا
	۴- افزایش هزینه‌ها	برآورد نادرست هزینه‌ی تولید افزایش هزینه‌های عملیاتی برآورد نادرست هزینه‌ی بازاریابی افزایش هزینه‌های بازاریابی
	۵- بی‌ثباتی بازار	سرعت زیاد تغییر فناوری تغییر تقاضای پیش‌بینی شده تغییر بهای تمام شده‌ی محصول
	۶- قیمت‌گذاری نامتعادل	
	۷- افزایش زمان	افزایش زمان ساخت فرمول‌بندی افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی افزایش زمان بازاریابی
	۸- ظهور رقبای قوی	
تأمین سرمایه	۱- اختلاف با شریک	تداخل علمی با شریک جدا شدن شریک اختلاف مالی با شریک از دست دادن مالکیت شرکت تداخل مدیریتی با شریک ظهور رقبای قوی افشای فرمول‌بندی
	۲- کمبود منابع مالی	تمام شدن نقدینگی کمبود نقدینگی

۵.۳. مقیاس‌بندی امتیازهای معیارهای سنجش ریسک

برای سنجش ریسک‌ها ۵ معیار در نظر گرفته می‌شود که عبارت‌اند از: احتمال وقوع (o)، توانایی تشخیص (d)، شدت اثر بر زمان تکمیل پروژه (s₁)، شدت اثر بر هزینه‌ی تکمیل پروژه (s₂) و شدت اثر بر کیفیت (s₃). با نظر خبرگان و متناسب با شرایط شرکت، امتیازها مقیاس‌بندی می‌شوند. جدول‌های ۷ تا ۹ به‌عنوان راهنمای تعیین امتیازها هنگام مقیاس‌بندی تکمیل می‌شوند. تعیین مقیاس برای معیارها مشابه پژوهش‌های گذشته،^[۳۷] سبب نزدیک شدن نظر اعضای تیم و سنجش دقیق‌تر عوامل ریسک می‌شود.

جدول ۷. راهنمای تعیین احتمال وقوع عوامل ریسک. [۳۳]

امتیاز	احتمال وقوع
۱	غیرممکن
۲	خیلی بعید
۳	بعید
۴	خیلی کم
۵	کم
۶	متوسط
۷	بالای متوسط
۸	بالا
۹	خیلی بالا
۱۰	خیلی خیلی بالا

عامل مطابق رابطه ۱ تشکیل می‌شود که شامل P گزینه (راهبردهای کاندیدا) و ۵ معیار سنجش ریسک است. سپس نظرات خبرگان درباره‌ی امتیازات هر عامل در صورت اجرای هر گزینه استفاده و برای تجمیع نظرات، میانگین گرفته می‌شود. اگر اختلاف نظر خبرگان زیاد باشد، با بحث و مذاکره با آن‌ها سعی می‌شود ترجیحاً نظرات به هم نزدیک شوند. ماتریس z با استفاده از روابط ۲ تا ۶ نرمال و وزن معیارها به وسیله‌ی روش آنتروپی شانون محاسبه می‌شوند. بر طبق روش آنتروپی شانون هر چه پراکندگی مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است و وزن بیشتری دارد. معیارها همگی منفی هستند یعنی مقادیر بیشتر آن‌ها بیانگر تأثیر نامطلوب‌تر است. مقادیر فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت (d^+) و فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی (d^-) با روابط ۷ و ۸ و رتبه‌ی ریسک هر عامل با رابطه‌ی ۹ محاسبه می‌شود. هرچه رتبه‌ی یک ریسک بالاتر باشد، اثر منفی آن کمتر است.

$$z = [x_{ij}] \quad i = 1, 2, \dots, P, \quad j = 1, \dots, 5 \quad (1)$$

$$U = [u_{ij}] \quad i = 1, 2, \dots, P, \quad j = 1, \dots, 5 \quad (2)$$

$$u_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p x_{ij}^2}} \quad (3)$$

$$V = [v_{ij}] \quad (4)$$

w_j نشان‌دهنده‌ی وزن معیارها و V ماتریس تصمیم نرمال است به طوری‌که:

$$\sum_{j=1}^5 w_j = 1 \quad \text{و} \quad v_{ij} = w_j u_{ij} \quad (5)$$

$$A^+ = \{\min v_{ij} \mid i = 1, \dots, p\} = \{v_1^+, \dots, v_p^+\} \quad (6)$$

$$A^- = \{\min v_{ij} \mid i = 1, \dots, p\} = \{v_1^-, \dots, v_p^-\} \quad (7)$$

A^+ مقدار ایده‌آل مثبت و A^- ایده‌آل منفی است.

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (8)$$

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (9)$$

$$R_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad (10)$$

۷.۳. رتبه‌بندی راهبردهای پاسخ به ریسک با TOPSIS

ماتریس ارزیابی راهبردها برای دو گروه تصمیم ۱. انتخاب نوع محصول و روش بازاریابی و ۲. انتخاب روش تأمین سرمایه تشکیل می‌شود که شامل راهبردهای کاندیدا (گزینه‌ها) و عوامل شکست (معیارها) است. سپس رتبه‌ی ریسک راهبردها به روش TOPSIS محاسبه می‌شوند. وزن معیارها به وسیله‌ی روش آنتروپی شانون محاسبه می‌شود. هر چه رتبه‌ی راهبرد بالاتر باشد، میزان ریسک پروژه در صورت اجرای آن راهبرد کمتر است.

