

ارزیابی ریسک در پروژه های ساخت پل در ایران با استفاده از تکنیک شبیه سازی مونت کارلو

دکتر محمود پارسایی

گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

مجید باقری

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ایران، تهران

چکیده

ریسک ها بخش جدایی ناپذیری از هر پروژه هستند و مدیریت ریسک باید یکی از نیازهای اصلی هر پروژه باشد. طبق نظر کارشناسان مدیریت ریسک، شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک ها بخش مهم ترین قسمت مدیریت ریسک است و می توان آن را مغزهای مدیریت ریسک نامید. شناسایی و تحلیل دقیق و صحیح ریسک ها و اجرای مدیریت ریسک در یک پروژه می تواند زمان و هزینه را کاهش دهد و کیفیت و ایمنی را بهبود بخشد. این تحقیق به طور جامع و سیستماتیک ریسک ها در صنعت ساخت پل های ایران شناسایی و ارزیابی کرد. ریسک ها در طول بازدیدها و مصاحبه های مختلف شناسایی شدند و از طریق پرسشنامه ها، عوامل ریسک بر اساس نتایج آزمون آماری اولویت بندی شدند و تحلیل کمی ریسک ها با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو بر روی یک پروژه واقعی انجام شد و اثرات آن بر زمان و هزینه پروژه تعیین شد. ریسک مالی عامل مهم تری که تأثیرات منفی بر پروژه ها داشت. راهکارهای عملی برای ارزیابی و تحلیل ریسک ها پروژه های ساخت پل ارائه شده است که می تواند توسط پیمانکاران، مدیران پروژه و مهندسان کنترل پروژه در شرکت های ساخت پل استفاده شود.

واژگان کلیدی: تحلیل ریسک، مدیریت، شبیه سازی مونت کارلو، ساخت پل.

مقدمه

پل ها به عنوان یکی از مهم ترین محصولات توسعه ای در هر کشور مورد نظر هستند. در هر کشور، پروژه های زیرساختی از اهمیت بسزایی برای توسعه اقتصادی و صنعتی به منظور افزایش کیفیت زندگی مردم برخوردارند (Etemadinia and Tavakolan, 2016). به طور کلی، پروژه های زیرساختی به عنوان پروژه های بزرگ مقیاس، مدت زمان طولانی و سرمایه گذاری بالا مشخص می شوند (Wang and YUAN, 2017). به دلیل طبیعت پیچیده و پویای پروژه ها، تصمیمات حیاتی باید توسط یک مشتری انجام شود (Choudhry, 2016). ساخت پل ها در مناطق شهری یا حومه ای به ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت بسزایی برخوردار است، از جمله ایران.

تسهیل جریان ترافیک شهری و کوتاه کردن و افزایش سرعت حمل و نقل جاده ای می تواند به روش های مختلف هزینه و زمان را کاهش دهد. بنابراین، افزایش سرعت، کاهش هزینه ها و بهره برداری از پروژه ها می تواند به بسیاری از کشورهای در حال توسعه در محیط اقتصادی کلان کمک کند. یک پروژه ساختمانی مجموعه ای از رویدادهای مختلف، مورد انتظار یا غیرمنتظر است (Asgari et al, 2018). ریسک در تمام پروژه ها وجود دارند (Choudhry et al, 2014). عدم قطعیت هایی که بر پروژه تأثیر می گذارند بر اساس دو نظریه احتمال و امکان است (Naderpour et al, 2019). در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، ریسکها به عنوان یک مانع در انواع مختلفی از پروژه ها باعث آسیب زیادی به دامنه پروژه ها شده است. این ریسک ها تأثیر قابل توجهی بر عملکرد، کارایی و کیفیت پروژه ها دارند (Akintoye MacLeod, 1997). در بسیاری از موارد، ریسک ها می توانند به عنوان عدم قطعیت ها تعریف میشوند و همچنین می توانند حداقل یکی از اهداف پروژه از جمله دامنه ها، برنامه ریزی، کیفیت و هزینه را شامل شود (Naji and Hussein Ali, 2018). ریسک های اجرای پروژه مشمول در فرایند به سه دسته ریسک ها دولتی، ریسک ها بازار و ریسک ها پروژه تقسیم می شوند (Liu and Sun, 2019). ریسک های پروژه به دو دسته، شناخته شده و ناشناخته تقسیم می شوند. ریسک ها شناخته شده شناسایی شده و قابل تحلیل هستند که این امر برنامه ریزی و آماده سازی پاسخ را ممکن می کند. امکان بازگشایی یک ریسک ناشناخته به طور فعال وجود ندارد (Bahamid and Doh, 2017). کشورهای در حال توسعه باید ریسک ها را به صورت سیستماتیک بررسی کرده و یک مدل مدیریتی کارآمد برای کنترل و پاسخ به ریسک ها پتانسیلی توسعه دهند. در ارزیابی پروژه ها، عدم وجود اطلاعات تاریخی یک عیب است (Chang and Ko, 2017). ضروری است که در مدیریت ریسک، احتمال وقوع و شدت اثر تهدیدها را کاهش دهیم (Schuyler, 2001). محققان مختلف نظرات متنوعی را درباره ریسک و مدیریت ریسک ابراز کرده اند. مدیریت ریسک یک ضرورت حیاتی برای کاهش زیان ها و افزایش سود در صنعت ساخت و ساز است (Williams et al, 1997). روشی برای مشاهده مدیریت ریسک در پروژه های ساختمانی پیشنهاد دادند (Reilly and Brown, 2004). پیاده سازی فرآیندهای مدیریت ریسک در زیرساخت ها و تونل ها را مورد مطالعه قرار دادند، پروژه هایی که به طور خاص پیچیده هستند. (Raftery, 2003). پیشنهاد داد که استفاده از اطلاعات و نظرات متخصصان در شناسایی ریسک در پروژه های مختلف ضروری است تا زمان ذخیره شود (Farooqui et al, 2007). اعلام کردند که پاکستان با شکست هایی در پروژه های ساخت پل مواجه شده بود که به عدم مدیریت ریسک مربوط بود (Choudhry and Iqbal, 2013). ادعا کردند که مدیریت ریسک به طور سیستماتیک در پاکستان انجام نشده است (Choudhry et al, 2014). راهنمایی برای دسته بندی ریسک ها در پروژه های ساخت پل در صنعت ساخت و ساز پاکستان پیشنهاد کردند.

