6th.International Conference & 7th.national Conference on Civil Engineering,
Architecture, Art and Urban Design / 06-07 February. 2024
Venue: Tabriz Islamic Art University
In cooperation with Shahrekord University & Kharazmi University

تحلیل عوامل و ارائه راهکار برای علل تأخیر در پروژه‌های پیش‌ساخته سازی در شهر مشهد.

جواد آرین[۱]، هاشم شریعتمدار[۲]*

۱- کارشناس ارشد، گروه عمران، دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، javad.aryan@mail.um.ac.ir
۲- استاد، گروه عمران، دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، shariatmadar@um.ac.ir

چکیده

مدیریت ریسک مؤثر تا حد زیادی می‌تواند ریسک‌های زمانی پروژه‌ها، به‌خصوص پروژه‌های پیش‌ساخته سازی را کاهش دهد. باتوجه‌به اینکه استفاده از این نوع ساخت‌وسازها در سطح جهان و کشور ایران در حال گسترش است، بررسی علل تأخیر در این نوع پروژه‌ها نیز ضروری است. این پروژه‌ها نیز در مقایسه با پروژه‌های هم نوع خود دچار تأخیر می‌شوند، و تأخیر باعث ضررهای مالی و کیفی می‌شود. با طراحی پرسشنامه و نظر کارشناسان این حوزه، ریسک‌های شناسایی شده که از مقالات و نظرات خبرگان بیرون آمدند و شامل هفتاد مورد می‌شوند، اولویت‌بندی شدند. بر اساس اصل پارتو بیست درصد از موارد شناسایی شده با اولویت بیشتر که چهارده مورد از هفتاد مورد می‌شود، برای بررسی بیشتر جدا شدند. در میان چهارده ریسک بحرانی ارزیابی شده، چهار مورد اول، جنبه اقتصادی داشتند، ازجمله بودجه بیش از حد پروژه و تورم. همچنین عللی همچون کمبود نیروی کار متخصص، تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه و انتقال ضعیف داده‌های طراحی به سازنده که مختص پروژه‌های پیش‌ساخته سازی هست در میان عوامل وجود دارد. همچنین، راه‌حل‌هایی از جمله برنامه‌ریزی اولیه بادقت بیشتر و تنظیم قرارداد با اشتراک ریسک، برای کاهش اثرشان پیشنهاد شد. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌صورت تئوری به علاقه‌مندان این زمینه تحقیقاتی و به گسترش مجموعه دانش این حوزه کمک کند و همچنین به‌صورت عملی به مجریان این حوزه برای جلوگیری از تأخیر و زیان‌های مالی و کیفی نتیجه تأخیر کمک کند.

واژه‌های کلیدی: پروژه‌های پیش‌ساخته سازی، مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، اولویت‌بندی ریسک.

۱- مقدمه

پیش‌ساخته سازی از قرون پیش در کشورهای مختلف اروپایی و همچنین ایالات متحده وجود داشته است.[۱] از دهه ۱۹۷۰ به بعد، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.[۲] و در دهه‌های گذشته، انگیزه عملی به ساخت و ساز پیش‌ساخته به طور چشمگیری افزایش یافته است.[۳] عقب ماندن از برنامه زمان‌بندی در پروژه‌های ساخت و ساز همواره یک مشکل مهم محسوب می‌شود.[۴] اثرات تأخیرات شامل افزایش زمان، احتمال دعوای قضایی و ترک پروژه می‌شوند.[۵] همچنین، تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز باعث زیان مالی و کیفی برای پروژه می‌شود.[۶] بنابراین، بهبود زمان‌بندی و کاهش تأخیر پروژه از اهمیت ویژه‌ای در بازار رقابتی امروز برخوردار است. با شناسایی، ارزیابی و واکنش مناسب در مقابل ریسک‌ها، می‌توان به این هدف دست پیدا کرد و تأخیرهای زمانی را به حداقل رساند.[۷] پیش‌ساخته سازی به معنای تولید قطعات در کارخانه و سپس انتقال آنها به محل کارگاه ساختمانی برای نصب و مونتاژ است. در این رویکرد، ابتدا قطعات در محیط امن کارخانه تولید می‌شوند که از مشکلات مرتبط با محل کارگاه ساختمانی مستثنی هستند، و سپس به محل کارگاه ساختمانی حمل و نصب می‌شوند. این روش ساخت‌وساز مزایای متعددی

* Corresponding Author: Email: shariatmadar@um.ac.ir

نسبت به ساخت‌وساز سنتی دارد، از جمله افزایش ایمنی، کاهش نیاز به نیروی کار و در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد.[۸] به‌رغم اینکه مزایای ساختمان‌های پیش‌ساخته شناخته شده است، اما هنوز برخی عوامل مخاطره‌آمیز وجود دارند که اجرای ساخت‌وساز پیش‌ساخته را پرخطر می‌کنند.[۹] ساخت و ساز پیش‌ساخته به دلیل مزایایی نظیر حفظ محیط زیست، کیفیت بالاتر، تمیزی و ایمنی بیشتر، به طرز قابل توجهی در صنعت ساخت و ساز مورد توجه و بهره‌برداری یافته است. [۱۰] با این حال، این نوع ساخت و ساز دارای ضعف‌هایی از جمله ناپیوستگی همکاری‌ها و دربرگیری ریسک‌های متعدد است. اگر واکنش مناسبی در برابر این ریسک‌ها انجام نشود، ممکن است بر برنامه زمانی ساخت و ساز ساختمان‌های پیش‌ساخته تأثیر منفی بگذارد.[۱۱] برای مثال، اگر تولید کننده به سرعت به تغییرات طراحی درخواست شده واکنش ندهد و به تولید اجزای پیش‌ساخته بر اساس نقشه‌های قدیمی ادامه دهد، ممکن است منجر به تأخیر و خطا در مراحل ساخت گردد.[۱۲] علاوه بر این، عدم کنترل برنامه تولید برای اجزای پیش‌ساخته یکی از دلایل مهمی است که موجب تأخیر می‌شود و باعث افزایش هزینه‌ها، زمانبندی بیش از حد و کاهش کیفیت می‌شود.[۱۳] در میان دلایل دیگر، می‌توان به تجربه کم پیمانکار و استفاده از تکنولوژی‌های نوظهور اشاره کرد.[۱۰]

