رویکردی نوین مبتنی برتجزیه و تحلیل آنالیز خطا و کپلند جهت استخراج و اولویت بندی مخاطرات موثر بر مدت زمان تکمیل پروژه‌ها

مجتبی صالحی(نویسنده مسئول)

استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر

m.salehi61@chmail.ir

محمد همه‌وند

چکیده

پروژه‌ها بر اساس مقادیر تخمین‌هایی که ناشی از در دست داشتن اطلاعات اندکی در مورد وضعیت آتی است، برنامه‌ریزی می‌شوند که با توجه به غیرقطعی بودن برنامه‌ریزی‌های انجام شده، ایجاد تاخیرات زمانی و تحمیل هزینه‌های ناشی از عدم قطعیت‌ها امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. هدف اصلی پژوهش ارائه یک رویکرد نوین مبتنی بر تجزیه تحلیل آنالیز خطا و منطق فازی به منظور شناسایی ریسک‌های موثر بر مدت زمان انجام پروژه‌ها و رتبه‌بندی آنها با استفاده از روش تکنیک کپلند می‌باشد. علاوه بر آن در این تحقیق از آنتروپی شانون به منظور محاسبه وزن شاخص‌ها استفاده شده است. بنابراین پس از مطالعه پژوهش‌های مرتبط و همچنین از طریق مصاحبه و بکارگیری تکنیک دلفی، تعدادی ریسک شناسایی شد. سپس بر اساس شاخص‌های سه گانه رسیک در FMEA (شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال تشخیص)، سه پرسشنامه تهیه گردید که روایی آن‌ها از طریق مشورت با خبرگان تائید گردید و پایایی آنها از طریق ضریب آلفای کرونباخ توسط نرم افزار SPSS محاسبه شد. جامعه آماری این پژوهش 22 نفر از سرپرستان و کارشناسان شاغل در معاونت طرح و برنامه شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی بود. با استفاده از اعداد فازی مثلثی، واژه‌های کلامی پرسشنامه‌ها به اعداد فازی تبدیل شد. سپس به روش آنتروپی شانن وزن هر کدام از شاخص‌ها محاسبه شده و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری SAW، TOPSIS، ELECTRE و TAXONOMY نسبت به رتبه‌بندی ریسک‌ها اقدام گردید و در نهایت به دلیل تفاوت نسبی رتبه‌ها در روش‌های مختلف از تکنیک کپلند برای ترکیب نتایج استفاده شد. در انتها برای کمک به تدوین استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌ها، پیشنهاداتی ارائه شده است. نوآوری این تحقیق استفاده همزمان از FMEA و تکنیک آنتروپی شانون به منظور تحلیل ریسکها اهمیت ریسک‌ها و اعمال رتبه بندی آنها با استفاده تکنیک کپلند می‌باشد.

کلید واژه:

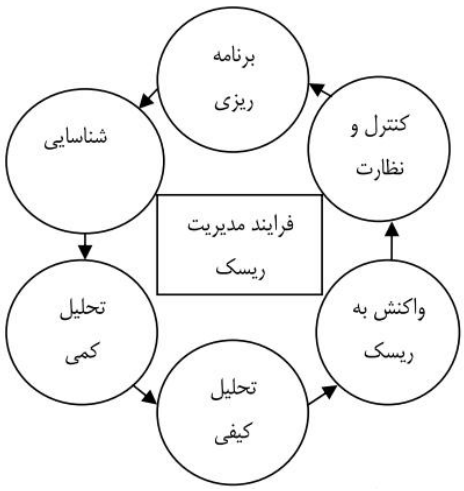
ریسک پروژه، فازی، آنتروپی شانون ، مدیریت پرژه، تجزیه و تحلیل آنالیز خطا

مقدمه

پروژه‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های منحصر به فرد می‌باشند که برای نیل به هدفی منحصر به فرد در بازه زمانی مشخص و با هزینه و کیفیتی معین انجام می‌شوند. پیش از اجرا، فعالیت‌های پروژه جهت اجرا پیش بینی شده و برنامه زمانبندی اولیه پروژه تنظیم می‌شود. با توجه به مبهم و غیرشفاف بودن آینده، وجود ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در روند اجرای پروژه امری اجتناب ناپذیر است. پروژه‌ها بر اساس مقادیر تخمین‌هایی که ناشی از در دست داشتن اطلاعات اندکی در مورد وضعیت آتی است، برنامه‌ریزی می‌شوند که با توجه به غیرقطعی بودن برنامه‌ریزی‌های انجام شده، ایجاد تاخیرات زمانی و تحمیل هزینه‌های ناشی از عدم قطعیت‌ها امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (نورالدین موسی و همکاران، 1392). تجربیات نشان می‌دهدکه پروژه‌ها حاوی عناصر استراتژیکی، تکنیکی، اقتصادی و ملی هستند و در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده با تهدیدها و فرصت‌هایی در رابطه با عناصر کلیدی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت مواجه هستند. ریشه این تهدیدها و فرصت‌ها را می‌توان در مجموعه‌ای از شرایط غیرقطعی یا عدم اطمینان‌ها جستجو کرد که دارای منشاءهای

مختلفی مانند مسائل تکنیکی، مدیریتی، بازرگانی و مسائل داخلی و خارجی می‌باشند. در این راستا ریسک پروژه بصورت ذیل تعریف شده است: "رویداد یا شرایطی غیرقطعی، که اگر رخ دهد اثری مثبت یا منفی بر هدف پروژه خواهد داشت" (زیاری و همکاران، 1388).

امروزه ریسک و گرایش‌های مربوط به آن در گستره وسیعی از امور مانند سرمایه گذاری، تجارت، بیمه، ایمنی، بهداشت و درمان، پروژه‌های صنعتی و عمرانی، و حتی مسائل سیاسی، اجتماعی و نظامی جایگاه خود را پیدا کرده است. در این راستا مدیریت ریسک جایگاه ویژه‌ای در مباحث مدیریت پروژه داشته و ریشه‌های مشترکی با این مباحث دارد (نظری و همکاران، 1387). مدیریت ریسک فرایندی است که هدف آن کاهش آثار زیان آور یک فعالیت از طریق اقدام آگاهانه برای پیش بینی حوادث ناخواسته و برنامه‌ریزی برای اجتناب از آنها می‌باشد (نورالدین موسی و همکاران، 1392). در تعریف موسسه مدیریت پروژه (PMI[1])، مدیریت ریسک پروژه به فازهای برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کمی و کیفی ریسک، برنامه‌ریزی واکنش به ریسک و کنترل ریسک تقسیم شده است (شکل 1):



شکل(1) .فرایند مدیریت ریسک(زیاری و همکاران، 1388)

بر اساس مدل مدیریت ریسک PMBOK فرآیند مدیریت ریسک شامل مراحل برنامه ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، ارزیابی کیفی ریسک، ارزیابی کمی ریسک، برنامه‌ریزی پاسخ گویی به ریسک، کنترل ریسک می‌باشد. در این تحقیق سعی خواهد رویکردی نوین برای مراحل شناسایی ریسک، ارزیابی کیفی ریسک و ارزیابی کمی ریسک مرتبط با مخاطرات موثر بر مدت زمان تکمیل پروژه‌ها ارئه شود. بدین منظور این تحقیق با استفاده از تجزیه تحلیل آنالیز خطا و آنتروپی شانون به شناسایی و وزندهی ریسک‌های موثر بر مدت زمان انجام پروژه‌ها پرداخته و با استفاده از تاپسیس فازی به رتبه‌بندی این ریسکها می‌پردازد.

در ادامه ایت حقیق در قسمت مرور پیشنیه تحقیق به مرور و بررسی تحقیقات در این زمینه پرداخته می‌شود در بخش سوم روش تحقیق شرح داده شده و در بخش چهارم مراحل تحقیق به صورت گام به گام در مورد شرکت دعبل خزاعی پیاده سازی می‌شود. و نتیجه گیری نیز در بخش پنجم ارائه می‌شود.

1. مرور پیشینه تحقیق

ریسک پروژه شرایطی غیر قطعی است که اگر رخ دهد اثراتی مثبت یا منفی بر روی یک یا چند هدف از اهداف پروژه مانند حیطه پروژه، برنامه زمانبندی، هزینه، و کیفیت پروژه دارد. یک ریسک ممکن است یک یا چند علت داشته باشد و اگر رخ دهد می‌تواند اثر یا اثراتی از خود به جا بگذارد (موسسه مدیریت پروژه، 310.2013). مدیریت ریسک تکنیکی است که بکارگیری

آن باعث کاهش بسیاری از هزینه‌ها در دراز مدت و تصمیم گیری اصولی مدیریت می‌شود. مدیریت ریسک پروژه فرایندی است سازمان‌دهی شده جهت شناسایی، تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با پروژه جهت اجرا و کنترل روشی مناسب به منظور جلوگیری یا برخورد با هر ریسک می‌باشد. به عبارتی دیگر مدیریت ریسک یک مسیر سیستماتیک برای تعیین، ارزیابی و واکنش به ریسک‌های یک پروژه می‌باشد(خامنه، 2.1388). اهداف مدیریت ریسک پروژه افزایش احتمال و تاثیر وقایع مثبت، و کاهش احتمال و تاثیر وقایع منفی در پروژه می‌باشد (موسسه مدیریت پروژه، 309.2013).

مدل مدیریت ریسک بر اساس الگوی PMBOK شامل مراحل زیر است

برنامه ریزی مدیریت ریسک: فرایندی است که نشان دهنده نحوه انجام فعالیتهای مدیریت ریسک برای یک پروژه می‌باشد.

شناسایی ریسک: فرایند تعیین ریسک‌هایی است که پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و مستند سازی مشخصات آنها.

ارزیابی کیفی ریسک: فرایند اولویت بندی ریسک‌ها برای تجزیه و تحلیل یا اقدامات بعدی از طریق ارزیابی و ترکیب احتمال وقوع و اثرات آنها.

ارزیابی کمی ریسک: فرایند تجزیه و تحلیل عددی اثرات ریسک‌های شناسایی شده بر اهداف کلی پروژه

برنامه‌ریزی پاسخ گویی به ریسک: فرایند توسعه گزینه‌ها و اقدامات افزایش فرصت‌ها و کاهش تهدیدهای موثر بر اهداف پروژه

کنترل ریسک: فرایند اجرای (پیاده سازی) برنامه‌های پاسخ به ریسک، پیگیری ریسک‌های شناسایی شده، تحت نظر داشتن ریسک‌های باقیمانده، شناسایی ریسک‌های جدید، و ارزیابی اثربخشی فرایند ریسک در سراسر پروژه.