ریسک ها می توانند از دو دیدگاه، احتمال و شدت اثر، ارزیابی شوند. مدیریت ریسک مجموعه ای از فرآیندهای کنترل در یک سیستم است که ریسک ها را پیش بینی می کند و راه را برای مقابله با آن ها نشان می دهد (Dikmen et al, 2004). میزان پیچیدگی پروژه های ساختمانی باعث می شود که پرتفوی کاری تحت تأثیر قرار گیرد، و پویایی این فضا و تأثیر عوامل محیطی باعث افزایش این پیچیدگی می شود، که با ریسک ها و ابهامات مختلف همراه است. وجود چندین عامل که بر هدف یک مسئله ی مهندسی تأثیر می گذارد، باعث می شود که با استفاده از روش های سنتی که سخت می باشد آن را حل کرد (Naderpour et al, 2018 ; Naderpour Mirrashid, 2018). پروژه های ساختمانی بسیار پیچیده هستند زیرا شامل تعداد زیادی فعالیت و کارگر می شوند. (Choudhry et al, 2014) کنترل زمان تعیین کننده ی مهم ترین موفقیت یک پروژه است (Pall et al, 2016).

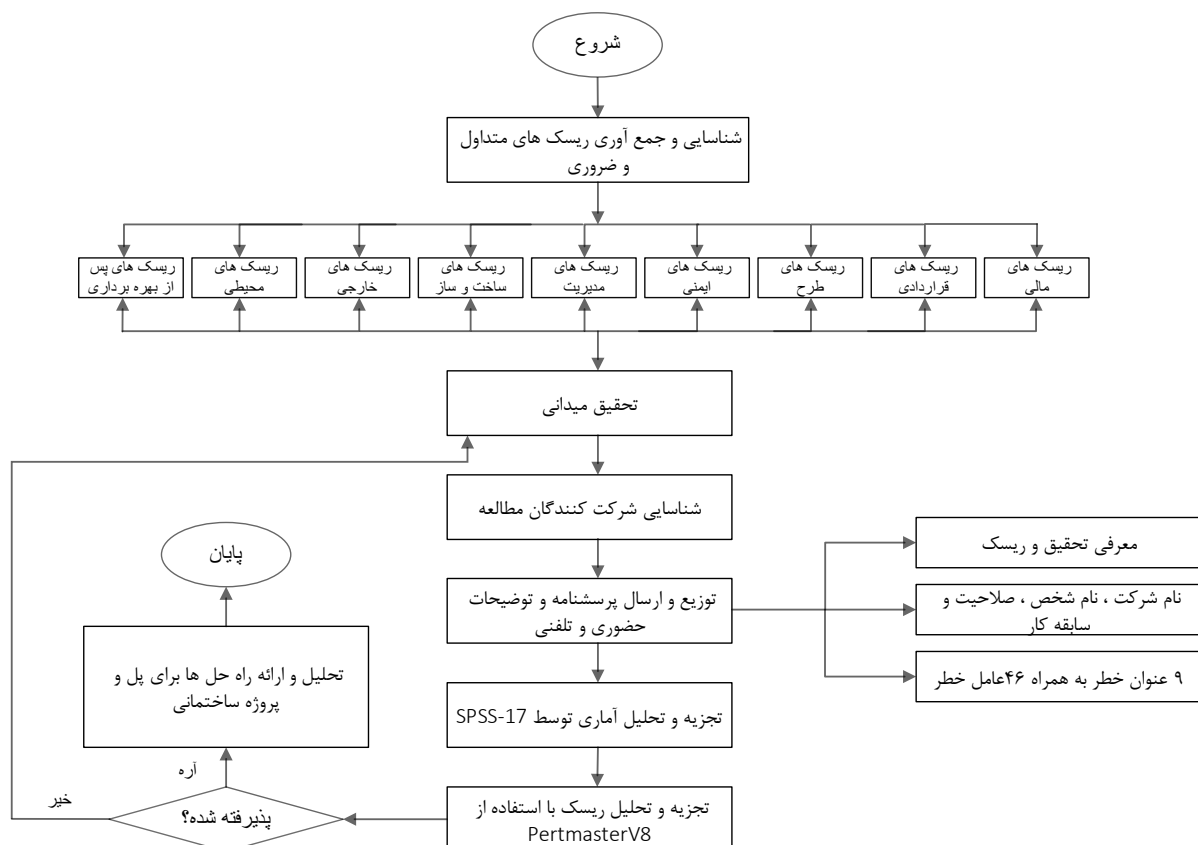
روش مسیر حیاتی (CPM) به طور گسترده برای برنامه ریزی پروژه استفاده شده است (Paz et al, 2018)، و متداولترین روش ها توسط پژوهشگران برای تجزیه و تحلیل ریسک توسعه یافته است. تکنیک ارزیابی و بررسی پروژه (PERT) که در سال ۱۹۸۵ توسط آکادمی دریایی ایالات متحده پیشنهاد شده است، یک ابزار ارزیابی ریسک است (Choudhry et al, 2014). مدیریت ریسک یک فرآیند ضروری است برای کاهش زمان و هزینه و افزایش سود یک پروژه. مدل تحلیل ریسک برنامه ریزی پیشرفته (APRAM) ابزار مفیدی برای مدیریت ریسک است (Dillon and Pate-Cornell, 2001). ارزیابی

ریسک شامل انواع کیفی و کمی است. ارزیابی ریسک کیفی معمولاً بر اساس تجربه‌ی کارشناسی است، و ارزیابی کمی بر اساس تأثیر ریسک‌ها بر زمان و هزینه است. مدل تحلیلی ریسک‌های برنامه‌ریزی ساخت و ساز فعالیت‌های ساختمانی را در شرایط عدم قطعیت ارزیابی می‌کند زمانی که زمان عملیات و عوامل ریسک با یکدیگر همبستگی دارند (Okmen and Oztas, 2008). تخمین‌های نامناسب اهداف پروژه انجام شده بدون ارزیابی دقیق ریسک می‌تواند مشکلات جدی در پروژه‌ها ایجاد کند (Artan Ilter and Bakioglu, 2018).