۸.۳. مدل ریاضی دودفهی انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک

برای تعیین راهبردهایی که ریسک و سود متوازن دارند، یک مدل ریاضی با دو هدف کمیته‌سازی ریسک و بیشینه‌سازی سود ارائه می‌شود. هدف، بررسی میزان

جدول ۸. راهنمای معیار سنجش توانایی تشخیص. [۳۳]

امتیاز	شرح	احتمال تشخیص
۱	امکان شناسایی ریسک قبل از هرگونه مطالعه	کمتر از ۵ درصد
۲	امکان شناسایی ریسک با مطالعه	بین ۵ تا ۱۰ درصد
۳	امکان شناسایی ریسک در اوایل مرحله‌ی برنامه‌ریزی با بررسی پروژه‌های مشابه	بین ۱۰ تا ۱۵ درصد
۴	امکان شناسایی ریسک در مرحله‌ی برنامه‌ریزی	بین ۱۵ تا ۲۰ درصد
۵	امکان شناسایی ریسک بدون مطالعه در ابتدای اجرا	بین ۲۰ تا ۲۵ درصد
۶	امکان شناسایی ریسک با مطالعه در ابتدای اجرا	بین ۲۵ تا ۳۵ درصد
۷	امکان شناسایی ریسک در اواسط مرحله‌ی اجرا	بین ۳۵ تا ۴۵ درصد
۸	امکان شناسایی ریسک در اواخر مرحله‌ی اجرا	بین ۴۵ تا ۵۵ درصد
۹	احتمال تشخیص ریسک پایین است	بین ۵۵ تا ۷۰ درصد
۱۰	ریسک غیرقابل پیش‌بینی است	بیش از ۷۰ درصد

۶.۳. سیاه رتبه‌بندی علل شکست با ترکیب FMEA و TOPSIS

برای تحلیل ریسک راهبردها، از روش ترکیبی FMEA و TOPSIS استفاده می‌شود. FMEA یک روش مهندسی است که با هدف تشخیص و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات بالقوه‌ی موجود در سیستم و فرایند قبل از وقوع نزد مشتری به‌کار می‌رود. این روش از سال ۲۰۰۰ تاکنون پرکاربردترین روش ارزیابی ریسک در صنایع است. [۳۸] در این روش برای اولویت‌بندی حالات شکست از عدد اولویت ریسک (RPN) استفاده می‌شود که از حاصل ضرب شدت اثر، احتمال وقوع و توانایی تشخیص به‌دست می‌آید. دو مشکل FMEA عبارت‌اند از اعداد تکراری و در نظر نگرفتن وزن معیارها TOPSIS. یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در برخی پژوهش‌ها برای رفع مشکلات FMEA استفاده شده است [۳۹،۳۸] و امکان تعریف معیارهای مختلف، تعیین وزن آن‌ها و رتبه‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل را می‌دهد. به دلیل تعدد معیارهای این پژوهش و نیز به‌منظور توجه به اهمیت (وزن) ریسک‌ها و محاسبه‌ی دقیق‌تر اعداد ریسک از TOPSIS استفاده می‌شود. مراحل به‌کارگیری روش ترکیبی FMEA و TOPSIS برای رتبه‌بندی علت‌های شکست در ادامه توضیح داده می‌شود. ابتدا ماتریس سنجش ریسک z برای هر

جدول ۹. راهنمای تعیین شدت اثر بر اهداف پروژه. [۳۳]

امتیاز	شرح	اثر بر کیفیت	اثر بر زمان (ماه)	اثر بر هزینه (میلیون تومان)
۱	بی تأثیر	هیچ	کمتر از ۳	کمتر از ۳
۲	تغییرات مختصر	خیلی ناچیز	بین ۲ تا ۴	بین ۳ تا ۶
۳	تغییرات آشکار ولی بدون زیان	ناچیز	بین ۴ تا ۶	بین ۶ تا ۱۰
۴	تغییرات منفی و مؤثر	خیلی کم	بین ۶ تا ۸	بین ۱۰ تا ۱۵
۵	تأثیر متوسط با افزایش زمان - هزینه	کم	بین ۸ تا ۱۰	بین ۱۵ تا ۲۰
۶	تأثیر قابل توجه	متوسط	بین ۱۰ تا ۱۲	بین ۲۰ تا ۲۵
۷	اتلاف زمان - هزینه و تغییر مسیر پروژه	شدید	بین ۱۲ تا ۱۴	بین ۲۵ تا ۳۰
۸	تغییر مسیر پروژه و بی نتیجه شدن اجرای برخی از فعالیت ها	خیلی شدید	بین ۱۴ تا ۱۶	بین ۳۰ تا ۴۰
۹	نیاز به بازنگری و طراحی مجدد پروژه	خیلی خطرناک با اعلام خطر	بین ۱۶ تا ۲۰	بین ۴۰ تا ۵۰
۱۰	عدم تکمیل پروژه	خیلی خطرناک بدون اعلام خطر	بیش از ۲۰	بیش از ۵۰

FC : هزینه ثابت راه اندازی آزمایشگاه، تولید و نیروی انسانی؛
 TFC : هزینه تزیل یافته‌ی ثابت بخش تولید در مدت پروژه.

متغیرهای تصمیم مدل

x_{ij} : متغیر صفر- یک انتخاب محصول i به روش بازاریابی j ؛
 y_k : متغیر صفر- یک انتخاب نحوه‌ی تأمین سرمایه به روش k ؛

ریسک و سود تمام حالت‌های ممکن حاصل از ترکیب راهبردهای کاندیدا برای پاسخ به ریسک‌ها، با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه، زمان، ظرفیت تولید سالانه، راهبردهای ناسازگار و تعیین مرز کاراری ریسک و سود است. تصمیم‌گیران می‌توانند با توجه به مرز کاراری ریسک و سود و ترجیحات خود (ریسک و سود موردانتظار)، راهبردهای بهینه را انتخاب کنند.

در ادامه اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل ارائه می‌شوند.

اندیس‌های مدل

i : انواع محصول؛

j : انواع روش بازاریابی؛

k : انواع روش تأمین سرمایه؛

h : سال.