آرش‌پور و همکاران [۱۱] به منظور حل مسئله تأخیر، یک رویکرد جامع برای تجزیه و تحلیل ریسک پیشنهاد دادند که تأثیر یکپارچه‌سازی عدم قطعیت‌ها را بر زمان تکمیل پروژه نمایان می‌کند. در نتایج تحقیق آنها نشان داده شد که افزایش اندازه پروژه (محدوده پروژه) و حجم کار منجر به افزایش زمان تکمیل پروژه و انحراف از برنامه زمان‌بندی می‌شود. با این حال، این رویکرد جامع را در تمام مراحل ساخت گسترش نداده است، که یک ضعف به حساب می‌آید. ژائو و همکاران [۱۴] یازده عامل کلیدی تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز پیش‌ساخته را شناسایی کردند و متوجه شدند که تعاملات آنها بر تکمیل پروژه‌های پیش‌ساخته تأثیر می‌گذارند و می‌توانند منجر به تأخیر شوند. در این مطالعه، ریسک‌های بررسی شده در سراسر چرخه حیات پروژه و به ویژه در زنجیره تأمین مورد بررسی قرار نگرفته است. آرش‌پور و همکاران [۱۵] دلیل تأخیر را به همبستگی میان ریسک‌ها در فرآیند تولید در کارخانه و نصب در محل کارگاه نسبت می‌دهند، که به عواقب مالی و کیفی برای ذی‌نفعان پروژه منجر می‌شود و در نهایت منجر به عدم رضایت ذی‌نفعان اصلی پروژه خواهد شد. در پیشینه پژوهش، تحقیقی که شناسایی ریسک را در تمام مراحل پیش‌ساخته سازی انجام داده باشد و در کشور ایران و شهر مشهد انجام شده باشد یافت نشد به این ترتیب هدف این پژوهش در وهله اول، شناسایی ریسک، در تمام مراحل ساخت اعم از برنامه ریزی، طراحی، تولید، حمل‌ونقل و نصب است (در پروژه‌هایی اعم از سازه‌های فولادی سبک و بتنی). و در وهله دوم اولویت‌بندی این ریسک‌ها و ارائه راهکار برای آنها است.

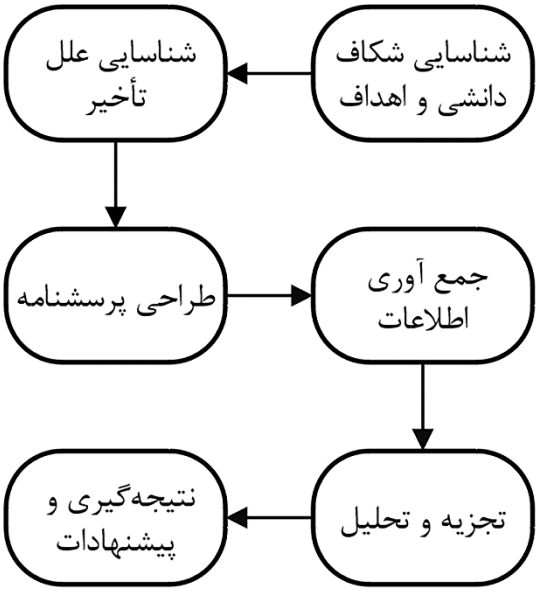
۲- عوامل تأخیر

برای دستیابی به مدیریت ریسک مؤثر و موفق، ابتدا باید ریسک‌های موجود شناسایی شوند. برای این منظور، ادبیات مربوطه در زمینه پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و تمامی ریسک‌های موجود استخراج شدند. سپس، با مشورت با خبرگان و افراد متخصص در این حوزه، این لیست ریسک‌ها کامل شد. پژوهش‌های زیادی در خارج کشور در این حوزه انجام شده است که در مقدمه به بعضی از آنها اشاره شده است. این عوامل را می‌توان به ۸ دسته شامل فازهای برنامه‌ریزی، طراحی، تولید در کارخانه، حمل‌ونقل و مونتاژ در محل و همچنین عوامل محیطی و عوامل مربوط به کارگران تقسیم کرد در نهایت، تمامی ریسک‌های شناسایی شده جمعاً شامل ۷۰ ریسک است.

۳- روش پژوهش

برای رتبه‌بندی علل تأخیر، در ابتدا عللی که منجر به تأخیر در پروژه‌های مشابه می‌شوند، از طریق بررسی پیشینه پژوهش به‌صورت لیستی جمع‌آوری شده و سپس با مشورت از افراد خبره در این حوزه، این لیست تصحیح و تکمیل شده است. سپس یک پرسشنامه طراحی شده که به دو معیار مهم، یعنی شدت تأثیر و احتمال وقوع علل اختصاص یافته است. در مرحله آخر،

پرسشنامه با چهار نفر از افراد متخصص در این زمینه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت تا روایی آن تأیید شود. بخش اول این پرسشنامه شامل سؤالات فردی مانند سن، تحصیلات، سابقه کار، و نقش فرد در پروژه است. در بخش دوم، سؤالات برای اولویت‌بندی علل تأخیر که شامل ۷۰ مورد تشخیص داده شده است، طراحی شده‌اند. مراحل اصلی پژوهش به‌ترتیب: شناسایی شکاف دانشی و اهداف تحقیق، شناسایی علل تأخیر، طراحی پرسشنامه، جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه‌وتحلیل و نتیجه‌گیری و پیشنهادات است (شکل ۱).



شکل ۱: مراحل انجام پژوهش

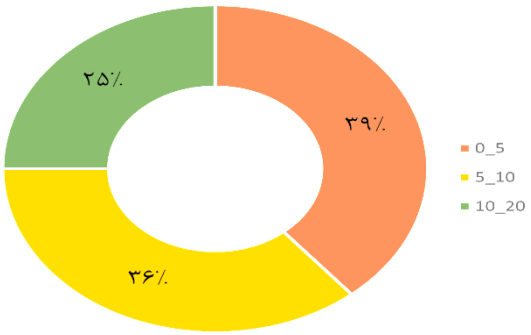
۴- جمع‌آوری اطلاعات

برای تعیین حجم نمونه، با توجه به اینکه در مورد تعداد کارکنان در این نوع ساخت‌ها اطلاعات دقیقی در دسترس نداریم، از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی[۲] استفاده شده است. این روش یک روش نمونه‌گیری تصادفی است که در تحقیقات کمی و کیفی استفاده می‌شود. جامعه تحقیق کارکنان و ذی‌نفعان درگیر شامل: کارفرمایان، پیمانکاران، سازندگان قطعات پیش‌ساخته در کارخانه، مونتاژکنندگان در کارگاه، طراحان، مشاورین و ناظرین است و اینکه در پروژه‌های پیش‌ساخته سازی از جمله سازه اسکلت فلزی سبک[۳] یا سازه‌های بتنی پیش‌ساخته سابقه کاری داشته باشند.

به‌منظور تضمین کیفیت بیشتر پرسشنامه، برای ارسال پرسشنامه به خبرگان از تکنیک دلفی استفاده شد. در این روش، پرسشنامه به چهار متخصص در حوزه موردنظر ارسال شد و آنها نظرات خود را ارائه کردند. این فرایند برای سه مرحله تکرار شد تا به بهبودهایی در پرسشنامه منجر شود. سپس، پرسشنامه به‌صورت آنلاین تهیه شد و لینک آن به جامعه هدف ارسال شد. متأسفانه، پذیرش آنلاین پرسشنامه به اندازه‌ی مورد انتظار نبود و بنابراین تصمیم به انتشار نسخه فیزیکی پرسشنامه و مراجعه حضوری گرفته شد. در طی حدود یک و نیم ماه، ۴۲ نسخه از پرسشنامه بر اساس روش نمونه‌گیری ارسال شد. در نهایت، ۳۷ پرسشنامه از این تعداد تأیید شد. برای ارزیابی پایایی پرسشنامه در این پژوهش، از ضریب آلفای کرونباخ[۴] استفاده شد که عدد

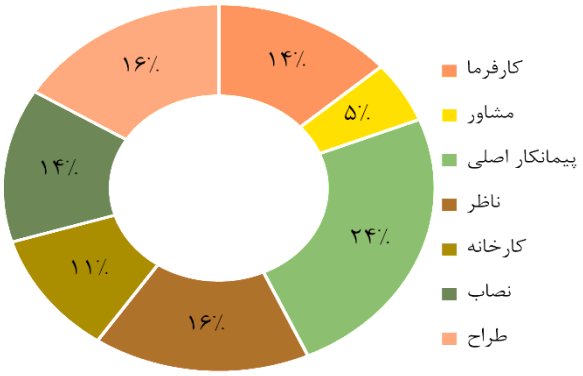
2 Snowball Sampling.
3 Lightweight Steel Framing (LSF).
4 Cronbach's alpha.

