

مدیریت و رتبه‌بندی ریسک‌های تأمین تجهیزات
در پروژه‌های EPC با استفاده از تکنیک FMEA فازی
(مطالعه موردی: پروژه گندله سازی شرکت سازه های صنعتی
آذران)

فهیمة حسین آبادی^۱، مقداد حاجی محمد علی جهرمی^{۲*} (نویسنده مسئول)

چکیده

امروزه نوآوری و کارآفرینی از ابزارهای پیشرفت اقتصادی کشورها شمرده می‌شود و مفهومی است که همراه با ریسک وجود دارد. شناسایی و مدیریت ریسک یکی از رویکردهای جدید مدیریتی است که برای تقویت و ارتقای اثربخشی سازمانها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پی پیشرفت دانش مدیریت پروژه، کارفرماها جهت مدیریت و کنترل ریسک به بستن قراردادهای مهندسی، تأمین و ساخت^۱ روی آوردند. در این نوع قراردادها، تأمین تجهیزات^۲ یکی از پرریسک‌ترین و پرچالش‌ترین و پرهزینه‌ترین بخش‌ها است که می‌بایست به ارزیابی ریسک این بخش با توجه به اهمیت انجام پروژه‌های صنعتی جهت دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی کشور، پرداخت. در این مقاله با استفاده از آزمون تی تک نمونه‌ای ۳۹ ریسک مؤثر شناسایی شده و پس از آن با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست فازی نسبت به رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه اقدام گردیده است. با توجه به یافته‌ها، ریسک‌های خطای ساخت تجهیزات، تأخیر در تمدید گشایش اعتبار به دلیل مسایل سیاسی و وجود بروکراسی اداری و عدم هماهنگی بین قسمتهای درگیر در پروژه به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را در میان ریسک‌های شناسایی شده، به خود اختصاص داده‌اند.

کلید واژه‌ها: پروژه‌های EPC - تأمین تجهیزات - تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست - مدیریت ریسک - تئوری فازی.

دانشگاه آزاد اسلامی دماوند، ۱۳۹۵. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

پست الکترونیکی: fahime_h1983@yahoo.com

۲. استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند،

پست الکترونیکی: jahromi@damaavandiau.ac.ir

مقدمه

افزایش ظرفیت‌های تولیدی هر کشوری کمک به رشد و توسعه اقتصادی آن کشور است و یکی از نیازهای مهم و اساسی برای توسعه کشورها، توسعه صنایع جامع یا مادر است. صنعت فولاد به دلیل تأثیر زیادی که بر روی توسعه صنعتی کشورها دارد، صنعت مادر نامیده می‌شود و به عنوان صنعتی بنیادین، نقشی اساسی در اقتصاد ملی و رفاه جوامع دارد. در جهت محقق شدن افزایش ظرفیت تولید فولاد کشور بر اساس چشم انداز چندساله دولت و همچنین کمبود گندله که یکی از چالش‌های فراروی صنعت فولاد کشور است، نیازمند راه‌اندازی کارخانجات کنسانتره و گندله‌سازی به عنوان بخش ورودی صنعت فولاد می‌باشیم. سرمایه‌گذاری و رشد صنعت فولاد در کشور با توجه به معادن موجود، اقتصادی و منطقی بنظر می‌رسد، مشروط بر اینکه محل احداث، فرایند تولید، تأمین منابع طبیعی و انرژی و مدیریت پروژه صحیح انتخاب شوند.

بدلائل ذکر شده و اهمیت این صنعت و دستیابی به اهداف مورد نظر و مدیریت صحیح پروژه‌های مذکور، ارزیابی خطرپذیری این پروژه‌ها لازم و ضروریست تا بتوان با شناسایی، پایش و کنترل خطرهای بالقوه به چشم اندازه‌ها و اهداف پروژه‌ها دست یافت.

در دهه‌های اخیر، مدیریت ریسک به عنوان یکی از مهمترین فازهای مدیریت پروژه و به عنوان ابزاری کارآمد و مفید در هدایت پروژه‌ها به سمت تحقق اهدافشان، مورد توجه بسیاری از مدیران و کارشناسان قرار گرفته‌است. مدیریت ریسک در برگیرنده فرآیندهایی است که به هدایت برنامه‌ریزی، شناسایی، تحلیل، واکنش، پایش و کنترل مدیریت ریسک در یک پروژه می‌پردازند. بر اساس تعریف استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه^۱، ریسک یک واقعه غیر مسلم است که اگر اتفاق افتد حداقل بر یکی از اهداف پروژه اثرگذار خواهد بود. این اهداف می‌توانند محدوده، زمانبندی، هزینه و یا کیفیت باشند. تلاش مدیریت ریسک برای بیشینه نمودن وقایع مثبت و

^۱ Project Management Body Of Knowledge (PMBOK)

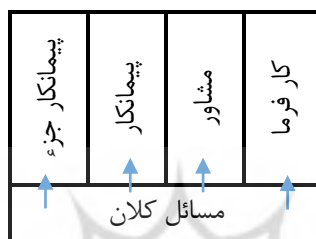
کمینه نمودن پیامدهای وقایع ناگوار در پروژه‌ها است (Frank Cervone ، ۲۰۰۶)، (نقاش طوسی و همکاران، ۱۳۸۸).

از نخستین و مهم‌ترین چالش‌های انجام پروژه‌ها، انتخاب مناسب‌ترین روش اجرای پروژه می‌باشد، برای اجرای پروژه روش‌های گوناگونی وجود دارد که اجرای پروژه به روش مهندسی، تأمین و ساخت در برخی موارد راهکاری مناسب به نظر می‌رسد (عباس نیا و همکاران، ۱۳۸۷). در این نوع پروژه‌ها نسبت به قراردادهای تیپ سنتی، پیمانکار مسئولیت خطرپذیری گسترده و وسیع‌تری را می‌پذیرد. برای تقبل این ریسک‌ها بدیهی است که پیمانکار می‌بایست به مطالعه دقیق و ارزیابی خطرپذیری پروژه بپردازد تا ریسک کمتری متوجه پروژه باشد و پیمانکار متحمل زیان نشود. با توجه به اینکه تأمین تجهیزات پل ارتباطی بین بخش طراحی و اجرا می‌باشد و نتیجه فعالیت در این بخش دو بخش دیگر را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد، در این نوع پروژه‌ها تأمین تجهیزات وزن سنگینی را به خود اختصاص می‌دهد و همواره در معرض خطرات بالقوه‌ای است. تأمین تجهیزات در ایران یکی از بزرگترین عواملی است که باعث ادعای پیمانکاران، تحمیل هزینه‌های پنهان به پروژه، به تعویق افتادن زمان ساخت آن و در برخی مواقع عدم دستیابی به کیفیت مطلوب و مورد انتظار شده است (شمس مجد، ۱۳۸۶). تجهیزات با توجه به نوع پروژه‌ها محصولات متفاوتی را شامل می‌شود که در پروژه‌های صنعتی تجهیزات متنوع و پیچیده بیشتری را در برمی‌گیرد. همچنین با توجه به نوع تجهیزات، تأمین هرکدام دوره زمانی خاص خود را در پروژه دارد. مطالعه و شناسایی مهم‌ترین ریسک‌های تأثیرگذار بر انحراف زمانی این پروژه‌ها و رتبه‌بندی آنها در شرکت سازه‌های صنعتی آذران که یک شرکت پروژه محور می‌باشد، هدف اصلی این مقاله می‌باشد. با بررسی‌هایی که انجام گرفته مشخص شد که در اکثر تحقیقات موجود ارزیابی ریسک از منشاء کارفرما و یا گاهاً پیمانکار انجام شده است ولی در این مقاله، شناسایی ریسک در بخش تأمین تجهیزات این نوع پروژه‌ها از منشاء پنج عامل کارفرما، مشاور، پیمانکار و پیمانکاران جزء و مسائل کلان، بطور همزمان انجام گرفته است (شکل ۱).

