فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال چهاردهم/ شماره ۵۰ / زمستان ۱۳۹۸

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

فاطمه مهدیان موغاری

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

ناصر صفایی(نویسنده مسؤول)

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

Email: nsafaie@kntu.ac.ir

محمدجواد ارشادی

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

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) به‌حساب می‌آید. از سوی دیگر با توجه به تعداد و تنوع ریسکها در پروژه‌های EPC، تعیین وزن و رتبه‌بندی آنها از اهمیت وِیژه‌ای 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 فرآیندها 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 (پیمان‌های مدیریت طرح‌ها) هستند. ریسکهای بحرانی به دست آمده با استفاده از روش تحلیل فرآیند شبکه ای (ANP)، به کمک نرم‌افزار سوپردسیژن وزن‌دهی و رتبه‌بندی شده‌اند. براساس نتایج پژوهش، ریسکهای بخش برآورد قرارداد کمترین اهمیت و ریسکهای بخش مهندسی بیشترین اهمیت را داشته اند. 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، پروژه های 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 EPC[1](مهندسی، تأمین کالا و ساخت و اجرا) تمام فعالیت های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی و مهندسی تا تدارکات و ساخت نهایی بر عهده یک پیمانکار گذاشته می شود، 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 متغیرِ 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[2](ANP) از تکنیک های کارا در مبحث تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[3]) به شمار می رود. پیشینه کاربری وسیع و عدم توجه به روابط متقابل فاکتورهای تأثیرگذار در ارزیابی ریسک به روش FMEA[4] و درکنار 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 PMBOK[5] و با بهره‌گیری از تجارب قبلی در چندین پروژه EPC و همچنین با استفاده از روش های مصاحبه حضوری و پرسشنامه، اظهار نظر تخصصی مسئولین و مدیران ذیصلاح و تحلیل نظرات آنها، الگوهایی 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 .Projec Managemen 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[۶] را در پروسه ارزیابی بکار می‌برند. از آنجا که در این روش کارفرما تنها کنترل محدودی بر پروژه دارد و نباید درکار 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 پروژه های 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 اعلای 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 باتوجه به انبوه عدم‌قطعیت ها 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 به‌کمک 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 مناسب ترین رتبه بندی تکنیک ها و ابزار مدیریت ریسک در مدیریت پروژه در صنایع نفتی پرداخته شد. از این طریق می توان فرآیند مدیریت ریسک معرفی شده در استاندارد PMBOK را که فرایندی زمان بر و نیازمند هزینه ی زیادی خواهد یود، به صورت آگاهانه تلخیص و تسطیح نمود. نتایج بدست آمده از آنها، این امکان را فراهم می کند که هر سازمان با توجه به آستانه پذیرش ریسکِ خود در سطوح مدل پیشنهادی ورود نماید و این موضوع ضمن شفاف نمودن نقشه ی راه مدیریت ریسک پروژه در چرخه ی عمر پروژه، هزینه و زمان مورد نیاز برای برنامه ریزی مدیریت ریسک نیز بهبود قابل توجهی ایجاد می‌کند.

6. Total Quality Management

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 طورکلی به سه دسته عمده تقسیم می شود: ریسک های فناورانه، ریسک های سازمانی و ریسک های بازاریابی. طبق مطالعات صورت گرفته ریسکهای فناورانه از مهمترین و تاثیرگذارترین ریسکها در فرایند توسعه محصول جدید محسوب می شود. ریسک فناورانه به ناتوانی یک شرکت در درک کامل یا دقت پیش بینی برخی از جنبه های 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 می کند.

فلاح مدواری و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی ریسک به روش FMEA و تاثیر استقرار سیستم مدیریت یکپارچه [۷](IMS) 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 پروژه های بین‌المللیEPC 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 فرآیند 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 فرآیند شبکه ای (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 فرآیند شبکه ای (ANP) برای انتخاب راهکارهای قرارداد برای پروژه‌های نفت و گاز، به بحث در مورد مزایای آن در سطح سازمانی پرداختند.