۰/۸۹۸ به دست آمد. این عدد نشان‌دهنده پایایی قابل‌اعتماد پرسشنامه است. از نتایج به‌دست‌آمده نیز مشخص شد که از میان ۳۷ پرسشنامه تأیید شده، ۵ نفر دارای تحصیلات زیر کارشناسی، ۲۲ نفر دارای مدرک کارشناسی، ۸ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد، و ۲ نفر دارای مدرک دکتری بودند. در مورد توزیع سنی، ۵ نفر از پاسخ‌دهندگان در رده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، ۱۶ نفر در رده سنی ۳۱ تا ۴۰ سال، ۱۴ نفر در رده سنی ۴۱ تا ۵۰ سال و ۲ نفر در رده ۵۱ تا ۶۰ سال بودند. و در رده سنی ۶۰ به بالا صفر نفر شرکت داشتند. از نظر سابقه کاری، ۱۴ نفر دارای سابقه کاری زیر ۵ سال، ۱۳ نفر دارای سابقه کاری بین ۵ تا ۱۰ سال، و ۹ نفر دارای سابقه کاری بین ۱۰ تا ۲۰ سال بودند (شکل ۲).



شکل ۲: توزیع سابقه کاری پاسخ‌دهندگان

از نظر توزیع نقش‌ها در پروژه، در این پژوهش، ۵ نفر به‌عنوان کارفرما، ۲ نفر به‌عنوان مشاور، ۹ نفر به‌عنوان پیمانکار اصلی، ۶ نفر به‌عنوان مهندس ناظر، ۴ نفر از کارکنان کارخانه، ۵ نفر از نصاب‌های قطعات پیش‌ساخته، و ۶ نفر از طراح‌های پروژه‌های ساخت‌وساز پیش‌ساخته در شهر مشهد در این پژوهش شرکت کردند (شکل ۳).



شکل ۳: توزیع سمت پاسخ‌دهندگان در پروژه

۵- رتبه‌بندی علل تأخیر

در این پرسشنامه، رتبه‌بندی بر اساس میانگین امتیازهای به‌دست‌آمده برای هر سؤال در دو بخش فراوانی و شدت و ضرب آنها انجام شده است. مقیاس لیکرتی برای امتیازدهی به سؤالات در این پرسشنامه به‌کاررفته است، که شامل پنج گزینه برای شدت اثر (بی‌اثر (۱)، کم‌اثر (۲)، متوسط (۳)، شدید (۴)، خیلی شدید (۵)) و پنج گزینه برای احتمال وقوع یا همان فراوانی (هرگز (۱)، به‌ندرت (۲)، بعضی از مواقع (۳)، اغلب (۴)، همیشه (۵)) است. در این روش، امتیازهای به‌دست‌آمده برای هر سؤال در محدوده ۱ تا ۵ قرار می‌گیرد و برای امتیاز نهایی، میانگین امتیازهای به‌دست‌آمده برای هر سؤال در دو معیار شدت اثر و احتمال وقوع با هم ضرب می‌شوند.

جدول ۱: علل تأخیر ارزیابی شده.

کد ریسک	دسته‌بندی	عامل تأخیر	امتیاز			رتبه
			احتمال	اثر	نهایی	
R1	برنامه‌ریزی	بودجه بیش از حد پروژه.[۱۶]	۳/۲۲	۳/۵۷	۱۱/۵۰	۱
R2	برنامه‌ریزی	برنامه فشرده پروژه.[۱۷]	۳/۰۸	۲/۷۸	۸/۵۶	۱۲
R3	برنامه‌ریزی	تخمین نادرست پیشرفت کاری.[۱۸]	۲/۴۳	۲/۵۴	۶/۱۷	۴۰
R4	برنامه‌ریزی	برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نامناسب.[۱۹]	۲/۶۸	۲/۷۳	۷/۳۲	۲۵
R5	برنامه‌ریزی	برنامه‌ریزی غیرواقعی پروژه.[۲۰]	۲/۷۳	۲/۴۹	۶/۸۰	۲۹
R6	برنامه‌ریزی	اندازه پروژه.[۲۰]	۲/۵۱	۲/۴۱	۶/۰۵	۴۲
R7	برنامه‌ریزی	پیچیدگی پروژه.[۲۰]	۲/۵۹	۲/۸۶	۷/۴۱	۲۴
R8	طراحی	تغییر طراحی.[۱۹, ۲۱]	۲	۳/۲۷	۶/۵۴	۳۱
R9	طراحی	نقشه طراحی ناقص.[۱۶]	۲/۱۱	۳/۶۸	۷/۷۶	۱۹
R10	طراحی	طراحی مجدد به دلیل خطا در طراحی.[۱۹]	۲/۶۲	۲/۶۸	۷/۰۲	۲۷
R11	طراحی	تغییر طرح قبل از سفارش.[۱۵, ۱۹, ۲۱-۲۳]	۲/۷۳	۲/۵۱	۶/۸۵	۲۸
R12	طراحی	تغییر طرح بعد از سفارش.[۱۵, ۱۹, ۲۱, ۲۳]	۱/۸۱	۳/۵۱	۶/۳۵	۳۵
R13	طراحی	انتقال ضعیف داده‌های طراحی.[۲۱, ۲۴]	۲/۶۸	۳/۲۲	۸/۶۳	۱۱
R14	تولید	تولید مجدد به دلیل کنترل کیفیت و آسیب در حین تولید.[۱۵, ۲۴, ۲۵]	۱/۸۶	۲/۵۹	۴/۸۲	۵۵
R15	تولید	بازسازی به دلیل کنترل کیفی و آسیب در حین بلند کردن دیوار.[۱۵, ۲۵]	۱/۸۱	۲	۳/۶۲	۶۶
R16	تولید	بازسازی به دلیل کنترل کیفی و آسیب در حین بالابری تیر.[۱۵, ۲۵]	۱/۸۶	۲/۰۵	۳/۸۱	۶۳
R17	تولید	ساخت مجدد به دلیل کنترل کیفیت و آسیب در حین بالا برد سقف.[۱۵, ۲۵]	۲/۳۰	۲/۷۰	۶/۲۱	۳۹
R18	تولید	ساخت مجدد به دلیل کنترل کیفیت و آسیب در هنگام بلند کردن اجزا.[۱۵, ۲۵]	۲/۰۵	۲/۶۲	۵/۳۷	۴۹
R19	تولید	تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه.[۱۶, ۲۱]	۳	۳/۰۵	۹/۱۵	۷
R20	تولید	شکاف اطلاعاتی طراحی بین طراح و سازنده.[۲۱, ۲۴]	۲/۶۲	۲/۹۵	۷/۷۳	۲۱
R21	تولید	تحویل اشتباه اجزای پیش‌ساخته.[۱۶, ۲۱]	۱/۷۰	۳/۱۴	۵/۳۴	۵۰
R22	تولید	قرار دادن اشتباه در محل ذخیره سازی به دلیل بی احتیاطی.[۲۱, ۲۴]	۲/۲۴	۲/۴۹	۵/۵۸	۴۶
R23	تولید	خرابی کارخانه تولید کننده اجزا.[۲۰]	۲/۲۲	۳/۷۶	۸/۳۵	۱۵
R24	تولید	پاسخ ضعیف به تغییر طراحی در طول ساخت و ساز.[۲۴]	۲/۱۹	۲/۸۴	۶/۲۲	۳۸
R25	تولید	فرآیندهای کند بازرسی کیفیت در بخش تولید.[۲۶]	۲/۴۹	۲/۵۹	۶/۴۵	۳۳
R26	حمل‌ونقل	ناهماهنگی اطلاعات لجستیک به دلیل خطاهای انسانی.[۲۱]	۲/۲۷	۲/۲۲	۵/۰۴	۵۴
R27	حمل‌ونقل	ترافیک، خرابی وسایل نقلیه یا سایر مشکلات غیرمنتظره‌ای که.[۱۵]	۲/۳۰	۲/۰۵	۴/۷۲	۵۶
R28	حمل‌ونقل	آب و هوای نامناسب در حین حمل و نقل.[۲۷]	۲/۱۱	۱/۸۴	۳/۸۸	۶۲
R29	حمل‌ونقل	بازسازی به دلیل کنترل کیفیت و آسیب در حین لجستیک.[۱۵, ۲۵]	۲/۲۷	۲/۳۸	۵/۴۰	۴۸

