

ارائه‌ی یک چهارچوب مبتنی بر روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن در حالت فازی برای عارضه یابی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی نوسازی مدارس استان کردستان

هیوا فاروقی^{۱*}، سیران آلانی آذر^{**}، سید حامد موسوی پور^{***}، واحد مرادی^{****}

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۴

چکیده

امروزه اغلب کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، با توجه به وجود بازارهای رقابتی از یک سو و محدودیت منابع در دسترس از سوی دیگر، به منظور استفاده ی بهینه از این منابع و کسب سود بیشتر در بازار رقابتی، به دنبال ریشه یابی علل تأخیر در پروژه‌ها بوده و تلاش می‌کنند با ارائه راهکارهایی از میزان تأخیر در پروژه‌های آتی بکاهند. در این مقاله ضمن مرور مفاهیم مرتبط با تأخیر، مدیریت ریسک پروژه و روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن و بررسی پروژه‌های عمرانی اداره ی کل نوسازی مدارس استان کردستان، یک چهارچوب کلی بر اساس روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن در حالت فازی و مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای شناسایی و مدیریت مهمترین ریسک‌های موجود در این پروژه‌ها پیشنهاد شده است. پس از شناسایی مهمترین ریسک‌ها، میزان تأثیر هر یک از آنها بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت و احتمال وقوعشان تعیین شده و با استفاده از این اطلاعات راهکارهایی جهت پیشگیری از تاثیر عوامل یا کاهش اثرات مخرب آنها پیشنهاد داده شده است.

واژگان کلیدی: تأخیر، مدیریت ریسک پروژه، روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن، پروژه‌های عمرانی

*استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (نویسنده مسئول) h.farughi@uok.ac.ir

** کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، ایران

*** دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

**** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، ایران

مقدمه

یکی از اقدامات کشورهای در حال توسعه و پیشرفته برای ساخت و توسعه ی زیربناهای اقتصادی خود، اجرای طرح‌های عمرانی زیر بنایی است که سالانه بخش عمده ای از بودجه عمومی و منابع مالی کشورها را به خود اختصاص می‌دهد. برنامه ریزی اصولی در خصوص این طرح‌ها بمنظور دست یافتن به کمترین نسبت هزینه به بهره وری، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. مهم ترین شاخص موفقیت این پروژه‌ها علاوه بر دستیابی به اهداف مورد نظر و مقرون به صرفه بودن، اتمام آنها در زمان پیش بینی شده می‌باشد.

وجود تأخیر در پروژه‌های عمرانی به دلیل پیچیدگی خاص آنها امری غیر قابل انکار است، به طوری که مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که اغلب پروژه‌های ساخت در دنیا با حدود بیش از ۵۰ درصد افزایش زمان مواجه می‌شوند. تأخیر در پیشرفت کار، علاوه بر آن که موجب طولانی شدن زمان اجرا و صرف هزینه‌های قابل ملاحظه ای برای راه اندازی مجدد یا تکمیل آنها می‌گردد، سبب تحمیل هزینه فرصت از دست رفته بر بخش‌های اقتصادی شده و توجیه ناپذیر شدن طرح در مراحل بعد را نیز به دنبال خواهد داشت. به عبارت دیگر، گذشت زمان و تحولات فن آوری و تغییر شرایط محیطی و اجتماعی، ممکن است طرح‌هایی را که در یک مقطع زمانی دارای توجیه فنی و اقتصادی بوده اند، در شرایط جدید توجیه ناپذیر سازد. همچنین به دلیل وجود رابطه ی مستقیم میان زمان و هزینه اجرای پروژه، افزایش زمان اغلب منجر به افزایش هزینه‌ها می‌گردد. بروز تأخیرات اثرات متعددی را به همراه دارد: افزایش زمان تکمیل پروژه، افزایش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم، عدم دستیابی پروژه به اهداف از پیش تعیین شده و ایجاد هزینه فرصت از دست رفته از جمله اثرات بروز تأخیر هستند. این مشکلات می‌توانند موجب ایجاد اختلاف نظر بین ذی نفعان پروژه و بروز دعاوی گردد و در پاره ای موارد نیز ممکن است کار به محاکم حقوقی کشیده شود که همگی مستلزم صرف زمان، هزینه و انرژی می‌باشند. از سوی دیگر، تأخیر در پروژه‌های ساخت می‌تواند بر اهداف کیفی آنها نیز تأثیر داشته باشد و مجریان پروژه به منظور جلوگیری از جریمه‌های ناشی از تأخیرات غیر مجاز و تکمیل پروژه در موعد مقرر، روند

اجرای پروژه در یک بازه زمانی را تسریع کنند که در بعضی موارد برای دستیابی به این هدف، کیفیت اجرای پروژه به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. بنابراین لازم است برای شناسایی و تحلیل تأخیر، علل و عوامل بروز تأخیر، تأثیر هر یک از این عوامل بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت و چگونگی مدیریت عوامل تأخیر و ریسک‌های ناشی از آن فرایندها و رویه‌های مناسبی توسعه داده شوند. در این مقاله، ریسک‌های موجود در پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی شناسایی شده و ضمن محاسبه وزن یا درجه اهمیت این عوامل، میزان تأثیر هر یک از آنها بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت و احتمال وقوعشان با استفاده از مدل‌های مبتنی بر مدیریت ریسک در حالت فازی و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تعیین شده است. در ادامه، با استفاده از این اطلاعات، راهکارهایی جهت پیشگیری یا کاهش تأثیرات زیانبار عوامل تأخیر پیشنهاد داده شده است.

مروری بر ادبیات موضوع

انتخاب و مدیریت پروژه همواره از مسائل مهم تصمیم‌گیری برای مدیران بسیاری از شرکت‌های ساخت‌وساز بوده است که گاهی باعث بروز مشکلات جدی در روند انجام کار می‌گردد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و همچنین سابقه انجام تحقیقات صورت گرفته، بررسی دقیق و تجزیه و تحلیل آنها، امری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در ادامه برخی از مهمترین تحقیقات صورت گرفته با هدف شناسایی عوامل تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز به‌طور مختصر بیان می‌گردد. هوانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۴) با بررسی مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز کوچک، عواملی نظیر کمبود وقت، کمبود بودجه، پایین بودن حاشیه سود و اقتصادی نبودن پروژه را شناسایی نمودند. وانگ و یوان^۲ (۲۰۱۱) به بررسی فاکتورهای مهم بحرانی در حوزه ریسک پیمانکاران پرداختند. نتایج آنها نشان می‌دهد که این عوامل در چهار گروه: (۱) دانش و تجربه (۲) شخصیت پیمانکاران (۳) درک شخصی و (۴) محیط اقتصادی

1- Hwang et al.

2 - Wang and Yuan

طبقه‌بندی می‌شوند. دولوی و همکاران^۱ (۲۰۱۲) عدم تعهد، مدیریت ناکارآمد، هماهنگی ضعیف مکانی، برنامه‌ریزی نادرست، عدم شفافیت در محدوده پروژه، عدم ارتباط و قرارداد عام را به عنوان بحرانی‌ترین دلایل تأخیر مشخص کردند. مرزوک و الراساس^۲ (۲۰۱۴) لیستی از علل تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز را ارائه دادند که پس از تجزیه و تحلیل شاخص تکرار، شاخص شدت و شاخص عوامل تأخیر برای ده پروژه ساختمانی در مصر تعیین شده است. موکوکا و همکاران^۳ (۲۰۱۵) به تعیین اثرات تخطی زمانبندی در ساخت‌وساز پروژه‌ها پرداختند. بر این اساس عواملی نظیر تمدید زمان، تخطی از هزینه، از دست دادن سود، اختلافات، کیفیت پایین کارها به دلیل شتاب در پروژه، ایجاد استرس در ارباب‌رجوع، ضایعات شتاب، مطالبه‌ها و تأخیر در دستیابی به سود توسط ارباب‌رجوع از تأثیرات بزرگ تخطی از زمانبندی پروژه‌های ساخت‌وساز معرفی شدند. با توجه به تحقیقات صورت گرفته معمولاً شناسایی علل تأخیر و فاکتورهای تأثیرگذار بر روی افزایش زمان و کیفیت انجام پروژه یک بخش جدا از تحقیقات این حوزه است. رومن عزیز و همکاران^۴ (۲۰۱۶) علل تأخیر را در پروژه‌های جاده سازی بررسی نموده‌اند. آنها اظهار می‌دارند که تاخیرات، پدیده‌ی مشترک پروژه‌های عمرانی شامل جاده سازی در کشور مصر می‌باشند. بنابراین، مطالعه و تحلیل علل تاخیرات این نوع پروژه‌ها یک عامل حیاتی است. در این تحقیق ابتدا لیستی از عوامل تاخیر در پروژه‌های عمرانی مختلف کشورهای گوناگون و دوره‌های زمانی مختلف تهیه و بر اساس این لیست، پرسشنامه‌ای شامل ۲۳۹ عامل مختلف تنظیم گردیده است. پس از جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات از افراد مختلف درگیر در پروژه اعم از مشاور، سازنده، مهندس طراح و پیمانکار، مهمترین عامل تاخیر، دولت و ساختار اجرایی فرایندهای مرتبط با آن شناخته شده است. در مطالعه‌ی دیگری، الزرار و همکاران^۵ (۲۰۱۶) از یک سیستم تهیه‌ی

1- Doloi et al.

2- Marzouk. and El-Rasas

3- Mukuka et al.

4- Remon F. Aziz et al.

5- Majed Alzara et al.