پارامترهای مدل

P_{ij} : درآمد مورد انتظار تزیل یافته، ناشی از انتخاب محصول i به روش بازاریابی j (میلیون تومان)، در مدت پروژه؛

TC_{ij} : هزینه متغیر تزیل یافته‌ی بازاریابی و تولید برای محصول i به روش بازاریابی j (میلیون تومان)، در مدت پروژه؛

C_{ij} : هزینه راه‌اندازی برای تولید محصول i به روش بازاریابی j (میلیون تومان)؛
 CO_k : هزینه تأمین سرمایه توسط منبع k ؛

R_{ij} : ریسک پروژه در صورت انتخاب محصول i به روش بازاریابی j ؛

Ri_K : ریسک پروژه در صورت تأمین سرمایه به روش k ؛

SK : نقدینگی در دسترس از منبع k (میلیون تومان)؛

tm_{ij} : زمان لازم برای ثبت نمونه، تکمیل نیروی کار و بازاریابی هدفمند برای محصول i به روش بازاریابی j (ماه)؛

tp_{ij} : زمان لازم برای آمادگی تولید در حجم بالا برای محصول i به روش بازاریابی j (ماه)؛

M : زمان در دسترس برای مرحله‌ی ثبت نمونه و تکمیل نیروی کار و بازاریابی هدفمند (ماه)؛

Pr : زمان در دسترس برای آمادگی تولید در حجم بالا (ماه)؛

n_{ijh} : برنامه‌ی تولید محصول i به روش بازاریابی j در سال h ؛

L : حد بالای تعداد محصولات قابل تولید؛

NP_h : حد بالای ظرفیت تولید در سال h ؛

$$Max z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J P_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J TC_{ij} x_{ij} - \sum_{k=1}^K CO_k y_k - TFC \quad (10)$$

$$Max z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{ij} x_{ij} + \sum_{k=1}^K Ri_k y_k \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} x_{ij} + FC \leq \sum_{k=1}^K S_k y_k \quad (12)$$

$$tm_{ij} x_{ij} \leq M \quad \forall i, j \quad (13)$$

$$tp_{ij} x_{ij} \leq Pr \quad \forall i, j \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ijh} x_{ij} \leq NP_h \quad \forall h \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq L \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^K y_k \leq 1 \quad (18)$$

$$x_{ij} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \forall i, j \quad (19)$$

$$y_k = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \forall k \quad (20)$$

رابطه‌ی ۱۰ تابع هدف بیشینه‌سازی رتبه‌ی ریسک پروژه و رابطه‌ی ۱۱ تابع هدف بیشینه‌سازی رتبه‌ی ریسک پروژه است. رابطه‌ی ۱۲ محدودیت سرمایه و روابط ۱۳ و ۱۴ محدودیت‌های زمان اجرای راهبردها هستند. رابطه‌ی ۱۵ محدودیت ظرفیت تولید سالانه است و رابطه‌ی ۱۶ تضمین می‌کند تعداد محصولات انتخابی از حد بالایی مربوطه تجاوز نکند. رابطه‌ی ۱۷ بیان می‌کند که برای بازاریابی هر محصول، فقط یک روش را می‌توان انتخاب کرد. در رابطه‌ی ۱۸، برای تأمین سرمایه فقط یک روش را می‌توان انتخاب کرد. در این مدل، ریسک راهبردها مستقل فرض می‌شود. همچنین راهبردهای ترکیبی تأمین سرمایه و بازاریابی به صورت راهبردهای مجزا تعریف می‌شوند.

در نتیجه، یک مدل برنامه‌ریزی خطی آمیخته با اعداد صحیح (MIP) با اعداد سمت راست و ضرایب محدودیت‌های قطعی فرمول‌بندی می‌شود که شامل دو تابع هدف، ۷ دسته محدودیت و ۲ نوع متغیر تصمیم صفر - یک است.

برای حل مدل از دو روش استفاده می‌شود: ۱. شمارش کامل برای ابعاد کوچک (مطالعه‌ی موردی) و ۲. محدودیت افسیلون برای ابعاد بزرگ. برای روش محدودیت افسیلون از روش Branch-and-Cut در نرم‌افزار گمز استفاده می‌شود.

۴. مطالعه‌ی موردی و تحلیل نتایج محاسباتی

شرکت تعاونی ریز زیست‌فناوران فردانگر با نام اختصاری NBTF یک شرکت فعال در حوزه بیوفناوری، به خصوص تولید نانوذرات و نانو حامل‌هاست. محصولات شرکت عبارتند از: نانو نعنا و پونه، نانو رزماری، نانو چای سبز، نانو زنیان، نانو زیره سیاه، نانو کورکومین، نانو سیس پلاتین، نانو پاکلی تاکسل، نانو دکسوروبیوسین، نانو دورزولامید. جدول ۱۰ راهبردهای پاسخ به ریسک‌های نحوه‌ی تأمین سرمایه، جدول ۱۱ راهبردهای پاسخ به ریسک‌های روش بازاریابی و جدول ۱۲ راهبردهای پاسخ به ریسک‌های انتخاب نوع محصول را نشان می‌دهند. مثلاً افشای فرمول‌بندی، که تأثیر منفی بر اهداف پروژه (زمان و هزینه) می‌گذارد و می‌تواند منجر به ظهور رقبای جدید و کاهش درآمدهای شرکت شود، در مرحله‌ی اول چرخه‌ی حیات (ثبت نمونه و تکمیل نیروی کار) ظهور می‌یابد و در مراحل دوم (بازاریابی هدفمند) و سوم (آمادگی تولید در حجم بالا) نیز تکرار می‌شود. هر چه فرمول‌بندی ساخت محصول پیچیده‌تر و سطح دانش فنی بالاتر باشد، احتمال وقوع و اثر این عامل کمتر می‌شود. بنابراین راهبرد کاهش می‌تواند در قالب انتخاب محصولات با فرمولاسیون ساخت پیچیده‌تر و دانش فنی بالاتر به‌کار گرفته شود و در صورت انتخاب محصولات با فرمولاسیون و دانش فنی ساده‌تر، باید احتمال وقوع و اثرات ریسک را پذیرفت (راهبرد پذیرش فعالانه) و تمهیداتی برای عدم افشای فرمول‌بندی به‌کار برد.