شایان ذکر است که ریسک‌های ناشی از ذی‌نفعان پروژه به نوعی از مسائل

کلان تأثیرپذیر است. در این مقاله قصد داریم پاسخ دو سوال مهم در بحث مدیریت ریسک برای شرکت سازه‌های صنعتی آذران را بیابیم:
سوال اول: ریسک‌های تأثیرگذار در بخش تأمین تجهیزات پروژه های EPC کدامند؟

سوال دوم: اثرگذارترین ریسک از جانب کدامیک از منشأهای کارفرما، مشاور، پیمانکار، پیمانکار جزء و یا مسائل کلان متوجه پروژه می باشد؟



شکل ۱. منشأ ریسک‌های پروژه

ساختار این مقاله به صورتی است که در بخش بعدی به مرور ادبیات موضوع پرداخته می‌شود و سپس روش تحقیق ارائه شده است و نهایتاً به تحلیل داده‌ها و یافته‌های این پژوهش پرداخته خواهد شد و با نتیجه‌گیری و جمع‌بندی به پایان می‌رسد.

پیشینه پژوهش

دری و همکاران (۱۳۸۹) با ترکیب دو روش تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و فرایند تحلیل شبکه به بررسی و ارزیابی ریسک‌های موجود در فرآیندهای اجرایی پالایشگاه تهران پرداختند. از نظر ایشان نبود توجه به ارتباط متقابل عوامل ریسک و لحاظ نمودن وزن یکسان برای پارامترهای روش تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست می‌تواند تا حد زیادی از اثربخشی اقدامات اصلاحی بکاهد و این نقیصه با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه قابل حل است. سونگ و همکارانش^۱ (۲۰۰۷) در یک مطالعه موردی، به بررسی تأثیر استفاده از تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست در تحلیل ریسک‌های موجود در عملیات اسکلت فلزی در صنایع ساختمان پرداختند.

^۱ Song Ji-Won

تون و هونگ^۱ (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر کاربرد تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست، در صنعت ساخت و ساز کره جنوبی، بر افزایش کیفیت پرداختند و در تحقیقی با استفاده از این روش به ارزیابی فاکتورهای مؤثر بر منابع پرداخته و در این زمینه مدیریت منابع واقعی و سیستماتیک مورد بررسی قرار گرفت. شیرویه‌زاد و همکارانش (۲۰۱۱) در مقاله‌ای به شناسایی عوامل ریسک شکست و اثرات نقص بالقوه در پیاده‌سازی برنامه‌ریزی منابع سازمانی با کمک روش تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست پرداخته‌اند. آنها در این مقاله عنوان می‌کنند که سازمان‌ها می‌توانند اثرات ریسک و شکست را از طریق شناسایی نقاط قوت و ضعف خود کاهش دهند.

شکوهی (۱۳۹۱) با بررسی قراردادهای پروژه‌های صنعت پتروشیمی، عمده ریسک‌ها و مشکلات موجود در فرآیند اجرای پروژه در قالب قراردادهای EPC را مورد شناسایی و بررسی قرار داد و نتایج را دسته‌بندی نمود تا بتواند به اعمال فرآیند مدیریت ریسک بپردازد. زرین، پرچمی و دارابی (۱۳۹۰) با شناسایی مشکلات شرایط عمومی پیمان EPC و ارائه راهکار سعی بر آن نموده‌اند که بتوان دعاوی به وجود آمده در این تیپ قراردادهای را به حداقل کاهش دهند. از این رو با استفاده از آراء خبرگان و انجام مطالعات آماری روشمند مشکلات موجود شناسایی شده و پس از اطمینان از صحت آنها، راهکارهایی جهت از بین بردن یا کاهش اثرات آنها ارائه کرده‌اند. شمس مجد (۱۳۸۶) ضمن بررسی اجمالی قراردادهای EPC و مراحل مختلف مدیریت ریسک، با توجه به استاندارد پیکره مدیریت دانش پروژه یک مدل پیشنهادی کلی برای این نوع قراردادهای ارائه داده است که در آن، لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک در مراحل قبل از برنده شدن در مناقصه و بعد از برنده شدن و عقد قرارداد مورد بررسی و توجه قرار گرفته است.

روش شناسایی تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، یک تحقیق کاربردی می‌باشد و از نظر گردآوری داده‌ها و اطلاعات و روش تجزیه و تحلیل یک تحقیق توصیفی و غیرآزمایشی می‌باشد. جامعه آماری نیز کلیه مدیران، کارشناسان و متخصصین درگیر

^۱ Thun, J. H., & Hoenig, D

پروژه‌های گندله‌سازی شرکت سازه‌های صنعتی آذران و همچنین پیمانکاران پروژه‌های صنعتی و عمرانی این شرکت، کارفرما و مشاور هستند که تعداد آنها ۹۵ نفر می‌باشد. اندازه نمونه آماری با توجه به فرمول کوکران ۷۶ نفر محاسبه شده است که در این مقاله، با ارسال ۹۰ پرسشنامه، ۷۷ پرسشنامه تکمیل شده سالم جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. جهت سنجش روایی پرسشنامه‌ها نیز، از اعتبار محتوایی و جهت‌پایایی از آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آلفای بالاتر از ۰/۷ برای این پرسشنامه به‌دست آمد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها برای تعیین وجود و یا عدم وجود هر یک از ریسک‌ها در لیست نهایی ریسک‌ها از آزمون تی تک نمونه‌ای (تی تست) و پس از آن جهت رتبه‌بندی ریسک‌ها از روش تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست فازی استفاده شده است.

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

شناسایی ریسک‌های مؤثر بر پروژه‌های EPC در شرکت سازه‌های صنعتی آذران

برای شناسایی ریسک‌های مؤثر بر پروژه‌های گندله‌سازی (EPC) در شرکت سازه‌های صنعتی آذران، توسط پرسشنامه‌ای با ۶۶ سوال از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که مشخص کنند از بین ریسک‌های اولیه شناسایی شده، توجه به هر مورد تا چه میزان اهمیت دارد. پاسخ هر یک از ریسک‌هایی اولیه شناسایی شده بر اساس طیف لیکرت پنج‌گزینه‌ای بوده است. پیوست ۱، میزان اهمیت مشخص شده برای هر مورد را به همراه میانگین و انحراف معیار هر یک را نشان داده است. پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار پاسخ‌ها و انجام آزمون تی تک نمونه‌ای (مؤمنی، ۱۳۸۶) از ۶۶ ریسک اولیه شناسایی شده، تنها ۳۹ مورد به عنوان ریسک‌های مؤثر بر این پروژه‌ها در شرکت سازه‌های صنعتی آذران باقی ماندند. جدول ۱ ریسک‌های مؤثر بر این نوع پروژه‌ها با منشاء آن ریسک در شرکت سازه‌های صنعتی آذران نمایش می‌دهد، که در ادامه مقاله، فقط به شماره ریسک‌ها اشاره شده است. در شکل ۲ مراحل انجام این تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۲. مراحل اصلی انجام تحقیق

تکنیک تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست

این تکنیک جهت شناسایی، ارزیابی، پیشگیری، کنترل یا حذف حالات، عوامل و اثرات شکست‌های بالقوه در یک سیستم، فرآیند، خدمت، پیش از آنکه محصول نهایی به دست مشتری برسد، استفاده می‌شود (Liu & Tesay, ۲۰۱۱). حالت شکست در این تکنیک، یک واقعه، رویداد یا وضعیتی نامشخص است که وقوع آن می‌تواند اثری منفی روی یکی از اهداف پروژه یا سیستم، مانند هزینه، کیفیت، زمان و نظایر آنها داشته باشد (Zhang & Chu, ۲۰۱۱).

در این تکنیک، برای اولویت‌بندی حالات شکست، از یک شاخص با عنوان عدد اولویت ریسک (RPN) طبق رابطه (۱) استفاده می‌شود. این شاخص از حاصلضرب سه متغیر احتمال وقوع شکست‌های بالقوه (O)، درجه وخامت شکست‌های بالقوه (S) و قابلیت کشف شکست‌های بالقوه (D) محاسبه می‌شود. احتمال وقوع مشخص می‌کند که یک علت یا مکانیزم بالقوه شکست با چه تواتری رخ می‌دهد. درجه وخامت، میزان اثر شکست بر سیستم را تعیین می‌کند. قابلیت کشف، مبین توانایی پیش‌بینی یک شکست قبل از رخداد آن است.

$$RPN = O * S * D$$

(۱)

نقاط ضعف این روش این است که ترکیبات مختلف از متغیرهای احتمال، شدت و کشف می‌توانند منجر به تولید مقادیر یکسانی برای عدد اولویت ریسک شوند، در صورتیکه حالات شکست با عدد اولویت ریسک یکسان ممکن است مفاهیم خطر کاملاً متفاوتی از یکدیگر داشته باشند (Kumru, 2013). از طرف دیگر در این روش فرض بر این است که این سه متغیر اهمیت نسبی یکسانی دارند. در صورتی که در واقعیت درجه اهمیت و وزن این سه پارامتر می‌توانند با یکدیگر متفاوت باشند. جدول ۲ تعداد ریسک‌های مؤثر شناسایی شده را بر حسب منشاء آنها را نشان می‌دهد.