این فرایندها با یکدیگر و با فرایندهای دیگر حوزه‌های دانش مدیریت پروژه در تعاملند. احتمال ریسک شانس به وقوع پیوستن یک ریسک می‌باشد. تاثیر ریسک، پتانسیل تاثیر ریسک بر یکی از اهداف پروژه مانند زمان، هزینه، کیفیت یا عملکرد، که هم تاثیرات منفی برای تهدیدها و هم تاثیرات مثبت برای فرصتها را در بر می‌گیرد (موسسه مدیریت پروژه، 2013. 330).

در رابطه با تحلیل کمی ریسک می‌توان گفت فرآیند تحلیل عددی تاثیر ریسک‌های شناسایی شده بر روی اهداف کلی پروژه می‌باشد. تولید اطلاعات کمی در مورد ریسک‌ها برای حمایت از تصمیم گیری به منظور کاهش عدم اطمینان پروژه، مزیت کلیدی این فرآیند است (موسسه مدیریت پروژه، 2013. 333).

1.1. تحقیقات داخلی

تحقیقات زیادی حوزه‌های مختلف مدیریت ریسک پروژه شده است. بعضی از تحقیقات به شناسایی ریسک‌ها پرداخته‌اند. مثلا نورالدین موسی و دیگران (1392) در تحقیقی به کنترل و مدیریت همزمان هزینه و زمان در پروژه های عمرانی از طریق کاربرد منطق فازی در مدیریت ریسک پرداختند. آنها از طریق جمع آوری اطلاعات در رابطه با مدیریت ریسک و با استفاده از منطق فازی مدلی مشتمل بر 7 مرحله و 20 زیر مرحله، جهت استفاده در پروژه های عمرانی به منظور افزایش دقت برنامه ریزی‌ها ارائه دادند. تحقیقاتی دیگری نیز انجام شده که علاوه بر شناسایی ریسک‌ها به رتبه‌بندی آنها با استفاده نظر خبرگان و به کمک روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه پرداخته‌اند. اتحادی و دیگران (1393) در پژوهشی به مقایسه روش های رتبه‌بندی ریسک در پروژه‌های حفاری و تعیین مناسب ترین روش (مطالعه موردی: شرکت پتروپارس) پرداختند. آنها با تمرکز بر شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های فنی و عملیاتی پروژه حفاری یک چاه نفتی، با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه، و همچنین به وسیله روش‌های کمی و محاسباتی، مدلی برای رتبه‌بندی ریسک‌های فنی و عملیاتی پروژه حفاری یک چاه نفتی ارائه نمودند. آنها در نهایت به این نتیجه رسیدند که روش SAW بیشترین همبستگی را نسبت به سایر روش‌ها داشته و نیازمند محاسبات کمتری می‌باشد. زیاری و همکاران (1388) در تحقیقی به اولویت بندی ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم گیری چند شاخصه ($MADM^2$) و تکنیک FMEA (مطالعه موردی اجرای فلر و باکس کالورت فازهای 17&18 پارس جنوبی عسلویه-کوه کار راهان) پرداختند. آنها از

شاخص‌های کلیدی ریسک در تکنیک FMEA (احتمال وقوع، احتمال تشخیص و شدت) بعنوان شاخص استفاده کردند و از تکنیک دلفی جهت امتیاز دهی به ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه توسط افراد خبره استفاده کردند. در مرحله اول تعداد 26 ریسک که می‌توانستند بر اهداف پروژه تاثیر گذار باشند شناسایی شده و در مرحله دوم تعداد 8 ریسک اصلی که می‌توانستند بیشترین تاثیر را داشته باشند با نظر افراد خبره مشخص کرده و رتبه بندی کردند. جبل عاملی و دیگران (1386) در تحقیقی به رتبه‌بندی ریسک پروژه با استفاده از تصمیم گیری چند شاخصه پرداختند. آنها به رتبه‌بندی ریسک‌ها از طریق روش تاپسیس پرداخته و همچنین تکنیک ANP را یکی از تکنیک‌های موثر به منظور رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه معرفی کردند.

دری و حمزه ای (1389) در تحقیقی به تعیین استراتژی پاسخ به ریسک به وسیله تکنیک ANP[3] (مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی) پرداختند. آنها با کمک از ساختار شکست ریسک، نظرهای خبرگان و مدیران پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان، فهرستی از ریسکهایی که ممکن است در طول اجرای پروژه رخ دهند، جمع آوری کردند. این ریسک در اختیار مدیران و خبرگان شرکت قرار گرفت و از آنها خواسته شد تا احتمال وقوع، تاثیر هزینه‌ای و زمانی هر ریسک را مشخص کنند. پس جمع آوری اطلاعات و محاسبه حاصلضرب مقدار احتمال تاثیر برای هر ریسک و وارد کردن اطلاعات به نرم افزار Arena، تابع توزیع مربوط به هر ریسک مشخص شد و ریسکها با توجه به میانگین و انحراف معیارشان با هم مقایسه شدند و 10 ریسک، بحرانی شناخته شد. سپس تیم مدیریت پروژه راه حل‌های زیر برای مقابله با این ریسک‌ها تعیین کردند. در مرحله بعد از طریق روش ANP اقدام به اولویت بندی ریسک‌ها نمودند و در نهایت اصلی‌ترین ریسک پروژه "محدودیت‌های موجود تامین کالا و تجهیزات" تعیین گردید.

رفیع زاده و اردشیر (1388) در تحقیقی به بررسی و ارزیابی کیفی ریسک پروژه‌های عمرانی با رویکرد فازی پرداختند. آنها به دنبال ارائه یک روش کیفی ارزیابی ریسک برای رسیدن به سطح قابل قبول اطلاعات جهت تصمیم گیری بودند. آنها در این تحقیق به مطالعه موردی بر روی پروژه احداث مجتمعی تجاری در شهر چالوس پرداختند. هدفشان ارزیابی چهار معیار مدیریتی زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی پروژه بود. پس از تشکیل تیم مدیریت ریسک، ریسک‌های تاثیر گذار بر روی پروژه که متشکل از 5 ریسک بود مشخص گردید. سپس اقدام به تشکیل توابع فازی برای پارامترهای بکار رفته در تحقیقشان که شامل احتمال وقوع و شدت اثرگذاری بر روی زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و مقدار ریسک بود، نمودند.سپس از طریق نظرات تیم مدیریت ریسک، اقدام به مقایسه دو به دوی ریسک‌های مشخص شده نمودند. در آخر نیز ریسک نهایی پروژه را از طریق روش فازی محاسبه نمودند و مقدار ریسک پروژه را برای هزینه، کیفیت و ایمنی بدست آوردند.

شول و فتحی زاده (1388) در تحقیقی به ارزیابی ریسک و عدم اطمینان در پروژه های سد سازی ایران با استفاده از روش AHP[4] پرداختند. آنها 5 پروژه سد سازی را مورد بررسی قرار دادند و بطور کلی 59 متغیر ریسکی را شناسایی کرده و بر اساس آن پرسشنامه‌ای طراحی نمودند. دیتاهای جمع آوری شده با کمک یک آنالیزگر فاکتوری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا بتوان ساختار پنهان فاکتورهای بحرانی ریسک را درک کرد. نتایج نشان داد که 35 زیرفاکتور ریسکی می‌توانند در 4 فاکتور اصلی ریسکیِ متمایز گروه بندی شوند. ابزار اندازه گیری خاصی که نشان دهنده 9 فاکتور بحرانی ریسک بودند تحت تست‌های قابلیت اعتماد، ساخت و ساز، و اعتبار افتراقی قرار گرفتند. نتایج تست نشان می‌دهد که این ابزار تحقیقاتی قابل اعتماد می باشد. شاخص اهمیتی که نشان دهنده درجه اهمیت بوده و برای فاکتورهای ریسکی از طریق پاسخگرهای ریسک تاخیر به عنوان مهمترین فاکتور ریسکی در نظر گرفته می‌شود. 9 فاکتور بحرانی ریسک نشان می‌دهد که ریسکی که بالاترین همبستگی را با ریسک فیزیکی و ریسک ناشی از پیمانکاران دسته دوم دارد، محسوب شد.

نادری و دیگران (1388) در تحقیقی به آنالیز دلایل تاخیرات در پروژه‌های پتروشیمی پرداختند. آنها پس از بررسی طرحهای پتروشیمی و روند اجرا، اجزای موثر در روند پیشرفت طرح را شناسایی کردند. برای این کار از یک الگوریتم چهار مرحله‌ای و فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید و بر مبنای آن مهمترین عوامل بروز تاخیرات در کلیه نهاده‌های

پروژه شامل پیمانکار، کارفرما و سازندگان اصلی شناسایی و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. سپس عوامل تاخیرات را بر اساس الگوریتم چهار مرحله‌ای (شناخت اولیه، شناخت تفصیلی، تحلیل، ارائه راهکار) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت بندی نمودند.

امیری و دیگران (1388) در تحقیقی به ارائه مدلی جهت رتبه‌بندی ریسک فعالیت‌های پروژه با استفاده از روش AHP پرداختند. آنها برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها از دو معیار زمان و هزینه استفاده کردند با این توضیح که برای ارزیابی زمان، این معیار را بصورت شناوری بدست آمده از شبکه CPM[5] ، لحاظ کردند. سپس بر اساس نظر افراد خبره به این دو معیار وزن تخصیص دادند. نهایتاً با استفاده از روش AHP فعالیت‌ها را بر اساس ریسک انجامشان رتبه‌بندی نمودند.

امیری (1392) در مقاله‌ای به ارائه روشی برای رتبه‌بندی ریسک فعالیتهای پروژه با استفاده از شبکه CPM و روش TOPSIS در حالت فازی پرداخت. وی برای رتبه‌بندی فعالیتها از دو معیار هزینه و زمان استفاده کرد. از آنجا که مدت زمان و هزینه انجام فعالیتها بصورت قطعی نیست، این دو معیار بصورت فازی در نظر گرفته شدند. معیار زمان بصورت درجه بحرانی بودن بدست آمده از شبکه CPM فازی لحاظ شده است. از آنجا که در هر پروژه با توجه به اهداف و شرایط آن پروژه، میزان اهمیت هزینه و زمان متفاوت است، به این دو معیار وزن اختصاص داده و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی فعالیتها را بر اساس ریسک انجام آنها رتبه‌بندی نمود.