بعد از تدوین راهبردهای پاسخ به ریسک، میزان ریسک اجرای هر یک از راهبردها و هزینه‌های سالانه و درآمدهای مورد انتظار آنها محاسبه می‌شوند.

۱.۴. حل مدل به روش شمارش کامل

با توجه به ابعاد کوچک مطالعه‌ی موردی و صفر- یک بودن فضای متغیرهای تصمیم مسئله، ابتدا تمام جواب‌های شدنی به کمک نرم‌افزار اکسل محاسبه و مرزکاری ریسک و سود (مجموعه جواب‌های نامغلوب مسئله) تعیین شد که در جدول ۱۳ و شکل ۲ آمده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، نقطه‌ی شماره ۱ بیشترین سود و البته بیشترین ریسک و نقطه‌ی شماره ۱۹ کمترین ریسک و البته

جدول ۱۰. راهبردهای پاسخ به ریسک‌های نحوه‌ی تأمین سرمایه.

تأمین سرمایه	راهبرد
۱- اخذ تسهیلات دولتی (وام)	۱- افزایش احتمال جذب تسهیلات دولتی (بهبود، بهره‌برداری)، ۲- کاهش احتمال کمبود منابع مالی (کاهش)، ۳- حذف اختلاف با شریک (اجتناب)
۲- جذب سرمایه‌گذار	۱- شراکت با سرمایه‌گذار برای افزایش سهم بازار (اشتراک)، ۲- پذیرش احتمال و اثرات اختلاف با شریک و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثر عوامل (پذیرش فعالانه)، ۳- کاهش احتمال وقوع و اثرات کمبود مالی (کاهش)
۳- سهام‌داران	۱- حذف اختلاف با شریک (اجتناب)، ۲- پذیرش احتمال وقوع و اثرات کمبود منابع مالی (پذیرش)
۴- ترکیب راهبردهای ۱ و ۲	۱- افزایش احتمال جذب تسهیلات دولتی (بهبود، بهره‌برداری)، ۲- شراکت با سرمایه‌گذار برای افزایش سهم بازار (اشتراک)، ۳- پذیرش احتمال و اثر اختلاف با شریک و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثر عوامل (پذیرش فعالانه)، ۴- کاهش احتمال وقوع و اثر کمبود مالی (کاهش)
۵- ترکیب راهبردهای ۱ و ۳	۱- افزایش احتمال جذب تسهیلات دولتی (بهبود، بهره‌برداری)، ۲- کاهش احتمال کمبود و اتمام نقدینگی (کاهش)، ۳- حذف اختلاف با شریک (اجتناب)
۶- ترکیب راهبردهای ۱ و ۲	۱- شراکت با سرمایه‌گذار برای افزایش سهم بازار (اشتراک)، ۲- پذیرش احتمال و اثر اختلاف با شریک و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثر عوامل (پذیرش فعالانه)، ۳- کاهش احتمال وقوع و اثرات کمبود مالی (کاهش)
۷- ترکیب تمام راهبردها	۱- افزایش احتمال جذب تسهیلات دولتی (بهبود، بهره‌برداری)، ۲- شراکت با سرمایه‌گذار برای افزایش سهم بازار (اشتراک)، ۳- پذیرش احتمال و اثر اختلاف با شریک و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثر عوامل (پذیرش فعالانه)، ۴- کاهش احتمال وقوع و اثرات کمبود مالی (کاهش)

کمترین سود را دارد. از نگاه مدیران NBTF نقاط ۱۲، ۱۳ و ۱۴ با سطح ریسک و سود مورد انتظار سهام‌داران مطابقت دارد. در نقطه‌ی شماره ۱۴، روش بازاریابی هر سه محصول غیرمستقیم است و نقاط ۱۲ و ۱۳ از نظر مدیران شرایط یکسانی دارند و هر دو امکان کسب تجربه در زمینه‌ی فرایند فروش و بازاریابی مستقیم را فراهم می‌کنند. بنابراین، نقطه‌ی شماره ۱۳ با ریسک کمتر نسبت به نقطه‌ی ۱۲ انتخاب می‌شود.

جدول ۱۱. راهبردهای پاسخ به ریسک‌های روش بازاریابی.

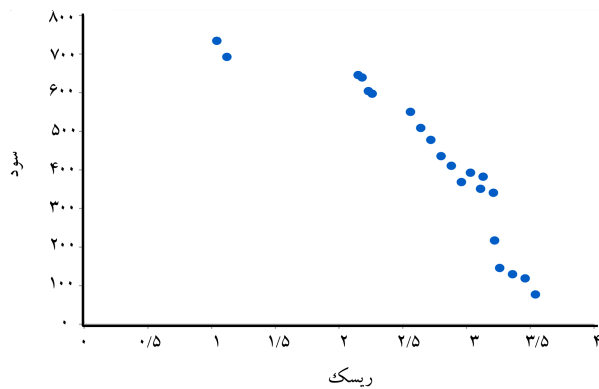
بازاریابی	راهبرد
۱- تیم فروش و بازاریابی شرکت	۱- کاهش احتمال افزایش فرمول‌بندی (کاهش)، پذیرش احتمال وقوع و اثر شناسایی نادرست بازار، عدم مهارت کارکنان بازاریابی و فروش، قیمت‌گذاری نامتعادل، افزایش هزینه‌ها، اثرات بی‌ثباتی بازار (پذیرش)
۲- شرکت‌های معتبر دارویی، بهداشتی	۱- شراکت برای افزایش سهم بازار (اشتراک)، ۲- پذیرش احتمال و اثر افزایش فرمول‌بندی و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش (پذیرش فعالانه)، ۳- کاهش احتمال وقوع و اثر شناسایی نادرست بازار و اثرات بی‌ثباتی بازار و انتقال پیامدهای آن‌ها (کاهش، انتقال)، ۴- حذف عدم مهارت کارکنان، افزایش هزینه‌ها، قیمت‌گذاری نامتعادل، (اجتناب)

جدول ۱۲. راهبردهای پاسخ به ریسک‌های انتخاب نوع محصول.