اطلاعات عملکرد^۱ برای حداقل سازی عوامل تاخیر در پروژه‌های عمرانی دانشگاهی استفاده نموده‌اند. بر اساس مطالعه آنها حدود ۷۰ درصد پروژه‌های عمرانی در کشور عربستان با تاخیر مواجه هستند. بر اساس نتایج این تحقیق، ۹ عامل مشترک در بروز تاخیرات پروژه‌های عمرانی این کشور شناسایی شده و بر اساس مدل PIPS راهکارهایی برای حداقل سازی این عوامل تاخیر پیشنهاد گردیده است.

بر اساس مطالعه حاسب و همکاران^۲ (۲۰۱۱) واژه تأخیر مفهوم تخصصی دقیق و صریحی ندارد و می‌تواند به معانی متفاوتی در وضعیت‌های مختلف اجرای پروژه به کار برده شود. در واژه نامه کمبریج (ویرایش سوم) در اصطلاح عمومی و غیر تخصصی تأخیر به عنوان وضعیتی تعریف می‌گردد که فردی مجبور شود که برای انجام کاری بیشتر از زمان پیش بینی شده منتظر بماند. در واژه نامه قراردادهای ساختمانی تأخیر زمانی ایجاد می‌گردد که پیشرفت کار مطابق با خواسته نباشد و تکمیل کار در تاریخ پیش بینی شده در قرارداد امکان پذیر نباشد. در مطالعه ای که توسط آصف و همکاران^۳ (۱۹۹۵)، در مورد تأخیرات ساختمانی انجام گردید، تأخیر به عنوان افزایش مدت زمان یا تاریخ تکمیل یک پروژه مطابق با زمان تصریح شده در قرارداد یا زمانی که طرفین قرارداد برای تحویل پروژه با هم توافق نموده‌اند، تعریف شده است. سون و سامباسیوام^۴ (۲۰۰۷) نیز تأخیر را به عنوان وضعیتی که در آن پروژه به دلیل بعضی از عوامل مانند کارفرما، پیمانکار، مشاور و ... در مدت زمان تصریح شده در قرارداد یا مدت زمان توافقی میان طرفین به اتمام نمی‌رسد، تعریف کرده‌اند.

در جدول (۱) تأخیرات پروژه از دیدگاه‌های مختلف دسته بندی شده است. گروه اول بر اساس قابلیت جبران پذیری یا مسئولیت بروز تأخیر می‌باشد. از این منظر تأخیرات می‌توانند جبران پذیر و جبران ناپذیر و یا بخشودنی و نابخشودنی باشند. تأخیرات جبران پذیر اتفاقات و یا شرایطی هستند که توسط کارفرما و یا با مسئولیت وی رخ می‌دهد، در حالی که تأخیرات

1-Performance Information Procurement System

2- Hasseeb et al.

3 - Assaf et al.

4- Sambasivan and Soon

جبران نا پذیر آنهايي هستند که کارفرما در آنها نقش و مسئوليتی ندارد. تأخيرات بخشودنی نیز تأخيراتی هستند که پیمانکار در رخداد آنها نقش یا مسئوليتی نداشته است، در حالیکه تأخيرات نابخشودنی آنهايي هستند که پیمانکار در وقوع آنها نقش داشته و یا مسئول بروز آنها می باشد.

تأخيرات را می توان از نقطه نظر تعداد وقوع در یک زمان خاص به ۳ گروه مستقل، متوالی و همزمان دسته بندی کرد، به طوری که اگر در یک مقطع زمانی در پروژه بیش از یک تأخیر رخ دهد، اصطلاحاً تأخیر همزمان رخ داده است. بروز تأخيرات همزمان می تواند موجب پیچیدگی بررسی ها شود، از اینرو شناسایی و تحلیل آن نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. گروه سوم نیز بر اساس عامل ایجاد تاخیر در چهار دسته کارفرما، مشاور، پیمانکار و یا عامل سوم قابل دسته بندی است.

کارفرما یا مالک پروژه به دلیل مسئولیت انتخاب مشاور و پیمانکار بر اساس معیارهای مالی در کنار سایر معیارهای مرتبط با کیفیت اجرای پروژه ها نقش مهمی در تکمیل و اجرای به موقع پروژه ها دارد. مشاور نیز عامل مهمی در حفظ سود و منفعت کارفرما در پروژه از طریق کنترل و بازرسی فرآیند ساخت برای تحویل یک پروژه موفق می باشد. تأخيرات ساخت می تواند به دلیل بی کفایتی مشاور در انجام وظایف و مسئولیت آنها ایجاد گردد. به عنوان مثال، بروز تأخیر در تحویل نقشه های اجرایی یا بازرسی و تایید مصالح مورد استفاده و تاخیر در پرداخت به پیمانکار، باعث تأخیر در شروع فعالیتهای مربوطه می گردد که ممکن است کل پروژه را با تأخیر روبرو سازد. از طرف دیگر پیمانکار مهم ترین بخش یک پروژه برای تبدیل برنامه طراحی شده به پروژه واقعی می باشد. بنابراین از مهم ترین عوامل تاثیرگذار برای اجرای یک پروژه موفق و جلوگیری از بروز تاخيرات در پروژه، انتخاب پیمانکار یا پیمانکاران مناسب جهت اجرای پروژه است. عوامل دیگری نیز بر بروز تاخيرات در پروژه ها تاثیرگذار هستند که تحت عنوان عامل سوم یا عوامل خارجی اطلاق می شوند. از جمله این عوامل می توان به

عوامل طبیعی از جمله طوفان، سیل، زلزله، رانش زمین، سونامی و... و همچنین عوامل مرتبط با اشکالات در تدوین قراردادها و... اشاره نمود (ادینکا و یوسف^۱، ۱۹۹۷).

جدول ۱. طبقه بندی انواع تأخیرات بر اساس معیارهای مختلف

انواع تأخیرات		
بر اساس عامل ایجاد	بر اساس حالت زمانی رخداد	بر اساس قابلیت جبران پذیری
کارفرما	مستقل	غیر قابل بخشش
مشاور	متوالی (سریال)	قابل بخشش
پیمانکار	هم زمان	غیر قابل جبران
عامل سوم		قابل جبران

موضوع تأخیر در پروژه‌های ساخت به دلیل اهمیت آن‌ها در ابعاد بهره برداری و سرمایه گذاری کلان مورد نیاز و همچنین به لحاظ ماهیت پیچیده آن‌ها و وجود عدم قطعیت‌های فراوان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو بسیاری از محققان در کشورهای مختلف به مطالعه موضوع تأخیرات و مدیریت آن‌ها در پروژه‌های ساخت پرداخته‌اند.

الیس و توماس^۲ (۲۰۰۲) ضمن تحقیق بر روی پروژه‌های بزرگراه تحت پوشش سازمان بزرگراه‌های ایالتی آمریکا که شامل ۵ کشور و ۱۷۳۱ پروژه بوده است، به این نتیجه رسیدند که به طور متوسط ۳۱ تا ۵۵ درصد پروژه‌ها با تأخیر زمانی مواجه بوده‌اند. تحقیقات انجام شده در داخل کشور نیز موید بروز تأخیرات متعدد در پروژه‌های عمرانی ملی است. بر اساس آمار منتشر شده سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰ متوسط زمان اتمام پروژه‌های ملی در کشور ایران نزدیک به ۲/۲۲ برابر زمان برنامه ریزی شده آنها بوده است. افشاری و همکاران در سال ۱۳۸۹، با پژوهشی که بر روی تأخیرات غیر قابل بخشش در پروژه‌های

1-Odeyinka and Yusif, A

2- Ellis and Thomas

ساخت کشور ایران با استفاده از تعیین شاخص اهمیت نسبی انجام دادند، عوامل ذیل را به عنوان مهم ترین عوامل موثر بر بروز تأخیرات پروژه‌های ساخت شناسایی نمودند:

انتخاب پیمانکاران فرعی نامناسب، ضعف مدیریت تغییرات پروژه، نقص مکانیزم ثبت، تجزیه، تحلیل و انتقال دانش پروژه‌های قبلی، تأخیر در انتقال مواد و مصالح به کارگاه، تأخیر در اعطای قرارداد به پیمانکاران فرعی، عدم مدیریت موثر و کنترل پیمانکاران فرعی، تأخیر در طراحی جزئیات توسط مهندسین پیمانکاران فرعی، تأخیر در تأمین تجهیزات و کمبود آن‌ها، ضعف مدیریت کارگاهی و مدیریت قرارداد. همچنین نجفی و رشیدی در سال ۱۳۸۵، علل تأخیرات بخش مهندسی در پروژه‌های آب و فاضلاب را با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی شناسایی و رتبه‌بندی نموده‌اند. پوررستم و همکاران نیز در سال ۱۳۹۰، ۲۷ عامل موثر بر بروز تأخیرات در پروژه‌های ساختمانی کشور ایران را شناسایی و با استفاده از تعیین شاخص اهمیت نسبی از دیدگاه مشاوران و پیمانکاران، این عوامل را رتبه‌بندی کرده‌اند. از مهم ترین این عوامل می‌توان به ضعف مدیریت کارگاهی، تأخیر در پرداخت‌های مالی به پیمانکاران، تغییر سفارشات توسط کارفرما در طول اجرا، برنامه ریزی و زمانبندی بی‌اثر و بیهوده توسط پیمانکار و ... اشاره نمود. نژاد سبزی نیز در سال ۱۳۸۹، در پژوهشی شناسایی عوامل موثر در تأخیر اجرای سد مروک استان لرستان را مدنظر قرار داد.