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

			ریسک		تکنیک		پروژه (قرارداد)
ردیف	نام نویسندگان	سال انتشار	مدیریت	شناسایی و ارزیابی	FMEA	ANP	EPC
۱	باقری و لطفی	۱۳۹۵				✓	✓
۲	رمضانی 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-Schlifter and Madlener
11. Sun
12. Filardi

۶	مادلنر و گاربوزووا–شلیفر	۲۰۱۷	✓			✓
۷	سان و همکاران	۲۰۱۸			✓	
۸	فیلاردی ا و همکاران	۲۰۱۹			✓	
	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؟

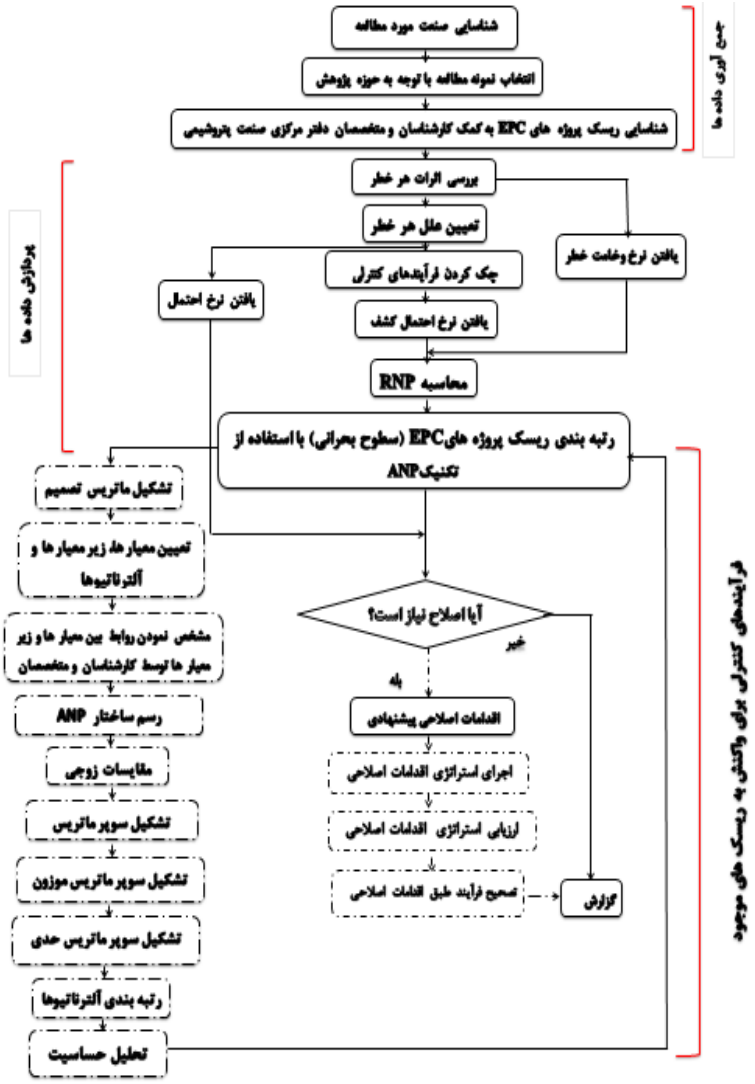
۲- روش شناسی پژوهش

از آنجا که موضوع پژوهش حاضر ارزیابی ریسک پروژه های EPC درصنعت 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 هایEPC توسط تکنیک FMEA با استفاده از نرم افزار اکسل[۱۳]
۳) رتبه بندی ریسک پروژه هایEPC 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 عموما 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 می‌باشند 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 داده‌ها، از طریق مصاحبه و به منظور محاسبات از نرم افزارهای اکسل و سوپر دسیژن استفاده شده است مراحل انجام پژوهش در شکل۱ 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 هایEPC 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 خطرساز بودن یک ریسک را نشان می دهد که توسط آن ریسک ها بر مبنای میزان بحرانی بودن، اولویت بندی شده است.

$$RPN= S \times O \times D \quad (۱)$$

[15]. Sverity
[16]. Occurrence
[17] . Detection

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

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 تکنیکFMEA و برای تعیین و وزن دهی معبارها و رتبه بندی آلترناتیوها به روش ANPاستفاده 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 نظرکارشناسان 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 سوپردسیژن استفاده شده است.