اشکوه و دیگران (1388) در تحقیقی به ارائه مدل تحلیل تصادفی ریسک بر مبنای ماتریس احتمال، تاثیر و مدیریت پذیری پرداختند. آنها به تدوین فرایندی یکپارچه جهت مدیریت و ارزیابی نظام‌مند ریسک پروژه‌های اکتشاف، با تاکید بر تحلیل کیفی ریسک، در قالب مورد کاوی پروژه های حفاری فراساحل نفتی پرداختند.

2.1. تحقیقات خارجی

ژینگویی[6] و دیگران (2013) به تحقیق در مورد ارزیابی ریسک مدت زمان پروژه‌های عمرانی عام المنفعه پرداختند. آنها فاکتورهای ریسک موثر بر مدت زمان پروژه‌های عمرانی عظیم را بر شمرده، به توسعه سیستم شاخص ارزیابی ریسک و مدل مربوطه بر اساس تحقیق از مراجع داخلی و خارجی پرداختند. در نهایت مقیاس‌های (سنجه‌های) واکنش ریسک متناظر با آن را پیشنهاد دادند.

لیو[7] (2010) اقدام به ارائه روش جدید مدیریت ریسک مبتنی بر تئوری اکتیو ماتریس برای مدیریت پروژه نمود. او در ابتدا با آنالیز ریسک موثر بر مهندسی پروژه، از طریق تئوری اکتیو ماتریس پرداخت. فاکتورهای ریسک شامل عوامل طبیعی، اقتصادی، مدیریت، و تکنولوژی است. پاسخ ارزیابی و تفکیک فاکتورهای ریسک، فرایند مبتنی بر ریسک هزینه‌های مهندسی پروژه، متناظر با نتایج آنالیز بود.

لی[8] و دیگران (2011) در پژوهشی بر اساس تجزیه و تحلیل سنتی مدیریت ریسک تک پروژه ای، در ابتدا اقدام به ارائه یک حالت جدید مدیریت یکپارچه ریسک زنجیره پروژه نموده، سپس تحقیق ویژه‌ای در زمینه ساختار ریسک این حالت جدید انجام دادند. نهایتاً استراتژی ریسک گریزی متناظر با این حالت را پیشنهاد دادند.

یو[9] و هو[10] (2010) در پژوهشی به آنالیز ریسک موثر بر مدت زمان پروژه بر اساس اندازه گیری ارزش کسب شده [11] پرداختند. آنها با در نظر گرفتن عدم وجود ارتباط روش‌های متداول تجزیه و تحلیل ریسک مدت زمان پروژه با ریسک هزینه، در صدد برطرف کردن این نقصان برآمدند. لذا بر اساس اندازه گیری ارزش کسب شده، اقدام به ارائه روش جدیدی برای آنالیز ریسک مدت زمان پروژه نمودند. آنها ریسک‌های موثر بر مدت زمان پروژه را بترتیب شدت در پنج سطح دسته بندی نمودند.

وارد[12] و چپمن[13] (1991) در مطالعه‌ای به گسترش استفاده از تجزیه و تحلیل ریسک در مدیریت پروژه پرداختند. آنها تعریفی جامع از تجزیه و تحلیل ریسک ارائه دادند که شامل شناسایی، درک و مدیریت مناسب ریسک‌های پروژه بود. آنها به

دنبال بررسی نقش‌هایی بودند که تجزیه و تحلیل ریسک در مدیریت پروژه می تواند ایفا کند. نتیجه این شد که تجزیه و تحلیل ریسک، نخست در قبول یا رد تصمیمات مربوط به طراحی پروژه، و سپس در توسعه استراتژی‌های مدیریت ریسک، می‌تواند کمک کننده باشد. آنالیز ریسک می‌تواند به تخصیص بهینه ریسک پروژه بین طرفین قرارداد کمک کند.

ژو[14] و لی[15] (2013) در مطالعه‌ای به ارائه یک مدل تصمیم گیری مدیریت ریسک زنجیره تامین بر مبنای الگوریتم ژنتیک پرداختند. این مدل سه هدف کاهش ریسک، احتمال وقوع ریسک و هزینه‌های مدیریت ریسک را در نظر می‌گیرد. آنها از طریق افزودن هزینه‌های مدیریت ریسک به این مدل، توانستند بر کاستی‌های سنتی که ناشی از عدم افزودن این هزینه‌ها بود، غلبه کنند. همچنین از طریق بکارگیری الگوریتم ژنتیک، این مسالهٔ بهینه‌سازی چند هدفه، حل شد و توانستند به نتایج خوبی در جواب بهینه دست یابند. در نهایت آنالیز اعتبار نتایج حاصله نشان داد که مدل تصمیم گیری به میزان قابل قبولی اثربخش و کاربردی است.

هاروت[16] (2013) در پژوهشی به مطالعه فعالیت‌های مدیریت ریسک و عدم قطعیت نسبت به پیچیدگی درک شده پروژه پرداخت. هدف اصلی او در پژوهش مذکور، کمک به درک فعالیت‌هایی است که مدیر پروژه برای مدیریت و کنترل ریسک و عدم قطعیت پروژه‌های فوق پیچیده انجام می‌دهد. سوالات پژوهش او در پی یافتن رابطه بین فرایندها و رویکردهای مدیریت ریسک و عدم قطعیت و پیچیدگی درک شده پروژه می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان داد مدیران پروژه سطح بالایی از فرایندها و رویکردهای مدیریت ریسک و عدم قطعیت را روی پروژه‌هایی که به زعمشان بسیار پیچیده هستند، نسبت به پروژه‌هایی که به نظر آنها از سطح پیچیدگی کمتری برخوردارند، اجرا می‌کنند.

چپمن (1997) در پژوهشی به مطالعه پیرامون مدیریت و ارزیابی ریسک پروژه پرداخت. او بطور اجمالی به یک فرایند ترکیبی مدیریت ریسک پروژه که توسط تیمی متشکل از اعضای انجمن مدیران پروژه توسعه یافته است پرداخت. همه جنبه های این فرایند ترکیبی، در طی آزمایشاتی موفقیت آمیز، مورد آزمون واقع شد. این فرایند ترکیبی، دیدگاه‌های جدید بسیاری ارائه می‌کند، شامل: یک ساختار بسیار تفصیلی مبتنی بر اهداف، فعالیت‌ها و برون داد پروژه؛ یک فرایند بسیار رسمی‌تر برای تعریف پروژه؛ انگاشتن خود فرایند مدیریت ریسک بعنوان یک پروژه؛ انگاشتن مسائل مالکیت-قرارداد و راه حل‌های آن بعنوان یک پروژه.

راز[17] و مایکل[18] (2001) در مقاله‌ای کاربرد و مزایای ابزارهای مدیریت ریسک پروژه را تشریح کردند. آنها با اشراف بر این امر که ابزارهای بسیار زیادی برای فازهای مختلف فرایند مدیریت ریسک وجود دارد، طی یک مطالعه اقدام به شناسایی پرکاربردترین ابزارها که بیشترین تاثیر را بطور عام بر موفقیت مدیریت پروژه، و بطور خاص بر موفقیت مدیریت ریسک پروژه دارند، نمودند.

2. روش تحقیق

از آنجایی که این تحقیق رویکردی نوین جهت شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات موثر بر مدت زمان تکمیل پروژه‌های شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی ارائه می‌دهد، از نوع تحقیقات کاربردی است. از طرف دیگر با توجه به اینکه جمع آوری اطلاعات مورد نیاز از جامعه مورد مطالعه از طریق پرسشنامه صورت گرفت پیمایشی بوده و چون ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه‌ها را استخراج می‌کند، از نوع تحقیقات اکتشافی است. همچنین به دلیل اینکه این پژوهش بر روی پروژه‌های شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی صورت گرفته، از نوع مطالعات موردی می‌باشد.

جامعه آماری این پژوهش عبارت است از کلیه مدیران، سرپرستان و کارشناسان معاونت طرح و برنامه شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی و همچنین کلیه مدیران پروژه‌های در حال اجرا در این شرکت می‌باشد که مجموعاً 22 نفر بودند. علت انتخاب این افراد بعنوان جامعه آماری این است که شغل این افراد در ارتباط مستقیم با پروژه‌های شرکت بوده و به خوبی با مفاهیم مدیریت پروژه و مدیریت ریسک آشنایی دارند. این مهم در بالا بردن میزان اعتبار تحقیق کمک شایانی خواهد نمود. روش گردآوری اطلاعات در این تحقیق در بخش گردآوری اطلاعات از افراد، میدانی و در بخش ادبیات و

پیشینه تحقیق، کتابخانه‌ای می‌باشد. به دلیل کوچکی جامعه و همچنین در دسترس بودن کلیه افراد جامعه آماری، برای نمونه گیری از روش تمام شماری استفاده گردید، بدین معنی که کل جامعه آماری به عنوان حجم نمونه آماری در نظر گرفته شد.
در زمینه شناسایی مهمترین ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه‌ها، ابزار مورد استفاده مصاحبه و تکنیک دلفی بود، که در مرحله اول تعداد 32 ریسک شناسایی شد و در مرحله دوم طبق نظر خبرگان این تعداد به 27 ریسک تقلیل یافت، زیرا تعدادی از ریسک‌هایی که در مرحله اول شناسایی شده بودند بدلیل نزدیکی معنایی، با سایر ریسک‌ها ادغام شدند. روش دلفی یکی از فنون مشهور توافق یابی است که به منظور توافق جمعی درباره یک موضوع با یک حیطه معین از طریق گردآوری سیستماتیک نظرات و عقاید گروهی از کارشناسان به طور مستقل و بدون ذکر نام، با استفاده از یک سری پرسشنامه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
سپس بر اساس مهمترین ریسک‌های شناسایی شده، برای محاسبه هر یک از سه شاخص ارزیابی ریسک در مدل FMEA (شدت اثر، احتمال تشخیص و نیز احتمال وقوع)، پرسشنامه‌ای تهیه و تنظیم شد که روایی آن از طریق مشورت با افراد خبرگان تایید شد. همچنین از ضریب آلفای کرونباخ با استفاده از نرم افزار SPSS برای سنجش پایایی آنها استفاده شد.
تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از افراد نمونه در زمینه شناسایی مهمترین ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه‌ها، به روش ارزیابی نظرات و انتخاب ریسک‌ها بر مبنای فراوانی بوده و محاسبه میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها با استفاده از EXCEL انجام شد که نتایج آن در بخش بعد به تفصیل تشریح خواهد شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از افراد نمونه، جهت محاسبه عدد ریسک پذیری هر کدام از عوامل شناسایی شده بر حسب زمان (RNP_T)، از روش‌های مبتنی بر مدیریت ریسک در حالت Fuzzy استفاده شد. برای این منظور بر اساس فراوانی پاسخ‌ها، واژگان کلامی را به اعداد فازی تبدیل نموده و برای هر کدام از ریسک‌ها میانگین فازی محاسبه می‌گردد. برای پیدا کردن ریسک‌های عمده نیاز به محاسبه RPN داریم. برای این کار ابتدا باید عملیات دیفازی کردن برای تک تک ریسک‌ها انجام شود. در مرحله بعد باید پاسخ‌های داده شده به هر ریسک، وارد نرم افزار EXCEL گردید تا از طریق فرمول RPN=S×D×O، عدد ریسک پذیری هر کدام از آنها (RPN) محاسبه گردید.
در انتها با استفاده از روش TOPSIS به رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، اقدام گردید. برای این منظور، سه معیار ریسک FMEA (شدت اثر، احتمال تشخیص و احتمال وقوع)، به عنوان شاخص، و ریسک‌های شناسایی شده به عنوان گزینه در نظر گرفته شد. وزن هر یک از شاخص‌ها نیز بر اساس تکنیک آنتروپی شانن محاسبه گردید.
لذا این تحقیق سعی کرده است با استفاده همزمان از مدل FMEA (شدت اثر، احتمال تشخیص و نیز احتمال وقوع) و آنتروپی شانون و منطق فازی یک چارچوب نوینی را برای استخراج و اولویت بندی مخاطرات موثر بر مدت زمان تکمیل پروژه‌ها ارائه دهد.