با بررسی ادبیات موضوع در این حوزه مشاهده می‌گردد که اکثر تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع تأخیر پروژه‌ها، علل بروز تأخیرات در یک منطقه خاص را با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بعضاً میدانی شناسایی کرده‌اند و مهم ترین این عوامل را با استفاده از روش‌های آماری رتبه‌بندی نموده‌اند. در غالب این تحقیقات، محققان به طور عمده به تعیین عوامل موثر بر بروز تأخیرات در کشورهای متبوع خود پرداخته و تمرکز کمتری بر ارائه راهکارهای موثر جهت بهبود عملکرد پروژه‌ها داشته‌اند. به عنوان مثال فلاویو برگ^۱ (۲۰۰۳) با پژوهشی که بر روی ۲۵۸ پروژه از ۲۰ کشور و ۵ قاره انجام داد به این نتیجه رسید که از هر ۱۰ پروژه، ۹ پروژه در ۷۰ سال گذشته با مشکلات ناشی از تأخیر مواجه بوده‌اند. به این

1- Flyvbjerg

ترتیب با وجود شناسایی عوامل موثر بر تأخیرات پروژه‌های ساخت، این مشکل همچنان ادامه دارد. با توجه به بررسی تحقیقات انجام شده در این حوزه و دانش محققین، این مطالعه، اولین تحقیقی است که بررسی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی مربوط به حوزه‌ی نوسازی مدارس را در داخل کشور مورد توجه قرار داده و پس از تعیین مهمترین عوامل ریسک، احتمال وقوع این عوامل و میزان تأثیر هر یک از آنها بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت را با استفاده از مدل‌های مبتنی بر مدیریت ریسک در حالت فازی و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تعیین نموده و ضمن محاسبه ضریب اهمیت کلی عوامل، با استفاده از این اطلاعات راهکارهایی جهت پیشگیری یا کاهش تأثیر این عوامل پیشنهاد می‌دهد.

ارزیابی ریسک‌های پروژه

ریسک پروژه، رخداد یا شرایطی نامطمئن است که اگر به وقوع بپیوندد، اثری مثبت یا منفی بر حداقل یکی از اهداف پروژه همانند زمان، هزینه یا کیفیت خواهد گذاشت. (هدف زمانی پروژه، تحویل بر اساس جدول زمانبندی توافق شده و هدف هزینه‌ای پروژه، تحویل بر اساس هزینه توافق شده است). بر اساس استاندارد بدنه دانش مدیریت پروژه^۱ هر یک از این رویدادها یا وضعیت‌ها، دارای علل مشخص و نتایج و پیامدهای قابل تشخیص هستند. پیامد این رویدادها مستقیماً بر زمان، هزینه، کیفیت و دامنه مصوب پروژه موثر می‌باشند. مدیریت ریسک پروژه به عنوان یکی از موضوعات عمده مدیریت پروژه می‌باشد که شامل برنامه ریزی، سازماندهی، پایش و کنترل تمامی جنبه‌های یک پروژه بوده و شامل شناسایی، اندازه‌گیری، توسعه پاسخ و کنترل پاسخ ریسک است (نورز^۲، ۱۹۹۵).

بر اساس تعریف اساس استاندارد بدنه دانش مدیریت پروژه، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از کلیه فرآیندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخگویی به هر گونه عدم اطمینان که

1- PMBOK 2000

2 -North

شامل حداکثر سازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب می‌باشد (کلی و همکاران^۱، ۲۰۱۳)

روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن^۲

روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در سازمان ناسای آمریکا در ساخت سفینه آپولوی ۱۱ به کار گرفته شد. این روش، ریسک وقوع خطرات بالقوه در طول مراحل طراحی و اجرا را برای جلوگیری از دریافت محصول یا پروژه نامطلوب توسط مشتری و جلوگیری از به خطر افتادن اعتبار و شهرت شرکت محاسبه نموده و از آن طریق، اقدامات اصلاحی را توصیه می‌نماید. از آن جاییکه یکی از اهداف این روش انتخاب اقدامات اصلاحی مناسب برای کاهش ریسک می‌باشد، لذا گزینه‌هایی که ریسک بالاتری دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بنابراین همواره یک عدد تحت عنوان عدد ریسک پذیری مطرح خواهد بود که از حاصلضرب سه پارامتر شدت خطا (S)، احتمال وقوع خطا (O) و احتمال کشف خطا (D) به دست می‌آید:

$$S \times O \times D = \text{اولویت پذیری خطر یا عدد ریسک پذیری}$$

در نهایت با اولویت بندی علل بالقوه بر اساس عدد اولویت ریسک پذیری^۳، اقدامات اصلاحی تعریف شده و منابع محدود در پروژه به خطاها با ریسک بالا تخصیص داده می‌شود.

گام‌های ذیل پیاده سازی این فرآیند بر اساس مدل FMEA راتشریح می‌کند:

۱: تشکیل تیم FMEA با افراد دارای آگاهی کامل نسبت به فرآیند کاری.

۲: شناسایی الگوی شکست با روش‌هایی همانند طوفان فکری.

۳: تهیه لیست آثار الگوی شکست پس از دسته بندی الگوهای شکست حاصل از گزارشات مربوط به اطلاعات ویژگی‌های فنی محصول یا خدمت مورد نظر، برگشت خط، خدمات پس از فروش، برگشت از انبارها و ...

1- Kelly et al.

2- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

3- Risk Priority Number (RPN)

۴-۴: تخصیص درجه شدت اثر برای هر الگوی شکست با اختصاص اعداد ۱ تا ۱۰ (درجه ۱ کمترین و درجه ۱۰ بیشترین شدت اثر می‌باشد) جهت تخصیص میزان درجه تأثیر هر عامل شکست از جدول شدت اثر مورد استفاده در روش FMEA استفاده می‌شود.

۴-۵: تخصیص درجه یا احتمال وقوع برای هر الگوی شکست با استناد به مستندات مرتبط با محصول یا فرآیند (درجه ۱ کمترین و درجه ۱۰ بیشترین احتمال وقوع بوده و برای تخصیص درجه یا احتمال وقوع نیز از جدول ارزیابی وقوع شکست در روش FMEA استفاده می‌گردد).

۶: تخصیص درجه کشف خطا (بازیابی) برای هر الگوی شکست بر اساس تهیه فهرستی از کنترل‌های موجود برای الگوهای شکست و آثار آن (درجه بازیابی نیز بر اساس طیف اعداد ۱ تا ۱۰ بوده به گونه‌ای که درجه ۱ بالاترین احتمال بازیابی و درجه ۱۰ کمترین احتمال بازیابی را دارد. برای تخصیص درجه بازیابی نیز از جدول تعیین بازیابی شکست در روش FMEA استفاده می‌شود).

۷: تخصیص عدد اولویت خطر پذیری برای هر الگوی شکست با محاسبه حاصلضرب شدت و درجه وقوع ریسک (عدد اولویت خطر پذیری کمتر از ۴۰ به معنی عدم وجود ریسک، بین ۴۰ تا ۱۰۰ یعنی ریسک واضحی وجود ندارد و در صورت بیشتر بودن عدد اولویت خطر پذیری از ۱۰۰ یعنی ریسک وجود دارد).

۸: تشخیص الگوهای شکست و انجام اقدامات پیشگیرانه با در نظر گرفتن عدد اولویت خطرپذیری. پس از محاسبه عدد اولویت پذیرگی خطر الگوهای شکست، آنها را به ترتیب نزولی مرتب نموده و نمودار ارزیابی پارتو آن رسم می‌شود. برای الگوهای شکستی که نمره اولویت پذیرگی خطر آنها بالاتر از حد تعیین شده مجاز در پروژه باشد، اقدامات پیشگیرانه یا اصلاحی صورت می‌پذیرد.

۹: انجام اقدامات لازم جهت حذف یا کاهش الگوهای شکست.

۱۰: محاسبه عدد اولویت پذیرگی ریسک پس از اجرای اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه.

روش تحقیق

در این مقاله، جهت شناسایی ریسک‌های موثر بر پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین مصاحبه و مشورت با کارشناسان، مدیران مجرب و متخصصان امر، تعداد ۱۳۱ عامل تأخیر یا ریسک شناسایی شد. به منظور محاسبه احتمال وقوع و تأثیر هر یک از عوامل شناسایی شده بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه و کیفیت)، با توجه به محدود بودن پروژه‌ها در سطح استان، کلیه پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان به عنوان جامعه هدف در نظر گرفته شده و در هر پروژه با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند، تعدادی از افراد شاغل در پروژه که به عنوان پیمانکار و یا ناظر مشغول به کار هستند، انتخاب گردیده‌اند. برای محاسبه عدد ریسک پذیری کلی، از مدیران و افراد متخصص در پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان جهت تعیین میزان اهمیت هر یک از اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) استفاده شده است. همچنین به منظور شناسایی مهم‌ترین ریسک‌های موجود، روش ارزیابی نظرات و انتخاب ریسک‌ها بر مبنای فراوانی و محاسبه میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها به کار گرفته شده است.