تجربیات مدیران و افراد در پروژه در برخی موارد ممکن است ریسک‌ها را به صورت محلی کاهش دهند، اما نمی‌توانند ریسک‌ها در فعالیت‌های آینده را از بین ببرند، اما باید با دقت مورد بررسی قرار گیرند تا پاسخ مناسبی فراهم شود. در ارزیابی پروژه، عدم وجود اطلاعات تاریخی در مورد ریسک‌ها بیشتر عادت تر از استثنا است (Chang and Ko, 2017). به عنوان یک کشور در حال توسعه، ایران دارای مقدار زیادی ساخت و ساز است، با هزینه‌های عظیمی که سالانه برای ساخت و تعمیر پل‌ها صرف می‌شود. بسیاری از پروژه‌ها به ریسک‌ها متوالی تحت تأثیر قرار می‌گیرند که منجر به آسیب و حتی بسته شدن می‌شوند. متأسفانه، به دلیل عدم مدیریت سیستماتیک ریسک و پیامدهای آن، بسیاری از پروژه‌ها زیان می‌بینند. این مطالعه به طور جامع ریسک‌ها مؤثر بر پروژه‌های ساخت و ساز پل را شناسایی می‌کند، نشان می‌دهد چگونه ریسک‌ها بر زمان و هزینه یک پروژه در حال اجرا تأثیر می‌گذارند با استفاده از روش شبیه‌سازی مونته کارلو، و راهنمای کاربردی برای مدیران پروژه در ایران پیشنهاد می‌کند. موضوع ریسک مرتبط با متغیرهایی مانند فرهنگ، اقتصاد، سیاست، و توانایی‌های مدیریتی هر کشور است، و می‌تواند یک دیدگاه برای ارزیابی موفقیت در هر کشور باشد، به این معنی که هر چه تعداد و احتمال ریسک‌ها کمتر باشد، قانون و مدیریت در آن کشور مرتب و پایدارتر خواهد بود. مدیریت سیستماتیک ریسک در بیشتر پروژه‌ها در ایران اجرا نمی‌شود، و بسیاری از مدیران سنتی در این موارد بی‌توجه هستند، و این باعث می‌شود که متأسفانه پروژه‌ها از انواع مختلفی از ریسک‌ها رنج ببرند، و این منجر به کاهش بهره‌وری و کیفیت پایین، و افزایش هزینه‌ها خارج از استاندارد پروژه‌ها شود.

روش تحقیق

این مطالعه یک بررسی سیستماتیک از خطرات در پروژه‌های ساخت و ساز پل و کارگاه‌های ساخت و ساز است و از ادبیات بهره برده است. اصل این تحقیق بر اساس مشاهدات کارگاهی و میدانی، توزیع پرسشنامه‌ها، مصاحبه‌های حضوری و تلفنی بود (شکل ۱). مراحل شامل شناسایی و جمع‌آوری خطرات مشترک و ضروری، تحقیقات میدانی، شناسایی شرکت‌کنندگان، توزیع پرسشنامه‌ها، تحلیل آماری، تجزیه و تحلیل خطر و ارائه راهکارها برای پروژه‌های ساخت و ساز پل بود.



شکل ۱. نمودار جریان تحقیق

برای این مطالعه، یک پرسشنامه بر اساس مطالعات قبلی (Etemadinia and Tavakolan, 2016) و مشاهده‌های کارگاهی تهیه شد (شکل ۲). پرسشنامه از سه بخش تشکیل شده بود. در بخش اول، هدف تحقیق و اصول خطر معرفی شدند. بخش دوم نام و جزئیات فردی که پرسشنامه را پر می‌کند، و تجربیاتشان را درخواست می‌کرد. بخش سوم شامل ۹ نوع خطر همراه با ۴۶ عامل خطر بود. خطرهای موجود در پرسشنامه شامل خطرهای مالی، قراردادی، طراحی، ایمنی، مدیریتی، ساخت، خارجی، محیطی و پس‌استفاده بودند.

خطرات مالی شامل کمبود بودجه، تورم، افزایش قیمت مواد، تأخیر در پرداخت‌های مالی، ورشکستگی پیمانکار، و خسارت‌های اقتصادی بود. خطرات قراردادی شامل تغییرات در دامنه کار و برنامه‌ها، تناقض‌های قراردادی، اختلافات و اختلافات با پیمانکار، و ارزیابی نادرست زمان و هزینه بود. تغییرات طراحی، طرح‌های ناقص و بازرسی‌های کافی در محل پروژه در خطرهای طراحی مدنظر قرار گرفتند. خطرهای ایمنی شامل حوادث، آسیب به اموال و مرگ بود. برنامه‌ریزی پروژه ناکافی، تخصص پایین، هماهنگی ضعیف، نظارت و مدیریت ضعیف در محل پروژه، سرقت و اعتصاب کارگران، کارگران معتاد، و پیمانکاران دست دوم کم‌کیفیت به عنوان خطرهای مدیریت مورد نظر بودند. خطرهای ساخت شامل تأخیر در ساخت، ناکارآمدی و کنترل کیفیت،

کمیود فناوری، کارایی پایین کارگر، بازرسی اضافی، عدم شفافیت در دامنه پروژه، شرایط ناپیش‌بینی در محل پروژه، شرایط اقلیمی، وقفه‌های کاری، و کمیود فضا بود. ناپایداری سیاسی، تغییر در رفتار مسئولین دولتی، تغییر در مدیریت، تحریم‌ها، و تأخیر در اولویت‌های بودجه به عنوان خطرات خارجی دسته‌بندی شده بودند. خطرات محیطی شامل آلودگی هوا و منابع خاک/آب محل پروژه بود. انفجار، حریق، سیل، زلزله، انحراف شدید، فروپاشی ناپیش‌بینی، و خستگی بیش از حد به عنوان خطرات پسااستفاده دسته‌بندی شدند.

قبل از توزیع پرسشنامه‌ها، یک جلسه بررسی با شش متخصص در ساخت پل برگزار شد، هرکدام از آنها بیش از ۲۰ سال تجربه در ساخت و مدیریت پروژه‌های ساخت پل داشتند، و پرسشنامه مورد بررسی و اصلاح قرار گرفت.