3. تجزیه و تحلیل داده ها

شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی: این شرکت به عنوان یک واحد کسب و کار از مجموعه واحد های تابعه شرکت هولدینگ توسعه نیشکر و صنایع جانبی محسوب می شود. در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی محوریت فعالیت در صنعت نیشکر تعریف شده و برنامه تولیدی نیز در راستای اهداف کلان و برنامه بلند مدت در شرکت و منطبق با استراتژی های کلی شرکت مادر[19] تعیین می گردد. این شرکت با مساحتی درحدود 12000 هکتار در اراضی شرق رودخانه کارون در 25 کیلومتری جنوب شرق جاده اهواز – آبادان در استان خوزستان واقع شده است. این کارخانه با ظرفیت پذیرش و عصاره گیری یک میلیون تن نیشکر در سال، قادر است 100000 تن شکر زرد و 175000 تن شکر سفید تولید و بسته بندی نماید.

در این پژوهش جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS استفاده گردید. پس از شناسایی کلیه ریسک‌های تاخیر در تکمیل پروژه‌های شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی توسط خبرگان، به منظور اعمال رویکرد FMEA پرسشنامه‌ای تهیه گردید که بر اساس آن هر کدام از ریسک‌ها از سه منظر شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال تشخیص، مورد سنجش قرار می‌گیرند. برای محاسبه میزان شدت اثر، احتمال تشخیص و نیز احتمال وقوع هر یک از ریسک‌های شناسایی شده، پرسشنامه‌ای تهیه و تنظیم شد که روایی آن از طریق مشورت با افراد خبره تایید شد. گویه‌های این پرسشنامه‌ها همان ریسک‌های شناسایی شده هستند که تعداد آنها 27 مورد می‌باشد. برای سنجش میزان هر ریسک از طیف پنج درجه‌ای لیکرت (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد،بسیار زیاد) استفاده گردید.

یافته‌های مربوط به پرسشنامه ریسک: همان طور که پیشتر ذکر گردید از طریق مطالعات مستندات پروژه‌ها، نشریات و مقالات منتشر شده در زمینه ریسک، و همچنین برگزاری مصاحبه و اجرای روش دلفی با خبرگان، تعداد 32 ریسک شناسایی شد که پس از بازنگری، این تعداد به 27 ریسک تقلیل یافت که در جدول (1)قابل مشاهده است. لازم به توضیح است که در مرحله بازنگری، هیچکدام از ریسک‌های شناسایی شده‌ی اولیه حذف نگردید بلکه به دلیل نزدیکی و ارتباط معنایی، برخی از ریسک‌ها با یکدیگر تلفیق شدند.

جدول(1) . ریسک‌های شناسایی شده

کد ریسک	شرح
R1	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)
R2	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی
R3	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه
R4	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما
R5	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی
R6	تحریم ها
R7	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها
R8	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی
R9	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی
R10	نوسانات نرخ ارز
R11	نوسانات قیمت مواد اولیه
R12	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب
R13	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی
R14	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی
R15	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت
R16	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی
R17	کمبود نیروی انسانی
R18	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)
R19	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب
R20	وجود معارض فنی
R21	وجود معارض قضایی
R22	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه
R23	وقوع حوادث طبیعی
R24	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب
R25	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی
R26	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه
R27	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه

در مرحله بعد طبق راهنمای PMBOK نسبت به تهیه ساختار شکست ریسک (RBS) مطابق جدول (2) اقدام گردید. بر این اساس ریسک‌های شناسایی شده در پنج دسته شامل ریسک‌های فنی کیفیتی و عملکردی، ریسک‌های مدیریت پروژه، ریسک‌های سازمانی، ریسک‌های خارجی و ریسک‌های مربوط به حوادث قهری طبقه بندی شدند. به هر یک از ریسک‌ها نیز یک کد تخصیص داده شد.

جدول (2) . ساختار شکست ریسک

دسته	کد ریسک	شرح
ریسک‌های فنی، کیفیتی و عملکردی	R16	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی
	R20	وجود معارض فنی
	R24	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب
	R25	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی
ریسک‌های مدیریت پروژه	R1	عدم جامعیت برنامه زمانبندی
	R2	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی
	R3	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه
	R4	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما
	R5	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی
	R12	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب
	R13	عدم پایبندگی به برنامه زمانبندی
	R14	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی
	R15	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت
	R17	کمبود نیروی انسانی
	R18	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)
	R22	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه
	R27	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه
ریسک‌های سازمانی	R9	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی
	R26	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه
ریسک‌های خارجی	R6	تحریم ها
	R7	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها
	R8	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی
	R10	نوسانات نرخ ارز
	R11	نوسانات قیمت مواد اولیه
	R19	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب
	R21	وجود معارض قضایی
ریسک‌های مربوط به حوادث قهری	R23	وقوع حوادث طبیعی

در مرحله بعد از طریق مشورت با خبرگان، سه پرسشنامه تهیه گردید که در هرکدام از آنها ریسک‌های شناسایی شده، بر اساس معیارهای سه‌گانه ریسک در FMEA (شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال تشخیص) از طریق طیف پنج درجه‌ای لیکرت (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد) سنجیده شد. پس از آماده شدن پرسشنامه، روایی آن از طریق مشورت با خبرگان تائید گردید. سپس پرسشنامه‌ها بین افراد نمونه توزیع شده و پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها، جهت بدست آوردن پایایی آن، داده‌های جمع آوری شده وارد نرم افزار SPSS شده و ضریب آلفای کرونباخ برای پرسشنامه شدت اثر (S) برابر 0/849 و برای پرسشنامه احتمال وقوع (O) برابر 0/882 و برای پرسشنامه احتمال تشخیص (D) برابر 0/882 بود که همگی بالاتر از 0/7 بوده و لذا پایایی پرسشنامه نیز مورد تائید قرار گرفت.(جدول(3))

جدول (3). ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال تشخیص

Reliability Statistics for S

	Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
شدت اثر	.849	.855	27
احتمال وقوع	.882	.868	27
احتمال تشخیص	.882	.871	27

تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی: برای رتبه بندی ریسک‌ها بر اساس روش تاپسیس فازی که یکی از اهداف این پژوهش است، لازم است که ابتدا واژگان زبانی به کار رفته در پرسشنامه‌ها به اعداد فازی تبدیل شوند تا بتوان اعداد فازی مربوط به هر ریسک را محاسبه نمود. چن و هوانگ مقیاس‌های مختلفی را از نظر تعداد واژه‌های زبانی و اعداد فازی مربوطه پیشنهاد کرده‌اند (مومنی، 1392، 232). برای انتخاب مقیاسی که بتوان از آن استفاده کرد، باید بر حسب تعداد واژگان زبانی که تصمیم گیرنده یا تصمیم گیرندگان استفاده می‌کنند اقدام نمود. بنابراین از آنجائیکه واژگان زبانی مورد استفاده در پرسشنامه‌های این پژوهش بر اساس طیف پنج درجه‌ای لیکرت (بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم) می‌باشد، برای شاخص‌های شدت اثر و احتمال وقوع، از مقیاس نشان داده شده در جدول (4) و برای شاخص احتمال تشخیص از مقیاس نشان داده شده در جدول(5) استفاده گردید. با توجه به این مقیاس‌ها، از اعداد فازی مثلثی استفاده گردید. لازم به ذکر است که شاخص‌های شدت اثر و احتمال وقوع جنبه مثبت داشته و شاخص احتمال تشخیص دارای جنبه منفی می‌باشد. بنابراین مقیاس مربوط به شاخص احتمال تشخیص بر عکس مقیاس مربوط به شاخص‌های شدت اثر و احتمال وقوع است.

جدول (4) . اعداد فازی برای شاخص‌های شدت اثر و احتمال وقوع

متغیر زبانی	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
عدد فازی	(.1، .1، 0/75)	(.1، 0/75، 0/5)	(0/75، 0/5، 0/25)	(0/5، 0/25، 0/0)	(0/25، 0/0، 0/0)

جدول (5) . اعداد فازی برای شاخص احتمال تشخیص

متغیر زبانی	خیلی کم	کم	متوسط	خیلی زیاد	زیاد
عدد فازی	(.1، .1، 0/75)	(.1، 0/75، 0/5)	(0/75، 0/5، 0/25)	(0/5، 0/25، 0/0)	(0/25، 0/0، 0/0)

میزان فراوانی پاسخ‌ها به صورت جدول (6) می‌باشد.