ادامه جدول ۱

R30	حمل‌ونقل	آسیب وسایل نقلیه حمل و نقل.[۲۴]	۲/۲۷	۲/۴۱	۵/۴۷	۴۷
R31	حمل‌ونقل	آسیب سطح جاده حمل و نقل.[۱۹]	۲/۴۱	۲/۳۲	۵/۵۹	۴۵
R32	نصب	آب و هوای نامناسب در هنگام بلند کردن اجزا.[۲۷]	۱/۸۱	۱/۷۸	۳/۲۲	۶۹
R33	نصب	فرآیندهای آهسته بازرسی کیفیت در بخش مونتاژ.[۲۱]	۲/۴۶	۲/۴۳	۵/۹۸	۴۳
R34	نصب	تغییرات در محدوده پروژه.[۱۷]	۲/۴۱	۲/۷۶	۶/۶۵	۳۰
R35	نصب	عدم نظارت بر کار.[۲۰]	۲/۷۳	۲/۹۵	۸/۰۵	۱۶
R36	نصب	کمبود تجهیزات مکانیکی با تکنولوژی بالا.[۲۰]	۲/۷۶	۲/۸۴	۷/۸۴	۱۸
R37	نصب	اپراتورهای غیرماهر تجهیزات.[۲۰]	۲/۷۰	۳/۲۴	۸/۷۵	۱۰
R38	نصب	دوباره‌کاری به دلیل اشتباهات ساخت.[۲۰]	۲/۵۷	۲/۸۱	۷/۲۲	۲۶
R39	نصب	مدیریت ضعیف کارگاه.[۲۰]	۲/۷۶	۲/۹۷	۸/۲۰	۱۴
R40	نصب	تأخیر توسط پیمانکار جز.[۲۰]	۲/۶۵	۲/۹۲	۷/۷۴	۲۰
R41	نصب	ارتباط و هماهنگی ضعیف.[۲۰]	۲/۴۶	۲/۵۹	۶/۳۷	۳۴
R42	نصب	کمبود اجزای پیش‌ساخته در کارگاه.[۲۰]	۲/۳۸	۳/۳۰	۷/۸۵	۱۷
R43	نصب	شناسایی دشوار اجزای مناسب.[۲۴]	۲/۱۱	۲/۱۶	۴/۵۶	۵۸
R44	نصب	خرابی و تعمیر تاور کرین یا جرثقیل.[۲۱, ۲۴]	۱/۸۹	۱/۹۲	۳/۶۳	۶۵
R45	نصب	خطای نصب عناصر پیش‌ساخته.[۲۱, ۲۴]	۲/۲۷	۲/۶۸	۶/۰۸	۴۱
R46	نصب	وقوع حادثه ایمنی.[۲۴]	۱/۷۰	۲/۶۲	۴/۴۵	۵۹
R47	نصب	ارتباط ناکارآمد بین شرکا در پروژه.[۱۷]	۲/۵۱	۳/۰۵	۷/۶۶	۲۲
R48	محیطی	تأثیر عوامل اجتماعی و فرهنگی.[۲۰]	۱/۹۲	۱/۶۸	۳/۲۳	۶۸
R49	محیطی	اثر باران بر فعالیت های ساختمانی.[۲۰]	۱/۷۰	۱/۹۲	۳/۲۶	۶۷
R50	محیطی	آب و هوای نامساعد.[۱۹]	۲/۱۴	۱/۸۶	۳/۹۸	۶۱
R51	محیطی	شرایط بد زمین.[۲۰]	۲/۵۷	۲/۴۶	۶/۳۲	۳۶
R52	محیطی	مشکل با همسایگان.(مصاحبه با خبرگان)	۲/۱۴	۲/۱۴	۴/۵۸	۵۷
R53	محیطی	شرایط پیش‌بینی نشده کارگاه.(مصاحبه با خبرگان)	۲/۵۷	۲/۴۳	۶/۲۵	۳۷
R54	محیطی	نوسانات قیمت.[۲۰]	۳	۳/۱۹	۹/۵۷	۴
R55	محیطی	اختلافات حقوقی.[۲۰]	۳	۲/۹۵	۸/۸۵	۹
R56	محیطی	سیاست‌های نامطمئن دولتی.[۲۸]	۲/۹۷	۳	۸/۹۱	۸
R57	محیطی	ناآرامی های مدنی.[۲۸]	۲/۱۱	۱/۹۵	۴/۱۱	۶۰
R58	محیطی	تورم.(مصاحبه با خبرگان)	۳/۳۸	۳/۳۲	۱۱/۲۲	۲
R59	محیطی	مصالح وارداتی.[۲۰]	۱/۵۹	۱/۶۵	۲/۶۲	۷۰
R60	محیطی	تحریم.(مصاحبه با خبرگان)	۲/۷۸	۳/۰۳	۸/۴۲	۱۳
R61	محیطی	نوسانات ارز.(مصاحبه با خبرگان)	۳/۰۳	۳/۵۱	۱۰/۶۳	۳