در شرکت سازه‌های صنعتی EPC جدول ۱. ریسک‌های مؤثر بر پروژه‌های آذران

| منشاء ریسک | ریسک‌های مؤثر | شماره ریسک |
|--------------|---|----------------|
| مشاور | تأخیر و توقف بخشی از کار توسط شرکت مشاور | R _۱ |
| کارفرما | اشتباه در برنامه ریزی و کنترل پروژه (اشتباه در برآورد مدت زمان انجام فعالیت‌ها و تعلل در پایش انجام فعالیتها) | R _۲ |
| پیمانکار | خطای ساخت تجهیزات | R _۳ |
| پیمانکار | عدم تمایل همکاری پیمانکاران با مشاوران | R _۴ |
| پیمانکار | عدم امکان اطلاع رسانی و پیگیری مناسب خرید به دلیل عدم یکپارچگی اطلاعات یک خرید | R _۵ |
| کارفرما | وجود بروکراسی اداری و عدم هماهنگی بین قسمتهای درگیر در پروژه | R _۶ |
| پیمانکار جزء | تخمین نادرست و یا غیردقیق هزینه | R _۷ |
| پیمانکار | اشتباه در برآورد پیمانکار جهت شرکت در مناقصه و ارائه مبلغ و مدت زمان نادرست | R _۸ |
| پیمانکار جزء | صلاحیت پایین مدیریتی پیمانکاران جزء | R _۹ |

| | | |
|------------|---|-----------------|
| پیمانکار | ضعف بنیه مالی پیمانکار | R _{۱۰} |
| مسائل کلان | محدودیت در گشایش اعتبارات | R _{۱۱} |
| مسائل کلان | کوتاه بودن دوره باز پرداخت و سنگین بودن وثیقه های مورد مطالبه بانکها | R _{۱۲} |
| مسائل کلان | بالا بودن نرخ بهره بانکها | R _{۱۳} |
| مسائل کلان | مشکلات گرفتن وام از بانک جهت تامین مالی هزینه های خرید | R _{۱۴} |
| مسائل کلان | عدم حمایت بانک ها در گشایش اعتبار اسنادی از پیمانکارانی که دارای اعتبار کمی هستند | R _{۱۵} |
| مسائل کلان | تاخیر در تمدید گشایش اعتبار به دلایل سیاسی | R _{۱۶} |
| پیمانکار | کم توجهی به مقوله مهمی بنام بیمه | R _{۱۷} |
| کارفرما | تاخیر در تاریخ عقد قرارداد و فعال شدن قرارداد | R _{۱۸} |
| مشاور | تاخیر در تحویل نقشه ها، مدارک فنی تهیه شده به پیمانکار | R _{۱۹} |
| پیمانکار | وقفه افتادن بین قیمت پیشنهادی پیمانکار و تاریخ شروع به کار | R _{۲۰} |
| پیمانکار | تاخیر در تأمین کالا از سوی تأمین کننده | R _{۲۱} |
| پیمانکار | خرید با شرایط تحویل نادرست | R _{۲۲} |
| پیمانکار | تاخیر در مراحل انجام خرید (افتتاح گشایش اعتبار و ...) | R _{۲۳} |
| مشاور | پاسخگویی با تاخیر بخش مهندسی پیمانکار (مشاور) نسبت به تغییرات مورد نیاز در نقشه ها و ... در حین اجرای پروژه | R _{۲۴} |
| مسائل کلان | بالا بودن عوارض و تعرفه های گمرکی | R _{۲۵} |
| مسائل کلان | روند کند و پر هزینه ترخیص کالا از گمرک و در نتیجه رسوب کالا در گمرک | R _{۲۶} |
| مسائل کلان | تأثیر تغییرات برنامه ها و قوانین دولت بر روند فعالیتهای بخش تأمین کالا | R _{۲۷} |
| مسائل کلان | تحریم و مسایل سیاسی | R _{۲۸} |
| کارفرما | برنامه زمان بندی نادرست | R _{۲۹} |
| مشاور | دیدن نشدن بخشی از کار در طراحی | R _{۳۰} |
| کارفرما | عدم وجود تعدیل نرخ ارز در پروژه هایی که دارای خرید خارجی می باشند | R _{۳۱} |
| پیمانکار | عدم انتخاب دوره تضمینی مناسب برای قراردادهای EPC | R _{۳۲} |
| مشاور | اعمال نظر در طراحی به دلیل سرعت و روش های اجرایی | R _{۳۳} |
| پیمانکار | ریسک عدم دستیابی به استانداردها و معیارهای تعیین شده در طراحی، عملیات، پشتیبانی و کیفیت | R _{۳۴} |

| | | |
|------------|--|-----------------|
| مشاور | تغییر و انجام طراحی ها در جهت کم کردن هزینه | R _{۳۵} |
| پیمانکار | تهیه مواد و مصالح بدون کیفیت مناسب | R _{۳۶} |
| پیمانکار | ارائه قیمت غیرواقعی در زمان مناقصه به قصد برنده شدن | R _{۳۷} |
| کارفرما | ناهماهنگی بین روند پرداخت‌های کارفرمای اصلی با تقاضای مالی پروژه در طی زمان اجرا | R _{۳۸} |
| مسائل کلان | تورم و بالارفتن قیمت‌ها به دلایل سیاسی | R _{۳۹} |

. تعداد ریسک های مؤثر بر حسب منشاء آنها ۲ جدول

| تعداد ریسک مؤثر شناسایی شده | منشاء ریسک |
|-----------------------------|--------------|
| ۶ | کارفرما |
| ۶ | مشاور |
| ۱۴ | پیمانکار |
| ۲ | پیمانکار جزء |
| ۱۱ | مسائل کلان |

تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست فازی

منطق فازی بر این فکر تکیه دارد که برخی از مشکلات نیازی به دانستن مقدار صحیح یا دقیق مسأله را ندارند. منطق فازی از نظریه احتمال برای انتقال ورودی‌های قطعی به وروی فازی و برای پردازش آنها با ارجاع به شرایط قاعده فازی خلق شده توسط متخصصان استفاده می‌کند. پس از پردازش قاعده فازی، مسأله حل شده و جواب‌های فازی به جواب‌های صحیح بدل می‌شوند. منطق فازی ابزاری انعطاف‌پذیر است که برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت اطلاعات استفاده می‌شود (Chanamool & Naenna, ۲۰۱۶)، (Mandal & Maiti, ۲۰۱۴). برای رفع کاستی‌های تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست قطعی، رویکردهای این تکنیک مبتنی بر قاعده

فازی توسط استاماتیس^۱ (۱۹۹۵) که در آن از اعداد فازی استفاده شده است، پیشنهاد شد. استفاده از متغیرهای زبانی در رویکرد فازی به خبرگان اجازه می‌دهد تا مقادیر معنادارتری را به عوامل سه‌گانه تخصیص دهند و این موضوع می‌تواند کارآیی تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست را بهبود بخشد. در این تحقیق جهت تعیین احتمال وقوع، احتمال کشف و شدت ریسک از متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر آنها، مطابق جدول ۳ استفاده شده است.

متغیر زبانی و اعداد فازی متناظر با آنها. جدول ۳

| متغیر زبانی | اعداد فازی | عدد فازی مثلثی |
|-------------|-------------|----------------|
| خیلی کم | $\tilde{2}$ | (۱و۲و۴) |
| کم | $\tilde{4}$ | (۲و۴و۶) |
| متوسط | $\tilde{6}$ | (۴و۶و۸) |
| زیاد | $\tilde{8}$ | (۶و۸و۱۰) |
| خیلی زیاد | $\tilde{9}$ | (۸و۹و۱۰) |

تجزیه و تحلیل داده‌ها با قواعد جمع، ضرب و تقسیم اعداد فازی مثلثی مطابق روابط (۲-۴) انجام شده است.

