



ارائه مدلی جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC در صنعت پتروشیمی مبتنی بر تکنیک‌های FMEA و ANP

فاطمه مهدیان موغاری

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش سیستم مدیریت و بهره‌وری، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکز

ناصر صفایی (نویسنده مسؤل)

استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Email: nsafaei@kntu.ac.ir

محمدجواد ارشادی

استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراندک)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۲ * تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۱

چکیده

امروزه ریسک یکی از مهم‌ترین جنبه‌ها در مدیریت پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) به حساب می‌آید. از سوی دیگر با توجه به تعداد و تنوع ریسکها در پروژه‌های EPC، تعیین وزن و رتبه‌بندی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین ارتباط و اثرگذاری میان ریسکها در بسیاری از پژوهشهای این حوزه تاکنون در نظر گرفته نشده است. پژوهش حاضر به ارزیابی و تعیین ضریب اهمیت ریسکها به کمک روشهای تجزیه تحلیل حالات بالقوه خرابی (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه (ANP) می‌پردازد. بعنوان موردکاوی صنعت پتروشیمی به دلیل وجود حجم عظیمی از سازه‌ها، تأسیسات و فرایندها با ریسکها و خطرات اجتناب ناپذیر انتخاب شده است. خبرگان این پژوهش که مرجع اصلی داده‌ها شمرده می‌شوند شامل کارشناسان واحد آموزش و امور قراردادها (بیمان‌های مدیریت طرح‌ها) هستند. ریسکهای بحرانی به دست آمده با استفاده از روش تحلیل فرآیند شبکه ای (ANP)، به کمک نرم‌افزار سوپردسیژن وزن دهی و رتبه‌بندی شده‌اند. براساس نتایج پژوهش، ریسکهای بخش برآورد قرارداد کمترین اهمیت و ریسکهای بخش مهندسی بیشترین اهمیت را داشته‌اند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد، ریسک های بخش تدارکات، ریسکهای موجود در برآورد (مقادیر و بها) قرارداد، ریسکهای بخش مالی و در نهایت ریسکهای بخش مهندسی (طراحی) به ترتیب دارای بالاترین اهمیت هستند. در انتهای این مقاله، استراتژی‌های پاسخ به ریسک، اقدامات اصلاحی و همچنین تحلیل‌های حساسیت لازم در این حوزه ارائه شد.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، پروژه‌های EPC، تکنیک FMEA و ANP.

۱- مقدمه

یکی از ارکان مهم رشد و توسعه در کشور ما، صنعت پتروشیمی است. با توجه به سیستم‌های نوین و حجم عظیمی از تأسیسات، مواد و تجهیزات و همچنین استقرار و پیوستگی آنها، این صنعت با ریسک و مخاطرات زیادی همراه شده است. در روش‌های^۱ EPC (مهندسی، تأمین کالا و ساخت و اجرا) تمام فعالیت‌های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی و مهندسی تا تدارکات و ساخت نهایی بر عهده یک پیمانکار گذاشته می‌شود، که یکی از جدیدترین روش‌ها برای اجرای پروژه از نظر کاهش زمان اجرا در صنعت پتروشیمی است (Tehrani, 2013).

امروزه پروژه‌ها به شدت تحت تاثیر عوامل ریسک پذیر و عدم قطعیت قرار دارند. در این میان اجرای پروژه‌های پتروشیمی، از جمله پر ریسک‌ترین پروژه‌ها در صنعت است که مستلزم صرف سرمایه و منابع قابل توجهی است. انجام این گونه پروژه‌ها به روش EPC از سوی کارفرما، بخش مهمی از ریسک‌های پروژه را به پیمانکار منتقل شده و با توجه به شرایط متغیر همراه با عدم قطعیت، مدیریت صحیح و علمی ریسک توسط پیمانکاران، امری ضروری جهت موفقیت است.

مدیریت در تمامی زمینه‌ها به ویژه تحلیل خطرپذیری، نیازمند توجه به فاکتورها و معیارهای مربوطه و لحاظ نمودن روابط تعاملی بین آنها است. تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای^۲ (ANP) از تکنیک‌های کارا در مبحث تصمیم‌گیری چند معیاره^۳ (MCDM) به شمار می‌رود. پیشینه کاربری وسیع و عدم توجه به روابط متقابل فاکتورهای تأثیرگذار در ارزیابی ریسک به روش^۴ FMEA و در کنار آن کارآمدی تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای در شناسایی و لحاظ تعاملات معیارهای تصمیم‌گیری، باعث رشد رویکرد تلفیقی این دو روش در مدیریت و آنالیز هرچه بهتر ریسک است (Dorrea et al., 2008).

در پژوهش حاضر با توجه به استاندارد^۵ PMBOK و با بهره‌گیری از تجارب قبلی در چندین پروژه EPC و همچنین با استفاده از روش‌های مصاحبه حضوری و پرسشنامه، اظهار نظر تخصصی مسئولین و مدیران ذیصلاح و تحلیل نظرات آنها، الگوهای جهت بررسی و ارزیابی ریسک در قراردادهای EPC ارائه شده است.

شناسایی و ارزیابی ریسک، اولین گام در توسعه صنایع فرآیندی و یکی از اهداف مدیریت پروژه است. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) می‌تواند روشی مناسب برای پاسخ‌گویی و حل مسائل است. تصمیم‌گیری در مورد پاسخ به یک ریسک، یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره است و روش FMEA که در صنایع مختلف غیر فرآیندی کاربردهای موفقیت‌آمیزی داشته است، می‌تواند در ارزیابی ریسک صنعت پتروشیمی به کار رود (Dorrea & Hamzehea, 2010). در پروژه‌های EPC برای حصول اطمینان بیشتر از مبلغ نهایی، بدیهی است کارفرما باید قبل از تأییدیه نهایی و امضاء هزینه قرارداد از سوی پیمانکار، به او این امکان و اجازه را بدهد که کلیه اطلاعات مربوطه را دریافت و پس از ارزیابی ریسک هزینه‌ها، در قیمت‌گذاری خود منظور نماید.

الف) FMEA: تکنیک FMEA روشی سیستماتیک و یکی از توانمندترین روشها برای شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل و بروز عیب و نقص، افزایش ایمنی و رضایت مشتری است که به بهبود عملکرد پروژه‌ها کمک شایانی می‌نماید. بعبارت دیگر FMEA با بهینه‌سازی فرآیندها و محصولات، باعث کاهش چشمگیر هزینه‌ها می‌گردد. اهداف FMEA را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم شد:

- ۱) جلوگیری از بروز خطا
- ۲) کمک در ایجاد و توسعه یک محصول، فرآیند یا خدمتی جدید
- ۳) ثبت پارامترها و شاخص‌ها در طراحی و توسعه، فرآیند یا خدمت (Ahrar & Vahdat, 2010).

1. Engineering Procurement Construction

2. Analytical Network process

3. Multiple Criteria Decision Making

4. Failure Mode and Effect Analysis

5. Project Management Body Of Knowledge

در پروژه‌های EPC تمام فعالیت‌های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی و مهندسی تا تدارکات و ساخت نهایی بر عهده پیمانکار است. سازمانهایی که ارزیابی اجرای پروژه‌های EPC را بر عهده دارند، سازمانهایی هستند که TQM را در پروسه ارزیابی بکار می‌برند. از آنجا که در این روش کارفرما تنها کنترل محدودی بر پروژه دارد و نباید در کار پیمانکار مداخله نماید، نظارت بر جریان پیشرفت کار و اطمینان از انطباق آن با اهداف و برنامه زمان‌بندی پروژه، کنترل بر کیفیت تعیین شده و انجام آزمایش‌های حسن انجام کار توسط نماینده کارفرما انجام می‌شود.

جهت بهبود روش FMEA و قدرت بخشی به آن، از روش تصمیم‌گیری ANP که یک روش تحلیل سلسله مراتبی شبکه است، استفاده شده تا با بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری، ریسک‌های ارزیابی شده در FMEA را رتبه‌بندی و اهمیت آنها را مشخص نماید و با در نظر گرفتن عوامل مؤثر، به رتبه‌بندی و پیشگیری از آنها بپردازد.

ریسک در لغت به معنای از دست دادن پتانسیل است. ریسک در پروژه، مجموعه‌ای از رویدادها یا وضعیت‌های احتمالی است که در صورت رخداد، به صورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه مؤثر است (Haman & Boudjema, 2013). ارزیابی ریسک، دانش تصمیم‌گیران و مسئولین را در خصوص ریسک‌ها ارتقاء می‌دهد که این فرایند می‌تواند مبنایی برای انتخاب مناسب‌ترین رویکرد جهت برخورد با ریسک‌های مختلف قرار گیرد و خروجی آن، پیش‌نیاز ورود به فرآیندهای تصمیم‌گیری سازمان است.

ب) پروژه‌های EPC: در پروژه‌های EPC کارفرما با یا بدون کمک مشاور، محدوده کار، استانداردهای مورد نظر و طرح کلی را تحت عنوان "خواسته‌های کارفرما" همراه با دیگر مدارک مناقصه تهیه و سپس با برگزاری مناقصه ادامه طراحی و ساخت را بر عهده پیمانکار کلید گردان قرار می‌دهد.

روش کلید در دست، مسئولیت طراحی و اجرا را بطور کامل بر عهده پیمانکار می‌گذارد به گونه‌ای که پس از تکمیل پروژه، کارفرما فقط با چرخاندن یک کلید می‌تواند بهره‌برداری از تأسیسات اجرا شده را آغاز نماید. کلید در دست حد اعلاى سپردن مسئولیت طراحی و اجرا به پیمانکار است. بعنوان یک قانون کلی: مسئولیت هر عیب و نقصی که در محدوده تعریف شده کار رخ دهد بر عهده پیمانکار خواهد بود. نوع قیمت‌گذاری در این سیستم به صورت مبلغ مقطوع در نظر گرفته شده است.