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

دراین 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 سال۱۳۹۷

شماره عملیات	وظیفه سیستم / شرح فعالیت	خطرات بالقوه / عامل زیان آور HAZARD	علل بالقوه خطرات	آثارخطرات بالقوه	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	RPN

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

۱۵	عدم تامین اعتبار و پرداخت در موعد مقرر	توقف کار و نارضایتی 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 خسارات 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 سال۱۳۹۷

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

حیث 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 مرتبمی گردند. سپس با استفاده از اکسل، میانگین و انحراف معیار تمامی مقادیر RPN ریسکها محاسبه شده است که نتیجه در جدول۴ 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 نظرکردن	

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 نظرگرفته شده و توسط تکنیک ANP و استفاده از نرم افزار سوپر دسیژن اولویت 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.

$$\overline{a_{ij}} = [\prod_{k=1}^{N} a_{ij}^{k}] \qquad i=1,2,\ldots \text{و } m \quad ; j=1,2,\ldots \text{و } m \qquad (۲)$$

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 در نرم افزار سوپردسیژن

نام معیار	نماد	نام زیرمعیار	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}
		تأخیر در عقد قرار داد	C_{22}
		تأخیر 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}

		خطای ساخت تجهیزات	C_{42}
		کمیاب شدن برخی مصالح و تجهیزات	C_{43}
ریسک های مهم بخش اجرا	C_5	خطا در مرحله سفت کاری	C51
		خطا در مرحله نازک کاری	C_{52}
		خطای نصب تجهیزات	C_{53}
ریسک های مهم بخش مالی	C_6	وجود مشکلات متعدد جهت فاینانس پروژه	C_{61}
		تورم و بالا رفتن قیمت ها	C_{62}
		تأخیر در تمدید"LC" به دلایل سیاسی	C_{63}
ریسک های دیگر (متفرقه)	C_7	اشتباه دربرنامه ریزی و کنترل پروژه	C_{71}
		تأخیر ناشی از عوامل جمعیت	C_{72}
		تأخیر ناشی از تحولات و مسائل سیاسی کشور	C_{73}

جدول ۵ دارای ۷ معیار و هر یک از آنها به ۳ زیر معیار تقسیم می شوند که جمعا ۲۱ زیر معیار است.

همانطور که در بالا اشاره شد ریسکهایی که بعد از اقدامات پیشگیرانه بحرانی شدند، این ریسکها که مربوط به پروژه های EPC است، به عنوان گزینه ها در نظر گرفته شد و در جدول ۶ به معرفی این گزینه ها (آلترناتیوها) به همراه نماد در نرم افزار سوپر دسیژن پرداخته شده است.

جدول شماره (۶): نماد گزینه‌ها (آلترناتیوها) در نرم افزار سوپر دسیژن

آلترناتیو ها	نماد
ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات	A_1
ضعف در انعقاد قرارداد با تهیه کنندگان مصالح و تجهیزات پروژه در ابتدای پروژه	A_2
کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات	A_3
دوباره کاری و افزایش هزینه ها و افزایش حوادث صنعتی	A_4

جدول۶ که نشان دهنده ۴ ریسک بحرانی از جدول۳، به عنوان گزینه ها (آلترناتیوها) در نظر گرفته شده است.

د- روابط معیارها و روابط زیر معیارها

در این مرحله به منظور تعیین روابط موجود بین معیارهای اصلی و زیر معیارهای مدل فرآیند تحلیل شبکه ای با استفاده از مصاحبه ای بین کارشناسان امور قراردادها و پیمان های مدیریت طرح ها، در این صنعت صورت گرفت. نتایج بدست آمده از این مصاحبه در جداول ۷ و ۸ نشان داده شد.