ادامه جدول ۱

R62	محیطی	رویه های طولانی گرفتن مجوزات.[۱۷]	۲/۹۵	۳/۱۶	۹/۳۲	۵
R63	محیطی	تأخیر در اخذ مجوز از شهرداری.[۲۰]	۲/۳۵	۲/۷۸	۶/۵۳	۳۲
R64	کارگران	درگیری های شخصی بین کارگران.[۲۰]	۱/۷۰	۲/۱۹	۳/۷۲	۶۴
R65	کارگران	قابلیت انتقال اطلاعات ضعیف بین گروه های ساخت.[۲۱, ۲۴]	۲/۲۷	۲/۳۰	۵/۲۲	۵۱
R66	کارگران	دسترسی به منابع انسانی.[۱۸]	۲/۵۴	۲/۹۵	۷/۴۹	۲۳
R67	کارگران	غیبت از کار.[۲۰]	۲/۱۱	۲/۴۱	۵/۰۹	۵۳
R68	کارگران	کمبود نیروی کار متخصص.[۲۰]	۳/۰۳	۳/۰۸	۹/۳۳	۶
R69	کارگران	بهره وری ضعیف نیروی کار.[۲۰]	۲/۳۰	۲/۲۷	۵/۲۲	۵۱
R70	کارگران	اختلافات کارگری و اعتصابات.[۲۶]	۲/۱۹	۲/۶۲	۵/۷۴	۴۴

۶- ریسک‌های بحرانی

باتوجه‌به اصل پارتو[5] که بیان می‌کند در اکثر رویدادها، تقریباً ۸۰ درصد از اثرات ناشی از ۲۰ درصد علل هستند، از میان ۷۰ مورد شناسایی‌شده، ۲۰ درصد یعنی ۱۴ مورد را برای بررسی بیشتر جدا کردیم. این موارد را باتوجه‌به رتبه‌بندی انجام‌شده در جدول ۱ آورده‌ایم که به ترتیب بودجه بیش از حد پروژه، تورم، نوسانات ارز، نوسانات قیمت، رویه‌های طولانی گرفتن مجوزات، کمبود نیروی کار متخصص، تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه، سیاست‌های نامطمئن دولتی، اختلافات حقوقی، اپراتورهای غیرماهر تجهیزات، انتقال ضعیف داده‌های طراحی، برنامه فشرده پروژه، تحریم و مدیریت ضعیف کارگاه رتبه‌های یک تا چهارده را به دست آورده‌اند. چهار ریسک ابتدایی یعنی بودجه بیش از حد پروژه، تورم، نوسانات ارز و نوسانات قیمت جنبه اقتصادی دارند و باتوجه‌به اینکه اولویت‌بندی بالاتری به دست آورده‌اند نشان‌دهنده‌ی اهمیت بالای آنهاست. رویه‌های طولانی گرفتن مجوزات، سیاست‌های نامطمئن دولتی، اختلافات حقوقی و تحریم عوامل محیطی و خارجی است که بر پروژه تأثیر می‌گذارند و اپراتورهای غیرماهر تجهیزات، انتقال ضعیف داده‌های طراحی، برنامه فشرده پروژه، مدیریت ضعیف کارگاه، کمبود نیروی کار متخصص و تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه در درون پروژه رخ می‌دهند.

جدول ۲: عوامل بحرانی تأخیر با بیشترین امتیاز نهایی.

ردیف علل در پرسشنامه	عامل تأخیر	امتیاز			رتبه
		فراوانی	شدت	نهایی	
۱	بودجه بیش از حد پروژه.[۱۶]	۳/۲۲	۳/۵۷	۱۱/۵۰	۱
۵۸	تورم.(مصاحبه با خبرگان)	۳/۳۸	۳/۳۲	۱۱/۲۲	۲
۶۱	نوسانات نرخ ارز.(مصاحبه با خبرگان)	۳/۰۳	۳/۵۱	۱۰/۶۳	۳
۵۴	نوسانات قیمت.[۲۰]	۳	۳/۱۹	۹/۵۷	۴
۶۲	رویه‌های طولانی گرفتن مجوزات.[۱۷]	۲/۹۵	۳/۱۶	۹/۳۲	۵
۶۸	کمبود نیروی کار متخصص.[۲۰]	۳/۰۳	۳/۰۸	۹/۳۳	۶

[5] Pareto principle.

ادامه جدول ۲

۱۹	تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه.[۱۶, ۲۱]	۳	۳/۰۵	۹/۱۵	۷
۵۶	سیاست‌های نامطمئن دولتی.[۲۸]	۲/۹۷	۳	۸/۹۱	۸
۵۵	اختلافات حقوقی.[۲۰]	۳	۲/۹۵	۸/۸۵	۹
۳۷	اپراتورهای غیرماهر تجهیزات.[۲۰]	۲/۷۰	۳/۲۴	۸/۷۵	۱۰
۱۳	انتقال ضعیف داده‌های طراحی به سازنده.[۲۱, ۲۴]	۲/۶۸	۳/۲۲	۸/۶۳	۱۱
۲	برنامه فشرده پروژه.[۱۷]	۳/۰۸	۲/۷۸	۸/۵۶	۱۲
۶۰	تحریم.(مصاحبه با خبرگان)	۲/۷۸	۳/۰۳	۸/۴۲	۱۳
۳۹	مدیریت ضعیف کارگاه.[۲۰]	۲/۷۶	۲/۹۷	۸/۲۰	۱۴

۷- تحلیل نتایج و ارائه پیشنهاد برای کاهش تأخیر

۷-۱- بودجه بیش از حد پروژه

بودجه بیش از حد پروژه که مهم‌ترین ریسک است، به اختصاص دادن منابع مالی بیش از مقدار برنامه‌ریزی شده به پروژه اشاره دارد. در پروژه‌های پیش‌ساخته سازی، عمدتاً بخش قابل توجهی از هزینه پروژه از همان ابتدا تخمین زده می‌شود و مقدار کمی از آن غیر قابل پیش‌بینی است. یکی از مزیت‌های این نوع ساخت و ساز قیمت اقتصادی و مناسب آنهاست، ولی این ریسک به این اشاره دارد که، عمدتا هزینه نهایی از هزینه پیش‌بینی اولیه بیشتر خواهد شد. برای راهکار، پیشنهاد شده است که پیش‌بینی اولیه را با دقت بیشتری انجام داد. [۲۹, ۳۰] و همچنین، منابع مالی کافی برای پروژه در نظر گرفته شود.[۳۱, ۳۲]

۷ - ۲ - تورم

تورم، به‌عنوان عامل دوم از عوامل تأخیر ارزیابی شده است. تورم بیش از حد معمول، سبب ایجاد مشکلات مالی برای کارفرما می‌گردد. باتوجه‌به اینکه پروژه‌های پیش‌ساخته سازی در مدت‌زمان خیلی کمتری نسبت به ساخت‌وسازهای سنتی ساخته می‌شود، تأثیر تورم در طول پروژه ناچیز خواهد بود و تأثیر اصلی آن بروی کارفرما خواهد بود. برای کاهش این ریسک پیشنهاد شده است که قرارداد به طریقی منعقد شود که این ریسک بین دو طرف تقسیم شود.[۳۲]

۷ - ۳ - نوسانات ارز

در رتبه سوم ارزیابی شده است. نوسانات نرخ ارز ممکن است تأثیرات بزرگ‌تری بر اقتصاد کلان داشته باشند که به تأخیر در پروژه‌ها نیز تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان‌مثال، رشد ناپایدار یا کاهش رشد اقتصادی ممکن است منجر به کاهش سرمایه‌گذاری‌ها و تأخیر در تأمین منابع مالی برای پروژه‌ها شود. نوسانات نرخ ارز ممکن است باعث افزایش هزینه‌های پروژه شوند. این افزایش هزینه‌ها ممکن است منجر به کاهش منابع مالی پروژه شود و در نتیجه، تأخیر در پیشرفت آن ایجاد شود. برای مدیریت تأثیر نوسانات نرخ ارز بر پروژه‌های پیش‌ساخته سازی، مهم است که تیم مدیریت پروژه بتواند تغییرات را پیش‌بینی کند. از جمله راه‌کاری که برای این ریسک می‌توان پیشنهاد داد پرداخت به دوشکل ریالی و یک ارز خارجی در قراردادهایی که نیاز به واردات دارند باشد تا این ریسک کاهش یابد.