نام محصول	راهبرد
۱- نانو نعنای پونه	۱- پذیرش احتمال افزایش فرمول‌بندی (پذیرش)، ۲- کاهش احتمال وقوع و اثر افزایش هزینه‌ها، عدم مهارت کارکنان (کاهش)، ۳- حذف افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی (اجتناب)
۲- نانو آویشن	۱- پذیرش احتمال وقوع و اثر افزایش فرمول‌بندی (پذیرش)، ۲- کاهش افزایش هزینه‌های تولید و عدم مهارت کارکنان (کاهش)، ۳- حذف افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی (اجتناب)، ۴- امکان استفاده از بازارهای محلی (بهبود)
۳- لایفوزوم زنیان	۱- کاهش احتمال وقوع و اثر افزایش فرمول‌بندی، شناسایی نادرست نیاز بازار (کاهش)، ۲- پذیرش احتمال وقوع و اثر عدم مهارت کارکنان و به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثرات آن (پذیرش)
۴- نانو سیس پلاتین	کاهش احتمال وقوع و اثر افزایش فرمول‌بندی (کاهش)، ۲- پذیرش احتمال افزایش هزینه‌ها افزایش زمان اخذ مجوزهای قانونی و ظهور رقبای قوی به‌کارگیری تمهیداتی برای کاهش احتمال وقوع و اثر عوامل (پذیرش)، ۳- امکان استفاده از فضای خالی بازار دارو (بهبود)
۵- نانو دکسوروبیسین	مشابه ردیف ۴

جدول ۱۳. جواب‌های نامغلوب مسئله به روش شمارش کامل.

شماره	z _۱	z _۲	شماره	z _۱	z _۲
۱	۱۰۴	۷۳۵	۱۲	۳۰۳	۳۹۳
۲	۱۱۲	۶۹۳	۱۳	۱۳	۳۸۲
۳	۲۱۵	۶۴۶	۱۴	۲۹۶	۳۶۹
۴	۲۱۸	۶۳۹	۱۵	۳۱۱	۳۵۱
۵	۲۲۳	۶۰۴	۱۶	۳۲۱	۳۴۱
۶	۲۲۶	۵۹۸	۱۷	۳۲۲	۲۱۷
۷	۲۵۶	۵۵۱	۱۸	۳۲۶	۱۴۶
۸	۲۶۴	۹۵۰	۱۹	۳۳۶	۱۳۰
۹	۲۷۲	۴۷۸	۲۰	۳۴۶	۱۱۹
۱۰	۲۸۰	۴۳۶	۲۱	۳۵۴	۷۷
۱۱	۲۸۸	۴۱۱			



شکل ۲. مرز کارایی ریسک و سود به روش شمارش کامل.

جدول ۱۴. جواب‌های نامغلوب به ازای مقادیر اپسیلون.

اپسیلون	۰/۱	۰/۵	۱	۲	۳	۵
تعداد جواب نامغلوب	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳	۱۰	۵
(٪۹۰)	(٪۸۱)	(٪۷۱)	(٪۶۲)	(٪۴۸)	(٪۴۸)	(٪۴۸)
زمان حل (ثانیه)	۱۳/۵	۵/۹	۴/۳	۳/۳	۲/۴	۱/۹

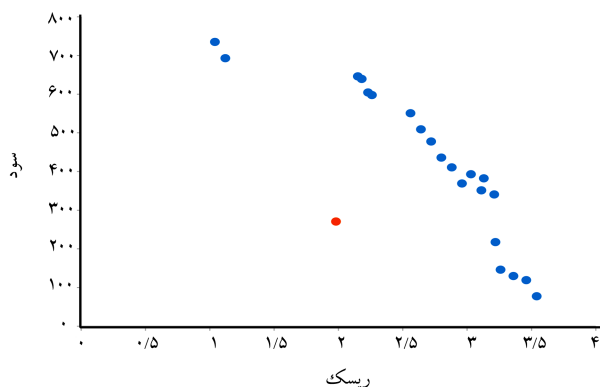
۲.۴. حل مدل به روش محدودیت اپسیلون

زمان حل مدل به روش شمارش کامل در مسائل با ابعاد بزرگ می‌تواند طولانی شود. برای رفع این مشکل، روش محدودیت اپسیلون پیشنهاد می‌شود. چون مقدار اپسیلون تأثیر زیادی بر تعداد جواب‌های مرز کارا دارد، مدل مطالعه‌ی موردی به‌ازای مقادیر مختلف اپسیلون حل شد. تعداد جواب‌های نامغلوب (از کل ۲۱ جواب نامغلوب) و زمان حل مدل در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

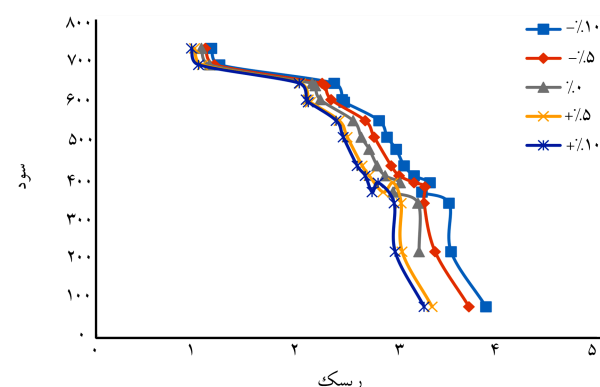
همان‌طور که در جدول ۱۴ مشاهده می‌شود، جواب‌های روش محدودیت اپسیلون زیرمجموعه‌ی نتایج روش شمارش کامل هستند و هر چه اپسیلون کوچک‌تر باشد، تعداد نقاط بیشتری به‌دست می‌آید. برای حل مدل در ابعاد بزرگ می‌توان با انتخاب مناسب اپسیلون از روش محدودیت اپسیلون استفاده کرد. قطعاً با کاهش اپسیلون به مقادیر خیلی کوچک می‌توان بیشتر نقاط پارتو (جواب‌های نامغلوب) را

جدول ۱۵. اعتبارسنجی چارچوب پیشنهادی.