جدول شماره (۷): ارتباطات معیارها اصلی

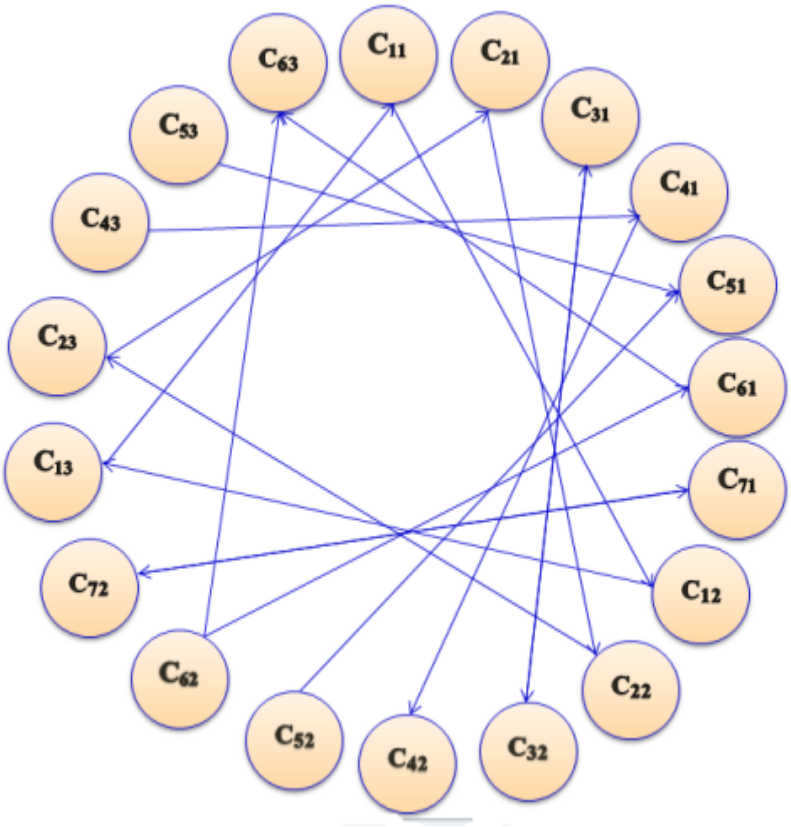
نحوه ارتباطات معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_2	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_3	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_4	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
C_5	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
C_6	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
C_7	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱

جدول شماره (۸): نحوه ارتباطات زیر معیار فرعی با هم

ارتباط زیر معیار	C11	C12	C13	C21	C22	C23	C31	C32	C33	C41	C42	C43	C51	C52	C53	C61	C62	C63	C71	C72	C73

C_{11}	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{12}	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{13}	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{21}	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{22}	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{23}	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{31}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{32}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{33}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{41}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{42}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{43}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{51}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{52}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{53}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{61}	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{62}	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{63}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{71}	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{72}	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C_{73}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

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 (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 شکل۴ است.

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

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 نسخه۲.۸ 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] ماتریس وزن داده نشده [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 می نمایید 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 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 معیار های 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: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده های جدول۱۰ می توان نتیجه گرفت معیار C_7 دارای بیشترین اهمیت در پژوهش هدف می باشد و معیار C_1 دارای کمترین اهمیت در پژوهش هدف می باشد و برای کاهش ریسک پروژه با ید به عوامل تاثیر گذار در افزایش معیار ۷ توجه کرد و آنها را دراولویت توجه و پیشگیری قرارداد و بقیه معیارهای اصلی را به نسبت اهمیت مورد توجه و راه های پیشگیر از وقوع یا کاهش اثر مخرب احتمالی آنها اقدام اصلاحی انجام داد.

الف- مقایسه دودویی معیارها و وزن آن ها 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: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده‌های جدول ۱۱ می توان 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 دراولویت 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 C_3

	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 C_3

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 C_{11} دارای۰.۴۱۰۱۷۴ درصد بیشترین اهیمت دارد دراین پژوهش معیار C_1 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 C_3 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 معیارهایC_3

	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 معیارهایC_3

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 C_{11} دارای۰.۴۶۴۰۳ درصد بیشترین اهیمت معیار C_1 در این پژوهش است و با توجه به جدول ۳، عدم هماهنگی کامل گروه اجرایی و بخش طراحی که مربوط به ریسکهای C_3 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 معیارهایc_4

	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 معیارهایc_4

CR=0.07752688	C_{41}	0.53855
	C_{42}	0.264314
	C_{43}	0.197135

منبع: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به داده های جدول۱۶می توان نتیجه گرفت که معیار C_1 دارای بیشترین اهمیت در پژوهش معیار C_4 است و با توجه به جدول ۳ ضعف پیمانکار برای انجام فاز تدارکات که مربوط به C_4 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 C_6

	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 C_6

CR=0.095736178	C_{61}	0.5583475030
	C_{62}	0.259329879
	C_{63}	0.182322618

منبع: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

با توجه به دادهای ۱۸ می توان نتیجه گرفت که زیر معیار C_{61} دارای ۴۵۷۳۳۴۷۲۹۱/. با توجه به هدف پژوهش دارای بیشترین اهمیت در پژوهش معیار C_1 است و با توجه به جدول ۳، کمیاب شدن یا افزایش قیمت مصالح و تجهیزات که مربوط به ریسک C_6 است. همچنین به شدت اثر آن به دنبال انتخاب مواد و متریال از کشورهایی با احتمال تحریم کمتر می باشیم.

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.