(۲)

$$A_1 \oplus A_2 = (L_1, M_1, U_1) \oplus (L_2, M_2, U_2) = (L_1 + L_2, M_1 + M_2, U_1 + U_2)$$

(۳)

$$A_1 \otimes A_2 = (L_1, M_1, U_1) \otimes (L_2, M_2, U_2) = (L_1 L_2, M_1 M_2, U_1 U_2)$$

(۴)

$$A_1 \oslash A_2 = (L_1, M_1, U_1) \oslash (L_2, M_2, U_2) = (L_1 \div U_2, M_1 \div M_2, U_1 \div L_2)$$

^۱ Stamatis, D.H.

در این مقاله، از دیفازی کردن به روش مرکز ناحیه (رابطه (۵)) استفاده شده است (مومنی، ۱۳۹۳).

(۵)

$$M = \frac{(U - L) + (M - L)}{3} + L$$

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و مشخص شدن پارامترهای سه‌گانه عدد اولویت ریسک به صورت متغیرهای زبانی برای هر یک از ریسک‌های مؤثر شناسایی شده، میانگین جواب‌ها مطابق جدول ۴ به صورت اعداد فازی مثلثی متناظر ارائه شده است. همچنین با انجام محاسبات مربوطه، عدد فازی مثلثی مربوط به عدد اولویت ریسک هر یک از ریسک‌های مؤثر و مقدار دیفازی شده آنها به همراه رتبه ریسک مؤثر مربوطه در جدول ۵ نشان داده شده است.

رتبه بندی ریسک‌های مؤثر بر پروژه های EPC در شرکت سازه‌های صنعتی آذران با کمک تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست فازی جداول ۶ تا ۱۰ مقدار قطعی عدد اولویت ریسک، ریسک‌های مؤثر شناسایی شده شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه‌های EPC شرکت مورد بررسی را همراه با منشاء ایجادکننده آنها نشان می‌دهد. در هر یک از این جداول ریسک‌های هر منشاء به ترتیب اهمیت آنها نوشته شده‌اند و به مقدار رتبه آن ریسک در بین کل ریسک‌های مؤثر نیز اشاره شده است. همانطور که از نتایج قابل بررسی است، در بین منشاء‌های ریسک شناسایی شده، وزن نسبی نمره قطعی عدد اولویت ریسک به ترتیب صعودی به نزولی به صورت پیمانکار، مسائل کلان، کارفرما، مشاور و پیمانکار جزء می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان اشاره کرد که ریسک‌های ناشی از پیمانکار و مسائل کلان تاثیر قابل توجهی در شرکت مورد مطالعه داشته به طوری که این دو منشاء به تنهایی ۶۶ درصد از وزن نسبی نمره عدد اولویت ریسک را به خود اختصاص داده اند.

ها به صورت اعداد فازی جدول ۴. میانگین شدت، احتمال وقوع، احتمال کشف ریسک
 مثلثی (بر اساس پرسشنامه)