۷ - ۴ - نوسانات قیمت

نوسانات قیمت، چهارمین عامل ارزیابی شده است. در بعضی مواقع این نوسانات قیمت به‌صورت ناگهانی رخ می‌دهند و می‌توانند مشکلات مالی و در نتیجه تأخیر زمانی برای پروژه ایجاد کنند. از جمله راهکارهایی که می‌توان پیشنهاد داد، استفاده

از توافقات قراردادی، مثلاً، از توافقات با نرخ تعدیل‌پذیر و برنامه‌ریزی دقیق‌تر و مدیریت هوشمندانه منابع است که می‌توانند تا حد زیادی تأثیر این موارد را کاهش دهند.

۷ – ۵ – رویه‌های طولانی گرفتن مجوزات

رویه‌های طولانی گرفتن مجوزات، که به عنوان عامل پنجم ارزیابی شده است. زمانی رخ خواهد داد که زمان گرفتن مجوزات را در برنامه‌ریزی اولیه لحاظ نکرده باشیم. و اینکه اغلب مدت زمانی که مسئولان حوزه ساخت و ساز برای دادن مجوزات اعلام می‌دارند بدون در نظر گرفتن احتمال به وجود آمدن مشکلاتی است که می‌تواند بر روند دادن مجوز تأثیر بگذارد.[۳۲] و برای کاهش این ریسک باید این مهم که اغلب در روند دادن مجوزات تأخیر به وجود می‌آید را در نظر بگیریم در برنامه اولیه.[۳۲]

۷ – ۶ – کمبود نیروی کار متخصص

کمبود نیروی کار متخصص، که در رتبه ششم علل تأخیر در این‌گونه پروژه‌ها دسته‌بندی شده است. باتوجه‌به اینکه این نوع ساخت‌وساز، نسبت به ساخت‌وساز سنتی جدیدتر است. نیروی کار این‌گونه پروژه‌ها، که تخصص‌های لازم را داشته باشند نیز کم هستند و این کمبود از جهات مختلف، از جمله زمان، بر پروژه تأثیر منفی می‌گذارد. برای مقابله با کمبود نیروی کار متخصص، شرکت‌ها می‌توانند برنامه‌های آموزشی و توسعه حرفه‌ای برای کارکنان خود ارائه دهند. این برنامه‌ها، می‌توانند شامل دوره‌های آموزشی، کارگاه‌ها و گواهینامه‌های حرفه‌ای باشند تا کارکنان بتوانند مهارت‌های موردنیاز در زمینه‌های مختلف ساخت‌وساز را توسعه دهند.

۷ – ۷ – تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه

تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه، در رتبه هفتم ارزیابی شده است. اگر عناصر پیش‌ساخته به کارگاه با تأخیر تحویل داده شوند، پروژه نیز با تأخیر تکمیل خواهد شد. این تأخیر ممکن است به دلیل انتظار برای عناصر پیش‌ساخته یا نیاز به تعداد کافی از عناصر برای شروع کارها در کارگاه باشد. یا مشکل در فاز حمل‌ونقل می‌تواند این مشکل را به وجود بیاورد. برای مدیریت و کاهش این ریسک می‌توان با برنامه‌ریزی دقیق تحویل عناصر پیش‌ساخته و تمرکز بر فاز ساخت قطعات و فاز حمل‌ونقل و همچنین تنظیم برنامه‌های کاری در کارگاه از تأخیر پروژه جلوگیری کرد.

۷ – ۸ – سیاست‌های نامطمئن دولتی

سیاست‌های نامطمئن دولتی، که در جایگاه هشتم قرار گرفته است. بیانگر این است که دولت و همچنین سازمان‌های محلی، مانند نظام‌مهندسی، می‌توانند با سیاست‌های خود بروی پروژه‌های ساختمانی از جمله پیش‌ساخته سازی تأثیر منفی بگذارند. تغییرات ناگهانی در سیاست‌ها و مقررات دولتی می‌تواند به تأخیرها و عدم‌قطعیت در پروژه‌ها منجر شود. این تغییرات ممکن است نیاز به بازنگری قراردادها، مجوزها، یا استانداردهای پروژه داشته باشند که زمان و انرژی اضافی را می‌طلبد. برای مدیریت بهتر این ریسک، می‌توان از شناسایی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با تغییرات سیاستی بهره گرفت و اینکه در برابر تغییرات انعطاف‌پذیری بیشتری داشته باشیم.

۷ – ۹ – اختلافات حقوقی

اختلافات حقوقی، که در رتبه نهم ارزیابی شده است. می‌تواند به‌شدت باعث تأخیر در پروژه‌های پیش‌ساخته سازی شود. از جمله این اختلافات می‌توان اختلافات مالی و اختلافات بر سر تضمین کیفیت و تست اجزای تولید شده در کارخانه را نام برد. برای مدیریت و کاهش تأخیرات ناشی از اختلافات حقوقی در پروژه‌های پیش ساخته سازی، مهم است که قراردادهای پروژه

به‌دقت و وضوح تدوین شوند. این قراردادها باید شرایط پروژه، وظایف طرفین، تعهدات مالی، زمان‌بندی، شرایط خاتمه و راه‌حل‌های اختلاف را به‌وضوح تعریف کنند.

۷ – ۱۰ – اپراتورهای غیرماهر تجهیزات

اپراتورهای غیرماهر تجهیزات، که در رتبه دهم ارزیابی شده است. بیان می‌کند که اپراتورهایی که در تجهیزات و ماشین‌آلات استفاده می‌شوند، تأثیر بزرگی بر کارایی و کیفیت اجرای پروژه دارند. در صورت عدم تجربه و مهارت کافی در اپراتورها، تأخیرها، خرابی‌ها، و کاهش کیفیت کار ممکن است رخ دهد. راه‌حل این است که برای اپراتورهایی که دارای تجربه ناکافی هستند، آموزش و آموزش مجدد بسیار حیاتی است.

۷ – ۱۱ – انتقال ضعیف داده‌های طراحی

انتقال ضعیف داده‌های طراحی، به عنوان عامل یازدهم ارزیابی شده است. به این ترتیب که اگر ارتباط اطلاعاتی مناسب بین طراح و تولیدکننده قطعات پیش‌ساخته شکل نگیرد، احتمال دارد باعث تولید اشتباه قطعات و در نتیجه تأخیر در پروژه گردد. استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت پروژه و تجهیزات مدرن، می‌تواند فرایند انتقال داده‌ها را بهبود ببخشد، و کمک کند تا داده‌های طراحی به‌درستی منتقل شوند.