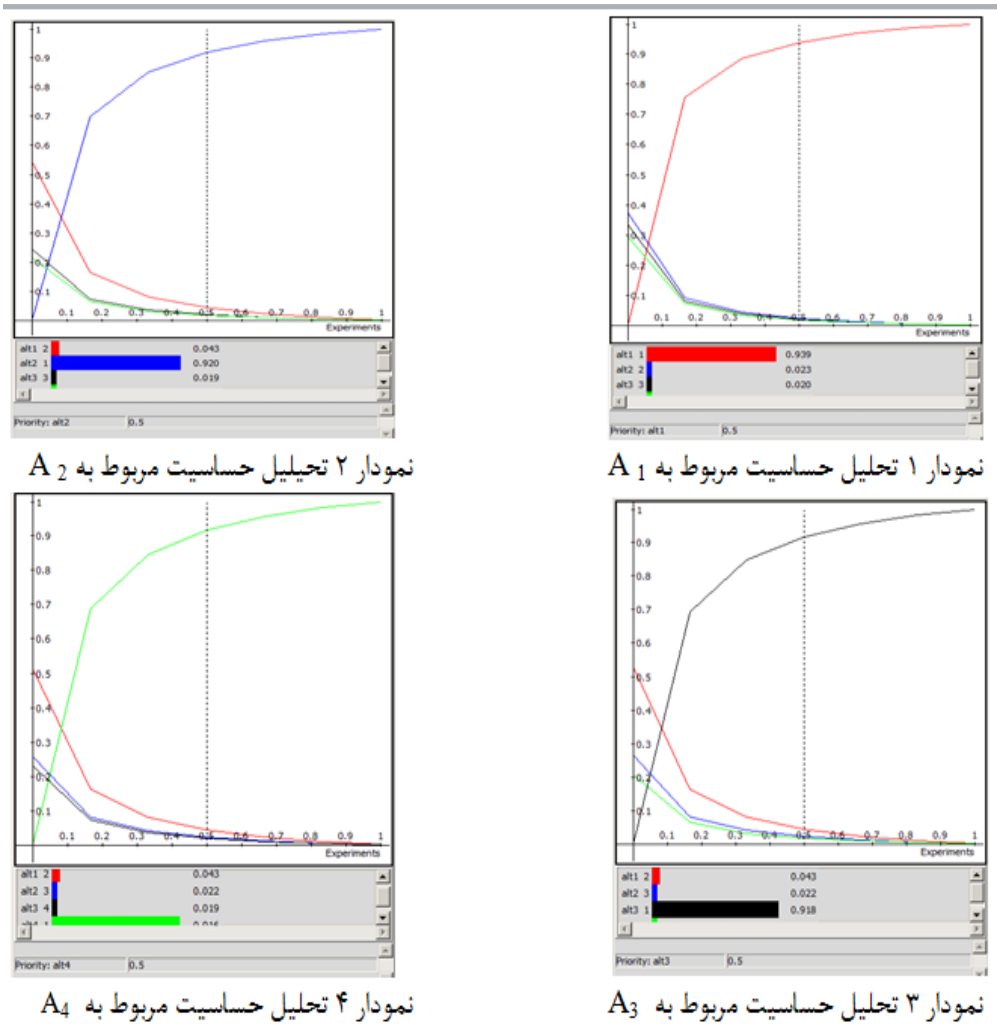
جدول شماره (۱۹): اولویت بندی ریسک ها بعد از اقدامات پیشگیرانه

ردیف	پارامترها	نرمالایز کردن خوشه ها	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: یافته های پژوهشگر از نرم افزار

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

ب- تحلیل حساسیت



شکل شماره (۴): نمودار های تحلیل حساسیت

با توجه به شکل۴ نمودار های تحلیل حساسیت، نتایج را به صورت جدول ۲۰ را نشان داده شد.