| میانگین احتمال کشف | | | میانگین احتمال وقوع | | | میانگین شدت | | | شماره ریسک (بر اساس جدول ۲) |
|--------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-----------------------------------|
| L | M | U | L | M | U | L | M | U | |
| ۴.۹۱۹ | ۶.۶۴۹ | ۸.۴۳۲ | ۴.۵۶۸ | ۶.۳۲۴ | ۸.۱۶۲ | ۲.۵۶۸ | ۴.۱۸۹ | ۶.۱۶۲ | R _۱ |
| ۵.۴۸۶ | ۷.۱۶۲ | ۸.۸۶۵ | ۵.۱۸۹ | ۶.۸۶۵ | ۸.۵۹۵ | ۳.۰۲۷ | ۴.۵۶۸ | ۶.۴۸۶ | R _۲ |
| ۵.۸۳۸ | ۷.۵۶۸ | ۹.۲۹۷ | ۵.۹۷۳ | ۷.۵۶۸ | ۹.۱۸۹ | ۵.۷۰۳ | ۷.۳۵۱ | ۹.۰۲۷ | R _۳ |
| ۲.۵۶۸ | ۴.۲۴۳ | ۶.۲۱۶ | ۶.۱۰۸ | ۷.۷۵۷ | ۹.۴۰۵ | ۱.۸۶۵ | ۳.۴۰۵ | ۵.۴۰۵ | R _۴ |
| ۵.۵۹۵ | ۷.۲۴۳ | ۸.۹۱۹ | ۵.۴۳۲ | ۷.۱۰۸ | ۸.۸۱۱ | ۳.۱۳۵ | ۴.۸۹۲ | ۶.۸۶۵ | R _۵ |
| ۴.۴۰۵ | ۶.۱۳۵ | ۸.۰۰۰ | ۵.۷۸۴ | ۷.۵۶۸ | ۹.۳۵۱ | ۵.۶۷۶ | ۷.۴۰۵ | ۹.۱۳۵ | R _۶ |
| ۴.۱۸۹ | ۵.۹۴۶ | ۷.۸۳۸ | ۳.۰۲۷ | ۴.۷۳۰ | ۶.۷۰۳ | ۴.۸۱۱ | ۶.۵۱۴ | ۸.۲۷۰ | R _۷ |
| ۳.۶۴۹ | ۵.۲۹۷ | ۷.۱۸۹ | ۳.۸۳۸ | ۵.۴۸۶ | ۷.۳۵۱ | ۳.۵۶۸ | ۵.۲۴۳ | ۷.۱۳۵ | R _۸ |
| ۲.۳۵۱ | ۴.۰۵۴ | ۶.۰۵۴ | ۴.۵۱۴ | ۶.۲۷۰ | ۸.۱۰۸ | ۴.۱۰۸ | ۵.۹۱۹ | ۷.۸۳۸ | R _۹ |
| ۲.۵۴۱ | ۴.۲۷۰ | ۶.۲۷۰ | ۳.۵۹۵ | ۵.۲۷۰ | ۷.۱۸۹ | ۴.۶۴۹ | ۶.۴۰۵ | ۸.۲۱۶ | R _{۱۰} |
| ۲.۴۵۹ | ۴.۱۶۲ | ۶.۱۶۲ | ۲.۸۶۵ | ۴.۵۶۸ | ۶.۵۴۱ | ۴.۵۶۸ | ۶.۳۲۴ | ۸.۱۶۲ | R _{۱۱} |
| ۲.۵۴۱ | ۴.۲۷۰ | ۶.۲۷۰ | ۴.۲۴۳ | ۵.۹۷۳ | ۷.۸۳۸ | ۴.۴۰۵ | ۶.۱۸۹ | ۸.۰۵۴ | R _{۱۲} |
| ۴.۴۸۶ | ۶.۲۱۶ | ۸.۰۵۴ | ۴.۱۶۲ | ۵.۹۱۹ | ۷.۷۸۴ | ۵.۲۹۷ | ۷.۰۸۱ | ۸.۸۶۵ | R _{۱۳} |
| ۴.۶۲۲ | ۶.۲۷۰ | ۸.۰۵۴ | ۲.۹۱۹ | ۴.۶۲۲ | ۶.۵۹۵ | ۴.۲۴۳ | ۵.۹۷۳ | ۷.۸۳۸ | R _{۱۴} |
| ۲.۳۲۴ | ۳.۹۴۶ | ۵.۹۴۶ | ۳.۷۸۴ | ۵.۴۳۲ | ۷.۲۹۷ | ۴.۰۲۷ | ۵.۸۱۱ | ۷.۷۳۰ | R _{۱۵} |
| ۵.۹۴۶ | ۷.۶۲۲ | ۹.۲۹۷ | ۴.۸۹۲ | ۶.۵۹۵ | ۸.۳۷۸ | ۶.۰۵۴ | ۷.۷۳۰ | ۹.۴۰۵ | R _{۱۶} |
| ۲.۹۷۳ | ۴.۶۴۹ | ۶.۵۹۵ | ۳.۵۴۱ | ۵.۱۸۹ | ۷.۰۸۱ | ۳.۱۶۲ | ۵.۰۰۰ | ۶.۹۷۳ | R _{۱۷} |
| ۴.۰۰۰ | ۵.۷۰۳ | ۷.۵۶۸ | ۲.۸۱۱ | ۴.۴۳۲ | ۶.۳۷۸ | ۳.۰۸۱ | ۴.۷۸۴ | ۶.۷۵۷ | R _{۱۸} |
| ۲.۷۸۴ | ۴.۴۵۹ | ۶.۴۳۲ | ۳.۲۱۶ | ۴.۸۳۸ | ۶.۷۵۷ | ۳.۱۰۸ | ۴.۷۵۷ | ۶.۷۰۳ | R _{۱۹} |
| ۶.۱۰۸ | ۷.۷۵۷ | ۹.۴۰۵ | ۵.۷۸۴ | ۷.۴۸۶ | ۹.۱۸۹ | ۳.۶۷۶ | ۵.۳۵۱ | ۷.۲۴۳ | R _{۲۰} |
| ۳.۲۷۰ | ۴.۹۴۶ | ۶.۸۶۵ | ۳.۲۷۸ | ۵.۰۰۰ | ۶.۹۴۴ | ۳.۵۵۳ | ۵.۲۱۳ | ۷.۱۰۶ | R _{۲۱} |
| ۴.۱۰۸ | ۵.۷۸۴ | ۷.۶۲۲ | ۴.۱۶۲ | ۵.۸۶۵ | ۷.۷۳۰ | ۲.۳۵۱ | ۳.۹۷۳ | ۵.۹۴۶ | R _{۲۲} |
| ۴.۶۲۲ | ۶.۲۷۰ | ۸.۰۵۴ | ۴.۴۰۵ | ۶.۱۰۸ | ۷.۹۴۶ | ۲.۷۳۰ | ۴.۴۸۶ | ۶.۴۸۶ | R _{۲۳} |
| ۴.۰۲۷ | ۵.۸۱۱ | ۷.۷۳۰ | ۲.۴۸۶ | ۴.۲۱۶ | ۶.۲۱۶ | ۲.۷۵۷ | ۴.۴۸۶ | ۶.۴۸۶ | R _{۲۴} |
| ۲.۷۰۳ | ۴.۴۰۵ | ۶.۳۷۸ | ۲.۵۴۱ | ۴.۲۴۳ | ۶.۲۱۶ | ۳.۷۵۷ | ۵.۴۵۹ | ۷.۳۵۱ | R _{۲۵} |
| ۴.۰۲۷ | ۵.۸۳۸ | ۷.۷۸۴ | ۴.۰۲۷ | ۵.۸۳۸ | ۷.۷۸۴ | ۴.۵۶۸ | ۶.۲۷۰ | ۸.۱۰۸ | R _{۲۶} |
| ۳.۸۹۲ | ۵.۶۷۶ | ۷.۶۲۲ | ۳.۸۹۲ | ۵.۶۷۶ | ۷.۶۲۲ | ۳.۰۲۷ | ۴.۷۵۷ | ۶.۷۰۳ | R _{۲۷} |
| ۴.۰۰۰ | ۵.۸۱۱ | ۷.۷۳۰ | ۴.۱۰۸ | ۵.۹۱۹ | ۷.۸۳۸ | ۲.۵۹۵ | ۴.۱۸۹ | ۶.۱۶۲ | R _{۲۸} |
| ۲.۸۹۲ | ۴.۶۴۹ | ۶.۶۴۹ | ۳.۲۱۶ | ۴.۸۹۲ | ۶.۸۱۱ | ۴.۳۷۸ | ۶.۱۰۸ | ۷.۹۴۶ | R _{۲۹} |
| ۳.۸۱۱ | ۵.۵۶۸ | ۷.۴۵۹ | ۳.۱۳۵ | ۴.۹۴۶ | ۶.۹۱۹ | ۴.۳۵۱ | ۶.۰۲۷ | ۷.۸۳۸ | R _{۳۰} |
| ۴.۰۰۰ | ۵.۷۰۳ | ۷.۵۶۸ | ۲.۳۷۸ | ۴.۰۵۴ | ۶.۰۵۴ | ۲.۷۵۷ | ۴.۵۴۱ | ۶.۵۴۱ | R _{۳۱} |
| ۳.۲۹۷ | ۵.۰۵۴ | ۷.۰۲۷ | ۳.۷۳۰ | ۵.۴۰۵ | ۷.۲۹۷ | ۶.۱۶۲ | ۷.۸۱۱ | ۹.۴۵۹ | R _{۳۲} |
| ۳.۹۱۹ | ۵.۶۷۶ | ۷.۵۶۸ | ۴.۳۵۱ | ۶.۱۰۸ | ۷.۹۴۶ | ۶.۱۶۲ | ۷.۸۱۱ | ۹.۴۵۹ | R _{۳۳} |
| ۳.۴۳۲ | ۵.۳۵۱ | ۷.۳۵۱ | ۳.۹۷۳ | ۵.۶۲۲ | ۷.۴۵۹ | ۶.۱۶۲ | ۷.۸۱۱ | ۹.۴۵۹ | R _{۳۴} |
| ۴.۱۸۹ | ۵.۹۱۹ | ۷.۷۸۴ | ۴.۰۲۷ | ۵.۶۷۶ | ۷.۵۱۴ | ۵.۹۴۶ | ۷.۶۴۹ | ۹.۳۵۱ | R _{۳۵} |
| ۴.۲۹۷ | ۶.۰۸۱ | ۷.۹۴۶ | ۳.۸۱۱ | ۵.۶۴۹ | ۷.۵۶۸ | ۴.۱۸۹ | ۵.۹۴۶ | ۷.۸۳۸ | R _{۳۶} |
| ۴.۳۲۴ | ۶.۰۸۱ | ۷.۹۴۶ | ۴.۰۸۱ | ۵.۷۳۰ | ۷.۵۶۸ | ۶.۱۶۲ | ۷.۸۱۱ | ۹.۴۵۹ | R _{۳۷} |
| ۳.۷۵۷ | ۵.۶۲۲ | ۷.۶۲۲ | ۴.۲۹۷ | ۵.۹۷۳ | ۷.۷۸۴ | ۵.۱۰۸ | ۶.۸۳۸ | ۸.۵۹۵ | R _{۳۸} |