پاسخ‌ها بر اساس مقیاس لیکرت پنج‌گانه شامل بی‌اهمیت، کم، متوسط، زیاد، و ناپذیر بودند (Boone and Boone, 2012). افراد پاسخ‌دهنده از میان پیمانکاران و مدیران کارگاه انتخاب شدند. پرسشنامه‌ها از طریق ایمیل، فکس، و حضور در کارگاه‌های ساخت پل توزیع شدند. کلیه ۱۱۲ پرسشنامه توزیع شدند، و ۱۰۵ پاسخ داده شد؛ ۷ نفر به پرسشنامه‌ها پاسخ ندادند. Pitman (۲۰۱۸) اظهار کرده است که نرخ پاسخدهی ۲۰٪ قابل قبول است. (Black et al, 2000) توجه داشتند که نرخ پاسخدهی ۳۰٪ برای پروژه‌های ساخت و ساز مناسب است. بیش از ۸۰٪ از افرادی که پرسشنامه‌ها را تکمیل کرده‌اند، بیش از ۱۰ سال تجربه در پروژه‌های ساخت پل داشتند. حدود ۱۰٪ از آن‌ها مشاوران و کارفرمایان بودند، و ۹۰٪ پرسشنامه‌ها توسط مهندسان پیمانکار تکمیل شد. تمامی پاسخ‌دهندگان حداقل مدرک کارشناسی در مهندسی عمران داشتند، و ۳۰٪ از آن‌ها مدرک کارشناسی ارشد داشتند.

داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ با استفاده از تحلیل‌های اولیه، تحلیل همسانی، و همبستگی پیرسون تحلیل شدند. علاوه بر این، مطالعه موردی یک پروژه پل اثر خطر بر زمان و هزینه را نشان داد. در این کار، پژوهشگر با کمک یک کارگاه تخصصی همکاری کرد و تکنیک‌های شبیه‌سازی مونته کارلو برای تجزیه و تحلیل خطرها در مطالعه موردی استفاده شد. روش تخمین خطر کمیتاتیبو برای تصمیم‌گیری شامل استفاده از درخت تصمیم و تکنیک شبیه‌سازی مونته کارلو است (Liu et al, 2017). این تیم تخصصی از پنج عضو (مدیر پروژه، مدیر کنترل پروژه، مدیر ساخت و اجرا، رئیس کارگاه، و رئیس دفتر فنی) تشکیل شده بود. تمامی اعضای تیم بیش از ۲۰ سال تجربه در ساخت پل داشتند. خطرات در این پروژه و تأثیر آن‌ها بر زمان و هزینه توسط این تیم تعیین و به عنوان درصد‌ها اعمال شدند. احتمال به عنوان فعالیت‌های خوش‌بین، محتمل، و ناامیدبخش تعیین شد. این نوع زمان و هزینه‌های ممکن استفاده از تابع توزیع بتا در نرم‌افزار Pertmaster نسخه ۸ استفاده شد. بسیاری از جزئیات برنامه و ورودی‌ها توسط تیم تخصصی پیشنهاد شدند.

پرسشنامه					
لطفا با پر کردن مناسب ترین پاسخ به سوالات زیر پاسخ دهید.					
ناچیز	زیاد	متوسط	کم	بی اهمیت	پرسش
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ریسک های مالی از جمله کمبود بودجه، تورم، رشد قیمت مواد، تاخیر در پرداخت های مالی، ورشکستگی پیمانکاران و زیان های اقتصادی را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	خطرات قراردادی از جمله تغییر در محدوده کار و دستور کار، تناقضات قرارداد، ادعاها و اختلافات بین پیمانکار و برآورد نادرست زمان و هزینه را چگونه انجام می دهید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ریسکهای طراحی از جمله تغییرات طراحی، طرح های ناقص و بازرسی های ناکافی در سایت پروژه را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ایمنی در معرض خطر تصادفات لباس، آسیب به اموال و همچنین مرگ را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ریسک مدیریت از جمله برنامه ریزی ناکافی پروژه، کارشناسی کم، نظارت و مدیریت ضعیف سایت، سرقت و اعتصاب کارگران، کارگران معتاد و پیمانکاران درجه دو بی کیفیت را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ریسک ساخت و ساز از جمله تاخیر در ساخت و ساز، کار معیوب و کنترل کیفیت، کمبود فناوری، بهره وری پایین نیروی کار، بازرسی محوری، عدم شفافیت محدوده پروژه، شرایط غیرقابل پیش بینی سایت، شرایط آب و هوایی، وقفه در کار و کمبود فضا را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ریسک های خارجی از جمله بی ثباتی سیاسی، تغییر رفتار مقامات دولتی، تغییر مدیریت، تحریم ها، تاخیر در اموال بودجه را چگونه ارزیابی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	خطرات زیست محیطی آلوده کننده هوا و همچنین منابع خاک/آب سایت پروژه را چگونه رتبه بندی می کنید؟
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	خطرات پس از بهره برداری از جمله انفجار، آتش سوزی، سیل، زلزله، تغییر شکل شدید، فرونشست غیرقابل پیش بینی و خستگی مفرط را چگونه رتبه بندی می کنید؟

شکل ۲. جزئیات پرسشنامه توزیع شده (بخش اصلی شامل سوالات).

یافته ها

ارزیابی صلاحیت برای تحلیل عاملی

برای تضمین صلاحیت تحلیل عاملی، از آزمون کایزر-مایر-اولکین (KMO) و آزمون کرویت بارتلت استفاده شد (Ye et al,)

2013). آزمون KMO اندازه‌گیری کفایت اندازه نمونه است تا تعیین شود آیا سوالات پرسشنامه را می‌توان به زیرعوامل دسته‌بندی کرد یا خیر. به طور معمول، مقدار قابل قبول باید بیشتر از ۵/۰ باشد (George 2011). شاخص کفایت نمونه‌برداری آزمون KMO به خصوص برای تحلیل عاملی اکتشافی است و نشان می‌دهد که آیا داده‌ها برای محاسبات تحلیل کفایت نمونه‌برداری مناسب هستند یا خیر. مقدار KMO باید بیشتر از ۵/۰ باشد؛ برخی اعتقاد دارند که مقدار KMO باید بیشتر از ۹/۰ باشد. برخی متون ذکر می‌کنند که اگر KMO بیشتر از ۹/۰ باشد، عالی است و اگر کمتر از ۵/۰ باشد، قابل قبول نیست. برخی دیگر معتقدند که اگر مقدار این پارامتر بیشتر از ۷/۰ باشد، همبستگی‌های موجود برای تحلیل عاملی مناسب هستند؛ اگر بین ۵/۰ و ۶۹/۰ باشد، پژوهشگر باید مراقب باشد؛ و اگر کمتر از ۵/۰ باشد، برای تحلیل عاملی مناسب نیست.