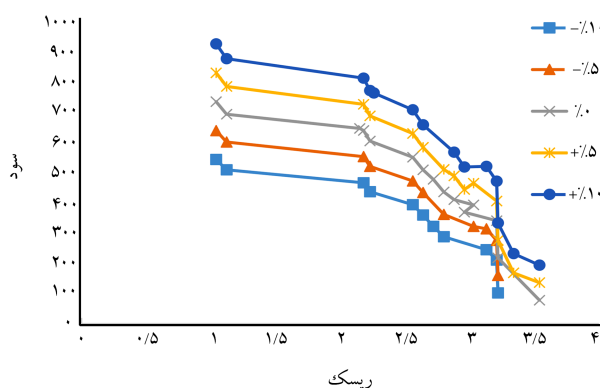
روش جاری	چارچوب پیشنهادی	ریسک
۱٫۹۸	۳٫۱۳	سود (میلیون تومان)
۲۷۱	۳۸۲	



شکل ۳. مقایسه وضعیت جاری مطالعه‌ی موردی با مرکزکاری ریسک و سود بر اساس چارچوب پیشنهادی.



شکل ۴. نمودار تحلیل حساسیت هزینه.



شکل ۵. نمودار تحلیل حساسیت درآمد.

به دست آورد؛ اما زمان حل افزایش می‌یابد. اما در جدول ۱۴ مشاهده می‌شود که میزان افزایش زمان حل مدل خیلی کمتر از مقدار کاهش اسپیلون است. برای مثال، وقتی اسپیلون از ۰٫۵ به ۰٫۱ کاهش می‌یابد (۵ برابر کاهش)، زمان حل از ۵٫۹ به ۱۳٫۵ افزایش می‌یابد (۲٫۲ برابر). در مجموع، مطابق جدول ۱۴ با کاهش ۵۰ برابری اسپیلون (از ۵ به ۰٫۱) برای افزایش کیفیت حل، زمان حل مدل فقط ۷ برابر (از ۱٫۹ به ۱۳٫۵) افزایش می‌یابد؛ در حالی که کیفیت حل مسئله (به دست آوردن ۹۰٪ جواب‌های نامغلوب) افزایش چشم‌گیری می‌یابد. از طرفی، مسئله‌ی این پژوهش در سطح راهبردی قرار می‌گیرد و در نتیجه، زمان حل پارامتر تعیین‌کننده‌ی نیست. بنابراین در ابعاد بزرگ می‌توان از روش محدودیت اسپیلون با مقدار اسپیلون کوچک استفاده کرد و به کیفیت بالای جواب‌ها در زمان حل قابل قبول امیدوار بود.

۵. اعتبارسنجی چارچوب پیشنهادی

روش متداول در شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان نانوفناوری در پارک‌های علم و فناوری ایران برای ارزیابی ریسک‌های مؤثر این است که ابتدا محصولات، روش بازاریابی و منابع تأمین سرمایه را انتخاب و سپس ریسک‌های طرح خود را شناسایی و راهبردهایی برای پاسخ به آن‌ها بر مبنای قضاوت‌های تجربی انتخاب می‌کنند. در پژوهش حاضر، راهبردهای کاندیدای پاسخ به ریسک تصمیمات مدیریتی (انتخاب نوع محصول، روش بازاریابی و نحوه تأمین سرمایه) به روش ترکیبی FMEA و TOPSIS تعیین و با توجه به ترجیحات سهام‌داران شرکت و حل مدل ریاضی پیشنهادی، راهبردهای بهینه که ریسک و سود متوازن دارند، از بین جواب‌های نامغلوب مسئله انتخاب شد. برای بررسی اعتبار چارچوب پیشنهادی این پژوهش، نتایج حاصل از انتخاب راهبردها با استفاده از این چارچوب و بدون استفاده از آن (روش متداول در مطالعه‌ی موردی) در جدول ۱۵ نشان داده می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که در صورت استفاده از چارچوب پیشنهادی، سود مورد انتظار ۴۱٪ افزایش و ریسک ۵۸٪ کاهش می‌یابد. نتیجه مهم‌ترین که مطابق شکل ۳ نقطه‌ی انتخابی بر اساس روش جاری شرکت روی مرکزکاری ریسک و سود قرار ندارد و اختلاف قابل توجهی با آن دارد.

۶. تحلیل حساسیت

قطعاً نتایج چارچوب پیشنهادی به تخمین پارامترهای مورد نیاز بستگی دارد. بنابراین، حساسیت نتایج مدل به پارامترهای هزینه، درآمد و ریسک اجزای راهبردها تحلیل می‌شود. برای بررسی حساسیت پارامتر هزینه روی بهینگی راهبردها، مرکزکاری ریسک و سود به ازای درصد‌های معین تغییر در هزینه‌ها (از ۱۰٪- تا ۱۰٪+) نسبت به هزینه‌های پایه‌ی مطالعه موردی محاسبه شد که در شکل ۴ نشان داده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش و کاهش هزینه‌ها، جواب‌های

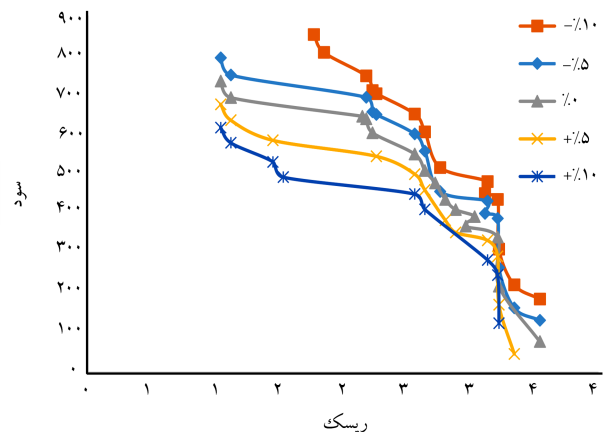
نامغلوب مسئله تغییر می‌کند. این موضوع، اهمیت تخمین باکیفیت هزینه‌ها را نشان می‌دهد.