بعلاوه جهت محاسبه اعداد ریسک پذیری (عدد ریسک پذیری مرتبط با زمان^۱، عدد ریسک ریسک پذیری مرتبط با هزینه^۲ و عدد ریسک پذیری مرتبط با کیفیت^۳) هر یک از عوامل شناسایی شده، از روش‌های مبتنی بر مدیریت ریسک در حالت فازی^۴ بهره‌جسته و برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از شاخص‌های زمان، هزینه و کیفیت و عدد ریسک پذیری کلی نیز از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی^۵ استفاده شده است. به طور کلی مراحل اجرای تحقیق بر اساس مدل الگوریتم ارائه شده که در شکل (۱) نمایش داده شده، به شرح زیر می‌باشد:

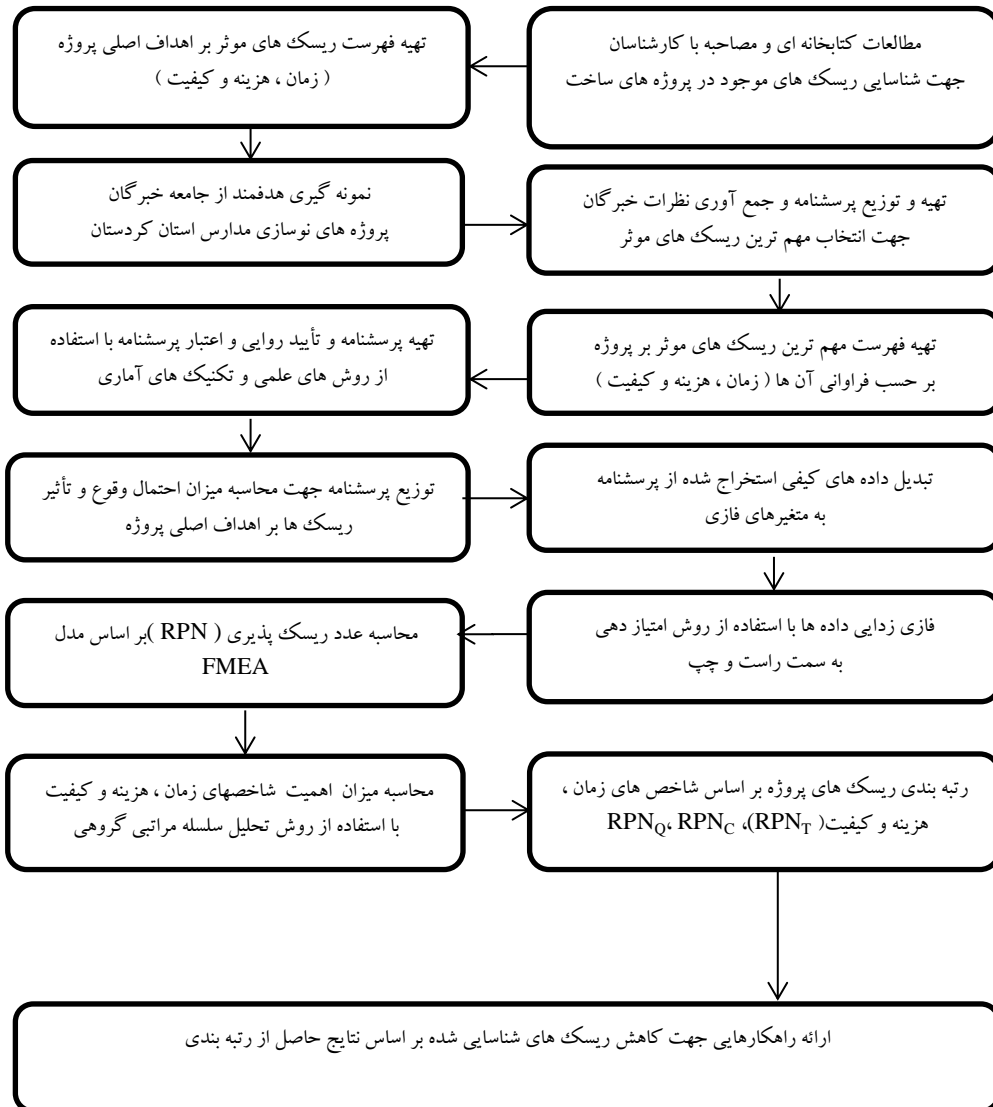
1- RPNT

2-RPNC

3 -RPNQ

4- Fuzzy FMEA.

5 -Group AHP



شکل ۱: مراحل انجام تحقیق

شناسایی ریسک‌های اصلی پروژه (زمان، هزینه و کیفیت)

ریسک‌های مرتبط با زمان، هزینه و کیفیت جزو مهم‌ترین ریسک‌های پروژه‌های ساخت می‌باشند. در این پژوهش ابتدا از طریق مصاحبه با کارشناسان متخصص و توزیع پرسشنامه‌هایی جهت شناسایی عوامل موثر بر اهداف پروژه، فهرستی از نمونه ریسک‌های پروژه شناسایی شده در تحقیقات قبلی بر اساس دانش و تجربه خبرگان و مطالعه منابع و مقالات مختلف، ۱۳۱ عامل موثر بر پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان شناسایی و در شش گروه مختلف عوامل مرتبط با کارفرما، عوامل مرتبط با پیمانکار، عوامل طبیعی و خارجی، عوامل مالی، مواد و مصالح ساختمانی و تجهیزات و مسائل خاص پروژه طبقه بندی شده‌اند. پیوست (۱) در بخش ضمیمه مقاله، فهرستی از عوامل ریسک شناسایی شده در پروژه‌های عمرانی نوسازی مدارس استان کردستان را نشان می‌دهد. با توزیع پرسشنامه ای در بین عوامل درگیر در پروژه‌های نمونه، میزان اهمیت این عوامل بر اساس شاخص‌های اهمیت و با استفاده از کمی سازی طیف لیکرت محاسبه گردیده است.

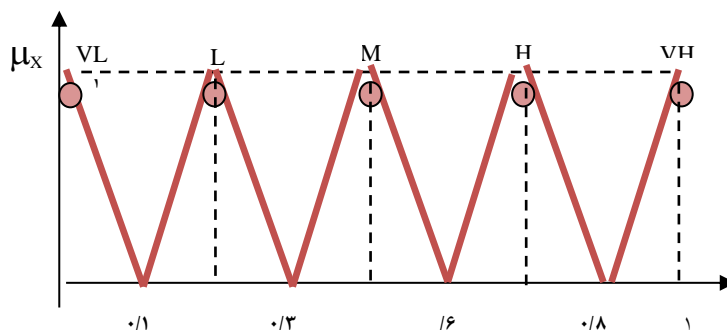
جمع آوری اطلاعات مرتبط با ریسک‌های اصلی پروژه

پس از شناسایی ریسک‌های موجود در پروژه، شاخص اهمیت نسبی هر یک از ریسک‌ها بر مبنای اوزان تخصیص داده شده به هر عامل یا ریسک محاسبه می‌گردد. در این پژوهش نیز با توجه به گستردگی مدل، جهت محاسبه تأثیر هر یک از ریسک‌های شناسایی شده بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) روش FMEA در حالت فازی که یکی از روش‌های مبتنی بر مدیریت ریسک می‌باشد، استفاده شده است. در این مرحله با استفاده از پرسشنامه‌هایی که در بین عوامل درگیر در پروژه‌های نمونه و متخصصین امر توزیع گردیده است، احتمال وقوع و میزان تأثیر هر یک از ریسک‌های شناسایی شده در مرحله قبل بر روی اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت بر اساس داده‌های کیفی، مورد محاسبه قرار گرفته است.

تجزیه و تحلیل کیفی ریسک‌ها

تبدیل متغیرهای زبانی به متغیرهای فازی

اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از نظرسنجی به عمل آمده از طریق توزیع پرسشنامه، شامل داده‌های کیفی می‌باشد که برای کمی نمودن آن‌ها از مجموعه‌های فازی استفاده گردیده است. در این پژوهش جهت کمی نمودن داده‌ها از نمودار تابع مثلثی چن و هوانگ (۱۹۹۲)، مطابق شکل شماره ۲ استفاده شده است. جدول ۲ مقادیر متغیرهای فازی متناظر با متغیرهای زبانی (کلامی) مورد استفاده در این مقاله را نشان می‌دهد.



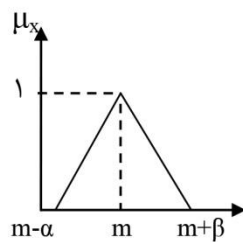
شکل ۲: نمودار تابع مثلثی جهت کمی نمودن داده‌ها

جدول ۲: متغیرهای فازی متناظر با متغیرهای زبانی

متغیرهای زبانی	خیلی کم (VL)	کم (L)	متوسط (M)	زیاد (H)	خیلی زیاد (VH)
متغیرهای فازی	(۰،۰،۰/۱)	(۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)	(۰/۳، ۰/۴۵، ۱/۶)	(۰/۱۶، ۰/۱۷، ۰/۱۸)	(۰/۱۸، ۱، ۱)

فازی زدایی نمودن داده‌های فازی

برای مقایسه دو عدد فازی لازم است که آن‌ها به اعداد قطعی تبدیل شوند. برای این کار روش‌های متفاوتی همچون روش میانگین، روش مرکز ناحیه، امتیازدهی به سمت راست و چپ، استفاده از فرمول روبنز و . . . وجود دارد. در این مقاله از روش امتیازدهی به سمت راست و چپ مطابق شکل ۳ استفاده شده است.



$$\mu_R = (m + \beta) / (1 + \beta)$$

$$\mu_L = 1 - (m / (1 + \alpha))$$

$$\mu_T = (\mu_R + 1 - \mu_L) / 2 \quad 222$$

شکل ۳: چگونگی فازی زدایی داده‌ها

در این فرمول‌ها، μ_R امتیاز سمت راست، μ_L امتیاز سمت چپ و μ_T امتیاز کل می‌باشد. در این مرحله تمامی متغیرهای فازی مربوط به احتمال وقوع ریسک‌ها و میزان تأثیر آن‌ها بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت، به اعداد قطعی تبدیل می‌گردد. در جدول ۳ نمونه ای از مقادیر غیر فازی قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳. مقادیر غیر فازی داده‌های مرتبط با هزینه (مربوط به عامل تاخیر در پرداخت هزینه ی پیشرفت کار توسط

کارفرما (A1))