سوالات پرسشنامه باید به یک حد مشخص با یکدیگر همبستگی داشته باشند، و همبستگی بیش از حد ممکن است منجر به چندخطی شدن شود که باعث تولید عوامل مستقل متوقف می‌شود. از طرف دیگر، اگر همبستگی بین سوالات پرسشنامه کمتر از یک مقدار خاص باشد، با مشکل ماتریس هویت روبه‌رو خواهیم شد. برای تست این موضوع، آزمون کرونباخ کره‌ای استفاده می‌شود. اهمیت آزمون کرونباخ کره‌ای نشان می‌دهد که ماتریس مواد دارای همبستگی کافی برای ادامه تحلیل عاملی است (Cerny and Kaiser, 1997). آزمون کرونباخ کره‌ای یک اتحادیه ماتریس ایجاد می‌کند به طوری که باید همبستگی کافی در ماتریس وجود داشته باشد تا بتوان به تحلیل عاملی ادامه داد.

نتیجه آزمون KMO برابر با ۰.۸۴۳ بود که نشان دهنده یک مقدار مناسب برای تحلیل عاملی است. همچنین، نتیجه آزمون کرونباخ کره‌ای برابر با ۱,۵۶۸,۹۳۲ بود که نشانگر این است که ماتریس مواد دارای همبستگی کافی برای ادامه تحلیل عاملی است.

در این بخش، یافته‌های پژوهش گزارش می‌شود. یافته‌ها باید همراه با جدول، نمودار، شکل و ارائه آمار و ارقام به فارسی و نیز شامل توصیف و تحلیل داده‌ها باشد.

تحلیل سازگاری داخلی

برای اطمینان از قابلیت اعتماد ضریب آلفای کرونباخ، سازگاری داخلی برای تمام موارد محاسبه شد (Carmines and Zeller, 1979). آلفای کرونباخ یک آمار است که سازگاری داخلی سوالات نظرسنجی را که در همان عوامل بارگذاری می‌شوند، اندازه‌گیری می‌کند (جدول ۱). استفاده‌های ایده‌آل برای آلفای کرونباخ شامل اندازه‌گیری سازگاری داخلی بین سوالات نظرسنجی است (Gliem and Gliem 2003). این محاسبه برای ۹ عامل اصلی و ۴۷ عامل خطر انجام شد و بین ۰.۷۱۹ و ۰.۹۴۸ متغیر بود، بنابراین همه بالاتر از ۰.۷ بودند که نشان می‌دهد پرسشنامه قابل اعتماد بود (Ghosh and Jintanapakanont, 2004). براساس محاسبات، ضریب آلفای کرونباخ ۰.۸۷۸ بود.

جدول ۱- اندازه‌گیری آلفای کرونباخ

کیفیت	اندازه گرفتن
عالی	$\geq 0.9\alpha$
خوب	$0.9 \geq \alpha \geq 0.8$
قابل قبول	$0.8 \geq \alpha \geq 0.7$
سوال برانگیز	$0.7 \geq \alpha \geq 0.6$
ضعیف	$0.6 \geq \alpha \geq 0.5$
غیر قابل قبول	$0.6 \geq \alpha$

اولویت بندی

پس از توزیع پرسشنامه در میان پاسخ دهندگان، اولویت بندی خطر یکی از مهم ترین وظایف است و به انطباق با آزمون فریدمن با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ (Arbuckle 2008) به شرح زیر انجام شد: (۱) ریسک های مالی، (۲) ریسک های ایمنی، (۳) ریسک های خارجی، (۴) ریسک های قراردادی، (۵) ریسک های مدیریتی، (۶) ریسک های طراحی، (۷) ریسک های زیست محیطی، (۸) ریسک های ساخت و ساز، و (۹) ریسک های پسا اجرایی.

اولویت بندی ریسک یک نوع تجزیه و تحلیل کیفی است که به کارفرما و پیمانکار امکان می دهد از خطراتی که در معرض آنها قرار دارند مطلع شوند.

ریسک مالی در اولین جایگاه لیست قرار داشتند. ریسک های مالی به معنای اختصاص صحیح و درست منابع نقدی به پروژه ها در زمان مناسب است. این به عنوان یک نگرانی برای تمام پروژه ها محسوب می شود. ریسک های مالی مرتبط با قراردادهای تأمین مالی، و پیشرفت زمانی یک پروژه باعث آسیب های زیادی به پروژه می شود و موفقیت پروژه را به خطر می اندازد.

ریسک های ایمنی در رتبه دوم قرار گرفتند که نشان دهنده اهمیت این دسته برای پاسخ دهندگان است. متأسفانه، در ایران ایمنی در نظر گرفته نمی شود و بسیاری از پروژه ها به دلیل عدم وجود عوامل ایمنی از زیان های مادی و انسانی رنج می برند. آسیب ها و فوت کارگران در اکثر کارگاه های ساخت پل به دلیل رعایت نکردن ایمنی گزارش شده است. از طریق آشنایی با پروژه های ساخت پل، پژوهشگر تعدادی موارد فوت (کارگران، مهندسان و رؤسای کارگاه) در دوره های مختلف کاری در پروژه های مختلف را مشاهده کرد.

خطرات خارجی در رتبه سوم قرار گرفتند. این انواع خطرات احتمالاً در کشورهایی با تنش های داخلی و بین المللی بیشتر دیده می شوند. بر اساس اظهارات بسیاری از متخصصان، تحریم ها به تمامی روابط کاری داخلی و بین المللی آسیب رسانده اند.

ریسک های قراردادی در رتبه چهارم قرار گرفتند. مشکلات قراردادی در بسیاری از پروژه ها باعث وقوع حوادث قانونی ناخواسته شده است. به دلیل تنوع ساخت پل و شرایط مختلف، چندین الگوی قرارداد مناسب می توان تعیین کرد.

ریسک های مدیریتی در رتبه پنجم قرار گرفتند. این نشان می دهد که کارکنان پاسخ دهنده در مورد مدیریت کارگاه و سازمان به طور مثبت نگران بودند و در این پروژه ها مشکلات مدیریتی خاصی وجود نداشته است.