جدول (6) . میزان فراوانی پاسخ‌ها

کد ریسک	شرح	شدت اثر					احتمال وقوع					احتمال تشخیص				
		VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
R1	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)	0	5	7	5	5	1	7	8	4	1	2	8	2	9	0
R2	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی	2	4	10	5	0	2	8	6	5	1	0	8	6	7	1
R3	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه	1	4	7	6	4	1	6	10	4	1	1	7	6	7	0
R4	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما	0	7	8	6	1	1	6	10	4	1	2	5	4	8	3
R5	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی	1	4	6	11	0	3	7	5	7	0	1	3	10	6	2
R6	تحریم ها	0	1	4	9	7	1	2	1	14	3	0	4	0	12	3
R7	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها	1	2	4	8	7	0	1	5	12	4	0	5	7	9	1
R8	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی	0	0	11	11	0	0	2	6	13	1	1	1	9	9	2
R9	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی	0	0	1	14	7	0	0	6	11	5	0	5	9	6	2
R10	نوسانات نرخ ارز	1	2	7	9	3	0	2	7	11	2	2	2	7	5	1
R11	نوسانات قیمت مواد اولیه	1	2	5	11	3	0	1	9	12	0	1	5	11	5	0
R12	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب	0	1	12	7	2	0	3	13	5	1	1	6	7	8	0
R13	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی	0	3	10	5	4	0	4	10	4	4	2	7	6	5	2
R14	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی	0	5	9	5	3	1	6	10	3	2	1	6	9	5	0
R15	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت	1	2	8	7	4	1	7	7	4	3	1	5	13	2	0
R16	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی	1	9	5	5	2	3	6	8	2	3	2	6	9	2	3
R17	کمبود نیروی انسانی	1	3	10	7	1	2	6	8	7	0	0	5	4	12	1
R18	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)	0	3	5	12	2	1	8	8	4	1	0	8	5	9	0
R19	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب	1	8	6	6	1	4	6	7	4	1	3	4	5	9	1
R20	وجود معارض فنی	0	4	8	7	3	1	8	9	2	2	3	6	6	5	2
R21	وجود معارض قضایی	0	4	8	4	5	2	11	5	1	2	5	6	6	4	2
R22	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه	0	2	7	7	6	1	4	9	5	3	2	4	7	7	2
R23	وقوع حوادث طبیعی	2	3	10	6	1	4	8	4	3	2	3	7	4	3	1
R24	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب	1	6	9	4	2	0	9	7	3	3	3	6	7	4	2
R25	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی	0	8	4	5	5	3	6	5	6	2	2	5	8	4	3
R26	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه	1	3	7	7	4	1	3	9	5	4	1	4	8	7	2
R27	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه	0	1	9	3	2	3	10	3	5	1	4	5	5	8	0

در این مرحله می‌بایست بر اساس فراوانی پاسخ‌ها، واژگان کلامی را به اعداد فازی تبدیل نموده و برای هر کدام از ریسک‌ها میانگین فازی را طبق فرمول زیر محاسبه کرد:

$$E_{ij} = \frac{1}{m} \times (E_{ij}^{1} + E_{ij}^{2} + \cdots + E_{ij}^{m})$$

که در این فرمول E_{ij} ارزیابی کلی گزینه iام از نظر شاخص jام و m تعداد پاسخ دهندگان می‌باشد.

E_{ij} را می‌توان به صورت یک عدد فازی مثلثی نشان داد:

$$E_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij})$$

سه نقطه‌ی عدد مثلثی بنا به پیشنهاد "باکلی[20]" در سال 1985 به شکل زیر قابل محاسبه است:

$$LE_{ij} = (\sum_{k=1}^{m} LE_{ij}^{k})/m$$

$$ME_{ij} = (\sum_{k=1}^{m} ME_{ij}^{k})/m$$

$$UE_{ij} = (\sum_{k=1}^{m} UE_{ij}^{k})/m$$

به عنوان مثال برای ریسک R1 با عنوان "اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)" در پرسشنامه شدت اثر، بر اساس میزان فراوانی پاسخ‌ها داریم:

$$\tilde{R}_1 = \frac{1}{22}\big(0 \times (0,0,0.25)\big) + \big(5 \times (0,0.25,0.5)\big) + \big(7 \times (0.25,0.5,0.75)\big) + \big(5 \times (0.5,0.75,1)\big) + \big(5 \times (0.75,1,1)\big) = (0.36,0.61,0.81)$$

به طریق مشابه برای کلیه ریسک‌ها در هر سه پرسشنامه عمل می‌کنیم. نتیجه مطابق جدول (7) می‌باشد.

جدول(7). نتیجه نهایی فازی سازی سه پرسشنامه احتمال وقوع، احتمال تشخیص، شدت اثر

کد ریسک	شرح	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص
R۱	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)	(0.36 , 0.61 , 0.81)	(0.22 , 0.44 , 0.67)	(0.27 , 0.51 , 0.73)
R۲	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی	(0.23 , 0.44 , 0.68)	(0.22 , 0.44 , 0.68)	(0.25 , 0.49 , 0.74)
R۳	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه	(0.35 , 0.59 , 0.80)	(0.24 , 0.48 , 0.72)	(0.26 , 0.50 , 0.73)
R۴	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما	(0.26 , 0.51 , 0.75)	(0.24 , 0.48 , 0.72)	(0.23 , 0.44 , 0.67)
R۵	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی	(0.32 , 0.56 , 0.81)	(0.22 , 0.43 , 0.68)	(0.22 , 0.44 , 0.68)
R۶	تحریم ها	(0.49 , 0.73 , 0.89)	(0.43 , 0.66 , 0.86)	(0.11 , 0.32 , 0.56)
R۷	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها	(0.47 , 0.70 , 0.88)	(0.47 , 0.72 , 0.92)	(0.19 , 0.43 , 0.68)
R۸	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی	(0.38 , 0.63 , 0.88)	(0.40 , 0.65 , 0.89)	(0.16 , 0.39 , 0.63)
R۹	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی	(0.57 , 0.82 , 0.99)	(0.49 , 0.74 , 0.93)	(0.22 , 0.44 , 0.69)
R۱۰	نوسانات نرخ ارز	(0.39 , 0.63 , 0.84)	(0.40 , 0.65 , 0.88)	(0.31 , 0.55 , 0.77)
R۱۱	نوسانات قیمت مواد اولیه	(0.41 , 0.65 , 0.86)	(0.38 , 0.63 , 0.88)	(0.27 , 0.52 , 0.76)
R۱۲	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب	(0.36 , 0.61 , 0.84)	(0.30 , 0.55 , 0.78)	(0.25 , 0.50 , 0.74)
R۱۳	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی	(0.36 , 0.61 , 0.82)	(0.34 , 0.59 , 0.80)	(0.30 , 0.52 , 0.75)
R۱۴	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی	(0.32 , 0.57 , 0.78)	(0.25 , 0.49 , 0.72)	(0.27 , 0.51 , 0.74)
R۱۵	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت	(0.39 , 0.63 , 0.83)	(0.27 , 0.51 , 0.73)	(0.30 , 0.53 , 0.76)
R۱۶	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی	(0.24 , 0.48 , 0.70)	(0.24 , 0.45 , 0.67)	(0.31 , 0.52 , 0.75)
R۱۷	کمبود نیروی انسانی	(0.31 , 0.55 , 0.78)	(0.23 , 0.45 , 0.70)	(0.16 , 0.40 , 0.65)
R۱۸	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)	(0.40 , 0.65 , 0.88)	(0.22 , 0.45 , 0.69)	(0.24 , 0.49 , 0.74)
R۱۹	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب	(0.24 , 0.48 , 0.72)	(0.20 , 0.41 , 0.65)	(0.25 , 0.49 , 0.70)
R۲۰	وجود معارض فنی	(0.35 , 0.60 , 0.82)	(0.22 , 0.45 , 0.68)	(0.31 , 0.53 , 0.75)
R۲۱	وجود معارض قضایی	(0.35 , 0.59 , 0.77)	(0.15 , 0.36 , 0.58)	(0.36 , 0.59 , 0.78)
R۲۲	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه	(0.44 , 0.69 , 0.88)	(0.32 , 0.56 , 0.77)	(0.24 , 0.47 , 0.69)
R۲۳	وقوع حوادث طبیعی	(0.28 , 0.51 , 0.75)	(0.18 , 0.38 , 0.59)	(0.41 , 0.65 , 0.82)
R۲۴	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ایهام در نقشه های نصب	(0.26 , 0.50 , 0.73)	(0.25 , 0.50 , 0.72)	(0.32 , 0.55 , 0.76)
R۲۵	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی	(0.33 , 0.58 , 0.77)	(0.26 , 0.48 , 0.70)	(0.27 , 0.49 , 0.72)
R۲۶	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه	(0.38 , 0.61 , 0.82)	(0.35 , 0.59 , 0.80)	(0.22 , 0.44 , 0.68)
R۲۷	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه	(0.24 , 0.41 , 0.56)	(0.18 , 0.40 , 0.64)	(0.31 , 0.56 , 0.76)

محاسبه RPN : برای پیدا کردن ریسک‌های عمده نیاز به محاسبه RPN داریم. برای این کار ابتدا باید با استفاده از فرمول زیر عملیات دیفازی کردن را برای تک تک ریسک‌ها در هر پرسشنامه انجام دهیم.

$$CA_{ij} = \frac{[(UE_{ij} - LE_{ij}) + (ME_{ij} - LE_{ij})]}{3} + LE_{ij} \qquad , \qquad \forall i,j$$

به عنوان مثال عملیات دیفازی کردن ریسک $\tilde{R}_1$ در پرسشنامه شدت اثر به صورت زیر می‌باشد:

$$\tilde{R}_1 = (0.36, 0.61, 0.81)$$

$$\begin{cases} LE_{\tilde{R}_1} = 0.36 \\ ME_{\tilde{R}_1} = 0.61 \\ UE_{\tilde{R}_1} = 0.81 \end{cases}$$

$$CA_{\tilde{R}_1} = \left(\frac{(0.81 - 0.36) + (0.61 - 0.36)}{3}\right) + 0.36 \cong 0.595$$

به طریق مشابه کلیه‌ی اعداد فازی ریسک‌های مربوط به هر سه پرسشنامه دیفازی گردید. نتیجه مطابق جدول (8) بود.