در پروژه‌های EPC با توجه به انبوه عدم قطعیت‌ها و مخاطراتی که در حوزه‌ها و ابعاد مختلف پروژه مانند زمان، هزینه، ایمنی ممکن است به وقوع بپیوندد لازم است تحلیل ریسک مناسبی در قالب اقدامات پیشگیرانه صورت پذیرد تا بتوان از اجرای درست پروژه در یک چارچوب مشخص زمانی و هزینه‌ای اطمینان حاصل کرد. از این‌رو، شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های EPC از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، وجود تعداد و گوناگونی زیاد در ریسک‌ها امروزه سازمان‌ها را به سمتی سوق داده‌اند که به کمک روش‌های مناسب علمی ریسک‌های شناسایی شده را اولویت‌بندی کرده و برپایه اولویت‌های شناسایی شده اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مشخصی انجام دهند. پژوهش حاضر برپایه این مساله شکل گرفته است تا بتواند راهکارهای اجرایی مناسبی برای شناسایی، اولویت‌دهی و تعیین اهمیت ریسک‌ها در پروژه‌های EPC فراهم کند.

ج) پیشینه پژوهش:

باقری و لطفی (۱۳۹۵) در تحقیقی به الگویی جهت اجرای فرایند مدیریت ریسک در پروژه‌های نفتی با بهره‌گیری از استاندارد PMBOK پرداختند. با استفاده از تکنیک ANP به مناسب‌ترین رتبه‌بندی تکنیک‌ها و ابزار مدیریت ریسک در مدیریت پروژه در صنایع نفتی پرداخته شد. از این طریق می‌توان فرآیند مدیریت ریسک معرفی شده در استاندارد PMBOK را که فرایندی زمان‌بر و نیازمند هزینه‌ی زیادی خواهد بود، به صورت آگاهانه تلخیص و تسطیح نمود. نتایج بدست آمده از آنها، این امکان را فراهم می‌کند که هر سازمان با توجه به آستانه پذیرش ریسک خود در سطوح مدل پیشنهادی ورود نماید و این موضوع ضمن شفاف نمودن نقشه‌ی راه مدیریت ریسک پروژه در چرخه‌ی عمر پروژه، هزینه و زمان مورد نیاز برای برنامه‌ریزی مدیریت ریسک نیز بهبود قابل توجهی ایجاد می‌کند.

هاشمی و همکاران (۱۳۹۶) به شناسایی ریسک‌های فناورانه فرایند توسعه محصول جدید و اولویت بندی با فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) پرداختند. در طول انجام این پژوهش، در فرایند توسعه محصول جدید ریسک‌های مختلفی وجود خواهد داشت. که به طور کلی به سه دسته عمده تقسیم می‌شود: ریسک‌های فناورانه، ریسک‌های سازمانی و ریسک‌های بازاریابی. طبق مطالعات صورت گرفته ریسک‌های فناورانه از مهمترین و تاثیرگذارترین ریسک‌ها در فرایند توسعه محصول جدید محسوب می‌شود. ریسک فناورانه به ناتوانی یک شرکت در درک کامل یا دقت پیش بینی برخی از جنبه‌های فنی محیط اشاره دارد که مربوط به پروژه‌های توسعه محصول جدید است. از این رو شناسایی، کاهش و مدیریت این ریسک‌ها به بالا بردن درصد موفقیت فرایند توسعه محصول جدید کمک شایانی می‌کند.

فلاح مدواری و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی ریسک به روش FMEA و تاثیر استقرار سیستم مدیریت یکپارچه (IMS)^۷ بر عدد اولویت ریسک (RPN) پرداختند. ارزیابی ریسک یک روش سازمان یافته‌ی شناسایی خطرات و برآورد ریسک، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول بوده است. همچنین با توجه به روند رو به افزایش پیاده‌سازی سیستم مدیریت یکپارچه (IMS) در صنایع مختلف جهت بهبود سطح استانداردهای ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست بر آن شدیم تا تاثیر استقرار این سیستم را بر شاخص‌های پایش عملکرد ایمنی با استفاده از ارزیابی ریسک به روش FMEA و محاسبه مقدار RPN بسنجیم.

لی^۸ و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی ریسک‌ها در پروژه‌های قرارداد اجرای انرژی (EPC) پرداختند. در این پژوهش در مقایسه با پروژه‌های بهینه‌سازی انرژی مرسوم، پروژه‌های عملکرد انرژی (EPC) یک تصویر ریسک متفاوت را به طرفین قرارداد ارائه می‌کنند.

کالین اف دافیلد و پینگ وی^۹ (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان ارتباط بین مدیریت ریسک، شراکت و توانایی پیمانکار در تحویل پروژه‌های بین‌المللی EPC به این نتیجه رسیدند که، شراکت نه تنها به طور موثر مدیریت خطر را از طریق ارتقاء قابلیت پیمانکار تسهیل می‌کند، بلکه به طور مستقیم مدیریت خطر را افزایش می‌دهد.

گاربوزووا-شلیفر^{۱۰} و مادلنر (۲۰۱۷) در موضوعی با عنوان تجزیه و تحلیل خطر پروژه‌های اجرایی انرژی در روسیه به روش فرایند تحلیلی سلسله مراتبی، اولین چارچوب آنالیز ریسک برای پروژه‌های EPC که در بخش صنعتی روسیه اجرا می‌شوند را فراهم کردند.

سان^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی در مورد ارزیابی ایمنی در سیستم کار حفاری نفت بر اساس مطالعه تجربی و روش تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP) برای بدست آوردن اولویت‌های عوامل انسانی با توجه به وابستگی‌های متقابل استفاده کردند. فیلاردی^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی قراردادهای پروژه‌های نفت و گاز با روش تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP) برای انتخاب راهکارهای قرارداد برای پروژه‌های نفت و گاز، به بحث در مورد مزایای آن در سطح سازمانی پرداختند.

جدول شماره (۱): پژوهش‌های پیشین در مقایسه با پژوهش حاضر

ردیف	نام نویسندگان	سال انتشار	ریسک		تکنیک		پروژه (قرارداد)
			مدیریت	شناسایی و ارزیابی	FMEA	ANP	
۱	باقری و لطفی	۱۳۹۵					EPC
۲	رضانی و همکاران	۱۳۹۶		✓		✓	
۳	فلاح مدواری و همکاران	۱۳۹۷		✓	✓		
۴	لی و همکاران	۲۰۱۵		✓		✓	
۵	کالین اف دافیلد و پینگ وین	۲۰۱۶				✓	

7. Integrated management system

8. Lee

9. Colin F Duffield & Wei

10. Garbuzova-Schliffler and Madlener

11. Sun

12. Filardi

✓	✓	۲۰۱۷	مادلنر و گاربوزووا-شلیفر	۶
	✓	۲۰۱۸	سان و همکاران	۷
	✓	۲۰۱۹	فیلاردی ا و همکاران	۸
✓	✓	✓	✓	پژوهش حاضر

هدف اصلی از پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ریسکهای مربوط به پروژه های EPC دفتر مرکزی پتروشیمی تهران است. در مرحله بعد رتبه بندی ریسکهایی که بعد از اقدامات پیشگیرانه بحرانی شده اند جزو اهداف پژوهش است. سوالاتی که در این پژوهش به آن ها پاسخ داده می شود عبارتند از:

- (۱) ریسکهای موثر در صنعت پتروشیمی چه هستند و به چه میزان اهمیت دارند؟
- (۲) رتبه بندی ریسکها به چه صورت است؟
- (۳) ارزیابی ریسک با تلفیق دو روش ANP-FMEA چگونه در شرکت صورت می گیرد؟
- (۴) اهمیت ریسکهای فنی به چه میزان است؟

۲- روش شناسایی پژوهش

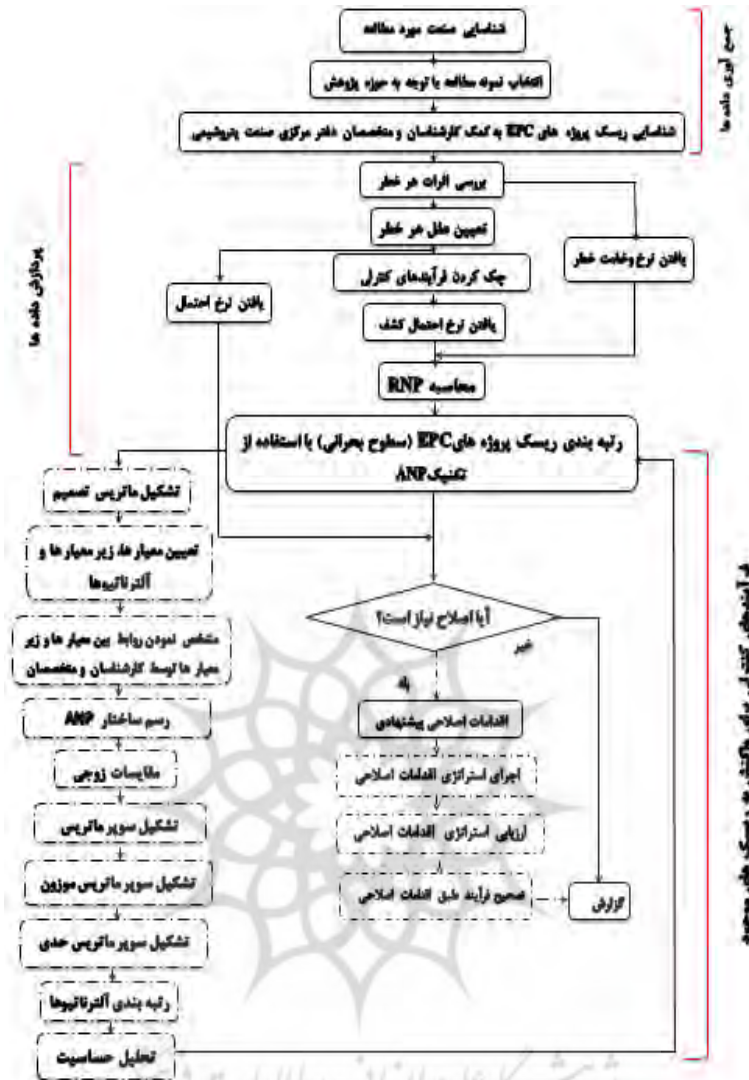
از آنجا که موضوع پژوهش حاضر ارزیابی ریسک پروژه های EPC در صنعت پتروشیمی است بنابراین روش پژوهش حاضر بر اساس هدف، یک پژوهش کاربردی است. در این راستا اهداف عبارتند از:

- (۱) شناسایی ریسک پروژه های EPC توسط کارشناسان و متخصصین.
- (۲) ارزیابی ریسک پروژه های EPC توسط تکنیک FMEA با استفاده از نرم افزار اکسل^{۱۳}
- (۳) رتبه بندی ریسک پروژه های EPC توسط تکنیک ANP با استفاده از نرم افزار سوپر دسیژن^{۱۴}

در این پژوهش از سه گروه کارشناس و متخصص استفاده شده است. گروه اول، کارشناسان برنامه ریزی و کنترل پروژه که عموماً شامل افرادی می باشند که در تیم برنامه ریزی و کنترل پروژه، مشغول به فعالیت هستند. گروه دوم، کارشناسان مربوط به تحلیل و ارزیابی ریسک پروژه می باشند و در نهایت گروه سوم، خبرگان پروژه متشکل از افرادی با تجربه های بالا در زمینه مدیریت پروژه، می باشند. تمامی این کارشناسان از رشته های متنوعی از مهندسی صنایع، مهندسی عمران، مهندسی مکانیک، طراحی صنعتی و مهندسی مالی می باشند. در این پژوهش به منظور گردآوری داده ها، از طریق مصاحبه و به منظور محاسبات از نرم افزارهای اکسل و سوپر دسیژن استفاده شده است مراحل انجام پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

¹³. Excel

¹⁴. Super Decision



شکل شماره (۱): مراحل انجام پژوهش

الف) روش تجزیه و تحلیل داده ها:

پس از شناسایی و جمع آوری داده ها، ریسک پروژه های EPC توسط کارشناسان و متخصصین صنعت پتروشیمی توسط تکنیک FMEA ارزیابی گردید که به دو جدول قبل از اقدامات پیشگیرانه و بعد از اقدامات پیشگیرانه تقسیم شده اند و با استفاده از نرم افزار اکسل عدد اولویت ریسک که به آن RPN می گویند، بر اساس سه معیار شدت اثر گذاری^{۱۵} S، احتمال وقوع^{۱۶} O و قابلیت اکتشاف^{۱۷} D ریسک پروژه های EPC امتیاز دهی شده است. سپس مقادیر RPN در دو جدول، برای هر یک از ریسک پروژه های EPC طبق رابطه ۱ محاسبه شد، مقدار RPN میزان خطرناک بودن یک ریسک را نشان می دهد که توسط آن ریسک ها بر مبنای میزان بحرانی بودن، اولویت بندی شده است.

$$RPN = S \times O \times D$$

(۱)

¹⁵. Sverity

¹⁶. Occurrence

¹⁷. Detection

بدین طریق ریسک‌های بحرانی توسط تکنیک FMEA در صنعت پتروشیمی تعیین شده و RPN آنها محاسبه می‌گردد و ریسک‌هایی که بعد از اقدامات پیشگیرانه بحرانی شدند به وسیله تکنیک ANP با استفاده از نرم افزار سوپر دسیژن رتبه بندی می‌گردند.

روش تحلیل داده ها برای فرآیند تحلیل شبکه ای صورت گرفته است که شاخص ها ابتدا توسط نرم افزار وزن دار می شوند و سپس این اوزان با روش ANP به منظور رتبه بندی آلترناتیوهای ریسک پروژه های EPC بکار گرفته شد. این پژوهش جامعه آماری و حجم نمونه ندارد. و از طریق مصاحبه براساس سابقه کار، میزان تحصیلات و تجربه افراد برای تکمیل دو پرسشنامه از نظرات ۱۵ کارشناس و متخصص برای تکنیک FMEA و ۷ کارشناس و متخصص برای تکنیک ANP در صنعت پتروشیمی استفاده شده است، برای گردآوری اطلاعات از دو گروه شامل: الف) گروه اول: برای پر کردن پرسشنامه ها از کارشناسان واحد آموزش و ب) گروه دوم برای ارتباطات از: کارشناسان امور قرار دادها و پیمان های مدیریت طرح ها استفاده شده است.

در این پژوهش، یکی از اقدامات اجرایی فرایند مدیریت ریسک پروژه های EPC، ارزیابی و تعیین نمودن میزان رتبه بندی ریسکها است، با توجه به این که امکان مبادله یکی از مهمترین عوامل تعیین شده است، که قبل و بعد اقدامات پیشگیرانه جهت ارزیابی مدل های جبرانی و رتبه بندی اقدامات اجرایی استفاده کرد. فرآیند ریسک و مدل های تصمیم گیری چند شاخصه شامل روش های مختلفی است که در این پژوهش از روش های FMEA برای ارزیابی و ANP برای رتبه بندی استفاده شده است. روایی و پایایی ابزار جمع آوری اطلاعات، یکی از ویژگی های یک پژوهش علمی است. نتایج یک پژوهش زمانی اطمینان بخش است که ابزار جمع آوری اطلاعات از روایی و پایایی قابل قبولی برخوردار باشد. مقصود از روایی آن است که وسیله اندازه گیری بتواند خصیصه و ویژگی مورد نظر را اندازه بگیرد. اهمیت روایی از آن جهت است که اندازه گیری های نامناسب و ناکافی می تواند هر پژوهش علمی را بی ارزش و ناروا سازد. منظور از ثبات و پایایی این است که نتایج حاصل از کاربرد آن آزمون در ارزشیابی با تحقیق یکنواخت باشد. بدین ترتیب باید از این امر اطمینان حاصل شود که آیا مطلب فوق در مورد ابزارهایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته، صادق می باشد؟ همانطور که مشاهده شده در این پژوهش از کار برگ هایی از جمله کاربرگ برای تعیین ارزیابی ریسک تکنیک FMEA و برای تعیین و وزن دهی معیارها و رتبه بندی آلترناتیوها به روش ANP استفاده شده است. لازم به ذکر است که استفاده از چنین کاربرگ هایی برای جمع آوری اطلاعات مربوط به روش های فوق الذکر کاملاً رایج بوده و تاکنون مقالات و تحقیقات بسیاری از نمونه آنها استفاده شده است. در این پژوهش از نظر کارشناسان و متخصصان صنعت استفاده شده و این نظرات در کاربرگ های مربوطه استفاده شد، که این دلیل بر روایی پژوهش دارد.

پردازش داده های جمع آوری شده در گام اول، به معنای ارزیابی و تجزیه و تحلیل ریسکهای شناسایی شده، گام بعدی رتبه بندی ریسکهای بحرانی بعد از اقدامات اصلاحی است. در این پژوهش از تکنیک های FMEA و ANP در محیط نرم افزاری اکسل و سوپر دسیژن استفاده شده است.

ب- ارزیابی ریسک پروژه های EPC با استفاده از تکنیک FMEA

در این بخش تعداد ۱۸ ریسک پروژه های EPC به روش FMEA در دفتر مرکزی پتروشیمی در جدول ۱ مورد ارزیابی قرار داده شده است و در جدول ۲ بعد از اقدامات پیشگیرانه تعداد این مخاطرات کاهش داده شده اند.

جدول شماره (۲): ارزیابی ریسک پروژه های EPC به روش FMEA قبل از اقدامات پیشگیرانه در دفتر مرکزی پتروشیمی در سال ۱۳۹۷

شناسایی و ارزیابی ریسک پروژه های EPC به روش FMEA، قبل از اقدامات پیشگیرانه با تکنیک FMEA در دفتر مرکزی پتروشیمی سال ۱۳۹۷

شماره ردیف	وظیفه سیستم / شرح فعالیت	خطرات بالقوه / عامل زیان HAZARD آر	علل بالقوه خطرات	آثار خطرات بالقوه	شدت خطر	احتمال رویداد	احتمال کشف	RPN
---------------	--------------------------	------------------------------------------	---------------------	-------------------	------------	------------------	---------------	-----

۹۰۰	۱۰	۹	۱۰	خرید کالاها و تجهیزات نامناسب	خرسارت فیزیکی و مادی و خسارت جانی و انسانی	۱	ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات	وقوع حوادث صنعتی
۸۰۰	۱۰	۸	۱۰	ایجاد اختلاف کارفرما و پیمانکار	خرسارت مادی و کاهش تولید	۲	ضعف در انعقاد قرارداد با تهیه کنندگان مصالح و تجهیزات پروژه در ابتدای پروژه	اتلاف وقت و تاخیر در انجام پروژه
۷۲۰	۸	۹	۱۰	افزایش قیمت مصالح و تجهیزات	تاخیر در پروژه و خسارت مادی	۳	کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات	تاخیر در پروژه و افزایش هزینه های پروژه
۷۲۰	۸	۱۰	۹	استفاده از مواد و تکنولوژی نامرغوب	خرسارت مادی و جانی	۴	در دسترس نبودن مواد اولیه و تکنولوژی لازم جهت انجام پروژه	تاخیر در انجام پروژه ، تولید محصول بی کیفیت، اتلاف منابع و خسارت مادی، وقوع حوادث صنعتی
۵۰۴	۸	۹	۷	ایجاد مشکلات فرایندی	خرسارت مادی و جانی	۵	عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی
۴۳۲	۶	۸	۹	کمبود دانش و تجربه مجری	افزایش هزینه و خسارت مادی و جانی	۶	مشکلات فاز اجرا به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکاران EPC که قبلا مشاوره بوده اند)	افزایش هزینه ها و تاخیر در اجراء نواقص اجرایی و حوادث صنعتی
۴۲۰	۷	۱۰	۶	کمبود زیرساخت ها	افزایش هزینه	۷	ضعف در زیر ساخت های مورد نیاز جهت اجرای پروژه به صورت EPC در کشور	افزایش هزینه ها و تاخیر در اجرا
۱۶۰	۴	۸	۵	عدم وجود ساختار مناسب	تاخیر در انجام پروژه	۸	نبود ساختار مناسب در سازمان پیمانکار جهت انجام پروژه بصورت EPC	ناهماهنگی در انجام پروژه و تاخیر در اجرا
۱۷۵	۵	۷	۵	ایجاد اختلاف نظر در تیم پیمانکار	خرسارت مادی و تاخیر در اجرا	۹	بروز ناهماهنگی و اختلاف نظر در اجزاء تشکیل دهنده ی دستگاه پیمانکار	اتلاف وقت و تاخیر در انجام پروژه
۱۶۸	۴	۶	۷	ایجاد مشکلات فرایندی	خرسارت مادی و جانی	۱۰	ضعف های طراحی به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکار EPC که قبلا EPC نبوده است)	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی
۱۴۴	۸	۳	۶	کمبود نیروی انسانی	تاخیر	۱۱	کمبود نیروی انسانی متخصص و حرفه ای جهت اجرا به صورت EPC	تاخیر در اجرای پروژه
۲۴۰	۶	۸	۵	ایجاد مشکلات فرایندی	خرسارت مادی و جانی	۱۲	وجود کمبود و اشتباه در نتایج فاز صفر طراحی	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی
۳۰۰	۵	۱۰	۶	بروکراسی اداری	افزایش هزینه ها	۱۳	تاخیر در روند اجرای پروژه به دلیل نیاز به انجام مکاتبات اداری طولانی	تاخیر در اجرای پروژه
۳۳۶	۷	۸	۶	ایجاد مشکلات فرایندی	خرسارت مادی و جانی	۱۴	نبود همکاری صمیمانه و همسو در نیرو های پیمانکاری	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی

۱۵	عدم تامین اعتبار و پرداخت در موعد مقرر	توقف کار و ناراضی پیمانکاران و تاخیر در پروژه	عدم پرداخت به موقع	تاخیر در انجام پروژه	۶	۵	۳	۹۰
۱۶	فقدان مشخصات و الزامات فنی استاندارد و تثبیت آن در ابتدای پروژه	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و تاخیر در اجرا و افزایش حوادث صنعتی	ایجاد مشکلات فرایندی	خسارت مادی و جانی	۵	۶	۴	۱۲۰
۱۷	عدم همخوانی طراحی ها با شرایط اجرا	دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی	ایجاد مشکلات فرایندی	خسارت مادی و جانی	۳	۸	۳	۷۲
۱۸	ضعف دستگاه اجرایی از حیث مدیریتی جهت اجرای پروژه به صورت EPC	افزایش هزینه ها و تاخیر در اجرا، نواقص اجرایی و حوادث صنعتی	کمبود دانش و تجربه مجری	افزایش هزینه و خسارت مادی و جانی	۳	۴	۲	۲۴

جدول شماره (۳): شناسایی و ارزیابی ریسک پروژه های EPC به روش FMEA بعد از اقدامات پیشگیرانه با تکنیک FMEA در دفتر مرکزی پتروشیمی سال ۱۳۹۷

ارزیابی ریسک پروژه های EPC به روش FMEA بعد از اقدامات پیشگیرانه دفتر مرکزی یکی از مجتمع ها پتروشیمی کشور در سال ۱۳۹۷

شماره عملیات	وظیفه سیستم / شرح فعالیت	کنترلی و کاهش دهنده اثرات	اقدامات پیشنهادی		نتایج اقدام			RPN	
			پیشگیرانه	مسئولیت / مهلت اقدام	نتایج اقدام	شدت اثر	احتمال وقوع		احتمال کشف
۱	ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات	بازرسی از تجهیزات هنگام نصب و عملیات	انتخاب پیمانکار با تجربه و بازرسی حین ساخت تجهیزات	بازرسی فنی و HSE	کاهش حوادث	۱۰	۹	۵	۴۵۰
۲	ضعف در انعقاد قرارداد با تهیه کنندگان مصالح و تجهیزات پروژه در ابتدای پروژه	تعامل کارفرما و پیمانکار	استفاده از فرمت های قراردادی مناسب و مشاور حقوقی	امور پیمان ها و امور حقوقی	کاهش دعاوی حقوقی	۵	۶	۹	۲۷۰
۳	کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات	استفاده از مواد اولیه و تجهیزات مناسب	خرید به موقع و یافتن منابع خرید جدید	واحد تدارکات و خرید	کاهش تاخیر در انجام پروژه و کاهش هزینه ها	۱۰	۹	۴	۳۶۰
۴	در دسترس نبودن مواد اولیه و تکنولوژی لازم جهت انجام پروژه	بازرسی و کنترل مواد اولیه و پایش تکنولوژی	استفاده از تکنولوژی و مواد اولیه مرغوب	پژوهش و فناوری	کاهش تاخیر و تولید محصول با کیفیت	۹	۱۰	۲	۱۸۰
۵	عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی	توجیه و تعامل هر دو گروه	مدیریت مناسب پروژه	امور مهندسی و اجرایی	کاهش مشکلات فرایندی و حوادث	۷	۹	۸	۵۰۴
۶	مشکلات فاز اجرا به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکاران	آموزش مجری و انتقال تجربیات	دقت در انتخاب مجری با تجربه	امور پیمان ها	کاهش هزینه ها و کاهش حوادث	۸	۱	۶	۴۸

					EPC که قبلا مشاوره بوده اند)				
۱۸	۶	۱	۳	کاهش هزینه ها	دولت	ایجاد زیرساخت های لازم	ایجاد زیرساخت های لازم	ضعف در زیر ساخت های مورد نیاز جهت اجرای پروژه به صورت EPC در کشور	۷
۱۶	۸	۱	۲	کاهش هزینه ها و کاهش تاخیر	امور پیمان ها	دقت در انتخاب مجری با تجربه	آموزش مجری و الزام به ایجاد ساختار	نبود ساختار مناسب در سازمان پیمانکار جهت انجام پروژه بصورت EPC	۸
۱۲	۶	۲	۱	کاهش هزینه ها و کاهش تاخیر	امور پیمان ها	دقت در انتخاب مجری با تجربه	توجیه و تذکر به پیمانکار	بروز ناهماهنگی و اختلاف نظر در اجزاء تشکیل دهنده ی دستگاه پیمانکار	۹
۲۴	۴	۶	۱	کاهش هزینه ها و کاهش تاخیر	امور پیمان ها	دقت در انتخاب مجری با تجربه	آموزش مجری و الزام به ایجاد ساختار	ضعف های طراحی به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکار EPC که قبلا EPC نبوده است)	۱۰
۱۵	۱	۵	۳	کاهش هزینه ها و کاهش تاخیر	امور پیمان ها	دقت در انتخاب مجری با تجربه	آموزش مجری و الزام به ایجاد ساختار	کمبود نیروی انسانی متخصص و حرفه ای جهت اجرا به صورت EPC	۱۱
۱۲	۱	۳	۴	کاهش هزینه ها و کاهش تاخیر	امور پیمان ها	دقت در انتخاب مجری با تجربه	آموزش مجری و الزام به ایجاد ساختار	وجود کمبود و اشتباه در نتایج فاز صفر طراحی	۱۲
۱۲	۲	۳	۲	کاهش هزینه ها	برنامه ریزی	ایجاد سیستم اتوماسیون	بررسی فرایندها و حذف فرایندهای اضافی	تأخیر در روند اجرای پروژه به دلیل نیاز به انجام مکاتبات اداری طولانی	۱۳
۱۴	۱	۲	۷	کاهش مشکلات فرایندی و حوادث	امور مهندسی و اجرایی	مدیریت مناسب پروژه	ایجاد تعامل و روحیه همکاری	نبود همکاری صمیمانه و همسو در نیرو های پیمانکاری	۱۴
۹	۳	۱	۳	کاهش تاخیرها	امور مالی	برنامه ریزی مناسب پرداخت ها و کنترل جریان نقدینگی	پرداخت به موقع	عدم تامین اعتبار و پرداخت در موعد مقرر	۱۵
۱۰	۲	۱	۵	کاهش تاخیرها و خسارات	برنامه ریزی و کنترل پروژه	تامین استانداردهای لازم	بررسی ابتدایی و تامین استانداردهای لازم	فقدان مشخصات و الزامات فنی استاندارد و تثبیت آن در ابتدای پروژه	۱۶
۴	۲	۱	۲	کاهش مشکلات فرایندی و حوادث	امور مهندسی و اجرایی	مدیریت مناسب پروژه	بررسی طرح های اولیه با شمارکت مجری	عدم همخوانی طراحی ها با شرایط اجرا	۱۷
۶	۱	۲	۳	کاهش هزینه	امور پیمان	دقت در انتخاب	آموزش مجری و	ضعف دستگاه اجرایی از	۱۸

هیچ مدیریتی جهت اجرای پروژه به صورت EPC	انتقال تجربیات	مجری با تجربه	ها	ها و کاهش حوادث
-----------------------------------------------	----------------	---------------	----	--------------------

برای بدست آوردن محاسبه سطوح بحرانی ابتدا با استفاده از نرم افزار اکسل RPN را محاسبه نموده و سپس به صورت نزولی در نرم افزار اکسل مرتب می گردند. سپس با استفاده از اکسل، میانگین و انحراف معیار تمامی مقادیر RPN ریسکها محاسبه شده است که نتیجه در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول شماره (۴): سطوح ریسک های قبل و بعد از اقدامات پیشنهادی در دفتر مرکزی

محدوده ارزیابی	تعداد ریسک های بعد از اقدامات پیشگیرانه	تعداد ریسک های قبل از اقدامات پیشگیرانه	وضعیت	عملکرد	نماد
۲۵۳-۱۰۰۰	۴	۱۰	سطح بحرانی (high Risk)	اقدام پیشگیرانه بسیار فوری	
۱۳۲-۲۵۳	۱	۴	سطح نیمه بحرانی (Medium Risk)	اقدام پیشگیرانه ضروری	
۱-۱۳۲	۱۳	۴	سطح عادی (Low Risk)	صرف نظر کردن	

بنابراین طبق جداول فوق، جهت پیشگیری و یا کنترل ریسکهای ارزیابی شده، ریسکها در سه ناحیه بحرانی، نیمه بحرانی و عادی در نرم افزار اکسل طبقه بندی شده اند.

بعد از اینکه با استفاده از تکنیک FMEA ریسک پروژه های EPC این صنعت شناسایی و ارزیابی شد و ریسک های بحرانی بعد از انجام اقدامات پیشگیرانه به عنوان آلترناتیو در نظر گرفته شده و توسط تکنیک ANP و استفاده از نرم افزار سوپر دسیژن اواویت بندی شده اند.