۷ – ۱۲ – برنامه فشرده پروژه

برنامه فشرده پروژه، در رتبه دوازدهم ارزیابی شده است. این عامل زمانی رخ می‌دهد که برنامه پروژه فشرده‌تر از حدی است که پروژه در حالت عادی انجام می‌شود. این تلاش معمولاً به‌منظور کاهش زمان، کاهش هزینه‌های پروژه و یا برای رسیدن به مهلت‌های مهم و ضروری انجام می‌شود. اما، فشرده‌سازی برنامه پروژه، می‌تواند تأثیرات متنوعی از جمله افزایش فشار بر تیم و در نتیجه آن افزایش درصد احتمال خطا شود. که می‌تواند تأثیر منفی بر زمان اجرای پروژه داشته باشد. ایجاد یک برنامه جامع باتوجه‌به مهلت‌ها، منابع، و کیفیت مطلوب برای پروژه می‌تواند به تعادل مناسب بین زمان، هزینه و کیفیت کمک کند.

۷ – ۱۳ – تحریم

تحریم، در رتبه سیزدهم ارزیابی شده است. این ریسک زمانی رخ می‌دهد که نیاز به واردات تجهیزات خاصی برای تولید قطعات باشد. همچنین، تحریم به طور غیرمستقیم می‌تواند مشکلات مالی برای کارفرمایان ایجاد کند و به‌این‌ترتیب باعث تأخیر در پروژه گردد. درصورتی‌که تحریم‌ها، به تأمین مصالح و تجهیزات موردنیاز برای پروژه اجازه ندهند، به دنبال مواد و تجهیزات جایگزین باکیفیت مشابه بگردید. این کار می‌تواند به جلوگیری از تأخیرات بیشتر کمک کند.

۷ – ۱۴ – مدیریت ضعیف کارگاه

مدیریت ضعیف کارگاه، که به‌عنوان عامل چهاردهم ارزیابی شده است. می‌تواند به‌شدت باعث تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز پیش‌ساخته شود و ممکن است منجر به افزایش هزینه‌ها، کاهش کیفیت اجرای پروژه، افزایش خطاها و اشکالات شود، که همه‌ی اینها می‌تواند زمان پروژه را افزایش دهد. انتخاب سرپرست کارگاه متخصص و کارگران باتجربه و با مهارت کافی، از اهمیت زیادی برخوردار است، و آموزش مستمر کارگران و مدیران کارگاه می‌تواند به بهبود عملکرد و کیفیت کارکنان کمک کند و در نتیجه احتمال وقوع و اثر این ریسک را کاهش دهد.

۸– رتبه‌بندی بر اساس دیدگاه ذی‌نفعان مختلف پروژه

در جدول ۳، ریسک‌ها بر اساس گروه‌های مختلفی که پرسشنامه در بین آنها پخش شده ارزیابی شده است. این بررسی ازاین‌جهت مهم است که نظر و دغدغه ذی‌نفعان مختلف حاضر در پروژه را می‌توان بررسی کرد. به‌عنوان‌مثال، از نظر کارفرمایان

دلیل اصلی تأخیرات نوسانات ارز، از نظر ناظرین تورم، از نظر مشاورین نیز تورم مهم‌ترین عامل است. از نظر تولیدکنندگان قطعات، تأخیر در تحویل عناصر پیش‌ساخته به کارگاه مهم‌ترین دلیل تأخیر است. از نظر نصابان، که کار نصب و مونتاژ قطعات در کارگاه را بر عهده دارند مهم‌ترین علت تأخیر، انتقال ضعیف داده‌های طراحی است. از نظر پیمانکاران که مجری انجام این پروژه‌ها هستند و همچنین طراحان که کار طراحی را برعهده دارند مهم ترین علت تأخیر در این‌گونه پروژه‌ها هزینه بیش از حد پروژه‌ها است. کدهای مورد استفاده در جدول ۳، کدهای مختص به هر ریسک در جدول ۱ است.

جدول ۳: ارزیابی ریسک‌ها بر اساس نظر ذی‌نفعان مختلف پروژه.

	کارفرما	ناظر	مشاور	تولیدکنندگان	نصابان	پیمانکاران	طراحان
	تعداد پاسخ‌دهندگان						
رتبه	۵	۶	۲	۴	۵	۹	۶
رتبه ۱	R61	R58	R58	R19	R13	R1	R1
رتبه ۲	R60	R54	R1	R39	R10	R35	R50
رتبه ۳	R7	R1	R61	R68	R1	R54	R43
رتبه ۴	R9	R8	R68	R20	R12	R23	R2
رتبه ۵	R34	R55	R19	R1	R62	R61	R26
رتبه ۶	R54	R61	R62	R35	R37	R55	R52
رتبه ۷	R53	R20	R35	R61	R7	R39	R46
رتبه ۸	R37	R38	R23	R62	R55	R56	R28
رتبه ۹	R25	R2	R36	R40	R58	R36	R9
رتبه ۱۰	R47	R36	R39	R13	R25	R68	R25
رتبه ۱۱	R43	R19	R66	R37	R56	R62	R31
رتبه ۱۲	R58	R4	R2	R58	R55	R19	R13
رتبه ۱۳	R6	R69	R4	R42	R28	R58	R70
رتبه ۱۴	R45	R60	R22	R47	R61	R40	R44

۹- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، برای شناسایی عللی که باعث تأخیر در ساخت‌وساز پیش‌ساخته در شهر مشهد می‌شود، مقالات گذشته مورد بررسی قرار گرفت و درنهایت با بررسی توسط خبرگان این حوزه ۷۰ مورد از عللی که باعث تأخیر می‌شوند، نهایی گردید. سپس با طراحی و انتشار پرسشنامه در میان جامعه هدف تحقیق که کارکنان و ذی‌نفعان مختلف این گونه پروژه‌ها هستند، اولویت‌بندی صورت گرفت. سپس ۱۴ مورد مهم بر حسب اولویت، که می‌شود ۲۰ درصد از ۷۰ علل که بر اساس اصل پارتو تقریباً هشتاد درصد از تأثیر بر برنامه ساخت را دارد، جهت بررسی بیشتر جدا گردید. در بین ۱۴ مورد ابتدایی بودجه بیش از حد پروژه، تورم، نوسانات ارز و نوسانات قیمت که ماهیت اقتصادی دارند اولویت‌های بالاتری به دست آوردند با ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل برای این ریسک‌های مهم پیشنهادهایی جهت کاهش اثرشان ارائه داده شد. از مهم‌ترین پیشنهادها: پیش‌بینی اولیه بادقت بیشتر، تنظیم قرارداد به شکلی که ریسک‌های اقتصادی به شکلی توافقی بین طرفین به اشتراک گذاشته شود، پیش‌بینی تغییرات و مدیریت منابع است. در ادامه با اولویت‌بندی ریسک‌ها بر اساس نظر ذی‌نفعان مختلف نیز برآورد گردید.

پژوهش حال حاضر، در نوع خود، اولین پژوهشی است که در این حوزه در مشهد بررسی شده است. ریسک‌های بحرانی شناسایی شده و راه‌حل‌هایی که برای آنها تدوین شده است می‌تواند به ذی‌نفعان پروژه‌های پیش‌ساخته سازی در ایران و به‌خصوص در شهر مشهد کمک نماید تا از تأخیر بکاهند و از ضررهای کیفی و مالی کم کنند. همچنین از نظر تئوری به علاقه

منداان این بخش کمک می‌کند. برای پژوهش بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌شود که تأثیرات این ریسک‌ها بر برنامه ساخت‌وساز پیش‌ساخته بررسی گردد و بر ارزیابی ریسک برای انواع پیش‌ساخته سازی تمرکز گردد.