جدول(8). ریسک‌های دیفازی شده

کد ریسک	شرح	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص
R۱	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)	0.595	0.443	0.504
R۲	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی	0.451	0.447	0.492
R۳	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه	0.580	0.477	0.496
R۴	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما	0.508	0.477	0.447
R۵	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی	0.561	0.443	0.447
R۶	تحریم ها	0.701	0.652	0.330
R۷	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها	0.682	0.701	0.436
R۸	نشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی	0.625	0.644	0.390
R۹	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی	0.792	0.720	0.451
R۱۰	نوسانات نرخ ارز	0.617	0.640	0.542
R۱۱	نوسانات قیمت مواد اولیه	0.640	0.625	0.519
R۱۲	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب	0.606	0.542	0.496
R۱۳	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی	0.598	0.576	0.523
R۱۴	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی	0.557	0.485	0.508
R۱۵	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت	0.614	0.504	0.530
R۱۶	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی	0.473	0.455	0.527
R۱۷	کمبود نیروی انسانی	0.545	0.462	0.402
R۱۸	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)	0.640	0.455	0.489
R۱۹	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب	0.477	0.420	0.481
R۲۰	وجود معارض فنی	0.591	0.451	0.530
R۲۱	وجود معارض قضایی	0.572	0.364	0.580
R۲۲	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه	0.670	0.549	0.466
R۲۳	وقوع حوادث طبیعی	0.515	0.383	0.625
R۲۴	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب	0.496	0.489	0.542
R۲۵	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی	0.561	0.481	0.492
R۲۶	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه	0.602	0.580	0.447
R۲۷	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه	0.402	0.405	0.542

در مرحله بعد پاسخ‌های داده شده به هر ریسک، وارد نرم افزار EXCEL گردید تا از طریق فرمول RPN=S×D×O، عدد ریسک پذیری هر کدام از آنها (RPN) محاسبه گردد. به عنوان مثال برای ریسک $\tilde{R}_9$ شدت اثر (S) برابر است با 0/79، احتمال وقوع (O) برابر است با 0/72 و احتمال تشخیص (D) برابر است با 0/45. در نتیجه RPN به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$RPN_{R_9} = 0.79 \times 0.72 \times 0.45 \cong 0.257$$

به طریق مشابه عدد RPN برای کلیه‌ی ریسک‌ها محاسبه گردید. نتیجه مطابق جدول (9) بود.

جدول9. عدد ریسک پذیری (RPN)

کد ریسک	شرح	RPN
R۱	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی (عدم جامعیت برنامه زمانبندی)	0.133
R۲	طولانی شدن پروسه تدوین برنامه زمانبندی	0.099
R۳	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه	0.137
R۴	عدم انطباق بین وندور لیست (لیست تامین کنندگان) پیمانکاران با وندور لیست کارفرما	0.108
R۵	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی	0.111
R۶	تحریم ها	0.150
R۷	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها	0.208
R۸	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی	0.157
R۹	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی	0.257
R۱۰	نوسانات نرخ ارز	0.214
R۱۱	نوسانات قیمت مواد اولیه	0.208
R۱۲	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات، کارشناسان تامین تجهیزات، و سایت نصب	0.163
R۱۳	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی	0.180
R۱۴	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی	0.137
R۱۵	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت	0.164
R۱۶	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی	0.113
R۱۷	کمبود نیروی انسانی	0.101
R۱۸	کمبود ماشین آلات (جرثقیل، ...)	0.142
R۱۹	طولانی بودن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب	0.097
R۲۰	وجود معارض فنی	0.141
R۲۱	وجود معارض قضایی	0.121
R۲۲	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه	0.172
R۲۳	وقوع حوادث طبیعی	0.123
R۲۴	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب	0.131
R۲۵	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی	0.133
R۲۶	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه	0.156
R۲۷	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه	0.088

در این مرحله به نوعی رتبه بندی اولیه بر اساس FMEA دست یافتیم. اما از آنجایی که FMEA برای تجزیه و تحلیل حالات خرابی در مسائل مربوط به تعمیرات کارخانجات کاربرد دارد، نمی‌توان از آن بعنوان روش مناسبی برای رتبه بندی ریسک‌های پروژه استفاده نمود. بنابراین تنها برای محاسبه میزان ریسک‌پذیری هر گویه و همچنین شناسایی ریسک‌های عمده، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر همین اساس، ریسک‌های از طریق عدد ریسک پذیری مشخص شد بدین ترتیب که از ریسک‌های R2 و R19 و R27 به دلیل اینکه عدد ریسک پذیری بسیار کمی داشتند صرفنظر شد. در انتها تعداد ریسک‌های باقیمانده به 24 مورد تقلیل یافت.

محاسبه آنتروپی شانن: در این مرحله وزن هر یک از شاخص‌ها بر اساس تکنیک آنتروپی شانن[21] محاسبه شد. آنتروپی یک مفهوم بسیار با اهمیت در علوم اجتماعی، فیزیک و تئوری اطلاعات می‌باشد. وقتی که داده‌های یک ماتریس تصمیم گیری،

بطور کامل مشخص شده باشد، می‌توان از روش آنتروپی، برای ارزیابی وزنها استفاده کرد. ایده روش فوق این است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. آنتروپی در نظریه‌ی اطلاعات، یک معیار عدم اطمینان است که با توزیع احتمال مشخص $\mathbf{P_i}$ بیان می‌شود (مومنی، 1392، 14). اندازه گیری این عدم اطمینان (E_i)، توسط شانن، بصورت زیر بیان شده است:

$$E_i = -k \sum_{i=1}^{m} [P_i \ln P_i]$$

K مقداری ثابت است و به منظور اینکه $\mathbf{E_i}$ بین صفر و یک باشد، اعمال می‌شود (مومنی، 1392، 14).

E از توزیع احتمال $\mathbf{P_i}$ بر اساس مکانیزم آماری، محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی $\mathbf{P_i}$ها با یکدیگر (یعنی $\mathbf{P_i = \frac{1}{n}}$)، ماکزیمم مقدار ممکن خواهد بود که بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$-k \sum_{i=1}^{n} P_i - \ln P_i = -k \left\{ \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} \cdots \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \right\} = -k \left\{ \ln \frac{1}{n} \left(\frac{n}{n} \right) \right\} = -k \times \ln \frac{1}{n}$$

K به عنوان مقدار ثابت، بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$k = \frac{1}{\ln(m)}$$

ماتریس تصمیم گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند بعنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. فرض کنید که ماتریس تصمیم گیری، به صورت $A_{m \times n} [a_{ij}]$ باشد که در آن a_{ij} مقدار شاخص j در گزینه i می‌باشد. با استفاده از این ماتریس، $\mathbf{P_{ij}}$ بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ; \quad \forall_{i,j}$$

و آنتروپی شاخص jام ($\mathbf{E_j}$) بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} [P_{ij} \ln P_{ij}] \quad ; \quad \forall_j$$

عدم اطمینان یا درجه انحراف ($\mathbf{d_j}$) از اطلاعات بدست آمده برای شاخص j، بیان می‌کند که شاخص مربوطه (j)، چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری، در اختیار تصمیم گیرنده قرار می‌دهد. مقدار ($\mathbf{d_j}$) بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\mathbf{d_j = 1 - E_j} \quad ; \quad \forall_j$$

سپس مقدار وزن W_j بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\mathbf{W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}} \quad ; \quad \forall_j$$

برای شروع محاسبات روش‌های تصمیم‌گیری ابتدا باید ماتریس تصمیم را تشکیل داد. طبق توضیحات داده شده، اوزان شاخص‌ها بر اساس آنتروپی شانن محاسبه شد. برای این کار ابتدا می‌بایست P_{ij} را از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ; \quad \forall_{ij}$$

نتیجه در جدول (10) نشان داده شده است.

سپس آنتروپی شاخص‌ها (E_j) را بصورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} [P_{ij} \ln P_{ij}] \quad ; \quad \forall j$$

که در این رابطه، عدد ثابت k بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$k = \frac{1}{\ln(m)} = \frac{1}{\ln(24)} = 0.315$$

در مرحله بعد، عدم اطمینان یا درجه انحراف (d_j) از اطلاعات بدست آمده برای شاخص‌ها بصورت زیر بدست می‌آید:

$$d_j = 1 - E_j \quad ; \quad \forall j$$

نتیجه مطابق جدول (11) می‌باشد:

جدول (10) . محاسبه P_{ij}

	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص
R1	0.0415	0.0352	0.0430
R3	0.0404	0.0379	0.0424
R4	0.0354	0.0379	0.0382
R5	0.0391	0.0352	0.0382
R6	0.0489	0.0517	0.0281
R7	0.0475	0.0556	0.0372
R8	0.0436	0.0511	0.0333
R9	0.0552	0.0571	0.0385
R10	0.0431	0.0508	0.0462
R11	0.0446	0.0496	0.0443
R12	0.0423	0.0430	0.0424
R13	0.0417	0.0457	0.0446
R14	0.0388	0.0385	0.0433
R15	0.0428	0.0400	0.0453
R16	0.0330	0.0361	0.0449
R17	0.0380	0.0367	0.0343
R18	0.0446	0.0361	0.0417
R20	0.0412	0.0358	0.0453
R21	0.0399	0.0289	0.0495
R22	0.0468	0.0436	0.0398
R23	0.0359	0.0304	0.0533
R24	0.0346	0.0388	0.0462
R25	0.0391	0.0382	0.0420
R26	0.0420	0.0460	0.0382

جدول (11) . محاسبه d_j

احتمال تشخیص	احتمال وقوع	شدت اثر
0.00153	0.00401	0.00098

در نهایت اوزان از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شوند:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \quad ; \quad \forall_j$$

نتیجه مطابق جدول(12)می‌باشد:

جدول (12). محاسبه وزن‌ها

احتمال تشخیص	احتمال وقوع	شدت اثر
23.4707%	61.4704%	15.0589%

مجموع ساده وزنی فازی: مدل مجموع ساده وزنی یعنی SAW یکی از ساده ترین روشهای تصمیم گیری چندشاخصه است. به طوری که با محاسبه اوزان شاخص‌ها (W_j) می‌توان مناسب‌ترین گزینه را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$A^* = \left\{ A_i \middle| max \frac{\sum_j w_j r a_{ij}}{\sum_j w_j} \right\}$$

در این مدل رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس اوزان به دست آمده از آن‌ها، با توجه به رابطه بالا خواهد بود. بدین ترتیب گزینه‌ای ارجح خواهد بود که وزنش بالاتر از سایر گزینه‌ها باشد.

تاپسیس فازی: همان طور که پیش‌تر شرح داده شد مدل تاپسیس یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط هوانگ و یون در سال 1981 ارایه شد (مومنی، 1392، 24). اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشتری فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد (مومنی، 1392، 24). برای حل مسایل با این روش مراحل ذیل را باید طی کنیم.