μ_{TC}	μ_{LC}	μ_{RC}	β	α	m	جامعه خبرگان
۰/۲۰۱۱۵	۰/۸۱۴۹۶	۰/۲۱۷۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۴۳	۰/۱۹۳	کارفرما
۰/۱۸۶۸۸	۰/۸۲۸۱۹	۰/۲۰۱۹۴	۰/۰۳	۰/۰۳۶	۰/۱۷۸	پیمانکار

تشکیل جدول امتیاز دهی اصلی و محاسبه عدد ریسک پذیری با استفاده از روش FMEA:

از آن جا که یکی از اهداف روش FMEA انتخاب اقدامات اصلاحی مناسب برای کاهش ریسک می‌باشد، لذا گزینه‌هایی که ریسک بالاتری دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بنابراین همواره عددی تحت عنوان عدد ریسک پذیری (RPN) مطرح خواهد بود که از حاصلضرب دو پارامتر شدت خطا و احتمال وقوع خطا به دست می‌آید:

$$RPN = S \times O$$

در نهایت با اولویت بندی علل بالقوه براساس عدد ریسک پذیری (RPN)، اقدامات اصلاحی تعریف شده و منابع محدود در پروژه به خطاها با ریسک بالا تخصیص داده می‌شود. عدد ریسک پذیری مرتبط با زمان (RPNT)، هزینه (RPNC) و کیفیت (RPNQ) به ترتیب از حاصلضرب امتیاز کل احتمال وقوع (μTO) در امتیاز کل پارامترهای زمان (μTT)، هزینه (μTC) و کیفیت (μTQ) به دست می‌آید.

$$RPNT = \mu TT \times \mu TO$$

عدد ریسک پذیری مرتبط با زمان پروژه

$$RPNC = \mu TC \times \mu TO$$

عدد ریسک پذیری مرتبط با هزینه پروژه

$$RPNQ = \mu TQ \times \mu TO$$

عدد ریسک پذیری مرتبط با کیفیت پروژه

عدد ریسک پذیری نشان دهنده آن است که هر ریسک شناسایی شده چه میزان بر روی اهداف پروژه یعنی زمان، هزینه و کیفیت تأثیر گذار می‌باشد. هر چه عدد ریسک پذیری یک عامل نسبت به یکی از اهداف پروژه بزرگتر باشد، به این معنی است که تأثیر بیشتری روی آن هدف می‌گذارد.

رتبه بندی کلی ریسک‌های پروژه

در این مقاله جهت رتبه بندی کلی ریسک‌های پروژه بر اساس سه معیار زمان، هزینه و کیفیت از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی^۱ به منظور محاسبه وزن معیارها و شاخص ریسک

پذیری موزون متناظر برای هر ریسک استفاده شده است. این روش تصمیم گیرندگان را قادر می‌سازد اثرات متقابل و همزمان بسیاری از واقعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کرده و اولویت‌ها را بر اساس اهداف، دانش و تجربه‌ی خود تنظیم نمایند به نحوی که احساسات و قضاوت‌های شخصی خود را به طور کامل در نظر گیرند. روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی که در این پژوهش در مرحله تعیین ضرایب اهمیت معیارهای زمان، هزینه و کیفیت مورد استفاده قرار گرفته است، مبتنی بر مقایسه زوجی معیارها بر اساس ادغام نظرات گروه تصمیم گیرنده مرکب از عوامل منتخب کارفرما، پیمانکار و مشاور پروژه‌ها می‌باشد. جدول (۴) وزن یا ضریب اهمیت این معیارها بر اساس این روش را نشان می‌دهد.

جدول ۴. وزن یا ضریب اهمیت معیارها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی

معیار	زمان	هزینه	کیفیت
وزن یا ضریب اهمیت	۰/۳۲۲۶	۰/۴۳۱۴	۰/۲۴۶۰

پس از محاسبه وزن یا ضریب اهمیت معیارهای سه گانه تاثیرگذار بر اجرای پروژه‌ها، به منظور رتبه بندی ریسک‌های مربوط به هر یک از عوامل اجرای پروژه، کافی است عدد ریسک پذیری به دست آمده برای ریسک مربوطه نسبت به معیار موردنظر را در اهمیت حاصله برای آن معیار ضرب نموده تا عدد ریسک پذیری موزون هر ریسک محاسبه و نهایتاً ریسک‌های شناسایی شده را بر اساس این عدد ریسک پذیری موزون رتبه بندی نمود.

تحلیل نتایج

همانطور که اشاره شد بر اساس گام‌های مدل پیشنهادی، عدد ریسک پذیری برای هر یک از ۱۳۱ عامل ریسک شناسایی شده در این پژوهش بر مبنای اهداف یا معیارهای زمان، هزینه و کیفیت به طور جداگانه محاسبه شده است. با توجه به حجم زیاد اطلاعات و نتایج مربوط به این محاسبات، به طور نمونه در جدول (۳) مقادیر فازی زدایی شده داده‌های مرتبط با عامل ریسک تاخیر در پرداخت هزینه پیشرفت کار توسط کارفرما (عامل ریسک A1) مورد اشاره قرار گرفته است. همچنین امتیاز کل احتمال وقوع برای هر کدام از ریسک‌های شناسایی شده بر

اساس الگوی معرفی شده، محاسبه و نهایتاً مقادیر عدد ریسک پذیری (RPN) نسبت به معیارهای زمان، هزینه و کیفیت از دیدگاه عوامل کارفرما و پیمانکار برای هر کدام از ریسکهای شناسایی شده به طور جداگانه به دست آمده است. جدول (۵) خلاصه نتایج حاصله برای عدد ریسک پذیری تاخیر در پرداخت هزینه پیشرفت کار توسط کارفرما (عامل ریسک A1) نسبت به معیارهای زمان، هزینه و کیفیت را از دیدگاه کارفرما نشان می‌دهد. مشابه همین رویه در مورد سایر ۱۳۰ ریسک شناسایی شده در این پژوهش انجام گردیده و نهایتاً پنج ریسک برتر از میان مجموعه ریسکهای شناسایی شده بر اساس نظر عوامل کارفرما و پیمانکار، در جداول (۶) و (۷) همراه با گروه مربوط به ریسک مذکور و عدد ریسک پذیری آن مورد اشاره قرار گرفته است.

جدول ۵. عدد ریسک پذیری عامل تاخیر در پرداخت هزینه ی پیشرفت کار توسط کارفرما (A1)

کیفیت (RPN _Q)			هزینه (RPN _C)			زمان (RPN _T)			جامعه خبرگان
RPN _Q	$\mu_{T\theta}$	$\mu_{T\pi}$	RPN _C	μ_{TX}	$\mu_{T\pi}$	RPN _T	μ_{TT}	$\mu_{T\pi}$	
/۰.۳۶۶	/۱۶۷۳	/۲۱۹۵	۰/۰.۴۴۱۸	۰/۲۰۱۱۵	۰/۲۱۹۶۵	۰/۰.۵۲۳	۰/۲۳۸۲۴	۰/۲۱۹۶۵	کارفرما
/۰.۲۹۲	/۱۶۷۰	/۱۷۶۱	۰/۰.۳۲۱۹	۰/۱۸۶۸۸	۰/۱۷۶۱۲	۰/۰.۳۳۷۸	۰/۱۹۱۷۸	۰/۱۷۶۱۲	پیمانکار

جدول ۶. پنج ریسک برتر از دیدگاه کارفرما

RPN _Q	گروه	شماره	ردیف	RPN _C	گروه	شماره	ردیف	RPN _T	گروه	شماره	ردیف
/۰.۵۸۲	کارفرما	A25	۱	۰/۰.۵۲۴	مالی	D5	۱	۰/۰.۶۰۴	کارفرما	A25	۱
/۰.۵۰۱	پیمانکار	B9	۲	۰/۰.۵۰۲	کارفرما	A25	۲	۰/۰.۵۲۵	مالی	D1	۲
۰/۰.۴۵۸	کارفرما	A18	۳	۰/۰.۵۰۱	کارفرما	A18	۳	۰/۰.۵۲۳	کارفرما	A1	۳
۰/۰.۴۵	پیمانکار	B4	۴	۰/۰.۴۹۳	مالی	D1	۴	/۰.۵۰۱	کارفرما	A18	۴
۰/۰.۴۲	پیمانکار	B21	۵	۰/۰.۴۷۲	مالی	D4	۵	۰/۰.۴۹	مالی	D5	۵

جدول ۷. پنج ریسک برتر از دیدگاه پیمانکار

RPN _Q	گروه	شماره	رتبه	RPN _C	گروه	شماره	رتبه	RPN _T	گروه	شماره	رتبه
۰/۰۵۰۴	کارفرما	A25	۱	۰/۰۵۳۵	مالی	D1	۱	۰/۰۵۲۵	مالی	D1	۱
۰/۰۴۶۲	مالی	B9	۲	۰/۰۵۱۴	مالی	D3	۲	۰/۰۵۰۵	مالی	D5	۲
۰/۰۴۵۳	مالی	A18	۳	۰/۰۵۰۴	مالی	D5	۳	۰/۰۵۰۴	مالی	D3	۳
۰/۰۴۴۳	مالی	B4	۴	۰/۰۵۰۳	مصالح	E1	۴	۰/۰۵۰۳	کارفرما	A18	۴
۰/۰۴۴۲	کارفرما	B21	۵	۰/۰۴۸۳	کارفرما	A15	۵	۰/۰۵	مصالح	E8	۵