جدول شماره (۲۰): نتایج تحلیل حساسیت

ردیف	نام تحلیل حساسیت	نماد در نرم افزار	رنگ در نرم افزار	عدد در نرم افزار	نتایج
۱	آلتر ناتیو (۱)	A_1	قرمز	۰.۹۳۹	اگر به سمت ۱ میل داده شود این بدان معنی هست که تغییر وزن معیارها باعث تعییر آلتر ناتیوها نشد. اگر این آلتر ناتیو را به سمت صفر میل دهیمA_2 با عدد ۰.۳۷۳ الویت اول را به از آن خود کرده وA_1 دارای عدد ۰.۰۰۲ بعنوان چهارمین الویت می باشد و آلترناتیوهای A_1 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲و ۳ می باشد.
۲	آلتر ناتیو (۲)	A_2	آبی	۰.۹۲۰	اگر A_2 را به سمت عدد ۱ میل دهیم، ۱ می شود و برای دیگر آلترناتیو ها صفر می شود. یعنی این که تغییر وزن معیارها باعث تعییر آلتر ناتیوها نشده است و اگر این آلتر ناتیو 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 آلترناتیوهای A_3 و A_4 به ترتیب دارای الویت ۲و ۳ هستند.
۳	آلتر ناتیو (۳)	A_3	مشکی	۰.۹۱۸	اگرA_3 را به سمت عدد ۱ میل داده شود، ۱ شده و برای دیگر آلترناتیو ها صفر شده است. یعنی این که تغییر وزن معیارها باعث تعییر آلتر ناتیوها نشده است و اگر این آلتر ناتیو را به

					سمت صفر میل کند A_1 با عدد۰.۵۲۱ 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 ۲و ۳ هستند.
۴	آلتر ناتیو (۴)	A_4	سبز	۰.۹۱۶	اگرA_4 را به سمت عدد ۱ نزدیک کنیم، ۱ می شود و برای دیگر آلترناتیو ها صفر می شود. یعنی این که تغییر وزن معیارها باعث تعییر آلتر ناتیوها نشده است و اگر این آلترناتیوها را به سمت صفر میل دهیم 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 ۲و 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 ۱۸ریسک 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 ملاخظه 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 ۱۸ریسک شناسایی شده با مطالعه و پژوهش گسترده و طی مشورت با کارشنان و متخضضین 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 اتخاذشده 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 استراتژ ی ها و تصحیح فرآیند طبق اقدام اصلاحی

این بخش، دو مرحله آخر فلوچارت 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 مجددا به مرحله اقدامات اصلاحی ارجاع داده شد و دوباره تکرار صورت گرفته و در مرحله جدید استراتژی اعمال شده است.

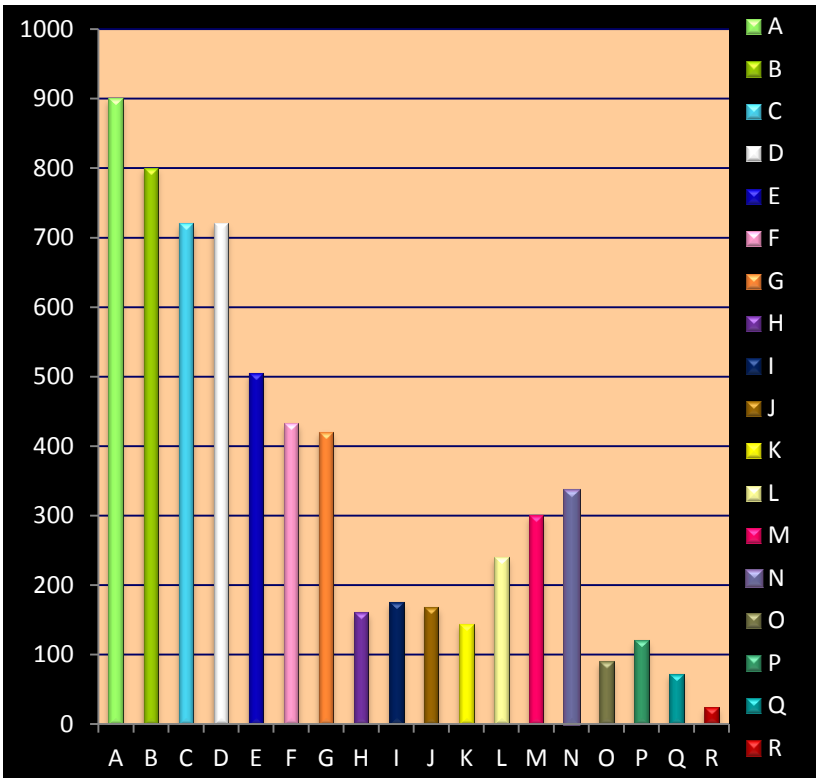
و- کلاسه بندی تکنیک FMEA

به طور کلی ۱۸ریسک 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:

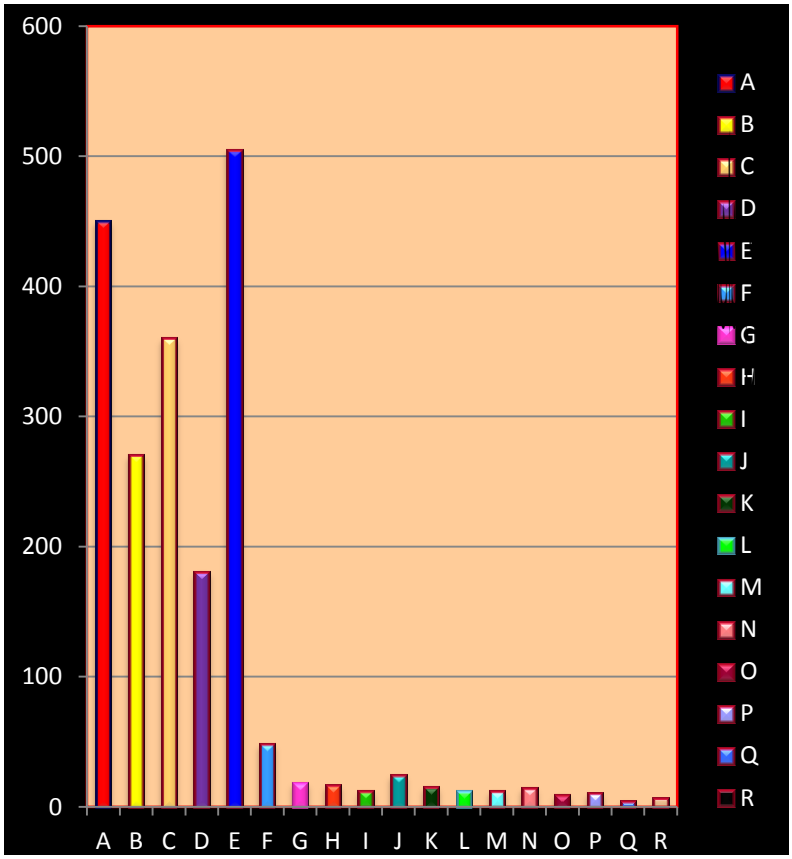
۱. قبل از اقدامات پیشگیرانه
۲. بعد از اقدامات پیشگیرانه

قبل از اقدامات پیشگیرانه که ریسکها در سه ناحیه، بحرانی۱۰ ریسک، نیمه بحرانی ۴ریسک 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 نواحی، بحرانی۴ ریسک، نیمه بحرانی ۱ریسک و عادی ۱۳ ریسک که RPN آنها در نرم افزار EXCEL محاسبه شد. در نمودار ۶ بعد از اقدامات پیشگیرانه را نشان داده شد.



نمودار شماره (۲): RPN بعد از اقدامات پیشگیرانه

همانطور که در نمودارهای ۱و 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 ۱و ۲

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

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

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

I. A که مربوط به ریسک C_4
II. B که مربوط به ریسک C_1
III. C که مربوط به ریسک C_6
IV. E که مربوط به ریسکC_3

در این صنعت است همانطور که در نمودار ۱ مشاهده شد قبل از اقدامات پیشگیرانه ۱۰ریسک 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 تحلیل‌های لازم صورت گرفت. تعداد ریسکهایی که قبل از اقدامات پیشگیرانه در دسته بحرانی قرارگرفتند به ۱۰ریسک 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 ۲۷۰رنگ 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 پروژه‌های EPC پرداخته و این عامل را یکی از مهمترین ریسکهای پروژه معرفی کردند، که هم راستایی پژوهش جاری با این نتایج را نشان می‌دهد. این نتیجه با تکیه بر بحث‌های 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 روش‌های کمی با وجود ارزیابی‌های دقیقی که به همراه دارد به دقت و حوصله فراوانی از جانب خبرگان تکمیل‌کننده پرسشنامه دارد که این موضوع از محدودیتهای این پژوهش به حساب می‌آید. یافتن خبرگانی که علاوه بر تسلط به مباحث مدیریت ریسک با تکنیکهای تصمیم‌گیری 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 به‌روز تصمیم‌گیری مانند روش بهترین–بدترین[۲۱] و همچنین رویکردهای کیفی مانند استفاده از نقشه ذهنی[۲۲] در ارزیابی ریسک های EPC پیشنهاد می‌شود.

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* J*ournal of Standard and Quality Management of Islamic Azad University, Firoozkooh 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). J*ournal 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*.

Provideing 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.