ج) رتبه بندی ریسک پروژه های EPC با استفاده از تکنیک ANP

روش فرآیند تحلیل شبکه ای که یکی از روش های MCDM، جهت رتبه بندی ریسک بحرانی در این پژوهش استفاده شد، روش فرآیند تحلیل شبکه ای روش اصلی تحلیل داده ها در این پژوهش است سپس این اوزان با تکنیک ANP به منظور رتبه بندی معیارها، زیر معیارها و گزینه ها بکار گرفته شد، شرح این تکنیک در ادامه این پژوهش آمده است. همچنین به منظور تجمیع نظرات ۷ نفر از کارشناسان و متخصصان این صنعت، در خصوص مقایسه زوجی اهمیت هر یک از معیارها در تکنیک ANP از میانگین هندسی با فرمول زیر استفاده شده است.

$$\bar{a}_{ij} = \left[\prod_{k=1}^N \bar{a}_{ijk} \right]^{1/N} \quad i=1,2,\dots,m \quad ; \quad j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

ابتدا به معرفی کل معیارها، زیر معیارها، گزینه ها (آلترناتیوها) و نمادهای استفاده شده در نرم افزار سوپر دسیژن پرداخته شده است

جدول شماره (۵): نماد معیارها و زیر معیارها در نرم افزار سوپر دسیژن

نام معیار	نماد	نام زیر معیار	نماد
ریسک های مهم موجود در برآورد (مقادیر و بها) قرار داد	C ₁	اشتباه در برآورد اولیه پیمان از طرف کارفرما	C ₁₁
		اشتباه در برآورد پیمانکار از طرف کارفرما جهت شرکت در مناقصه و ارائه مبلغ و مدت زمان نادرست	C ₁₂
		اشتباه در برآورد پیمانکار اصلی نسبت به قرار داد با پیمانکاران جزء	C ₁₃
ریسک های موجود از زمان انجام مناقصه تا تاریخ شروع بکار	C ₂	وقفه افتادن بین قیمت پیشنهادی پیمانکار و تاریخ شروع بکار	C ₂₁
		تاخیر در عقد قرار داد	C ₂₂
		تاخیر در تحویل به پیمانکار	C ₂₃
ریسک های مهم بخش مهندسی (طراحی)	C ₃	خطای طراحی در مشاوران جز	C ₃₁
		خطای محاسبات سازه ای	C ₃₂
		خطای محاسبات تاسیساتی	C ₃₃
ریسک های مهم بخش تدارکات	C ₄	تاخیر به دلیل بازرسی فنی	C ₄₁

شکل شماره (۲): دیاگرام ارتباطات زیر معیار
 همانطور که در شکل ۱، قسمت (ANP) آمده، بعد از مشخص نمودن روابط بین معیار ها و زیر معیار ها توسط کارشناسان و متخصصان به گراف (ساختار) شبکه ترسیم می گردد.



شکل شماره (۳): ساختار شبکه

ساختار استاندارد یک سوپر ماتریس اولیه که شامل هدف، معیار، زیرمعیار و گزینه (آلترناتیو) به صورت شکل ۴ است.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{هدف} & \text{معیار} & \text{زیرمعیار} & \text{گزینه} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{هدف} \\ \text{معیار} \\ \text{زیرمعیار} \\ \text{گزینه} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_{22} & W_{23} & W_{24} \\ 0 & W_{32} & W_{33} & W_{34} \\ 0 & 0 & 0 & I \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل شماره (۴): ساختار استاندارد یک سوپر ماتریس اولیه

روابط در مدل ANP از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای شناسایی این ارتباطات، در بین کارشناسان و متخصصان پرسشنامه مقایسه زوجی توزیع شد.

برای تکمیل این پرسشنامه به این ترتیب برای مقایسه معیارهای اصلی، زیرمعیارها و آلترناتیوها، به جای انجام مقایسه های زوجی که به طور معمول به صورت جداول ماتریس معکوس، نوشته شد، این مقایسه ها به صورت جداول پرسشنامه ای تنظیم شد و همچنین در کدام خوشه این مقایسه صورت گرفت نیز در بالای جدول ذکر شده است، به منظور تسهیل در پرکردن پرسشنامه مذکور، نمونه سؤالی که در هر مقایسه زوجی فرد باید از خود بپرسد در بالای هر جدول آورده شده تا با همان سیاق برای سطور بعدی جدول، سؤال مرتبط در ذهن پاسخ دهنده شکل گیرد و مقایسه کردن ها راحت تر انجام شود همچنین برای سهولت در کار از دو طریق اعداد علامت گذاری شده و بدون علامت استفاده شد. مزیت این کار در آن است که فرد در هنگام پاسخ دادن فقط لازم بود از خود بپرسد کدام یک از عوامل (علامت گذاری شده بدون علامت) مهمتر است دیگر کاری به معکوس کردن قضاوت ها ندارد و این کار در واقع توسط محقق و با انتقال داده های پرسشنامه به درون جداول مقایسه های دوتایی انجام گرفت. برای تعیین وزن اولویت های هر کدام از عناصر موجود در جداول مقایسه ای و پیدا کردن اولویت های نهایی به روش توان محدود از برنامه سوپر دسیژن نسخه ۲.۸ استفاده شد برای هر جدول مقایسه ای، مقدار شاخص سازگاری آن در زیر همان جدول درج شده است. در انتها، ماتریس وزن و ماتریس محدود (حدی)^{۱۸}، ماتریس وزن داده شده^{۱۹} شده^{۲۰} آورده شده است سپس اولویت ریسکهایی که بعد از اقدامات پیشگیرانه بحرانی شدند نرمالیزه، محاسبه و درج می گردیده شد. روش مورد استفاده، یک روش ماتریسی است بدین صورت که هر عدد در ماتریس، نمایانگر ارجحیت یک معیار در مقایسه با معیار دیگر است. اعداد قرمز رنگ بر ارجحیت معیارهای فوقانی ماتریس بر معیارهای سمت چپ دلالت دارند و اعداد آبی رنگ نشان دهنده اهمیت معیارهای سمت چپ نسبت به عناصر فوقانی هستند. برای معکوس کردن قضاوت مربوط به هر زوج عنصر، می توان با استفاده از ماوس بر روی بردار مربوط دوبار کلیک نمود.

۳- نتایج و بحث

¹⁸. Unweighted Super Matrix

¹⁹. Weighted Super Matrix

²⁰. Limit Matrix

نتایجی که در جدول زیر مشاهده می‌نمایید از میانگین هندسی نظرات کارشناسان و متخصصان حاصل شده است، لازم به ذکر است، جداول مقایسه دو دویی معیارهای اصلی با هم نسبت به هدف و وزن آنها و مقایسه دودویی زیر معیارهای C_1 ، C_3 ، C_4 و C_6 مقایسه دودویی معیارهای اصلی و وزن این مقایسات را با توجه به بحرانی بحرانی بودن ریسکها آورده شد.

جدول شماره (۹): مقایسه دودویی معیارهای اصلی با هم نسبت به هدف

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	1	0.87205	0.87096	0.918811	0.897585	0.91938	0.713733
C_2	1.14673	1	0.99018	1.046401	1.033142	1.053214	0.814125
C_3	1.14816	1.00992	1	1.055429	1.035314	1.055429	0.822068
C_4	1.08836	0.95566	0.94748	1	0.980942	1.009915	0.778793
C_5	1.1141	0.96792	0.96589	1.019428	1	1.019429	0.792664
C_6	1.08769	0.94947	0.94748	0.990182	0.9809413	1	0.972141
C_7	1.40108	1.22831	1.21644	1.284038	1.2615686	1.0286574	1

جدول شماره (۱۰): وزن مقایسه دودویی معیارهای اصلی با هم نسبت به هدف

W CR=0.8581	C_1	0.125273
	C_2	0.143286
	C_3	0.144174
	C_4	0.136784
	C_5	0.13916
	C_6	0.140957
	C_7	0.170366

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده‌های جدول ۱۰ می‌توان نتیجه گرفت معیار C_7 دارای بیشترین اهمیت در پژوهش هدف می‌باشد و معیار C_1 دارای کمترین اهمیت در پژوهش هدف می‌باشد و برای کاهش ریسک پروژه باید به عوامل تاثیر گذار در افزایش معیار ۷ توجه کرد و آنها را در اولویت توجه و پیشگیری قرارداد و بقیه معیارهای اصلی را به نسبت اهمیت مورد توجه و راه‌های پیشگیر از وقوع یا کاهش اثر مخرب احتمالی آنها اقدام اصلاحی انجام داد.

الف- مقایسه دودویی معیارها و وزن آن‌ها نسبت به یکدیگر

جدول شماره (۱۱): مقایسه دودویی زیر معیارهای C_1

	C_{11}	C_{12}	C_{13}
C_{11}	1	1.414214	1.414214
C_{12}	0.707107	1	1.732051
C_{13}	0.707107	0.57735	1

جدول شماره (۱۲): وزن مقایسه دودویی زیر معیارهای C_1

CR=0.0755707	C_{11}	0.410173687
	C_{12}	0.348317779
	C_{13}	0.241508534

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده‌های جدول ۱۱ می‌توان نتیجه گرفت که معیار C_7 دارای بیشترین اهمیت در پژوهش هدف است و معیار C_1 دارای کمترین اهمیت در پژوهش هدف است و برای کاهش ریسک پروژه باید به عوامل تاثیر گذار در افزایش معیار ۷ توجه کرد

و آنها را در اولویت توجه و پیشگیری قرارداد و بقیه معیار های اصلی را به نسبت اهمیت مورد توجه و راه های پیشگیر از وقوع یا کاهش اثر مخرب احتمالی آنها اقدام اصلاحی انجام داد.

جدول شماره (۱۳): مقایسه دودویی زیر معیارهای C₃

	C31	C32	C33
C31	1	1.732051	1.732051
C32	0.5773502	1	0.9306048
C33	0.5773502	1.07457	1

جدول شماره (۱۴): وزن مقایسه دودویی زیر معیارهای C₃

CR=0.0775268	C ₃₁	0.464030175
	C ₃₂	0.274408225
	C ₃₃	0.2615616

منبع: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده های جدول ۱۲ می توان نتیجه گرفت که معیار C₁₁ دارای ۰.۴۱۰۱۷۴ درصد بیشترین اهمیت دارد در این پژوهش معیار C₁ است و با توجه به جدول ۳ عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی که مربوط به ریسکهای مهم بخش مهندس (طراحی) که مربوط به ریسکهای C₃ دارای سطح ریسک بحرانی است. که دارای کمترین سطح ریسک بحرانی است و همچنین احتمال کشف برای شناسایی پیش خرید مواد و مصالح مورد نیاز و عقد قرار داد با تهیه کنند.