بر اساس جدول شماره ۶، از نظر کارفرما مسائل و مشکلات مربوط به نوع قرارداد یا قبول پایین‌ترین قیمت در مناقصه (A25)، ناکافی بودن تخصیص اعتبارات در طول اجرای پروژه (D1) و تأخیر در پرداخت هزینه پیشرفت کار توسط کارفرما (A1)، به ترتیب بیشترین تأثیر را بر روی زمان اجرای پروژه دارند. از سوی دیگر عوامل افزایش تورم (D5)، مسایل و مشکلات مربوط به نوع قرارداد یا قبول پایین‌ترین قیمت در مناقصه (A25) و محدودیت‌های مالی کارفرما و عدم تأمین بودجه کافی طرح در زمان مناسب (A18)، به ترتیب بیشترین تأثیر را روی هزینه پروژه دارند و مسایل و مشکلات مربوط به نوع قرارداد یا قبول پایین‌ترین قیمت در مناقصه (A25)، ضعیف بودن مهارت فنی کارکنان پیمانکار (B9) و محدودیت‌های مالی کارفرما و عدم تأمین بودجه کافی طرح در زمان مناسب (A18)، به ترتیب بیشترین تأثیر را روی کیفیت پروژه دارند. همانگونه که در جدول ۷ از منظر پیمانکار مشاهده می‌گردد، ناکافی بودن تخصیص اعتبارات در طول اجرای پروژه (D1)، افزایش تورم (D5) و مشکلات مالی و اقتصادی کلان (D3)، به ترتیب بیشترین تأثیر را روی زمان پروژه دارند. ناکافی بودن تخصیص اعتبارات در طول اجرای پروژه (D1)، مشکلات مالی و اقتصادی کلان (D3) و افزایش تورم (D5) به ترتیب بیشترین تأثیر را روی هزینه پروژه دارند و مسائل و مشکلات

مربوط به نوع قرارداد یا قبول پایین‌ترین قیمت در مناقصه (A25)، ضعیف بودن مهارت فنی کارکنان پیمانکار (B9) و محدودیت‌های مالی کارفرما و عدم تأمین بودجه کافی طرح در زمان مناسب (A18)، به ترتیب بیشترین تأثیر را روی کیفیت پروژه دارند.

رتبه‌بندی گروه‌های عوامل

برای رتبه‌بندی گروه‌های عوامل، میانگین حسابی عدد ریسک‌پذیری ریسک‌های متعلق به هر گروه بر اساس معیارهای زمان، هزینه و کیفیت از دیدگاه کارفرما و پیمانکار به طور جداگانه محاسبه شده و خلاصه این نتایج در جداول ۸ و ۹ آمده است:

جدول ۸. میانگین حسابی عدد ریسک گروه‌های عوامل از دیدگاه کارفرما

شماره	گروه عوامل	RPN _T	RPN _C	RPN _Q
۱	کارفرما	۰/۰۲۰۵	۰/۰۱۷۷	۰/۰۱۶۷
۲	پیمانکار	۰/۰۲۹۰	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۷۴
۳	طبیعی	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۵۵
۴	مالی	۰/۰۴۰۸	۰/۰۴۱۷	۰/۰۳۲۴
۵	مصالح	۰/۰۱۹۸	۰/۰۱۸۸	۰/۰۱۵۹
۶	مسایل خاص	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۱۱

جدول ۹. میانگین حسابی عدد ریسک گروه‌های عوامل از دیدگاه پیمانکار

شماره	گروه عوامل	RPN _T	RPN _C	RPN _Q
۱	کارفرما	۰/۰۳۰۵	۰/۰۳۰۶	۰/۰۲۹۷
۲	پیمانکار	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۵۴	۰/۰۲۴۶
۳	طبیعی	۰/۰۲۷۷	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۸۰
۴	مالی	۰/۰۴۷۷	۰/۰۴۸۷	۰/۰۴۲۵
۵	مصالح	۰/۰۴۲۱	۰/۰۴۰۵	۰/۰۳۶۱
۶	مسایل خاص	۰/۰۳۴۹	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۲۴

در نهایت بر اساس ضرایب اهمیت به دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی برای معیارهای زمان، هزینه و کیفیت مندرج در جدول ۴ و ضرب مقادیر عدد ریسک پذیری زمان، هزینه و کیفیت هر کدام از گروه عوامل درگیر در پروژه در ضریب اهمیت معیارهای زمان، هزینه و کیفیت، عدد ریسک پذیری موزون ریسک‌های مختلف و همچنین عدد ریسک پذیری موزون هر کدام از گروه‌های عوامل درگیر در اجرای پروژه‌ها محاسبه می‌شود. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که گروه عوامل مالی و ریسک‌های متعلق به آن بالاترین مقدار عدد ریسک پذیری موزون را به خود اختصاص داده و به عنوان مهمترین و تاثیرگذارترین ریسک‌های شناسایی شده در بروز تأخیر در اجرای پروژه‌های مورد مطالعه تلقی می‌گردند. لازم به ذکر است ناکافی بودن تخصیص اعتبارات در طول اجرای پروژه (D1)، مشکلات مالی و اقتصادی کلان (D3)، افزایش تورم (D5)، افزایش هزینه‌های حمل و نقل (D6)، کمبود تخصیص اعتبارات برای مطالعات اولیه (D2) و افزایش قیمت حامل‌های انرژی (D4) که ریسک‌های متعلق به گروه عوامل مالی بوده‌اند، بر اساس محاسبات انجام شده از اولویت بیشتری در بروز تأخیر در اجرای پروژه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مورد نظر برخوردار بوده‌اند.

جمع بندی

در این مقاله با تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی از کارشناسان و خبرگان مرتبط با پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان بوسیله ی مدل مبتنی بر تجزیه و تحلیل آثار شکست در حالت فازی، مهم ترین ریسک‌های موجود در این حوزه با توجه به اهداف اصلی پروژه شناسایی شده و احتمال وقوع و میزان تأثیر ریسک‌های شناسایی شده بر زمان اجرای پروژه‌های نوسازی مدارس استان کردستان محاسبه شده‌اند که مهمترین نتایج به دست آمده در بخش تحلیل نتایج به تفصیل مورد اشاره قرار گرفت. از سوی دیگر ریسک‌های متعلق به گروه‌های عوامل درگیر در اجرای پروژه‌های مورد مطالعه از دیدگاه پیمانکار و کارفرما نسبت به معیارهای زمان، هزینه و کیفیت بر اساس عدد ریسک پذیری، رتبه بندی و در نهایت پس از

تعیین ضرایب اهمیت معیارهای موردنظر با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی، گروه عوامل مالی و ریسک‌های متعلق به این گروه به عنوان مهمترین گروه عوامل ریسک شناسایی شده‌اند. در این تحقیق علاوه بر تعیین ریسکها یا عوامل موثر بر بروز تاخیر در پروژه‌های عمرانی نوسازی مدارس که هم راستا با اکثر تحقیقات انجام شده در این حوزه بوده است، تاثیر این فاکتورهای ریسک بر معیارهای زمان، هزینه و کیفیت و احتمال وقوع آنها نیز مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفته و ضمن محاسبه اهمیت این معیارها از دیدگاه عوامل درگیر در اجرای پروژه‌های مورد مطالعه، در نهایت شاخص ریسک پذیری موزون برای هر یک از آنها به دست آمده و راهکارهایی برای بهبود عملکرد در این پروژه‌ها با در نظر گرفتن شاخصهای زمان، هزینه و کیفیت ارائه گردیده است. در این راستا بر اساس نتایج به دست آمده و به منظور کاهش ریسک‌های مختلف در پروژه‌های عمرانی اداره کل نوسازی مدارس استان کردستان و منطبق با گام نهم مدل FMEA، می‌توان پیشنهادات زیر را مطرح نمود:

- ۱- از آنجا که از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر بروز تاخیر زمانی در اکثر پروژه‌های اجرا شده در نوسازی مدارس استان کردستان، مشکلات مالی و ناکافی بودن تخصیص اعتبارات در حین اجرای پروژه است، لازم است که مسئولین ذیربط در حین زمان بندی پروژه‌های مورد نظر، منابع مالی لازم برای فازهای اجرایی پروژه‌ها را برآورد و بر اساس میزان منابع مالی در دسترس سازمان در ماه‌های مختلف سال، تلاش شود از همپوشانی فعالیت‌های هزینه زای پروژه‌ها در زمانهایی که محدودیت منابع مالی بیشتری وجود دارد خودداری گردد.
- ۲- بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش تورم و سایر فاکتورهای مالی مطرح در اقتصاد کلان مهمترین عوامل موثر بر افزایش هزینه پروژه‌های اجرا شده در نوسازی مدارس استان کردستان است که سبب عدم تحویل به موقع این پروژه‌ها و در مواردی ناتمام و نیمه تمام ماندن پروژه‌های اجرایی مورد مطالعه شده‌اند. از این رو پیشنهاد می‌شود زمان بندی پروژه‌ها بر اساس روشهای علمی رایج در مدیریت و کنترل پروژه انجام و تحت نظارت قرار گیرد،