مراجع:

[1] B. Anvari, P. Angeloudis, W. Ochieng, A multi-objective GA-based optimisation for holistic Manufacturing, transportation and Assembly of precast construction, Automation in Construction; 71: 226-241, 2016.

[2] V.W. Tam, I.W. Fung, M.C. Sing, S.O. Ogunlana, Best practice of prefabrication implementation in the Hong Kong public and private sectors, Journal of Cleaner Production; 109: 216-231, 2015.

[3] M.R. Hosseini, I. Martek, E.K. Zavadskas, A.A. Aibinu, M. Arashpour, N. Chileshe, Critical evaluation of off-site construction research: A Scientometric analysis, Automation in Construction; 87: 235-247, 2018.

[4] M.A. Hossain, D. Raiymbekov, A. Nadeem, J.R. Kim, Delay causes in Kazakhstan’s construction projects and remedial measures, Int. J. Constr. Manage; 22(5): 801-819, 2022.

[5] M.O. Sanni-Anibire, R. Mohamad Zin, S.O. Olatunji, Causes of delay in the global construction industry: a meta analytical review, Int. J. Constr. Manage; 22(8): 1395-1407, 2022.

[6] S.-Y. Kim, N. Van Tuan, S.O. Ogunlana, Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks, International journal of project management; 27(1): 39-50, 2009.

[7] M.A. Hiyassat, F. Alkasagi, M. El-Mashaleh, G.J. Sweis, Risk allocation in public construction projects: the case of Jordan, Int. J. Constr. Manage; 22(8): 1478-1488, 2022.

[8] C.Z. Li, X. Xu, G.Q. Shen, C. Fan, X. Li, J. Hong, A model for simulating schedule risks in prefabrication housing production: A case study of six-day cycle assembly activities in Hong Kong, Journal of cleaner production; 185: 366-381, 2018.

[9] F. Innella, M. Arashpour, Y. Bai, Lean methodologies and techniques for modular construction: chronological and critical review, Journal of Construction Engineering and Management; 145(12): 04019076, 2019.

[10] C. Fan, D. Binchao, Y. Yin, Hierarchical structure and transfer mechanism to assess the scheduling-related risk in construction of prefabricated buildings: an integrated ISM-MICMAC approach, Eng. Constr. Archit. Manage; Vol. 30 No. 37: 2991-3013, 2022.

[11] M. Arashpour, R. Wakefield, E. Lee, R. Chan, M.R. Hosseini, Analysis of interacting uncertainties in on-site and off-site activities: Implications for hybrid construction, International Journal of Project Management; 34(7): 1393-1402, 2016.

[12] L. Luo, G. Qiping Shen, G. Xu, Y. Liu, Y. Wang, Stakeholder-associated supply chain risks and their interactions in a prefabricated building project in Hong Kong, Journal of Management in Engineering; 35(2): 05018015, 2019.

[13] J. Du, Y. Xue, V. Sugumaran, M. Hu, P. Dong, Improved biogeography-based optimization algorithm for lean production scheduling of prefabricated components, Eng. Constr. Archit. Manage; Vol. 30 No. 34: 1601-1635, 2022.

[14] Y. Zhao, W. Chen, Z. Yang, Z. Li, Y. Wang, Analysis on risk factors related delay in PCPs, Eng. Constr. Archit. Manage; 4: pp 330-336, 2022.

[15] M. Arashpour, B. Abbasi, M. Arashpour, M. Reza Hosseini, R. Yang, Integrated management of on-site, coordination and off-site uncertainty: Theorizing risk analysis within a hybrid project setting, International Journal of Project Management; 35(4): 647-655, 2017.

[16] S.M.H. Mojtahedi, S.M. Mousavi, A. Makui, Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique, Safety Science; 48(4): 499-507, 2010.

[17] O. Taylan, A.O. Bafail, R.M.S. Abdulaal, M.R. Kabli, Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, Applied Soft Computing; 17: 105-116, 2014.

[18] M. Ramli, M. Malek, M. Hanipah, C. Lin, M.M. Sukri, M. Zawawi, M.Z. Abidin, N.M. Fuad, Study of factors influencing construction delays at rural area in Malaysia, in: Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing; 012017, 2018.

[19] M.M. Hossen, S. Kang, J. Kim, Construction schedule delay risk assessment by using combined AHP-RII methodology for an international NPP project, Nuclear engineering and technology; 47(3): 362-379, 2015.

[20] S. Durdyev, M. Omarov, S. Ismail, Causes of delay in residential construction projects in Cambodia, Cogent Engineering, 4(1) (2017) 1291117.

[21] C.Z. Li, J. Hong, C. Fan, X. Xu, G.Q. Shen, Schedule delay analysis of prefabricated housing production: A hybrid dynamic approach, Journal of cleaner production; 195: 1533-1545, 2018.

[22] A. Kazaz, S. Ulubeyli, N.A. Tuncbilekli, Causes of delays in construction projects in Turkey, Journal of civil Engineering and Management; 18(3): 426-435, 2012.

[23] A.S. Alnuaimi, R.A. Taha, M.A. Mohsin, A.S. Al-Harthi, Causes, Effects, Benefits, and Remedies of Change Orders on Public Construction Projects in Oman, Journal of Construction Engineering and Management; 136(5): 615-622, 2010.

[24] C.Z. Li, J. Hong, F. Xue, G.Q. Shen, X. Xu, M.K. Mok, Schedule risks in prefabrication housing production in Hong Kong: a social network analysis, Journal of cleaner production; 134: 482-494, 2016.

[25] M. Arashpour, R. Wakefield, N. Blismas, T. Maqsood, Autonomous production tracking for augmenting output in off-site construction, Automation in construction; 53: 13-21, 2015.

[26] A.A. Aibinu, H.A. Odeyinka, Construction Delays and Their Causative Factors in Nigeria, Journal of Construction Engineering and Management; 132(7): 667-677, 2006.

[27] E.H. Chan, M.C. Au, Relationship between organizational sizes and contractors' risk pricing behaviors for weather risk under different project values and durations, Journal of Construction Engineering and Management; 134(9): 673-680, 2008.

[28] J.-B. Yang, C.-C. Yang, C.-K. Kao, Evaluating schedule delay causes for private participating public construction works under the Build-Operate-Transfer model, International Journal of project management; 28(6): 569-579, 2010.

[29] F. Sajedi, F. Sarmast Shoushtari, Technical note: Analysis of claims and disputes in contracts for oil and gas development projects in Iran with solutions, Journal of Structural and Construction Engineering; 4(2): 173-192, 2017.

[30] n. qaderi, mohsen, Claims and implementation of construction project contractors affect price changes, in: The 8th National Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development of Iran (in persian), 2010.

[31] M. Khoshgoftar, A.H.A. Bakar, O. Osman, Causes of Delays in Iranian Construction Projects, Int. J. Constr. Manage; 10(2): 53-69, 2010.

[32] A. Alvanchi, N. Farmani, S.H. Yakhchali, Evaluating factors causing delay in residential building projects of Mashhad, Sharif Journal of Civil Engineering (SJCE); 35.2(3.2): 3-13, 2019.