جدول شماره (۱۳): مقایسه دودویی زیر معیارهای C₃

	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃
C ₃₁	1	1.732051	1.732051
C ₃₂	0.5773502	1	0.9306048
C ₃₃	0.5773502	1.07457	1

جدول شماره (۱۴): وزن مقایسه دودویی زیر معیارهای C₃

CR=0.07752688	C ₃₁	0.464030175
	C ₃₂	0.274408225
	C ₃₃	0.2615616

منبع: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده های جدول ۱۴ می توان نتیجه گرفت که معیار C₁₁ دارای ۰.۴۶۴۰۳ درصد بیشترین اهمیت معیار C₁ در این پژوهش است و با توجه به جدول ۳، عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی که مربوط به ریسکهای C₃ سطح ریسک بحرانی است. که دارای بیشترین سطح ریسک بحرانی است و هم چنین احتمال کشف برای شناسایی به دنبال انتخاب مناسب تیم اجرایی پروژه باشیم.

جدول شماره (۱۵): مقایسه دودویی زیر معیارهای C₄

	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃
C ₄₁	1	2.514867	2.213364
C ₄₂	0.3976353	1	1.654875
C ₄₃	0.451801	0.6042752	1

جدول شماره (۱۶): وزن مقایسه دودویی زیر معیارهای C₄

CR=0.07752688	C ₄₁	0.53855
	C ₄₂	0.264314
	C ₄₃	0.197135

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده‌های جدول ۱۶ می‌توان نتیجه گرفت که معیار C₁ دارای بیشترین اهمیت در پژوهش معیار C₄ است و با توجه به جدول ۳ ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات که مربوط به C₄ همچنین به شدت اثر آن دنبال راهی برای شناسایی انتخاب مناسب پیمانکار با توجه به توان فنی، مدیریتی و ... در قرار پیاده سازی شیوه درست عقد قرارداد با پیمانکاران باشیم

جدول شماره (۱۷): مقایسه دودویی زیر معیارهای C₆

	C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃
C ₆₁	1	2.54573	2.59002
C ₆₂	0.3928146	1	1.681793
C ₆₃	0.3860974	0.5946035	1

جدول شماره (۱۸): وزن مقایسه دودویی زیر معیارهای C₆

CR=0.095736178	C ₆₁	0.5583475030
	C ₆₂	0.259329879
	C ₆₃	0.182322618

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده‌های ۱۸ می‌توان نتیجه گرفت که زیر معیار C₆₁ دارای ۴۵۷۳۳۴۷۲۹۱٪. با توجه به هدف پژوهش دارای بیشترین اهمیت در پژوهش معیار C₁ است و با توجه به جدول ۳، کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات که مربوط به ریسک C₆ است. همچنین به شدت اثر آن به دنبال انتخاب مواد و متریال از کشورهایی با احتمال تحریم کمتر می‌باشیم.

ب- الویت بندی ریسکها بعد از اقدامات پیشگیرانه

بعد از سوپر ماتریس ناموزون (اولیه)، موزون و حدی ریسکها در دفتر مرکز پتروشیمی به اولویت بندی آنها در جدول ۱۹ پرداخته شده است.

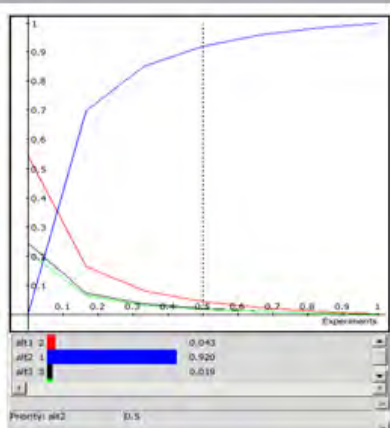
جدول شماره (۱۹): اولویت بندی ریسکها بعد از اقدامات پیشگیرانه

ردیف	پارامترها	نرمالایز کردن خوشه‌ها	محدود کردن
1	alt ₁	0.42671	0.045929
2	alt ₂	0.21418	0.023053
3	alt ₃	0.19107	0.020566
4	alt ₄	0.16804	0.018087

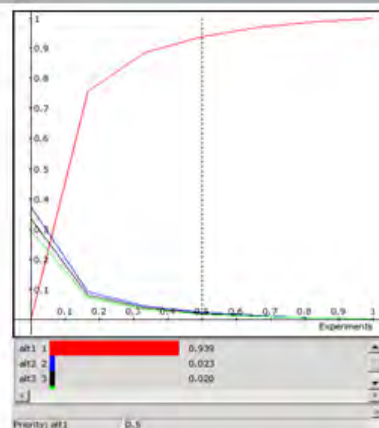
منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم افزار

در جدول ۱۹ مشاهده شده است هدف با اولویت ۱ و معیارها، زیر معیارها و آلت‌ناتیوها به ترتیب اولویت بندی شده‌اند.

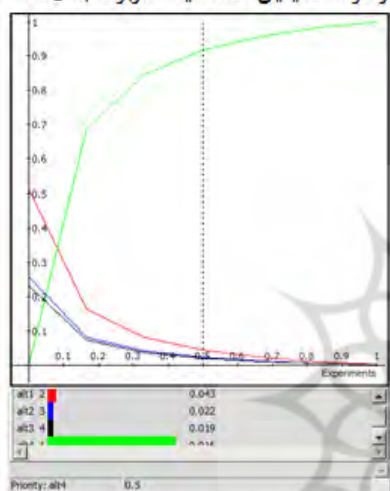
ب- تحلیل حساسیت



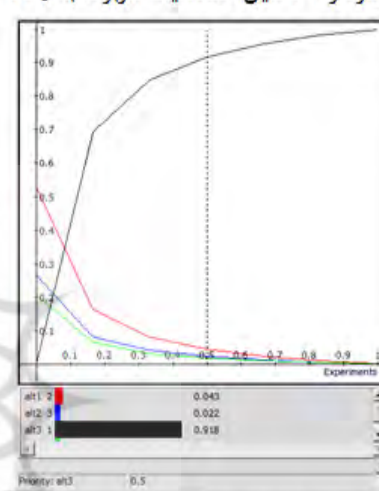
نمودار ۲ تحلیل حساسیت مربوط به A_2



نمودار ۱ تحلیل حساسیت مربوط به A_1



نمودار ۴ تحلیل حساسیت مربوط به A_4



نمودار ۳ تحلیل حساسیت مربوط به A_3

شکل شماره (۴): نمودار های تحلیل حساسیت

با توجه به شکل ۴ نمودار های تحلیل حساسیت، نتایج را به صورت جدول ۲۰ را نشان داده شد.

جدول شماره (۲۰): نتایج تحلیل حساسیت

\hat{Q}_i	نام تحلیل حساسیت	نماد در نرم افزار	رنگ در نرم افزار	عدد در نرم افزار	نتایج
۱	آلتر ناتیبو (۱)	A_1	قرمز	۰.۹۳۹	اگر به سمت ۱ میل داده شود این بدان معنی هست که تغییر وزن معیارها باعث تغییر آلتر ناتیبوها نشد. اگر این آلتر ناتیبو را به سمت صفر میل دهیم A_2 با عدد ۰.۳۷۳ الویت اول را به از آن خود کرده و A_1 دارای عدد ۰.۰۰۲ بعنوان چهارمین الویت می باشد و آلتر ناتیبوهای A_1 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲ و ۳ می باشد.
۲	آلتر ناتیبو (۲)	A_2	آبی	۰.۹۲۰	اگر A_2 را به سمت عدد ۱ میل دهیم، ۱ می شود و برای دیگر آلتر ناتیبو ها صفر می شود. یعنی این که تغییر وزن معیارها باعث تغییر آلتر ناتیبوها نشده است و اگر این آلتر ناتیبو را به سمت صفر میل دهیم alt_1 با عدد ۰.۵۳۶ الویت اول را به از آن خود می کند و می توانیم A_2 را با عدد ۰.۰۱۲ بعنوان چهارمین الویت بشناسیم و آلتر ناتیبوهای A_3 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲ و ۳ هستند.
۳	آلتر ناتیبو (۳)	A_3	مشکی	۰.۹۱۸	اگر A_3 را به سمت عدد ۱ میل داده شود، ۱ شده و برای دیگر آلتر ناتیبو ها صفر شده است. یعنی این که تغییر وزن معیارها باعث تغییر آلتر ناتیبوها نشده است و اگر این آلتر ناتیبو را به

سمت صفر میل کند A_1 با عدد ۰.۵۲۱ می توان گفت الویت اول را از آن خود کرده است و می توانیم A_2 را با عدد ۰.۰۱۲ بعنوان چهارمین الویت بشناسیم و آلترناتیوهای A_2 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲ و ۳ هستند.

۴	آلتر ناتیو (۴)	A_4	سبز	۰.۹۱۶	سمت صفر میل دهم A_1 با عدد ۰.۵۱۲ الویت اول را به از آن خود می کند و می توانیم A_4 را با عدد ۰.۰۰۱ بعنوان چهارمین الویت بشناسیم و آلترناتیوهای A_3 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲ و ۳ هستند.
---	-------------------	-------	-----	-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ج- فرآیندهای کنترلی برای واکنش به ریسکهای موجود

در این مرحله با توجه به علل ریشه ای و پیامدهای بالقوه شناسایی شده برای آن دسته از ریسکهایی که دارای علل ریشه ای قابل حذف نیستند؛ استراتژی حذف علل در نظر گرفته شده است و به منظور انتقال شدت پیامد ریسک موجود به بخش دیگر؛ استراتژی انتقال لحاظ گردید. همچنین برای برخی از ریسکهایی که شرایط ایجاب می کند، می توان از رویکردهای کاهش احتمال وقوع و یا کاهش پیامد بهره برد و در نهایت در مواردی که به هر طریق ممکن نتوان تبعات ریسک موردنظر را کاهش داد و یا هزینه های اتخاذ استراتژی از خود ریسکها بیشتر شده است، به ناچار از استراتژی پذیرش استفاده شده است.