جدول ۵. نتایج محاسبه عدد اولویت ریسک‌های شناسایی شده

| رتبه ریسک | عدد دیفازی شده | عدد R.P.N فازی | | | شماره ریسک (جدول ۲) |
|-----------|----------------|----------------|--------|--------|---------------------|
| | | L | M | U | |
| ۱۸ | ۲۱۹.۳۲ | ۵۷.۶۸۷ | ۱۷۶.۱۵ | ۴۲۴.۱۲ | R _۱ |
| ۱۲ | ۲۶۸.۳۲ | ۸۶.۱۸۱ | ۲۲۴.۵۷ | ۴۹۴.۲ | R _۲ |
| ۱ | ۴۶۳.۶۹ | ۱۹۸.۸۵ | ۴۲۱ | ۷۷۱.۲۲ | R _۳ |
| ۳۵ | ۱۵۲.۴۵ | ۲۹.۲۴۷ | ۱۱۲.۰۸ | ۳۱۶.۰۳ | R _۴ |
| ۹ | ۲۹۵.۵۴ | ۹۵.۲۸۴ | ۲۵۱.۸۶ | ۵۳۹.۴۶ | R _۵ |
| ۳ | ۳۹۰.۶۱ | ۱۴۴.۶۲ | ۳۴۳.۸۲ | ۶۸۳.۴۱ | R _۶ |
| ۱۷ | ۲۲۶.۲۲ | ۶۱.۰۰۵ | ۱۸۳.۱۸ | ۴۳۴.۴۸ | R _۷ |
| ۲۴ | ۱۹۳.۱۵ | ۴۹.۹۵۶ | ۱۵۲.۳۹ | ۳۷۷.۰۹ | R _۸ |
| ۲۵ | ۱۹۲.۹۳ | ۴۳.۵۹۹ | ۱۵۰.۴۶ | ۳۸۴.۷۴ | R _۹ |
| ۲۷ | ۱۸۵.۶۶ | ۴۲.۴۵۲ | ۱۴۴.۱۶ | ۳۷۰.۳۷ | R _{۱۰} |
| ۳۳ | ۱۶۰.۴۶ | ۳۲.۱۸۳ | ۱۲۰.۲۳ | ۳۲۸.۹۷ | R _{۱۱} |
| ۲۲ | ۲۰۰.۳۹ | ۴۷.۴۹۱ | ۱۵۷.۸۶ | ۳۹۵.۸۲ | R _{۱۲} |
| ۷ | ۳۰۵.۰۷ | ۹۸.۹۱۹ | ۲۶۰.۵۴ | ۵۵۵.۷۵ | R _{۱۳} |
| ۱۹ | ۲۱۵.۵۴ | ۵۷.۲۴۲ | ۱۷۳.۰۹ | ۴۱۶.۲۹ | R _{۱۴} |
| ۳۱ | ۱۶۵.۱۲ | ۳۵.۴۱۷ | ۱۲۴.۵۶ | ۳۳۵.۳۹ | R _{۱۵} |
| ۲ | ۴۳۲.۴۲ | ۱۷۶.۰۹ | ۳۸۸.۵۱ | ۷۳۲.۶۵ | R _{۱۶} |
| ۳۴ | ۱۵۹.۸۴ | ۳۳.۲۸۵ | ۱۲۰.۶۱ | ۳۲۵.۶۲ | R _{۱۷} |
| ۳۲ | ۱۶۰.۵۷ | ۳۴.۶۴۱ | ۱۲۰.۹۲ | ۳۲۶.۱۴ | R _{۱۸} |
| ۳۸ | ۱۴۰.۵۹ | ۲۷.۸۲۸ | ۱۰۲.۶۲ | ۲۹۱.۳۲ | R _{۱۹} |
| ۴ | ۳۵۵.۵۴ | ۱۲۹.۸۵ | ۳۱۰.۷۶ | ۶۲۶.۰۲ | R _{۲۰} |
| ۳۰ | ۱۶۸.۵۹ | ۳۸.۰۸۷ | ۱۲۸.۹۱ | ۳۳۸.۷۸ | R _{۲۱} |
| ۲۹ | ۱۷۵.۰۹ | ۴۰.۲۰۵ | ۱۳۴.۷۷ | ۳۵۰.۲۹ | R _{۲۲} |
| ۲۰ | ۲۱۴.۱۷ | ۵۵.۵۷۸ | ۱۷۱.۸۳ | ۴۱۵.۱۲ | R _{۲۳} |
| ۳۶ | ۱۴۹.۷۳ | ۲۷.۶۰۴ | ۱۰۹.۹۲ | ۳۱۱.۶۷ | R _{۲۴} |
| ۳۹ | ۱۳۹.۷۸ | ۲۵.۷۹۵ | ۱۰۲.۰۵ | ۲۹۱.۴۸ | R _{۲۵} |
| ۱۴ | ۲۵۹.۶۷ | ۷۴.۰۷۲ | ۲۱۳.۶۹ | ۴۹۱.۲۵ | R _{۲۶} |
| ۲۳ | ۱۹۶.۱۴ | ۴۵.۸۵ | ۱۵۳.۲۳ | ۳۸۹.۳۵ | R _{۲۷} |
| ۲۶ | ۱۸۶.۶۸ | ۴۲.۶۳۶ | ۱۴۴.۰۸ | ۳۷۳.۳۳ | R _{۲۸} |
| ۲۸ | ۱۷۹.۸۱ | ۴۰.۷۲۳ | ۱۳۸.۹ | ۳۵۹.۸۱ | R _{۲۹} |
| ۲۱ | ۲۰۷.۴۹ | ۵۱.۹۸۷ | ۱۶۵.۹۷ | ۴۰۴.۵۲ | R _{۳۰} |
| ۳۷ | ۱۴۳.۶۲ | ۲۶.۲۲۶ | ۱۰۴.۹۷ | ۲۹۹.۶۵ | R _{۳۱} |
| ۱۵ | ۲۵۸.۰۸ | ۷۵.۷۸۲ | ۲۱۳.۳۹ | ۴۸۵.۰۷ | R _{۳۲} |
| ۶ | ۳۱۴.۸۹ | ۱۰۵.۰۸ | ۲۷۰.۷۸ | ۵۶۸.۸۱ | R _{۳۳} |
| ۱۰ | ۲۷۹.۲۵ | ۸۴.۰۳۳ | ۲۳۴.۹۷ | ۵۱۸.۷۳ | R _{۳۴} |
| ۸ | ۳۰۱.۳۹ | ۱۰۰.۳۱ | ۲۵۶.۹۵ | ۵۴۶.۹ | R _{۳۵} |
| ۱۶ | ۲۴۸.۰۵ | ۶۸.۶۰۳ | ۲۰۴.۲۴ | ۴۷۱.۳ | R _{۳۶} |
| ۵ | ۳۱۶.۵۷ | ۱۰۸.۷۵ | ۲۷۲.۱۵ | ۵۶۸.۸۱ | R _{۳۷} |
| ۱۱ | ۲۷۳.۹۸ | ۸۲.۴۶۵ | ۲۲۹.۶ | ۵۰۹.۸۷ | R _{۳۸} |
| ۱۳ | ۲۶۵.۴۴ | ۸۰.۲۲۱ | ۲۲۱.۶ | ۴۹۴.۵ | R _{۳۹} |

از طرف دیگر از لحاظ رتبه ریسک‌های مؤثر شناسایی شده، رتبه اول به ریسک شماره ۳ مربوطه به منشاء پیمانکار، رتبه دوم به ریسک شماره ۱۶ مربوط به منشاء مسائل کلان و رتبه سوم به ریسک شماره ۶ مربوط به منشاء کارفرما اختصاص یافته است.

با منشاء کارفرما EPC مقدار عدد اولویت ریسک‌های شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه های جدول ۶

| رتبه در میان کل ریسک‌ها | عدد قطعی | شرح ریسک | شماره ریسک |
|-------------------------|----------|---|-----------------|
| ۳ | ۳۹۰.۶۱ | وجود بروکراسی اداری و عدم هماهنگی بین قسمتهای درگیر در پروژه | R _۶ |
| ۱۱ | ۲۷۳.۹۸ | ناهماهنگی بین روند پرداخت های کارفرمای اصلی با تقاضای مالی پروژه در طی زمان اجرا | R _{۳۸} |
| ۱۲ | ۲۶۸.۳۲ | اشتباه در برنامه ریزی و کنترل پروژه (اشتباه در برآورد مدت زمان انجام فعالیت ها و تعلل در پایش انجام فعالیتها) | R _۲ |
| ۲۸ | ۱۷۹.۸۱ | برنامه زمان بندی نادرست | R _{۲۹} |
| ۳۲ | ۱۶۰.۵۷ | تاخیر در تاریخ عقد قرارداد و فعال شدن قرارداد | R _{۱۸} |
| ۳۷ | ۱۴۳.۶۲ | عدم وجود تعدیل نرخ ارز در پروژه هایی که دارای خرید خارجی می باشند | R _{۳۱} |
| | ۱۴۱۶.۹۱ | جمع نمره عدد اولویت ریسک | |
| | ۰.۱۵ | وزن نسبی بین تمام منشاء های ریسک | |