1- کمی کردن و بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم: برای بی‌مقیاس سازی از روش بی‌مقیاس سازی فازی استفاده می‌کنیم به این صورت که اگر شاخص مثبت باشد از فرمول زیر استفاده می‌کنیم (مومنی، 1392، 24).

$$n_{ij} = \frac{a_{ij} - a_{ij}^{Min}}{a_{ij}^{Max} - a_i^{Min}}$$

و اگر شاخص دارای جنبه‌ی منفی باشد از فرمول زیر استفاده می‌کنیم (مومنی، 1392، 24).

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}^{Max} - a_{ij}}{a_{ij}^{Max} - a_i^{Min}}$$

بنابراین بی‌مقیاس سازی به روش فازی مطابق فرمول‌های فوق انجام گرفت.

2-محاسبه ماتریس بی‌مقیاس وزنی: برای این کار درایه‌های ماتریس بی‌مقیاس شده را در وزن شاخص مربوطه ضرب می‌کنیم.

تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی: بهترین مقدار (ایده‌آل مثبت) برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقدار و برای شاخص‌های منفی کوچک‌ترین مقدار است و بدترین مقدار (ایده‌آل منفی) برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقدار و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقدار است. لازم به ذکر است که شاخص‌های شدت اثر و احتمال وقوع جنبه مثبت و شاخص احتمال تشخیص جنبه منفی دارد.

بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه با ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدوسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (d_j^+) و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_j^-) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m$$

لازم به ذکر است که برای تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) یک گزینه به راه حل ایده‌آل، از این رابطه استفاده می‌شود:

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است. جدول (13) نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها را نمایش می دهد.

تکنیک تاکسونومی: تکنیکی است که ضمن بررسی همگنی گزینه‌ها در صورت ضرورت m گزینه را به k دسته همگن طبقه-بندی می‌کند. این تکنیک در دو فاز انجام می‌شود بدین صورت که در فاز یک، همگنی گزینه‌ها بررسی می‌شود و در فاز دوم روش کلاسیک تاکسونومی گزینه‌های همگن بر اساس شاخص نزدیکی نسبی به صورت زیر رتبه‌بندی می‌شوند.

$$C_i^- = \frac{d_i^+}{\overline{d}_i^+ + 2\sigma_{d^+}}$$

در این مدل هر چه C_i^- کمتر باشد گزینه مورد نظر در اولویت است.

جدول(13). رتبه بندی گزینه‌ها

کد ریسک	SAW		TOPSIS		TAXONOMY		ELECTRE
	W_i	رتبه	CL	رتبه	C_i^-	رتبه	
R1	0,4737	20	0,2837	20	0,3237	25	21
R2	0,371	26	0,2310	5	0,471	6	17
R3	0,5497	15	0,3497	15	0,5297	13	15
R4	0,5404	16	0,3204	16	0,3904	21	18
R5	0,4981	18	0,2481	23	0,3781	22	20
R6	0,819	5	0,6690	6	0,679	10	7
R7	0,9171	3	0,7971	2	0,9981	1	1
R8	0,7818	7	0,6818	5	0,7518	5	4
R9	0,9721	1	0,8321	1	0,9521	2	2
R10	0,9001	4	0,7501	3	0,900	3	3
R11	0,9624	2	0,7124	4	0,7924	4	6
R12	0,7032	9	0,5032	10	0,7132	7	5
R13	0,7823	6	0,5923	7	0,7223	6	8
R14	0,5789	14	0,3689	13	0,4089	20	14
R15	0,6184	11	0,4284	11	0,6384	11	10
R16	0,4865	19	0,3065	18	0,4665	17	25
R17	0,3711	25	0,2711	21	0,2711	26	23
R18	0,4564	22	0,3064	19	0,4464	19	16
R19	0,348	27	0,2280	26	0,268	27	27
R20	0,4626	21	0,3126	17	0,4726	15	19
R21	0,433	24	0,2330	24	0,463	18	24
R22	0,6791	10	0,5191	9	0,6791	9	9
R23	0,501	17	0,2710	22	0,371	23	22
R24	0,5862	12	0,3862	11	0,5162	14	12
R25	0,5841	13	0,3541	14	0,5641	12	11
R26	0,7237	8	0,5737	9	0,6837	8	13
R27	0,455	23	0,2250	27	0,335	24	26

باتوجه به اینکه هر یک از این تکنیک‌ها یکسری نقاط ضعف و قوت دارند، در این پژوهش برای اجماع در رتبه‌بندی‌های گوناگون از یک روش ادغامی تحت عنوان روش کپ‌لند استفاده شده است که در ادامه به توضیح مختصری از این تکنیک پرداخته می‌شود.

تکنیک کپ‌لند: این روش، تعداد بردها و تعداد باختها را برای هر مولفه مشخص می‌کند. این موضوع، در مثال زیر نشان داده شده است. فرض کنید چهار روش رتبه‌بندی TAXONOMY و ELECTRE ، TOPSIS، SAW را برای مسأله‌ای استفاده کرده و نتایجی به شرح جدول زیر گرفته ایم(جدول شماره 14)

جدول (14). رتبه بندی گزینه‌ها با چهار روش مختلف

گزینه	روشهای MADM			
	SAW	TOPSIS	ELECTRE	TAXONOMY
A_1	1	2	1	4
A_2	2	1	2	1
A_3	3	3	4	2
A_4	4	4	3	3

برای مثال، اگر به داده‌های جدول (13) برگردیم؛ روشهای مختلفی که A_1 را بر A_4 ترجیح می‌دهند سه روش هستند (SAW ، TOPSIS، ELECTRE) به همین ترتیب، ملاحظه می‌شود تنها یک روش است که A_4 را بر A_1 ترجیح می‌دهد (TAXONOMY).تعداد روشهایی که A_1 را بر A_4 ترجیح می‌دهند بیشتر از تعداد روشهایی است که A_4 را بر A_1 ترجیح می‌دهند. بنابراین طبق اکثر روش‌ها، A_1 را بر A_4 ترجیح دارد و این مورد را در مقایسه زوجی با M نشان می‌دهیم. اگر در این مقایسه زوجی رای اکثریت وجود نداشت و یا آرا با هم مساوی بود، آن را با X کدگذاری می‌کنیم. M به منزله این است که سطر بر ستون ارجحیت دارد و X به منزله این است که ستون بر سطر ارجحیت دارد. مجدداً داده‌های مثال قبل را در نظر بگیرید. با روش کپ‌لند گزینه‌ها را دو به دو با هم مقایسه گردیده و نتایج در جدول (15)آورده شده است.

جدول (15). قاعده اکثریت

	A_1	A_2	A_3	A_4	$\sum C$
A_1	-	X	M	M	2
A_2	X	-	M	M	2
A_3	X	X	-	M	1
A_4	X	X	X	-	0
$\sum R$	0	0	2	3	

هر مقایسه زوجی به صورت جداگانه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ستون آخر جدول(ΣC) تعداد بردها را برای هر معیار نشان میدهد. همچنین سطر آخر جدول (ΣR) . تعداد باختها را برای هر معیار نشان می‌دهد. امتیازی که کپ‌لند به هر گزینه می‌دهد، با کم کردن تعداد باختها (ΣR) از تعداد بردها (ΣC) محاسبه می‌شود. با توجه به مثال قبل و بر اساس روش کپ‌لند امتیاز هر گزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A_1 = \sum C - \sum R = ۳ - ۰ = ۱$$
$$A_2 = ۲ - ۰ = ۲$$
$$A_3 = ۱ - ۲ = -۱$$
$$A_4 = ۱ - ۲ = -۱$$

بنابراین رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها، به صورت $A_1 = A_2 > A_3 > A_4$ خواهد بود.

با توجه به توضیحات داده شده رتبه‌بندی نهایی عوامل پژوهش حاضر بر اساس کپ‌لند به صورت جدول(16) می‌باشد.

جدول (16). رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها بر اساس روش کپ‌لند

کد	عنوان ریسک	$\sum R$	$\sum C$	$\sum C - \sum R$	رتبه
R1	اشکالات موجود در برنامه زمانبندی(عدم جامعیت برنامه زمانبندی)	22	3	-19	23
R2	طولانی شدن پروسه تدوین زمانبندی	19	3	-16	19
R3	طولانی شدن فاز طراحی و نیز تاخیر بیش از حد فاز طراحی نسبت به برنامه	14	8	-6	14
R4	عدم انطباق بین وندور لیست(لست تامین کنندگان)پیمانکاران با وندورلیست کارفرما	18	5	-13	18
R5	نبود مکانیزم کنترلی دقیق و مناسب جهت کنترل وضعیت اقلام خریدنی	21	3	-18	22
R6	تحریم ها	6	13	7	9
R7	تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمتها	2	22	20	2
R8	تشریفات گمرکی مربوط به ترخیص تجهیزات وارداتی	6	17	11	5
R9	عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی	1	23	22	1
R10	نوسانات نرخ ارز	3	22	19	3
R11	نوسانات قیمت مواد اولیه	5	20	15	4
R12	عدم هماهنگی بین کارگاه ساخت تجهیزات؛کارشناسان تامین تجهیزات و سایت نصب	8	17	9	7
R13	عدم پایبندی به برنامه زمانبندی	7	17	10	6
R14	عدم رعایت روابط پیشنیازی و توالی فعالیت ها در برنامه زمانبندی	14	6	-8	15
R15	عدم تامین تجهیزات مورد نیاز پروژه بر اساس اولویت	11	15	4	12
R16	حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی	19	2	-17	20
R17	کمبود نیروی انسانی	22	1	-21	25
R18	کمبود ماشین آلات (جرثقیل و ...)	17	5	-12	17
R19	طولانی شدن پروسه حمل و نقل تجهیزات تا محل نصب	27	1	-26	27
R20	وجود معارض فنی	16	5	-11	16
R21	وجود معارض قضایی	23	3	-20	24
R22	ضعف پیمانکار در مدیریت تامین و تدارکات پروژه	9	15	6	10
R23	وقوع حوادث طبیعی	21	3	-18	21
R24	دوباره کاری به دلیل اشکالات طراحی و وجود ابهام در نقشه های نصب	11	19	8	8
R25	کار در ارتفاع و شرایط بد آب و هوایی	12	10	-2	13
R26	برآورد نامناسب مدت زمان پروژه	9	14	5	11
R27	تغییر مکرر تیم مدیریت پروژه	26	2	-24	26

با توجه به محاسبات و تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش، جهت تدوین استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های شناسایی شده، پیشنهادهای زیر به مدیریت شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی ارائه می‌شود:

-کاهش مقررات دست و پا گیر و کوتاه کردن فرایند پرداخت به پیمانکاران جهت تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی پروژه‌ها.