- بعلاوه فرایند تخصیص و توزیع اعتبارات بر اساس این برنامه زمان بندی صورت گرفته تا تاثیر پذیری از تورم و متغیرهای کلان اقتصادی در طول اجرای پروژه به حداقل برسد.
- ۳- بر اساس نتایج تحقیق، مکانیزم برگزاری مناقصات و ضعف مهارت فنی کارکنان پیمانکار و ضعف منابع مورد استفاده از مهمترین علل موثر در کاهش کیفیت در اجرای پروژه‌های مورد مطالعه می‌باشند. با توجه به استقرار سیستم مدیریت کیفیت در اداره کل نوسازی مدارس استان کردستان، می‌توان با تدوین یک روش اجرایی مناسب، به روز و کارآمد و تهیه لیستی از توانایی پیمانکاران مختلف در اجرای پروژه‌های گوناگون اداره کل، در تخصیص پروژه‌های حساس و دارای میزان ریسک تأخیر بالا، ضمن ارزیابی دقیق پیمانکاران، از پیمانکاران واجد شرایط و توانا برای اجرای این پروژه‌ها استفاده نمود.
- ۴- با توجه به تعدد پروژه‌های نوسازی مدارس استان لازم است در هنگام تخصیص بودجه‌های عمرانی، اولویت تخصیص بودجه را بر اساس رویکردهای علمی بودجه بندی تعیین نموده و پروژه‌های لازم‌الاتمام در زمان‌های کمتر را در اولویت قرار داد.
- ۵- نظر به اهمیت مهارت فنی کارکنان پیمانکار و منابع مورد استفاده توسط پیمانکاران، در روند برگزاری مناقصات علاوه بر در نظر گرفتن حداقل قیمت ارائه شده، می‌توان موارد دیگری همچون برنامه زمانبندی، سوابق کاری تیم اجرایی پروژه و سایر مواردی که در تأخیر پروژه‌ها تاثیر دارند را لحاظ نمود.
- ۶- از آنجا که هزینه حمل و نقل و هزینه‌های مربوط به حامل‌های انرژی از جمله ریسک‌های مهم تاثیرگذار بر زمان و هزینه اجرای پروژه‌های مورد مطالعه بوده اند، لذا پیشنهاد می‌شود راهکارهای مبتنی بر بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی، استفاده از انرژی‌های نو و مدیریت حمل و نقل در پروژه‌های اجرایی نوسازی مدارس، مد نظر مدیران و دست اندرکاران اجرایی این پروژه‌ها قرار گیرد.
- ۷- با توجه به اینکه پروژه‌های مورد مطالعه در این تحقیق دارای یک کارفرمای مشترک می‌باشند، پیشنهاد می‌گردد که محققین در مطالعات آتی، چهارچوب ارائه شده را بمنظور یافتن مهمترین علل تأخیر در سایر پروژه‌های عمرانی در سطح ملی مانند سد سازی، پل و

راهسازی، تاسیسات زیر بنایی و.... که کارفرماهای متفاوتی دارند استفاده و با افزودن عوامل دیگری مانند قوانین و سیاستهای داخلی و خارجی دولت، تحریمهای اقتصادی و... مورد بازنگری قرار دهند. از سوی دیگر در تحقیقات آینده می‌توان مسئله مدیریت تأخیرات در پروژه‌های عمرانی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترهای تاثیر گذار بر پیشرفت پروژه و همچنین قابلیت اطمینان فرایندهای کاری و منابع مورد استفاده، مورد توجه قرار داد.

تشریح و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی اداره کل نوسازی مدارس استان کردستان انجام گرفته است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از حمایت‌های بی‌دریغ مدیریت و همکاران محترم این اداره در انجام فرایند تحقیق و همچنین از نقطه نظرات ارزشمند داوران محترم در تدوین مقاله تقدیر نمایند.

منابع

- آذر، عادل و حجت فرجی، (۱۳۸۱)، علم مدیریت فازی، مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران
- مومنی، منصور، (۱۳۸۹)، مباحثی نوین در تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران
- نجفی، ا.، رشیدی، ر.، (۱۳۸۵)، بررسی علل تأخیرات بخش مهندسی در پروژه‌های آب و فاضلاب با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، صفحه ۱-۸
- نژاد سبزی، پ.، (۱۳۸۹)، بررسی و شناسایی عوامل موثر در تأخیر اجرایی پروژه سد مروک، طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه ای لرستان، صفحه ۱-۹.
- Afshari, H., Khosravi, S., Ghorbanali, A., Borzabadi, M., & Valipour, M. (2010), *Identification of Causes of Non-Excusable Delays of Construction Projects*, International Conference on E-Business Management and Economics, Hong Kong, pp.42-46
- Assaf, S.A., Al-Khalil, M., & Al-Hazmi, M. (1995), *Causes of delay in large building construction projects*, Journal Of Management In Engineering, (ASCE), vol 2, pp.45-50.
- Chen S & Hwang C (1992), *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (375), Springer.
- Doloi, H., et al. (2012), *Analysing factors affecting delays in Indian construction projects*. International Journal of Project Management, vol.30, No.4 pp.479-489.
- Hwang, B.-G., X. Zhao, and L.P. Toh (2014), *Risk management in small construction projects in Singapore, status, barriers and impact*. International Journal of Project Management, vol.32, No.1 pp.116-124.
- Ellis, R.d., & Thomas, H.R. (2002), *The root causes of delays in highway construction*, 82nd Annual Meeting Of The Transportation Research Board, Washington DC.

Faridi, A.S., El-Sayegh, S.M., (2006) , *Significant factors causing delay in the UAE construction industry*, *Construction Management And Economics*, vol.24, No.11 pp. 1167-1176.

Flyvbjerg, B., Holm, M., & Buhl, (2003) , *How common and How large are cost overruns in transport infrastructure projects*” , *Transport Reviews*, 1 (23), 71-88.

Haseeb, M., Xinhai, Lu., Aneesa, B., Maloof, U.D., & Wahab, R., (2011) , *Causes and effects of delays in large construction projects of Pakistan*, *Kuwait Chapter Of Arabian Journal Of Business And Management Review*, vol.4, No.1 pp.18-42.

Kelly, Nicola. , Edkins, Andrew John., Smyth, Hedley. & Efrosyni, Konstantinou. (2013) , *Reinventing the role of the project manager in mobilising knowledge in construction*, *International Journal of Managing Projects in Business*, vol.6, No.4 pp.654-673.

Majed Alzara et al., (2016). *Using PIPS to minimize causes of delay in Saudi Arabian construction projects: university case study*, *Procedia Engineering*, 145, 932 – 939.

Marzouk, M.M. and T.I. El-Rasas, (2014). *Analyzing delay causes in Egyptian construction projects*. *Journal of advanced research*, vol.5, No.1, pp. 49-55.

Mukuka ,M. ,C. Aigbavboa ,and W. Thwala.(2015), *Effects of construction projects schedule overruns: A case of the Gauteng Province, South Africa*, *Procedia Manufacturing* vol.3 pp.1690-1695

North, D.W., (1995), *Limitations, definitions, principles and methods of risk analysis*, *Revue Scientific Technique-Office International*, vol.14, No.4 pp. 913-923.

Nune Ravi , Sankar. & Bantwal S. Prabhu. (2001).” *Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis*” , *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol.18, No.3, pp. 324-336.

Odeyinka, H.A. & Yusif, A. (1997) ,*The causes and effects of construction delays on completion cost of housing project in Nigeria* ,*Journal Financial Manage Property Construction* vol.2 ,No.3 ,pp. 31-44.

Pourroostam ,T. & Ismail ,A. (2011). *Significant Factors Causing and Effects of Delay in Iranian Construction Projects* ,” *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* , vol.5 ,No.7 pp. 450-456.

Remon F. Aziz , Asmaa .A , & Abdel-Hakam .(2016), *Exploring delay causes of road construction projects in Egypt, Alexandria* *Engineering Journal* ,vol.55 ,No.2 ,pp. 138-153.

Sambasivan, M. & Soon, Y. (2007, *Causes and effects of delays in Malaysian construction industry*” ,*International Journal Project Management* ,Vol.25 ,pp.517-526.

Wang, J. and H. Yuan.(2011), *Factors affecting contractors' risk attitudes in construction projects: Case study from China*.*International Journal of Project Management* , Vol.22 ,No.2 ,pp. 209-219.

Zadeh, L. A. (1971) ,*Similarity relations and fuzzy orderings* ,*Information Sciences* , Vol.3 ,pp.170-200.