با منشاء پیمانکار EPC مقدار عدد اولویت ریسک‌های شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه های جدول ۷

| رتبه در میان کل ریسک‌ها | عدد قطعی | شرح ریسک | شماره ریسک |
|-------------------------|----------|---|-----------------|
| ۱ | ۴۶۳.۶۹ | خطای ساخت تجهیزات | R _۳ |
| ۴ | ۳۵۵.۵۴ | وقفه افتادن بین قیمت پیشنهادی پیمانکار و تاریخ شروع به کار | R _{۲۰} |
| ۵ | ۳۱۶.۵۷ | ارائه قیمت غیرواقعی در زمان مناقصه به قصد برنده شدن | R _{۳۷} |
| ۲۰ | ۲۱۴.۱۷ | تاخیر در مراحل انجام خرید (افتتاح LC و ...) | R _{۲۳} |
| ۱۰ | ۲۷۹.۲۵ | ریسک عدم دستیابی به استانداردها و معیارهای تعیین شده در طراحی، عملیات، پشتیبانی و کیفیت | R _{۳۴} |
| ۱۵ | ۲۵۸.۰۸ | عدم انتخاب دوره تضمینی مناسب برای قراردادهای EPC | R _{۳۳} |
| ۱۶ | ۲۴۸.۰۵ | تهیه مواد و مصالح بدون کیفیت مناسب | R _{۳۶} |
| ۹ | ۲۹۵.۵۴ | عدم امکان اطلاع رسانی و پیگیری مناسب خرید به دلیل عدم یکپارچگی | R _۵ |

| اطلاعات یک خرید | | | |
|----------------------------------|--------|---|----------|
| ۲۴ | ۱۹۳.۱۵ | اشتباه در برآورد پیمانکار جهت شرکت در مناقصه و ارائه مبلغ و مدت زمان نادرست | R_8 |
| ۲۷ | ۱۸۵.۶۶ | ضعف بنیه مالی پیمانکار | R_{10} |
| ۲۹ | ۱۷۵.۰۹ | خرید با شرایط تحویل نادرست | R_{22} |
| ۳۰ | ۱۶۸.۵۹ | تاخیر در تأمین کالا از سوی تأمین کننده | R_{21} |
| ۳۴ | ۱۵۹.۸۴ | کم توجهی به مقوله مهمی بنام بیمه | R_{17} |
| ۳۵ | ۱۵۲.۴۵ | عدم تمایل همکاری پیمانکاران با مشاوران | R_4 |
| جمع نمره عدد اولویت ریسک | | | ۳۴۶۵.۶۷ |
| وزن نسبی بین تمام منشاء های ریسک | | | ۰.۳۸ |

با منشاء پیمانکار جزء EPC مقدار عدد اولویت ریسکهای شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه های .جدول ۸

| شماره ریسک | شرح ریسک | عدد قطعی | رتبه در میان کل ریسکها |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------|------------------------|
| R_7 | تخمین نادرست و یا غیردقیق هزینه | ۲۲۶.۲۲ | ۱۷ |
| R_9 | صلاحیت پایین مدیریتی پیمانکاران جزء | ۱۹۲.۹۳ | ۲۵ |
| جمع نمره عدد اولویت ریسک | | ۴۱۹.۱۵ | |
| وزن نسبی بین تمام منشاء های ریسک | | ۰.۰۵ | |

با منشاء مشاور EPC مقدار عدد اولویت ریسکهای شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه های .جدول ۹

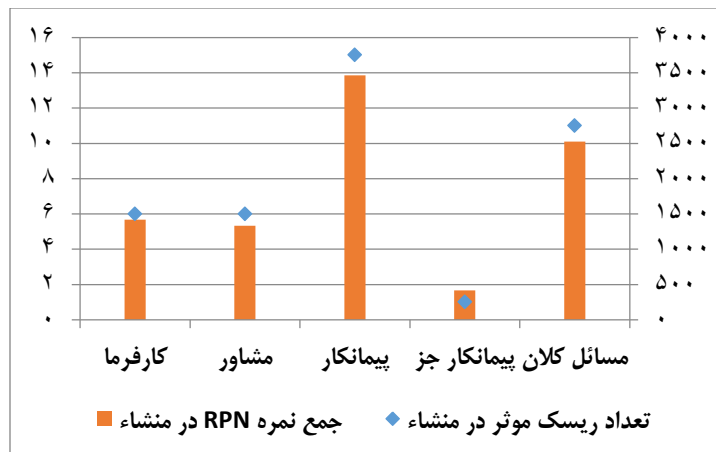
| شماره ریسک | شرح ریسک | عدد قطعی | رتبه در میان کل ریسکها |
|------------|---|----------|------------------------|
| R_{23} | اعمال نظر در طراحی به دلیل سرعت و روش های اجرایی | ۳۱۴.۸۹ | ۶ |
| R_{25} | تغییر و انجام طراحی ها در جهت کم کردن هزینه | ۳۰۱.۳۹ | ۸ |
| R_{20} | دیده نشدن بخشی از کار در طراحی | ۲۰۷.۴۹ | ۲۱ |
| R_{24} | پاسخگویی با تاخیر بخش مهندسی پیمانکار (مشاور) نسبت به تغییرات مورد نیاز در نقشه ها و ... در حین اجرای پروژه | ۱۴۹.۷۳ | ۳۶ |
| R_1 | تأخیر و توقف بخشی از کار توسط شرکت مشاور | ۲۱۹.۳۲ | ۱۸ |
| R_{19} | تأخیر در تحویل نقشه ها، مدارک فنی تهیه شده به پیمانکار | ۱۴۰.۵۹ | ۳۸ |

| | |
|---------|----------------------------------|
| ۱۳۳۳.۴۱ | جمع نمره عدد اولویت ریسک |
| ۰.۱۴ | وزن نسبی بین تمام منشاء های ریسک |

با منشاء مسائل EPC مقدار عدد اولویت ریسک‌های شناسایی شده در بخش تأمین تجهیزات پروژه های .جدول ۱۰ کلان

| شماره ریسک | شرح ریسک | عدد قطعی | رتبه در میان کل ریسک‌ها |
|-----------------|---|----------|-------------------------|
| R _{۲۸} | تحریم و مسایل سیاسی | ۱۸۶.۶۸ | ۲۶ |
| R _{۱۶} | تاخیر در تمدید LC به دلایل سیاسی | ۴۳۲.۴۲ | ۲ |
| R _{۲۹} | تورم و بالارفتن قیمت‌ها به دلایل سیاسی | ۲۶۵.۴۴ | ۱۳ |
| R _{۱۳} | بالا بودن نرخ بهره بانکها | ۳۰۵.۰۷ | ۷ |
| R _{۱۵} | عدم حمایت بانک ها در گشایش اعتبار اسنادی از پیمانکارانی که دارای اعتبار کمی هستند | ۱۶۵.۱۲ | ۳۱ |
| R _{۱۲} | کوتاه بودن دوره باز پرداخت و سنگین بودن وثیقه های مورد مطالبه بانکها | ۲۰۰.۳۹ | ۲۲ |
| R _{۱۱} | محدودیت در گشایش اعتبارات LC | ۱۶۰.۴۶ | ۳۳ |
| R _{۲۶} | روند کند و پر هزینه ترخیص کالا از گمرک و در نتیجه رسوب کالا در گمرک | ۲۵۹.۶۷ | ۱۴ |
| R _{۱۴} | مشکلات گرفتن وام از بانک جهت تامین مالی هزینه های خرید | ۲۱۵.۵۴ | ۱۹ |
| R _{۲۷} | تاثیر تغییرات برنامه ها و قوانین دولت بر روند فعالیتهای بخش تأمین کالا | ۱۹۶.۱۴ | ۲۳ |
| R _{۲۵} | بالا بودن عوارض و تعرفه های گمرکی | ۱۳۹.۷۸ | ۳۹ |
| | جمع نمره عدد اولویت ریسک | ۲۵۲۶.۷۱ | |
| | وزن نسبی بین تمام منشاء های ریسک | ۰.۲۸ | |

در شکل ۳ نمودار مربوط به تعداد ریسک مؤثر در هر منشاء و جمع نمره عدد اولویت ریسک هر منشاء، نمایش داده شده است. همانطور که دیده می‌شود با وجود اینکه تعداد ریسک‌های مؤثر هر دو منشاء کارفرما و مشاور با هم برابر است (۶ ریسک مؤثر) ولی وزن نسبی نمره عدد اولویت ریسک کارفرما از مشاور بیشتر بوده که این امر حاکی از اهمیت توجه به ریسک‌های با منشاء کارفرما دارد.



شکل ۳. نمرات عدد اولویت ریسک منشاءهای مختلف ریسک‌های پروژه‌های EPC شرکت آذران

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت انجام پروژه‌های ملی و رسیدن به چشم انداز رشد و توسعه کشور و کارآفرینی مؤثر، تیم مدیریت پروژه در راستای مدیریت صحیح و به موقع، می‌بایست در جهت کاهش و یا از میان برداشتن ریسک‌های شناخته شده قدم بردارد. همانطور که موسوی شاهرودی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند، مدیریت ریسک، تنها به معنی پرهیز از ریسک نیست بلکه در مدیریت ریسک به دنبال بهره مندی از فرصت‌ها نیز هستیم. اجرای سیاست‌های مدیریت ریسک صحیح در سازمان موجب هدایت منابع و امکانات به سوی اهداف شده و از این طریق اثربخشی فعالیت‌های خلاق و نوآور را افزایش می‌دهد و ایده خلاق را در جهت خلق ارزش سوق می‌دهد.