بدین منظور با بررسی علل ریشه ای و پیامدهای شناسایی شده برای هر یک از ۱۸ ریسک موجود یکی از استراتژی های پذیرش، حذف منشأ، انتقال، کاهش پیامد و یا کاهش احتمال وقوع و در نهایت استراتژی پذیرفته شد.

از سوی دیگر حین کلاسه بندی صورت گرفته شده، برای ریسکهای موجود در سه ناحیه بحرانی، نیمه بحرانی و عادی باید به ترتیب اولویت برای ریسکهای بحرانی شناسایی شده اقدامات پیشگیرانه فوری صورت گرفت و پس از آن برای ریسکهای نیمه بحرانی اقدامات پیشگیرانه تا حد امکان لحاظ شده است.

در این راستا باید با تخصیص منابع مورد نیاز برای کاهش تبعات ریسکها به ترتیب اولویت با تشکیل کمیته های بحران، تهیه سناریو و رویکردهای اصلاحی، استراتژی های لازم ملاحظه شد و پیش از وقوع پیشامد و حادثه، اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی لازم لحاظ شده است. به طور کلی در این بخش از تخصیص منابع برای ریسکهای عادی به دلیل هزینه های گزاف صرف نظر می گردد ولی بهتر است برای مقابله با ریسکهای عادی نیز اقدامات اصلاحی را به عمل آورد.

بدین منظور برای ۱۸ ریسک شناسایی شده با مطالعه و پژوهش گسترده و طی مشورت با کارشنان و متخصصین صنعت پتروشیمی، رویکردهای احتمالی، مورد بررسی و تفحص قرار گرفت و سناریوی عملیاتی به منظور اصلاحات لازم ارائه گردید. برای تمامی ۱۸ ریسک شناسایی شده، علاوه بر تعیین کلاسه بندی ریسکها و علل ریشه ای و پیامدهای بالقوه و همچنین مقادیر RPN برای هر یک از ریسکها، استراتژی های اتخاذ شده و اقدامات پیشنهادی مطلوب برای کاهش و یا حذف اثرات ریسکها نیز ارائه گردیده است.

د- اجرای استراتژی ها و اقدامات پیشگیرانه

پس از اتخاذ استراتژی مطلوب برای مهار هر یک از ریسکها به همراه کارشناسان صنعت و سناریوی عملیاتی متناسب با هر یک از استراتژی ها، نوبت به اجرای آنها بر اساس دستورالعمل کمیته های بحران و صورت جلسه ها به منظور تخصیص منابع لازم برای مقابله با ریسکها به ویژه ریسکهای بحرانی رسیده است و با توجه به زمان بر بودن این مرحله، شرح شیوه های اجرا و نتایج آن، در پژوهش های آتی منعکس گردیده است.

ه- ارزیابی استراتژی ها و تصحیح فرآیند طبق اقدام اصلاحی

این بخش، دو مرحله آخر فولچارت روش پژوهش است که آخرین مرحله پیاده سازی ارزیابی ریسک پروژه های EPC صنعت پتروشیمی در این پژوهش است. در این مرحله ارزیابی ریسک و بحران، با توجه به اقدامات اصلاحی بر اجرای استراتژی های اتخاذ شده نظارت کرده و آنها را مورد ارزیابی قرار داده و با توجه به خروجی ارزیابی که صورت گرفت، اگر تصحیح فرآیند طبق

اقدامات اصلاحی مورد انتظار صورت گرفته شد، روند کار ادامه می یابد ولی اگر اقدامات اصلاحی طبق انتظار صورت نگرفت خروجی این اصلاحات احتمالی مجدداً به مرحله اقدامات اصلاحی ارجاع داده شد و دوباره تکرار صورت گرفته و در مرحله جدید استراتژی اعمال شده است.

و- کلاسه بندی تکنیک FMEA

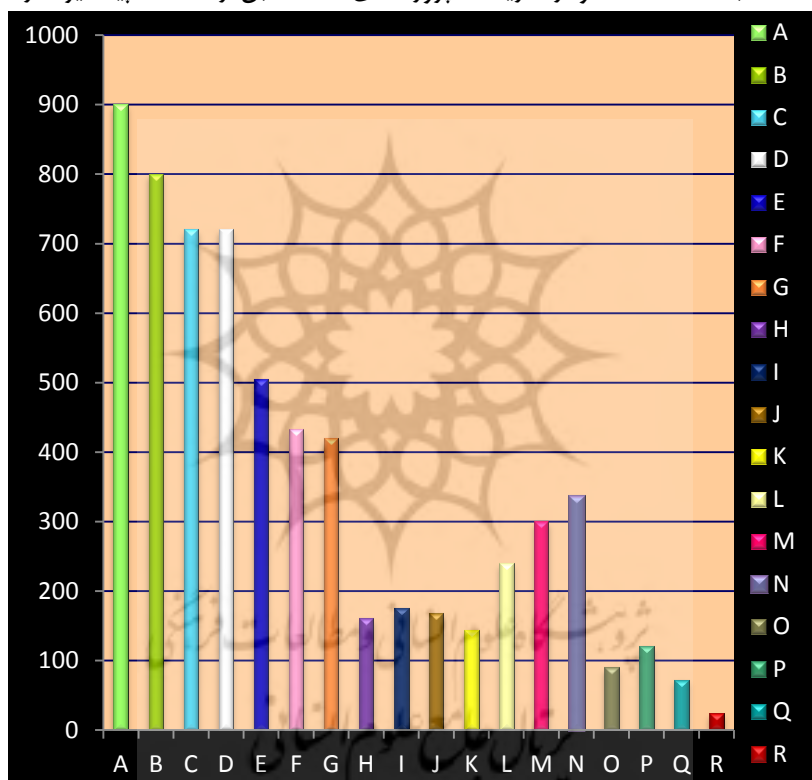
به طور کلی ۱۸ ریسک پروژه های EPC در سال ۹۷ برای شناسایی با همکاری دفتر مرکزی پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت. بعد از شناسایی ریسک ها برای ارزیابی از تکنیک FMEA استفاده شد.

ریسک پروژه های EPC در تکنیک FMEA را به دو بخش تقسیم نمود:

۱. قبل از اقدامات پیشگیرانه

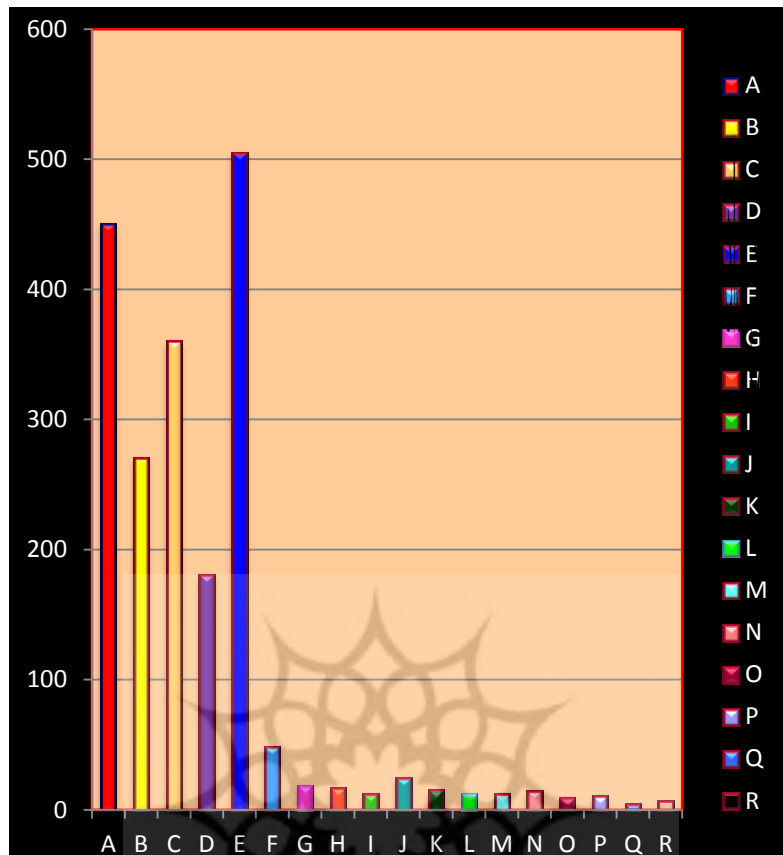
۲. بعد از اقدامات پیشگیرانه

قبل از اقدامات پیشگیرانه که ریسکها در سه ناحیه، بحرانی ۱۰ ریسک، نیمه بحرانی ۴ ریسک و عادی ۴ ریسک که RPN آنها در نرم افزار EXCEL محاسبه شده است، نمودار ۱ ریسک پروژه های EPC قبل از اقدامات پیشگیرانه را نشان داده شد.



نمودار شماره (۱): RPN قبل از اقدامات پیشگیرانه

در بعد از اقدامات پیشگیرانه ریسکها در سه ناحیه، بحرانی ۴ ریسک، نیمه بحرانی ۱ ریسک و عادی ۱۳ ریسک که RPN آنها در نرم افزار EXCEL محاسبه شده است، نمودار ۲ بعد از اقدامات پیشگیرانه را نشان داده شد.



نمودار شماره (۲): RPN بعد از اقدامات پیشگیرانه

همانطور که در نمودارهای ۱ و ۲ مشاهده شد دارای نمادهایی با حروف لاتین بزرگ است که در جدول ۲۱ به معرفی این نمادها پرداخته شد.