-تعریف و اجرایی نمودن پروژه‌های تحقیقاتی جهت امکان سنجی تولید برخی از اقلام مورد نیاز پروژه‌ها که به دلیل وضع تحریم‌های ناعادلانه، تامین آنها با مشکل مواجه است.

-همکاری کارفرما با پیمانکار در مواردی که تیم برنامه ریزی و کنترل پروژه پیمانکار در برآورد مناسب مدت زمان انجام پروژه ضعف دارد.

-افزودن بندهایی به شرایط خصوصی پیمان که پیمانکار را موظف نماید تا نسبت به برنامه زمانبندی مصوب، پایبند بوده و در پیاده سازی دقیق آن اهتمام ورزد.

-برای رعایت روابط پیشنیازی و ترتیب و توالی فعالیتها در برنامه زمانبندی، کارفرما به جای آنکه بررسی برنامه زمانبندی را پس از آماده شدن آن انجام دهد، بهتر است که در حین تهیه و تدوین برنامه زمانبندی، بر پروسه برنامه‌ریزی نظارت دقیق داشته و بررسی‌های لازم را بصورت همزمان انجام دهد.

-کارفرما برای کنترل وضعیت اقلام خریدنی، بهتر است تعدادی افراد متخصص و کارشناس در امور کنترل وضعیت اقلام خریدنی را به استخدام خود در آورد.

-افزودن بندهایی به شرایط خصوصی پیمان که پیمانکار را موظف نماید در مدت زمان معینی نسبت به تدوین برنامه زمانبندی و ارائه آن در کوتاهترین زمان ممکن به کارفرما، اقدام نماید.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی بر این بوده تا با مطالعات گسترده و کسب دانش تئوریک، اطلاعات اولیه مورد نیاز جمع آوری شده و پس از تحلیل و بررسی از طریق بکارگیری تکنیک دلفی، تعدادی ریسک شناسایی شد. هدف اصلی این است که پس شناسایی ریسک‌های موثر بر مدت زمان انجام پروژه‌ها در شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی جهت شناسایی عمده‌ترین‌شان، به رتبه بندی آنها به روش تاپسیس فازی اقدام گردد. در این پژوهش از نرم افزارهای SPSS و EXCEL استفاده شده است.

تعداد 27 ریسک از طریق مطالعات مستندات پروژه‌ها و مقالات منتشر شده در زمینه ریسک، و همچنین برگزاری مصاحبه (اجرای روش دلفی) با خبرگان شناسایی شد. لازم به ذکر است که نخست، 32 ریسک شناسایی شد که پس از بازنگری، این تعداد به 27 ریسک تقلیل یافت. پس از مشورت با خبرگان ، با استفاده از راهنمای PMBOK نسبت به تهیه ساختار شکست ریسک (RBS) اقدام گردید که بر این اساس ریسک‌های شناسایی شده در پنج دسته شامل ریسک‌های فنی کیفیتی و عملکردی، ریسک‌های مدیریت پروژه، ریسک‌های سازمانی، ریسک‌های خارجی و ریسک‌های مربوط به حوادث قهری طبقه بندی شدند.

بر اساس معیارهای سه‌گانه ریسک در FMEA (شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال تشخیص) و با استفاده از طیف پنج درجه‌ای لیکرت (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد) سه پرسشنامه تهیه گردید. پس از آماده شدن پرسشنامه‌ها، روایی آن از طریق مشورت با خبرگان تائید شد و پایایی آن‌ها توسط ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردید. از آنجاییکه رتبه بندی ریسک‌ها بر اساس روش تاپسیس فازی که یکی از اهداف این پژوهش است میباشد، می‌بایست واژه‌های زبانی به اعداد فازی تبدیل شوند. برای این کار از روش فازی مثلثی استفاده شد. طبق فراوانی پاسخ‌ها برای بدست آوردن عدد فازی مربوط به هر پاسخ، محاسبه گردید و سپس از طریق میانگین فازی، برای هر ریسک در هر پرسشنامه یک عدد فازی

محاسبه شد. عملیات دیفازی به روش "مرکز ناحیه" انجام گرفت. از طریق فرمول RPN=S×D×O، عدد ریسک پذیری هر کدام از ریسک‌ها (RPN) محاسبه گردید. سه ریسک R_1، R_{11} و R_{11} که عدد ریسک پذیری کمتری نسبت به دیگر ریسک‌ها داشتند از لیست حذف شدند.

وزن هر یک از شاخص‌ها بر اساس تکنیک آنتروپی شانن محاسبه شد برای بی مقیاس سازی از روش بی مقیاس سازی فازی استفاده شد. سپس با توجه به اوزان محاسبه شده، ماتریس بی‌مقیاس شده‌ی وزنی محاسبه گردید. میزان فاصله هر گزینه با ایده آل‌های مثبت و منفی از فرمول فاصله اقلیدسی استفاده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده رتبه 1 مربوط به ریسک R9 با عنوان عدم تامین مالی به موقع و متناسب با جریان نقدینگی، رتبه 2 مربوط به ریسک R7 با عنوان تورم بیش از حد و رشد ناگهانی قیمت‌ها، و رتبه 3 مربوط به ریسک R10 با عنوان نوسانات نرخ ارز می‌باشد. رتبه دیگر ریسک‌ها نیز در جدول مذکور قابل مشاهده است.

منابع

اتحادی، سعید. زارع مهرجردی، یحیی. دوزنده، علیرضا. اتحادی، وحید. مقایسه روشهای رتبه‌بندی ریسک درپروژه های حفاری وتعیین مناسب ترین روش (مطالعه موردی: شرکت پتروپارس). اولین همایش ملی حسابداری، حسابرسی و مدیریت. 1393

اشکوه، حسین. صبحیه، محمدحسین. شیخ، محمدجواد. رائه مدل تحلیل تصادفی ریسک بر مبنای ماتریس احتمال، تاثیر و مدیریت پذیری. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

امیری، مقصود. ارائه روشی برای رتبه‌بندی ریسک فعالیته‌های پروژه با استفاده از شبکه cpm و روش TOPSIS در حالت فازی. چشم انداز مدیریت صنعتی. شماره 10. تابستان 1392

امیری، مقصود. چینی فروشان، پیام. پورقناد، بهروز. ارائه مدلی جهت رتبه‌بندی ریسک فعالیتهای پروژه با استفاده از روش AHP. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

جبل عاملی، محمدسعید. رضایی فر، آیت. چائی بخش لنگرودی، علی. رتبه‌بندی ریسک پروژه با استفاده از تصمیم گیری چندشاخصه. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، جلد41. شماره 7. 1386

خامنه، امیرحسین. پیاده‌سازی کاربردی مدیریت ریسک در یک مناقصه بین‌المللی پروژه نیروگاهی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه. 1388

دری، بهروز. حمزه ای، احسان. تعیین استراتژی پاسخ به ریسک به وسیله تکنیک ANP (مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی). نشریه مدیریت صنعتی. دوره 2. شماره 4. بهار و تابستان 1389

رفیع زاده، ایمان. اردشیر، عبدالله. بررسی و ارزیابی کیفی ریسک پروژه های عمرانی با رویکرد فازی. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

زیاری، رضا. ابراهیمی ملک شاه، محمد ابراهیم. آزادنیا، امیرحسین. ابراهیمی ملک شاه، مریم. اولویت بندی ریسک های تاخیر در تکمیل پروژه با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه (MADM) و تکنیک FMEA (مطالعه موردی اجرای فلر و باکس کالورت فازهای 17 و 18 پارس جنوبی عسلویه-کوه کار راهان). پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

شول، عباس. فتحی زاده، علیرضا. ارزیابی ریسک و عدم اطمینان در پروژه های سدسازی ایران با استفاده از روش AHP. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

نادری، فرزانه. زارعی، بهروز. سلطان پناه، هیرش. آنالیز دلایل تاخیرات در پروژه های پتروشیمی. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388

نورالدین موسی، ابراهیم. اولی پور، مسعود. عباسی دزفولی، عبدالکریم. کنترل و مدیریت همزمان هزینه و زمان در پروژه های عمرانی از طریق کاربرد منطق فازی درمدیریت ریسک. اولین همایش ملی مدیریت کسب و کار. 1392

Project Management Institute Maryland. 2013, A Guide to The Project Management Body Of Knowledge: (PMBOK Guide). 5th Edition.,

Chapman, Chris.(1997) Project risk analysis and management-PRAM the generic process. International journal of project management. vol 15. No 5.

Harvett, Craig Michael.(2013) A study of uncertainty and risk management practice relative to perceived project complexity. Bond University. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy.

Jingui, Chang. Fuzhou, Luo. Hanwen, Li.(2013) Research on duration risk assessment of public construction project. 6th International Conference on Information Management.

Li, Cunbin. Liu, Tingting. Zhou, Xiaomeng.(2011) The project risk management mode research of construction enterprises. IEEE.

Liu, Rong.(2010) A Novel Risk Management Method based on Active-matrix Theory for Project Management. IEEE.
Raz, T. Michael, E.(2001) Use the benefits of tools for project risk management. International journal of project management. 19.
Ward, SC. Chapman, CB. (1991)Extending the use of risk analysis in project management. Butterworth-heinemann Ltd.
Yu, Xiaozhong. Hu, Hong.(2010) The Project Duration Risk Analysis Based on Earned Value Measurement. IEEE.
Zhao, Lingjiang. Li, Chen.(2013) Supply chain risk management decision model based on Genetic Algorithm. 6th International Conference on Information Management.

پی نوشت

[1] .*Project Management Institute*
[2] . *Multi Attribute Decsision Making*
[3] . *Analytic Network Process*
[4] . *Analytic Hierarchy Process*
[5] . *Critical Path Method*
[6] . *Jingui*
[7] . *Liu*
[8] . *Li*
[9] . *Yu*
[10] . *Hu*
[11] .*Earned Value*
[12] . *Ward*
[13] . *Chapman*
[14] . *Zhao*
[15] . *Li*
[16] . *Harvett*
[17] . *Raz*
[18] . *Michael*
19 -*Holding Company*
[20] .*Buckley*
[21] . *Shanon*