برای بررسی حساسیت نتایج به تغییرات پارامتر درآمد، مرکزکاری ریسک، و سود به ازای درصد‌های معین تغییر در درآمدها (از ۱۰٪- تا ۱۰٪+) نسبت به درآمدهای پایه‌ی مطالعه موردی محاسبه شدند که نتیجه در شکل ۵ ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش و کاهش درآمد، مقدار تابع هدف اول (سود) افزایش و کاهش می‌یابد اما مقادیر متغیرهای تصمیم نقاط نامغلوب مسئله تغییر چندانی نمی‌کند.

برای بررسی حساسیت نتایج به تغییرات پارامتر ریسک، مرکزکاری ریسک و سود به ازای درصد‌های معین تغییر در ریسک (از ۱۰٪- تا ۱۰٪+) نسبت به مقادیر

۷. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مرحله‌ی رشد شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان نانوفتائوری به عنوان یک پروژه مطالعه و یک چارچوب کمی برای تحلیل راهبردهای پاسخ به ریسک پیشنهاد شد. ریسک‌ها با استفاده از مطالعات پیشین و نظرات خبرگان شناسایی و ساختار شکست ریسک پروژه تهیه شد و برای بررسی اثر تصمیمات بر ریسک پروژه، عوامل شکست بر اساس تصمیمات گروه‌بندی شدند. سپس ریسک‌ها و راهبردهای پاسخ به ریسک با روش ترکیبی FMEA و TOPSIS رتبه‌بندی شدند. با روش FMEA می‌توان اثر ریسک‌ها و راهبردهای پاسخ را بر اهداف پروژه بررسی کرد. همچنین با روش TOPSIS می‌توان اثر راهبردهای پاسخ را بر تمام عوامل ریسک بررسی کرد. اهمیت (وزن) معیارها به روش آنتروپی شانون محاسبه و عوامل دارای اهمیت بیشتر شناسایی شدند. برای تحلیل کمی راهبردهای پاسخ به ریسک، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه با محدودیت‌های بودجه، زمان، ظرفیت تولید سالیانه و راهبردهای ناسازگار ارائه شد تا ریسک و سود ناشی از تصمیمات در این پروژه‌ها را محاسبه و مرز کارایی ریسک و سود را به دست آورد. گرچه برای ابعاد کوچک و متوسط این مسئله می‌توان از روش شمارش کامل استفاده کرد، برای حل در ابعاد بزرگ روش محدودیت اسپیسون به صورت موفقیت‌آمیزی به کار گرفته شد. اعتبارسنجی چارچوب پیشنهادی نشان داد که می‌توان آن را به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری برای شناسایی، ارزیابی و انتخاب راهبردهای بهینه‌ی پاسخ به ریسک به کار گرفت. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد کیفیت تخمین پارامترها به ویژه هزینه تأثیر قابل توجهی بر نتایج دارد. بر این اساس، توسعه‌ی روش‌های کمی مانند شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای برآورد پارامترهای کلیدی هزینه، درآمد و ریسک می‌تواند موضوعی برای پژوهش‌های آتی باشد.



شکل ۶. نمودار تحلیل حساسیت ریسک.

ریسک پایه‌ی مطالعه‌ی موردی محاسبه شدند که نتیجه در شکل ۶ ارائه شده است. مشاهده می‌شود با کاهش و افزایش ریسک، مقدار تابع هدف دوم (ریسک) کاهش و افزایش می‌یابد اما نقطه‌ی انتخاب شده هم‌چنان در بین جواب‌های نامغلوب مسئله است.

در مجموع، نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که با تغییر 10% در پارامترهای ریسک و درآمد، تصمیمات تغییر چندانی نمی‌کنند و فقط مقادیر تابع هدف تغییر می‌کنند؛ اما با تغییر پارامتر هزینه علاوه بر مقادیر تابع هدف، تصمیمات هم تغییر می‌کنند؛ بنابراین پارامتر هزینه نسبت به دو پارامتر دیگر حساسیت بیشتری دارد.

پانویس‌ها

1. efficient frontier
2. risk breakdown structure

منابع (References)

1. Basu, P. and Nair, S.K. "Analyzing operational risk-reward trade-offs for start-ups", *European Journal of Operational Research*, **247**(2), pp. 596-609 (2015).
2. Lefley, F. "Approaches to risk and uncertainty in the appraisal of new technology capital projects", *International Journal of Production Economics*, **53**(1), pp. 21-33 (1997).
3. Aven, T. "Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation", *European Journal of Operational Research*, **253**(1), pp. 1-13 (2016).
4. PMI (Project Management Institute), *A Guide To the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 4th ed., Pennsylvania (2008).
5. Cooper, D., Raymond, G., Walker, P. and et al., *Project Risk Management Guidelines: Management Risk In Large Projects and Complex Procurements*, Chichester, John Wiley and Sons. (2005).
6. Hamzei, E. and Dori, B. "Determining risk response strategy in risk management using AHP (case study: azadegan-e-shemali oil field)", *Industrial Management*, **2**(4), pp. 75-92 (In Persian) (2009).
7. Lee, E., Park, Y. and Shin, J.G. "Large engineering project risk management using a bayesian belief network", *Expert Systems With Applications*, **36**(3), pp. 5880-5887 (2009).
8. Zegordi, S.H., Rezaee Nik, E., Nazari, A. and et al. "Project risk responses selection using a multi-objective optimization model and fuzzy prioritization approach (Case study: combined cycle power plant of abadan)", *Knowledge and Technology*, **3**(5), pp. 1-36 (In Persian) (2012).
9. Roodsaz, H., Tabatabaieian, S.H. and Khorrami, H. "Identifying and classifying the policies and strategies in venture capital industry, case study: nanotechnology", *Nanotechnology*, **10**(1), pp. 12-17 (In Persian) (2011).