ریسک های طراحی در رتبه ششم قرار گرفتند. این رتبه بیانگر آشنایی نسبی طراحان با مشکلات اجرای پروژه است. اغلب، با اجرا مشکلاتی در طرح ها شناسایی می شود که توسط تیم مشاور حل می شوند.

ریسک زیست محیطی در رتبه هفتم قرار گرفت. این رتبه نشان می دهد که ریسک این نوع تأثیر منفی بر پروژه ها ندارند. ریسک ساخت و ساز در رتبه هشتم قرار گرفت. این موقعیت برای خطرات ساخت و ساز نشان دهنده استاندارد سازی بیشتر فعالیت های بخش های مختلف در ساخت پل است. تسلط مدیران و مهندسان در فرآیند ساخت و اجرا باعث می شود آموزش بخش ها به طور کامل عملی شود.

ریسک های پسا اجرایی در رتبه نهم قرار گرفت، که نشان می دهد که پاسخ دهندگان در تجربه کاری خود با مسائل چینی سر و کار نداشته اند یا این مسائل در تجربه کاری آنها بسیار محدود بوده اند.

این نتایج و رتبه بندی های عوامل می توانند بین ایران و پاکستان مقایسه شوند. براساس یک مطالعه در پاکستان (Choudhry et al. 2014)، ترتیب ریسک های از بزرگترین به کمترین به شرح زیر بود: خطرات مالی، ریسک های خارجی، ریسک های مهندسی (طراحی)، ریسک های مدیریتی، ریسک های ساخت و ساز، ریسک های قراردادی، و ریسک های ایمنی.

جدول ۲- همبستگی حاصل ضرب لحظه‌ای پیرسون دسته‌بندی‌های عوامل ریسک

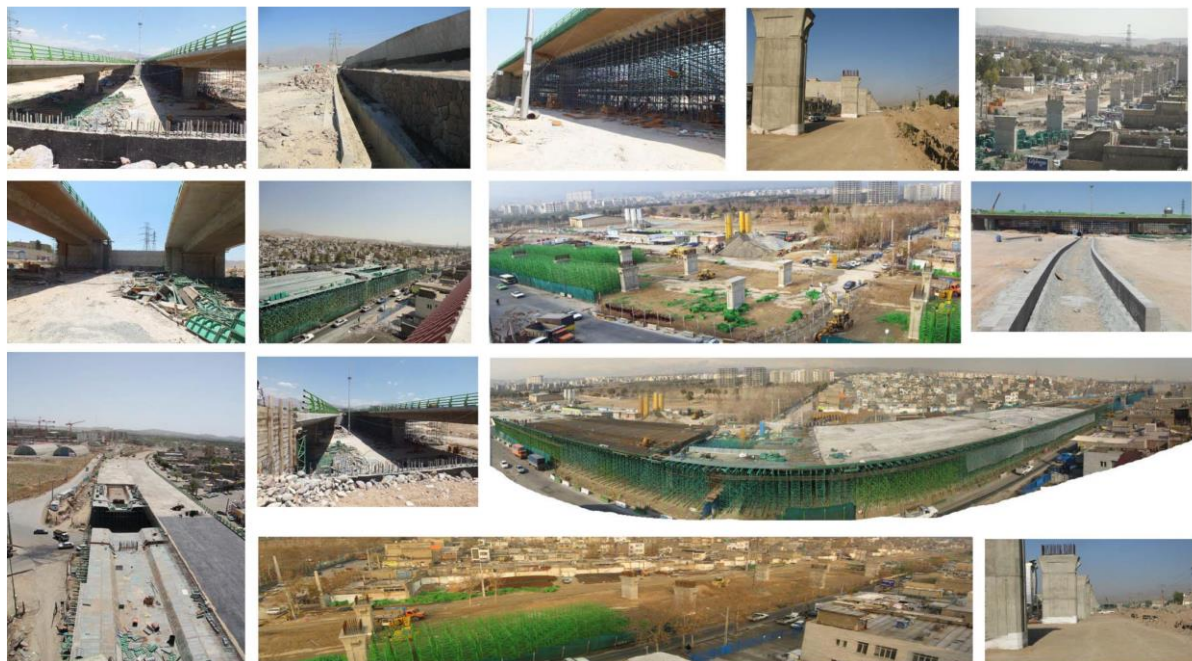
دسته‌بندی	مالی	قراردادی	طراحی	ایمنی	مدیریت	ساخت و ساز	خارجی	محیط زیست	پس از بهره برداری
مالی	۱								
قراردادی	۰.۵۹۳	۱							
طراحی	۰.۳۹۹	۰.۵۳۵	۱						
ایمنی	۰.۵۳۶	۰.۳۴۱	۰.۲۷۹	۱					
مدیریت	۰.۴۹۳	۰.۵۰۲	۰.۵۴۷	۰.۶۳۳	۱				
ساخت و ساز	۰.۵۱۱	۰.۶۰۲	۰.۵۴۷	۰.۶۲۹	۰.۷۷۵	۱			
خارجی	۰.۵۱۱	۰.۶۳۸	۰.۵۷۴	۰.۳۰۶	۰.۵۵۸	۰.۵۸	۱		
محیط زیست	۰.۳۰۶	۰.۲۶۸	۰.۲۸۴	۰.۴۳۵	۰.۶۷۹	۰.۵۲۱	۰.۳۷۷	۱	
پس از بهره برداری	۰.۴۳۷	۰.۳۹۷	۰.۴۸۹	۰.۵۵	۰.۴۴۸	۰.۵۲۷	۰.۵۹۶	۰.۳۶۳	۱

همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد یک رابطه خطی بین دو متغیر وجود دارد. تعیین ضریب همبستگی اغلب با استفاده از نرم‌افزارهای آماری انجام می‌شود. این ضریب معمولاً بین +۱ و -۱ قرار دارد. علامت نشان می‌دهد جهت همبستگی بین این متغیرها. ضریب مثبت به معنای این است که اگر یک متغیر افزایش یابد، متغیر دیگر نیز افزایش خواهد یافت. ضریب منفی به معنای این است که اگر متغیر اول کاهش یابد، متغیر دیگر افزایش خواهد یافت. عدد بزرگتر نشان دهنده همبستگی قویتر است؛ به عنوان مثال، $r = 0.6$ نشان دهنده همبستگی قویتری نسبت به $r = 0.5$ است. ضریب همبستگی $r = 0$ به معنای عدم همبستگی خطی بین دو متغیر است و ضریب‌های $r = +1$ و $r = -1$ نشان‌دهنده یک همبستگی خطی کامل هستند (فیلد ۲۰۰۰). ضرایب همبستگی پیرسون برای عوامل خطر (جدول ۲) محاسبه شدند. بالاترین همبستگی معنی‌دار ($r = 0.775$) به خطرهای ساخت و ساز و مدیریت مربوط بود که نشان می‌دهد که خطرات مدیریتی و ساخت و ساز به طور مستقیم توسط تغییر یکدیگر تغییر می‌کنند و نرخ این تغییر نسبتاً پایدار است. ضریب همبستگی پیرسون دیگری با مقدار بالا مربوط به خطرات مدیریتی و زیست‌محیطی بود ($r = 0.679$) که تاکید می‌کند بر همبستگی قوی بین این دو خطر. ضریب همبستگی مختلفی که در رتبه بعد قرار گرفته بود، مربوط به خطرات خارجی و قراردادی بود ($r = 0.638$) که نشان می‌دهد تغییرات مستقیم بین این دو خطر وجود دارد. رتبه بعدی برای مقدار ضریب همبستگی مربوط به خطرات ایمنی و مدیریتی بود ($r = 0.633$) که ارزش بحث مدیریتی را پس از تغییرات در خطرات ایمنی نشان می‌دهد.

مطالعه موردی از پروژه ساخت پل

پروژه مورد بررسی یک پل بتنی نزدیک شهر تهران است. این پروژه در حال ساخت است به منظور بهبود ترافیک و دسترسی به خیابان‌های اطراف. روش ساخت پل به صورت بالادستی است. طول صفحه بتنی پل ۳۵۰ متر است. مساحت صفحه بتنی ۱۱۰۵۰۰ متر مربع است. عرض پیشروی ترافیک از دو خط با عرض ۱۱ متر تشکیل شده است. علاوه بر این، ۷۵۰ پایل با قطر ۱.۱ متر تا ۱.۲ متر و ارتفاع ۲۰ تا ۳۲ متر استفاده شده است. شکل ۳ تصاویری از پروژه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- تصاویر مطالعه موردی پل. (تصاویر توسط سیدمهدی مرتضوی)

جدول ۳- احتمال در آغاز پروژه

فعالیت	شروع	شروع P80	شروع P100	واقعی
آماده سازی سایت	۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷	۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷	۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷	۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷
فاز ۱ (شمع ها)	۲۲ اکتبر ۲۰۱۷	۲۴ اکتبر ۲۰۱۸	۲۸ اکتبر ۲۰۱۸	۱۸ سپتامبر ۲۰۱۸
فاز ۲ (دال، و غیره)	۳۰ می ۲۰۱۸	۲۴ ژوئن ۲۰۱۸	۲۵ اوت ۲۰۱۸	-

جدول ۴- احتمال در پایان پروژه

فعالیت	پایان	پایان P80	پایان P100	واقعی
آماده سازی سایت	۲۱ اکتبر ۲۰۱۷	۲۱ اکتبر ۲۰۱۷	۲۷ اکتبر ۲۰۱۷	۲۱ اکتبر ۲۰۱۷
فاز ۱ (شمع ها)	۱۸ ژوئن ۲۰۱۸	۱۹ جولای ۲۰۱۸	۱۵ سپتامبر ۲۰۱۸	۲۰ جولای ۲۰۱۸
فاز ۲ (دال، و غیره)	۰۳ دسامبر ۲۰۱۸	۰۶ ژانویه ۲۰۱۹	۱۷ مارس ۲۰۱۸	-

جدول ۵- برآورد هزینه‌های احتمالی پروژه (IRR)

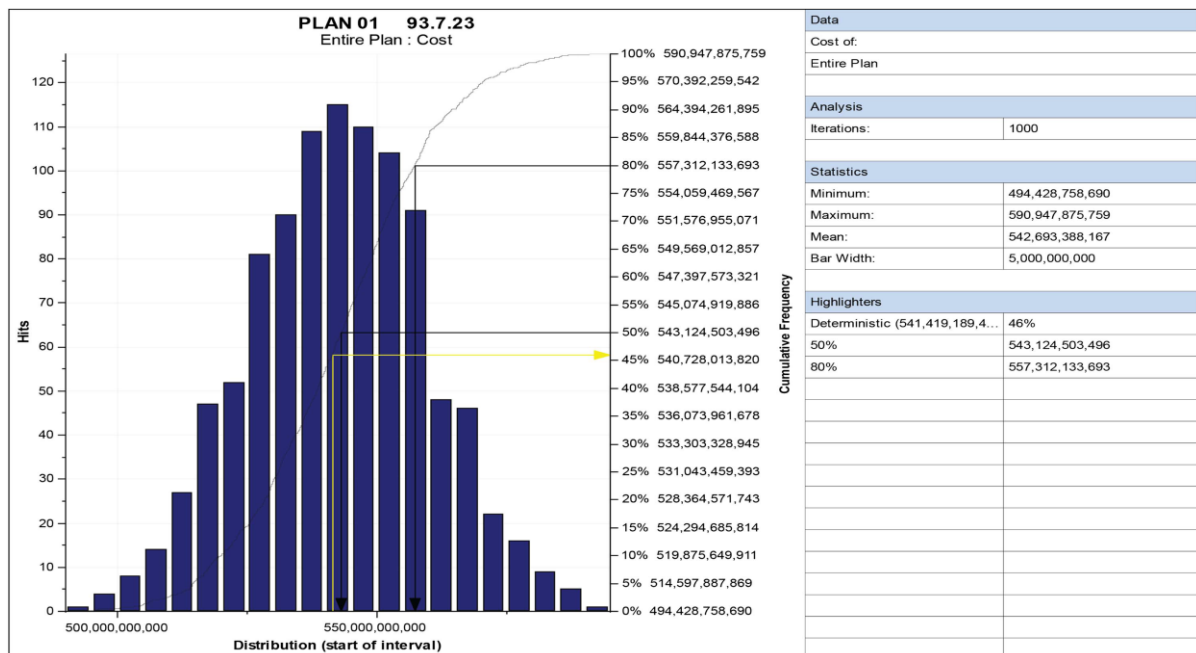
فعالیت	هزینه پایه	هزینه P80	پایان P100	هزینه واقعی
آماده‌سازی سایت	۲.۴۲×۱۰ ^{۱۰}	۲.۴۹×۱۰ ^{۱۰}	۲.۶۱×۱۰ ^{۱۰}	۲.۵۸×۱۰ ^{۱۰}
فاز ۱ (شمع‌ها)	۲.۹۳×۱۰ ^{۱۱}	۳.۰۵×۱۰ ^{۱۱}	۳.۲۷×۱۰ ^{۱۱}	۳.۱۸×۱۰ ^{۱۱}
فاز ۲ (دال، و غیره)	۲.۲۱×۱۰ ^{۱۱}	۲.۳۲×۱۰ ^{۱۱}	۲.۵۵×۱۰ ^{۱۱}	-