جدول شماره (۲۱): معرفی نماد نمودارهای ۱ و ۲

ردیف	نماد	شرح فعالیت / وظیفه سیستم / فعالیت
۱	A	ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات
۲	B	ضعف در انعقاد قرارداد با تهیه کنندگان مصالح و تجهیزات پروژه در ابتدای پروژه
۳	C	کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات
۴	D	در دسترس نبودن مواد اولیه و تکنولوژی لازم جهت انجام پروژه
۵	E	عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی
۶	F	مشکلات فاز اجرا به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکاران EPC که قبلا مشاوره بوده اند)
۷	G	ضعف در زیر ساخت های مورد نیاز جهت اجرای پروژه به صورت EPC در کشور
۸	H	نبود ساختار مناسب در سازمان پیمانکار جهت انجام پروژه بصورت EPC
۹	I	بروز ناهماهنگی و اختلاف نظر در اجزاء تشکیل دهنده ی دستگاه پیمانکار
۱۰	J	ضعف های طراحی به دلیل کم تجربگی پیمانکار در این فاز (پیمانکار EPC که قبلا EPC نبوده است)
۱۱	K	کمبود نیروی انسانی متخصص و حرفه ای جهت اجرا به صورت EPC
۱۲	L	وجود کمبود و اشتباه در نتایج فاز صفر طراحی
۱۳	M	تاخیر در روند اجرای پروژه به دلیل نیاز به انجام مکاتبات اداری طولانی
۱۴	N	نبود همکاری صمیمانه و همسو در نیرو های پیمانکاری
۱۵	O	عدم تامین اعتبار و پرداخت در موعد مقرر
۱۶	P	فقدان مشخصات و الزامات فنی استاندارد و تثبیت آن در ابتدای پروژه
۱۷	Q	عدم همخوانی طراحی ها با شرایط اجرا

R	EPC	ضعف دستگاه اجرایی از حیث مدیریتی جهت اجرای پروژه به صورت	۱۸
---	-----	----------------------------------------------------------	----

با توجه به ریسکهای بحرانی که مربوط به پروژه های EPC شدند به ترتیب شامل

- I. A که مربوط به ریسک C₄
- II. B که مربوط به ریسک C₁
- III. C که مربوط به ریسک C₆
- IV. E که مربوط به ریسک C₃

در این صنعت است همانطور که در نمودار ۱ مشاهده شد قبل از اقدامات پیشگیرانه ۱۰ ریسک بحرانی مورد ارزیابی قرار داده شد، این ریسکها بعد از اقدامات پیشگیرانه در نمودار ۲ به ۴ ریسک بحرانی رسید. مخاطر آمیز ترین ریسک مربوط به بخش تدارکات و سپس ریسکهای مهم موجود در برآورد (مقادیر و بها) قرار داد شناسایی شد. بیشترین عدد الویت ریسک پیمانکار برای انجام فاز تدارکات قبل از اقدامات پیشگیرانه ۹۰۰ بعد از اقدامات پیشگیرانه ۴۵۰ محاسبه شد.

(ز) بحث و نتیجه گیری:

در این پژوهش پس از شناسایی ۱۸ ریسک پروژه های EPC، به کمک نرم افزار اکسل تحلیل های لازم صورت گرفت. تعداد ریسکهایی که قبل از اقدامات پیشگیرانه در دسته بحرانی قرار گرفتند به ۱۰ ریسک رسید که بعد از اقدامات پیشگیرانه این تعداد به ۴ رسید که از این ۴ ریسک بیشترین خطر عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی تدارکات با عدد ۵۰۴ با رنگ آبی و کمترین خطر مربوط به ضعف در انعقاد قرارداد با تهیه کنندگان مصالح و تجهیزات پروژه در ابتدای پروژه با عدد ۲۷۰ رنگ زرد مشخص شده است. همچنین با تکنیک ANP در نرم افزار سوپر دسیژن به رتبه بندی آن ها پرداخته شد. اولین رتبه به ریسک های مهم بخش تدارکات، دومین رتبه به ریسک های مهم موجود در برآورد (مقادیر و بها) قرار داد، سومین رتبه ریسک های مهم بخش مالی و چهارمین رتبه ریسک های مهم بخش مهندسی (طراحی) تعلق دارد. کالین و همکاران (۲۰۱۶) نیز در پژوهش خود به نقش پیمانکاران در حوزه تدارکات پروژه و لزوم توجه به ریسکهای ناشی از تعامل مناسب با آنها در پروژه های EPC پرداخته و این عامل را یکی از مهمترین ریسکهای پروژه معرفی کردند، که هم راستایی پژوهش جاری با این نتایج را نشان می دهد. این نتیجه با تکیه بر بحث های بودجه و هزینه پروژه با نتایج پژوهش لی و همکاران (۲۰۱۵) نیز همخوانی دارد. همچنین در این پژوهش رویکرد کمی مورد استفاده قرار گرفته با تکنیک های استفاده شده توسط مایا و همکاران (۲۰۱۹) و سان و همکاران (۲۰۱۸) نیز هم راستایی دارد.

استفاده از روش های کمی با وجود ارزیابی های دقیقی که به همراه دارد به دقت و حوصله فراوانی از جانب خبرگان تکمیل کننده پرسشنامه دارد که این موضوع از محدودیتهای این پژوهش به حساب می آید. یافتن خبرگانی که علاوه بر تسلط به مباحث مدیریت ریسک با تکنیکهای تصمیم گیری نیز آشنایی نسبی داشته باشند و بتوانند پرسشنامه را به درستی تکمیل کنند محدودیت دیگر این پژوهش بود.

در مطالعات آتی استفاده از سایر تکنیک های به روز تصمیم گیری مانند روش بهترین-بدترین^{۲۱} و همچنین رویکردهای کیفی مانند استفاده از نقشه ذهنی^{۲۲} در ارزیابی ریسک های EPC پیشنهاد می شود.

۴- منابع

1. Ahrar, K & Vahdat, D. (2010). Providing the model for analysis and evaluation of automated mechanized system (CMMS) using fuzzy logic. (Case Study in Fan Avaran Petrochemical Company). *First International Conference on Management and Innovation, Shiraz*.

²¹. Best-Worth Method

²². Cognitive Map

2. Bagheri, S & Lotfi, M.R. (2016). A Model for Implementing Risk Management Process in Petroleum Projects Using PMBOK Standar. *Quarterly Journal of Standard and Quality Management of Islamic Azad University, Firoozkooch Branch*, 6(1),1-19.
3. Colin F Duffield, L. D. Wei, Y. (2016). Relationships among risk management, partnering, and contractor capability in international EPC project delivery. *Manegment in Engineering*, 32(6).
4. Darabian, M. Jafari, A & Bshly Soleimani, A. (2009). Risk management in projects with an emphasis on contracts EPC. *The first national conference of the project by EPC, Tehran, Studies contracting system*.
5. Dorrea, B & Hamzehe, A. (2010). Determine strategies to respond to risk in risk management techniques, ANP, (Case Study: North Azadegan oil field). *Journal of Technology Management*, 2(4), 75-92.
6. Dorrea, B., Salami, H & Moazez, H. (2008). Integrated approach to risk assessment using FMEA and ANP methods. *Journal of Management Research*, 14(4), 107-136.
7. Falah Modari, R., Falah Modari, A.R., Musa Farkhani, M, Mohammadian, Y & Lal, F. (2018). FMEA risk assessment methods and the effectiveness of the integrated management system (IMS) on risk priority number (RPN). *Journal of Health and Health Promotion*, Tehran University of Medical Sciences martyr Beheshti.
8. Garbuzova-Schlifter, M and Madlener, R. (2017). Risk Analysis of Energy Performance Contracting Projects in Russia: An Analytic Hierarchy Process Approach Operations. *Research proceeding*, 683-690.
9. Hamani, A and Boudjema, L. (2013). A Generic Model Helps to Transit from Crisis Management to Natural Disasters Risk Management and Stabilize Sustainable Development. *Energy Procedia. Laboratoire de Mécanique des Structures (LMS)*, 36, 977-984.
10. Hashemi, G.S. M., Mirza Ramazani, A., Nasirian, S. M. M. (2017). Identify the technological risks of the new product development process and prioritize it with the Network Analysis Process (ANP). *Journal of Growth and Technology*. 14(53), 58-75.
11. Lee, P. Lam, P.T.I. LEE, W.L. (2015). Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects. *Energy and Buildings*, 92,116-127.
12. Maia, V. Gomes, L. Filardi, F. (2019). The selection of oil & gas projects contract strategies with the anp: a case study 10(2).
13. MohammadFam, Iraj. (2007). Risk Assessment and Management. Hamedan: Fanavaran Publications.
14. Muharram, S. (2018). Risk Management in the Downstream Sector of Iran's Oil and Gas Industry: A Sustainable Development Approach. Khaje Nasir al-Din Tusi University of Technology Faculty of Industries.
15. Sun, Zh. Lan Zho, Zh. Gan, LF. (2018). Safety assessment in oil drilling work system based on empirical study and Analytic Network. *Safety Science*, 105, 86-97.
16. Tehrani, Z. (1392). Identification and Qualitative Analysis of the Risks of EPC Projects in the Oil and Gas Industry. *2nd International project management conference, Tehran*.

Providing a Model for Risk Assessment of EPC Projects Using a Hybrid Approach of FMEA and ANP: A Case Study

Fatemeh Mhdian Moqari

MSc Student of Industrial Engineering, Industrial Management and Productivity Management, Islamic Azad University, Tehran Branch, Tehran, Iran
E-mail: mahdian.fahimeh.1365@Gmail.Com

Nasser Safaie

Industrial Engineering Department, Khaje Nasir Al-Din Toosi University of Technology, Tehran, Iran
E-mail: nsafaie@kntu.ac.ir

Mohammad Javad Ershadi

Information Technology Department, Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IRANDOC), Tehran, Iran
E-mail: ershadi@irandoc.ac.ir

Abstract

The petrochemical industry is one of the most important industries in the oil and gas sector because of the enormous volume of facilities and processes, which have unavoidable risks and risks. Different risk assessment methods are used to manage these risks, especially in Engineering Procurement Construction (EPC) projects. On the other hand, considering the number and variety of risks in Engineering Procurement Construction (EPC) projects, determining their weight and ranking is of particular importance. This research is applied in purpose and is conducted in the head office of one of the petrochemical companies and two groups consist of experts of contract education and contracting unit (project management contracts) to collect the selected information that answered the questionnaires. In this study, the identified risks were evaluated and rated using the failure modes and effects analysis (FMEA) technique, and the critical risks were weighted and ranked using Analytical Network Process (ANP) and superconducting software. According to the results of the study, contract estimation risks were the least important and engineering sector risks were the most important. The results also showed that the risks of logistics sector, risks in contract estimation (values and costs), financial sector risks and finally engineering (design) risks are more important respectively.

Keywords: Risk assessment, EPC projects, FMEA technique and ANP.