ضمائم

پیوست ۱. ۱۳۱ ریسک مهم تأخیر شناسایی شده

جدول الف. مهمترین عوامل ریسک مرتبط با کارفرما

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
A1	تأخیر در پرداخت هزینه‌ی پیشرفت کار توسط کارفرما	A23	مبهم بودن طرح و سهل انگاری در بررسی مدارک و نقشه‌های طراحی شده
A2	تأخیر در تحویل کارگاه به پیمانکار توسط کارفرما	A24	دخالت‌ها و سخت گیریهایی بی مورد کارفرما
A3	تغییر سفارشات توسط کارفرما در طی ساخت و ساز	A25	مسائل ومشکلات مربوط به نوع قرارداد
A4	تأخیر در اصلاح و تایید مستندات طراحی توسط کارفرما	A26	انگیزش کارکنان کارفرما
A5	اختلاف بین مالکین مشترک طرح	A27	ضعف ساختار، تقسیم وظایف و چارت سازمانی
A6	عدم ایجاد انگیزه‌ی کافی برای پیمانکار جهت تکمیل کار در مدت زمانبندی شده	A28	ضعف اطلاع رسانی و سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت در سازمان کارفرما
A7	تعطیل کار توسط کارفرما	A29	اشتباه در برآورد زمان و هزینه‌ی طرح
A8	تأخیر کارفرما در عقد و ابلاغ قرار داد و عدم تحویل به موقع زمین محل اجرا به پیمانکار	A30	عدم هماهنگی با سازمان‌ها و ارگانهای ذیربط و تأخیر در اخذ مجوزها
A9	مدت قرارداد غیر واقعی تحمیل شده توسط کارفرما	A31	عدم هماهنگی با سازمانها و ارگانهای ذیربط و تأخیر در اخذ مجوزها
A10	تأخیر در پرداخت‌های مالی و پرداخت هزینه‌ی کارهای تکمیل شده به پیمانکار و مشاور	A32	ضعف تصمیم‌گیری عوامل نظارت کارگاهی
A11	تغییرات ایجاد شده توسط کارفرما	A33	وجود اشتباهات و ابهامات در نقشه‌های اجرایی و مستندات طراحی
A12	پرداخت‌های با فاصله به پیمانکار	A34	ناقص بودن مدارک و نقشه‌ها
A13	بروکراسی اجرایی در فرایندهای کاری کارفرما	A35	تأخیر در تهیه و تصویب نقشه‌ها و اسناد طراحی و تایید آزمایشات و بررسی‌ها
A14	تغییر در حدود خدمت پیمانکار و ابلاغ انجام کارهای اضافی توسط کارفرما	A36	عدم کنترل کیفیت مناسب کارها
A15	تأخیر در پذیرش و تایید هزینه‌ها، زمان و کیفیت در بررسی وضعیت‌ها، دستور کارها و تحویل کارهای تکمیل شده از جانب کارفرما	A37	بروز اختلاف عمده با کارفرما و پیمانکار
A16	تغییر نقشه و مشخصات و بروز اشتباه و اختلاف در اسناد قرارداد	A38	سخت گیریهایی بی مورد مشاور در طول اجرا
A17	مشاخره و بروز اختلاف عمده با مشاور و پیمانکار	A39	ناکافی بودن تجربه‌ی تیم طراحی
A18	محدودیت‌های مالی کارفرما و عدم تأمین بودجه‌ی کافی طرح در زمان مناسب	A40	ناسازگاریهای بین مشاور و مهندس طراح
A19	کند بودن روند تصمیم‌گیری و تأخیر در تصویب تغییرات در طول اجرا	A41	ناکافی بودن تجربه‌ی مشاور
A20	بررسی‌های ناقص در مورد معارض و بروز اختلاف در واگذاری زمین	A42	عدم تعهد تضمین کیفیت توسط مشاور
A21	عدم رعایت تناسب بین طرح‌های نیمه تمام و جدید و اعتبارات مورد نیاز آنها	A43	عدم انعطاف پذیری مشاور

A22	عدم ارتباط و هماهنگی با ارگانهای دولتی و خصوصی	A44	مدیریت ضعیف قرارداد توسط مشاوران
		A45	ارتباط و همکاری ضعیف بین مشاور و دیگر گروهها

جدول ب. مهمترین عوامل ریسک مرتبط با پیمانکار

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
B1	مشکلات موجود در رابطه با تأمین هزینه ی طرح توسط پیمانکار	B21	کمبود کادر فنی و متخصص
B2	ناسازگاری موجود بین برنامه ی زمان بندی پیمانکاران در اجرای طرح	B22	نامناسب بودن نوع و ساختار مدیریتی پیمانکار
B3	عدم کنترل کیفی مناسب و دوباره کاری به علت اشتباهات در جریان ساخت	B23	سوء مدیریت و نامناسب بودن نوع رهبری و کنترل مدیر ساخت و ساز پیمانکار
B4	مدیریت و نظارت ضعیف توسط پیمانکار	B24	تدارکات نامناسب و برنامه ریزی ضعیف برای تهیه و تأمین مواد ، مصالح و تجهیزات
B5	ارتباطات و همکاری ضعیف بین پیمانکار و سایر گروهها	B25	برنامه ریزی ضعیف پیمانکار جهت اجرای پروژه
B6	عدم زمان بندی و برنامه ریزی مناسب توسط پیمانکار	B26	بروز اختلاف و عدم هماهنگی با مشاور، کارفرما ، پیمانکاران فرعی و تأمین کنندگان
B7	اجرای روشهای اشتباه ساخت و ساز توسط پیمانکار	B27	انتخاب روشهای اجرایی و ماشین الات نامناسب و ناکارآمد برای اجرای کارها
B8	تغییرات متوالی زیر مجموعههای پیمانکار بدلیل عدم انجام صحیح کارها	B28	عدم آشنایی پیمانکار با مدیریت و کنترل پروژه و تخصیص منابع محدود
B9	ضعیف بودن مهارت فنی کارکنان پیمانکار	B29	تأخیر در تهیه ی صورت مجالس کارگاهی و مشکلات ناشی از آن
B10	تأخیر در مجهز کردن کارگاه توسط پیمانکار	B30	تأخیر در پرداخت حقوق و دستمزد کارکنان ، پرسنل و پیمانکاران فرعی
B11	مشکلات مالی پیمانکار و پیمانکاران فرعی	B31	اشتباهات و خطاهای اجرایی در طول پروژه
B12	انتخاب پیمانکاران نامناسب و عدم صلاحیت زیر مجموعههای پیمانکار	B32	کمبود نیروی انسانی(ماهر و غیر ماهر)
B13	به کار بردن روشهای ساخت نامناسب توسط پیمانکار	B33	عدم هماهنگی، اولویت بندی و بودجه بندی مناسب بین پروژههای چند گانه ی پیمانکار
B14	بروز مشکلات با زیر مجموعههای پیمانکار	B34	عدم هماهنگی بین سازمانها و ارگانهای زیربند
B15	عدم مدیریت مناسب توسط پیمانکار در رابطه با مسایل مالی ، حمایت تأمین کنندگان و زیر مجموعههای پیمانکار	B35	تغییرات مکرر پرسنل کارگاه توسط مدیران و سرپرستان کارگاه
B16	ناسازگاری بر نامه ای و بروز تأخیر در زمان بندی پیمانکاران فرعی	B36	پایین بودن سطح بهره وری و میزان انگیزه ی کارکنان
B17	شرایط و روابط قراردادی نامناسب تعیین شده توسط پیمانکار	B37	برنامه ریزی و مدیریت ضعیف منابع(انسان و مواد)
B18	تجربه ی ناکافی پیمانکار در برنامه ریزی ، اجرا و کنترل پروژه	B38	آموزش نامناسب پرسنل اجرایی
B19	پایین بودن سرعت تصمیم گیری پیمانکار	B39	نبود تعهد ایمنی برای کارکنان
B20	عدم ارتباط بین پیمانکاران و مشاور		

جدول ج. مهمترین عوامل ریسک مرتبط با عوامل طبیعی و خارجی

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
C1	شرایط پیش بینی نشده ی زمین	C7	شرایط اقتصادی
C2	انتظار برای تصویب نقشه‌ها و تست نمونه‌هایی از مواد و مصالح	C8	تاثیرات سیاسی
C3	شرایط جوی نامناسب	C9	تاثیرات اجتماعی
C4	تغییر در قوانین ومقررات	C10	شرایط آب و هوایی
C5	بروز مشکلات با همسایه‌ها	C11	عوامل مذهبی
C6	شرایط زمین محل ساخت وساز	C12	تحریم‌های بین المللی

جدول د. مهمترین عوامل ریسک مرتبط عوامل مالی

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
D1	نا کافی بودن تخصیص اعتبارات در طول اجرای پروژه	D4	افزایش قیمت حامل‌های انرژی
D2	کمبود تخصیص اعتبارات برای مطالعات اولیه	D5	افزایش تورم
D3	مشکلات مالی و اقتصادی کلان	D6	افزایش هزینه‌های حمل و نقل

جدول ه. مهمترین عوامل ریسک مرتبط با مواد و مصالح ساختمانی و تجهیزات

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
E1	کمبود مصالح ساختمانی در بازار	E8	محدودیت‌هایی در رابطه با تهیه ی مصالح ساختمانی مانند فولاد، بتن و ...
E2	تغییرات در نوع ومشخصات مصالح طی جریان ساخت و ساز	E9	تاخیر در تحویل مصالح به کارگاه
E3	آسیب دیدن مواد ومصالح انبارشده در مواقع ضروری	E10	کمبود تجهیزات و قطعات و افزایش قیمت آنها
E4	تاخیر در تهیه، تدارک و دریافت مواد ومصالح	E11	نقص فنی ماشین آلات و مدیریت ضعیف آنها
E5	برنامه ریزی ضعیف برای تهیه و تامین مصالح	E12	تاخیر تر انتقال تجهیزات و ماشین آلات ومشکلات مربوط به انتقال آنها
E6	افزایش قیمت مواد و مصالح	E13	بهره وری و کارایی پایین تجهیزات
E7	مشکلات در تهیه ی مصالح ساختمانی با قیمت رسمی جاری		

جدول ی. مهمترین عوامل ریسک مرتبط با مسائل خاص پروژه

شماره	شرح عامل	شماره	شرح عامل
F1	کوتاه بودن مدت قرارداد اصلی	F9	تغییرات ضروری کارها
F2	وجود تعارض در پروژه‌ها و اختلاف حقوقی بین گرو ههای مختلف	F10	وضعیت‌های غیر قابل پیشبینی در کار
F3	نوع قرارداد ساخت و ساز(جامع یا تنها ساخت و ساز)	F11	پسچیدگی ساخت پروژه
F4	سفارشات تغییر یافته	F12	فصلی بودن برخی از عملیات اجرایی
F5	اختلافات موجود در اسناد قرارداد	F13	پراکندگی و گستردگی کارهای اجرایی
F6	مشاجرات و چانه زنی‌های عمده در طول ساخت و ساز	F14	مشکلات ساختاری نظام‌های فنی و اجرایی پروژه‌ها
F7	عدم وجود ساختار سازمانی مناسب جهت ارتباط و پیوند تمامی گرو هها	F15	عدم پیش بینی بوروکراسی اداری در اجرای پروژه ه از جمله اخذ مجوزها و استعلام‌های لازم از سازمانهای مختلف
F8	کمبود و ضعف ارتباطات بین گرو ههای کاری	F16	بروز حوادث ناشی از عدم رعایت ایمنی و تعطیلی پروژه