10. Marcelino-Sádaba, S., Pérez-Ezcurdia, A., Lazcano, A.M.E. and et al. "Project risk management methodology for small firms", *International Journal of Project Management*, **32**(2), pp. 327-340 (2014).
11. Pérez- Ezcurdia, A. and Marcelino-Sádeba, S. "The small project paradox in SMEs", *Prime Journal of Business Administration and Management*, **2**(9), pp. 687-692 (2012).
12. Marhavidas, P.K., Koulouriotis, D. and Gemeni, V. "Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: on a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **24**(5), pp. 477-523 (2011).
13. Sanchez, H., Robert, B., Bourgault, M. and et al. "Risk management applied to projects, programs, and portfolios", *International Journal of Managing Projects in Business*, **2**(1), pp. 14-35 (2009).
14. Ben-David, I. and Raz, T. "An integrated approach for risk response development in project planning", *Journal of the Operational Research Society*, **52**(1), pp. 14-25 (2001).
15. Miller, R. and Lessard, D. "Understanding and managing risks in large engineering projects", *International Journal of Project Management*, **19**(8), pp. 437-443 (2001).
16. Seyedhoseini, S.M., Noori, S. and Hatefi, M.A. "Two-polar concept of project risk management", *Conference on management innovation*, Shanghai, China (2007).
17. Zhang, Y. and Fan, Z.P. "An optimization method for selecting project risk response strategies", *International Journal of Project Management*, **32**(3), pp. 412-422 (2014).
18. Piney, C. "Risk response planning: select the right strategy", *Fifth European Project Management Conference*, PMI Europe (2002).
19. Elkjaer, M. and Felding, F. "Applied project risk management: introducing the project risk management loop of control", *Project Management*, **5**(1), pp. 16-25 (1999).
20. Chapman, C.B. "Large engineering project risk analysis", *IEEE Transactions on Engineering Management*, **26**, pp. 78-86 (1979).
21. Klein, J.H., Powell, P.L. and Chapman, C.B. "Project risk analysis based on prototype activities", *Journal of the Operational Research Society*, **45**, pp. 749-757 (1994).
22. Seyedhoseini, S.M., Noori, S. and Hatefi, M.A. "An integrated methodology for assessment and selection of the project risk response actions", *Risk Analysis*, **29**(5), pp. 752-763 (2009).
23. Chapman, C.B. and Ward, S.C., *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*, Second ed., Chichester, John Wiley and Sons (2003).
24. Kujawski, E. "Selection of technical risk responses for efficient contingencies", *Systems Engineering*, **5**, pp. 194-212 (2002).
25. Haimes, Y. "Risk modeling assessment and management" 2nd edition, John Wiley and sons, New York (2004).
26. Yoon, J., Yildiz, H. and Talluri, S.S. "Risk management strategies in transportation capacity decisions: an analytical approach", *Journal of Business Logistics*, **37**(4), pp. 364-381 (2016).
27. Fan, M., Lin, N.P. and Sheu, C. "Choosing a project risk-handling strategy: an analytical model", *International Journal of Production Economics*, **112**(2), pp. 700-713 (2008).
28. Ben-David, I., Rabinowitz, G. and Raz, T. "Economic optimization of project risk management efforts", *The Israel Institute of Business Research* (2002).
29. Kayis, B., Arndt, G., Zhou, M. and et al. "A risk mitigation methodology for new product and process design in concurrent engineering projects", *CIRP Annals*, **56**(1), pp. 167-170 (2007).
30. Zhang, J., Xie, G. and Lai, K.K. "Risk avoidance in bidding for software projects based on life cycle management theory", *International Journal of Project Management*, **24**(6), pp. 516-521 (2006).
31. Liu, G., Zhang, J., Zhang, W. and et al. "Risk assessment of virtual enterprise based on the fuzzy comprehensive evaluation method", *In Integration and Innovation Orient to E-Society*, **1** pp. 58-66 Springer US (2007).
32. Ghaffari, M., Sheikahmadi, F. and Safakish, G. "Modeling and risk analysis of virtual project team through project life cycle with fuzzy approach", *Computers & Industrial Engineering*, **72**, pp. 98-105 (2014).
33. Hillson, D. "Developing effective risk response", *Proceeding of the 30th Annual Project Management Institute Seminars and Symposium*, Philadelphia, USA (1999).
34. Mortezaania, H. and Fallahshams, M. "Identifying and prioritizing the investment risks in high tech projects, case study: nanotechnology", *Strategic Management Thought*, **6**(2), pp. 99-120 (In Persian) (2012).
35. Fartouk Zadeh, H.R. and Navvabi Kashani, H.R. "Identifying and prioritizing the strategic risks of investment companies: case study: ghadir investment company", *Strategic Management Thought*, **6**(2), pp. 167-197 (In Persian) (2009).
36. Marle, F., *Modèles d'information et méthodes pour aider à la prise de décision en management de projets*, Doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris. (2002).
37. Sanchez, H., Robert, B., Bourgault, M. and et al. "Risk management applied to projects, programs, and portfolios", *International Journal of Managing Projects in Business*, **2**(1), pp. 14-35 (2009).
38. Vahdani, B., Salimi, M. and Charkhchian, M. "A new FMEA method by integrating fuzzy belief structure and topsis to improve risk evaluation process", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **77**(1-4), pp. 357-368 (2015).
39. Chang, K.H., Chang, Y.C. and Lee, Y.T. "Integrating TOPSIS and DEMATEL methods to rank the risk of failure of FMEA", *International Journal of Information Technology & Decision Making*, **13**(06), pp. 1229-1257 (2014).