هر چند تعدادی از عوامل ریسک تا حدودی خارج از کنترل شرکت‌ها می‌باشند اما این به آن معنا نمی‌باشد که عملاً شرکت‌ها در پاسخ‌گویی هیچ راهکاری پیش‌رو نداشته باشند. این تحقیق به دنبال پاسخ دو سوال اصلی پیش روی شرکت مورد نظر بوده است. با توجه به یافته‌های تحقیق ریسک مؤثر بخش تأمین تجهیزات پروژه‌های EPC شرکت مورد بررسی ۳۹ عامل شناسایی شد. همچنین مشخص شد که این شرکت در انجام پروژه‌های خود بیشترین ریسک را به ترتیب از طرف پیمانکار، مسائل کلان، کارفرما، مشاور و پیمانکار جزء متحمل می‌شود.

همچنین از بین تمام ریسک‌های مؤثر شناسایی شده بالاترین رتبه مربوط به خطای ساخت تجهیزات است که منشاء این ریسک پیمانکار می‌باشد. ریسک‌های تأخیر در تمدید گشایش اعتبار به دلایل سیاسی با منشاء مسائل کلان و وجود بروکراسی اداری و عدم هماهنگی بین قسمتهای درگیر در پروژه با منشاء کارفرما اولویت‌های بعدی را در این شرکت به خود اختصاص داده‌اند.

پیشنهاد می‌شود، جهت به حداقل رساندن ریسک خطای ساخت تجهیزات، هماهنگی سیستماتیکی بین دپارتمان واحد مهندسی که از طراحی و نقشه‌ها مطلع می‌باشد، با دپارتمان کنترل کیفیت و دپارتمان واحد برنامه‌ریزی طی بازه‌های زمانی مشخص با در نظر گرفتن برنامه زمانبندی ساخت تجهیز، برقرار شود. همچنین با توجه به اینکه بیشتر خطاها مرتبط به تجهیزاتی است که استاندارد خاصی ندارند و در داخل کشور ساخته می‌شوند جهت اطمینان و جلوگیری از اتلاف وقت و هزینه، پیشنهاد میشود کارگاه ساخت تجهیزات ساده‌ای که بتوان در آن جوش و برش و تغییراتی از این قبیل را اصلاح کرد، در محل اجرای پروژه برپا شود بطوریکه اگر تجهیز پس از حمل و در محل اجرای پروژه با مشکلی

روبرو بود، بسرعت و با کمترین هزینه بتوان آنرا اصلاح کرد. این شرکت برای به حداقل رساندن ریسک تأخیر در تمدید گشایش اعتبار به دلایل سیاسی می‌تواند با یافتن شرکت‌های واسطه خارجی که در لیست تحریم نیستند و عقد قرارداد با آنها راه‌ها و ترفندهایی برای غلبه بر تحریم‌ها و گشایش اعتبار پیدا کند. همچنین برای کاهش ریسک سوم با منشاء کارفرما، این شرکت طی تشکیل جلساتی با کارفرما و مشاور به این نتیجه رسید که بایستی با شرکت نرم‌افزاری مورد تأیید کارفرما قراردادی جهت تهیه برنامه‌ای آنلاین که بتوان در تمام بخش‌های پروژه آن را اجرا نمود، بسته شود.

منابع و مأخذ

۱. دری، بهروز؛ معزز، هاشم؛ سلامی، هادی. (۱۳۸۹). رویکرد تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP). پژوهش‌های مدیریت در ایران. مقاله ۵، دوره ۱۴. زمستان ۱۳۸۹. صفحه ۱۰۷-۱۳۶.
۲. زرین، هاتف؛ پرچمی، مجید؛ دارابی، مسلم. (۱۳۹۰). آسیب شناسی شرایط عمومی پیمان EPC (نشریه ۵۴۹۰) در قراردادهای نفت ارائه راهکار. تهران، انجمن مدیریت پروژه ایران، هفتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه
۳. شکوهی، حسین. (۱۳۹۱). تدوین چارچوب مناسب قرارداد EPC برای اجرای پروژه‌های شرکت ملی پتروشیمی در شرایط نامطمئن. (رساله کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس، ایران.
۴. شمس مجد، رضا؛ مرتبه، محمد مهدی. (۱۳۸۶). ارائه الگویی جهت بررسی و مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC. فصلنامه مدیریت پروژه. شماره ۵.
۵. عباس نیا، رضا؛ اشتهاوردیان، احسان اله؛ ایمان شعار، داریوش. (۱۳۸۷). شناسایی و طبقه بندی ریسک پروژه‌های EPC و تعامل آنها با اهداف پروژه، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. تهران، دانشگاه تهران.
۶. موسوی، سیدحامد؛ حسینعلی پور، مجتبی. (۱۳۸۷). شناسایی و بررسی ریسک و چالش‌های بخش P در قراردادهای EPC از منظر پیمانکاران. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه. تهران، گروه پژوهشی آریانا.
۷. موسوی شاهرودی، سیدمحمد؛ عامری، مجید؛ محمودی، نرگس، (۱۳۸۹). نقش مدیریت ریسک در افزایش اثربخشی خلاقیت، نوآوری و کارآفرینی در سازمان. اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و نوآوری، شیراز.
۸. مومنی، منصور. (۱۳۸۶). تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS. تهران: انتشارات کتاب نو.
۹. مومنی، منصور. (۱۳۹۳). مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: نشر مؤلف.
۱۰. نقاش طوسی، حسین؛ رحیمی‌آلوقر، ایمان؛ داورپناه تنها قوچان، آرش؛ شاکری، اقبال. (۱۳۸۸). ارائه الگو متدولوژی ارزیابی و مدیریت ریسک پروژه‌های تلفیقی عمرانی- صنعتی مطالعه موردی: بنادر دریایی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه. تهران، گروه پژوهشی آریانا.
۱۱. H. Frank Cervone. (۲۰۰۶). "Project risk management", OCLC Systems & Services: International digital library perspectives, Vol. ۲۲ Iss: ۴, pp. ۲۵۶ - ۲۶۲
۱۲. Kumru, M. and P.Y. Kumru. (۲۰۱۳). "Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital." Appl Soft Comput. Vol. ۱۳, No. ۱, PP. ۷۲۱-۷۳۳.
۱۳. Liu, H.-C.; Tesay, L. ;. (۲۰۱۱). Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. Expert Syst. Appl. ۳۸, ۴۴۰۳-۴۴۱۵.
۱۴. Nalinee Chanamool Thanakorn Naenna. (۲۰۱۶). Fuzzy FMEA Application to Improve Decision Making Process in an Emergency Department, Applied Soft Computing S1۵۶۸-۴۹۴۶(۱۶)۰۰۰۱۴-۴
۱۵. S. Mandal, J. Maiti. (۲۰۱۴). Risk analysis using FMEA: Fuzzy similarity value and possibility theory based approach Expert Systems with Applications ۴۱ (۲۰۱۴) ۳۵۲۷-۳۵۳۷.

۱۶. Shirouyehzad, H., Badakhshian, M., Dabestani, R., Panjehfouladgaran, H., (۲۰۱۰), Fuzzy FMEA Analysis for Identification and Control of Failure Preferences in ERP Implementation, the Journal of Mathematics and Computer Science Vol. ۱, No. ۴ (۲۰۱۰) ۳۶۶-۳۷۶.
۱۷. Song Ji-Won, Yu Jung-Ho and Kim Chang-Duk, (۲۰۰۷). Construction safety management using FMEA technique: Focusing on the cases of steel frame work, Procs ۲۳rd Annual ARCOM Conference, ۳- ۵, Belfast, UK, Association of Researchers in Construction Management, ۵۵-۶۳.
۱۸. Stamatis, D.H. (۱۹۹۵). "Failure mode and effect analysis." Milwaukee, WI: ASQ Quality Press.
۱۹. Thun, J. H., & Hoenig, D. (۲۰۱۱). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. Int.J. Production Economics, vol. ۱۳۱, issue ۱, pages ۲۴۲-۲۴۹
۲۰. Zhang, Z. and X, Chu. (۲۰۱۱). "Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty." Expert Syst Appl. Vol. ۳۸, No. ۱, PP. ۲۰۶-۲۱۴.