پس از بررسی‌های لازم، برنامه زمانبندی پروژه آماده شد. سپس تیم پروژه، شامل مدیر پروژه، مدیر سایت، مدیر دفتر فنی، مدیر کنترل برنامه پروژه و بازرس سایت انتخاب شدند. پس از برگزاری جلسات مختلف با تیم پروژه و توضیح اهداف تحقیق و موضوع تجزیه و تحلیل خطر با کمک تیم پروژه، زمان و هزینه فعالیت‌ها (به شکل‌های متفاوت بهینه، محتمل و منفی) تعیین شدند. سپس، خطرات بحرانی‌ترین توسط تیم پروژه بر اساس ارزیابی کیفی و اولویت‌بندی خطر انتخاب شدند و به صورت پرسشنامه‌ها آماده شدند. پس از این مرحله، احتمال خطرات و اثرات آنها بر روی فعالیت‌ها در جلسات مورد بررسی قرار گرفت و مراحل لازم برای ثبت اعداد پیشنهادی توسط تیم پروژه در Pertmaster انجام شد. داده‌های ورودی به برنامه شامل شماره‌گذاری خطر، تهدید-فرصت، توضیح خطر، احتمال خطر، همبستگی خطر و فعالیت، نوع توزیع زمان، و نوع خطر (زمان-هزینه) بودند.

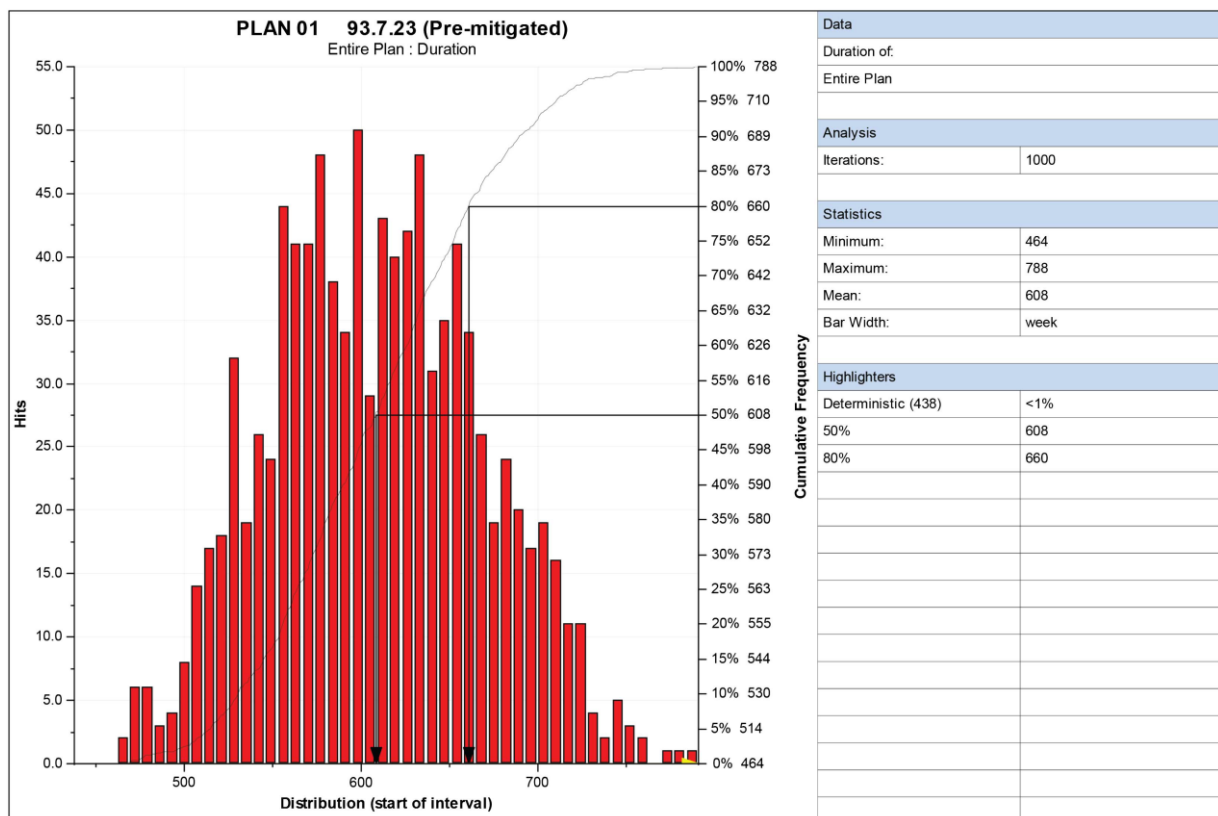
تحلیل کمی خطرات با استفاده از روش شبیه‌سازی مونته کارلو (Williams 2012) در Pertmaster انجام شد. این روش پاسخ‌های تقریبی برای مسائل کمی را با نمونه‌گیری آماری فراهم می‌کند. به طور کلی، این یک شبیه‌سازی است که ابهامات را به صورت روشن و کمی نشان می‌دهد؛ بنابراین کل سیستم بسیاری از بارهای شبیه‌سازی می‌شود (به عنوان مثال، ۱۰۰۰۰). هر شبیه‌سازی یک اجرای سیستم نامیده می‌شود. برای هر اجرا، همه پارامترهای نامشخص نمونه‌برداری می‌شوند. سپس سیستم به مدت زمانی شبیه‌سازی می‌شود تا عملکرد سیستم محاسبه شود. این منجر به بدست آوردن تعداد زیادی نتیجه مستقل و مجزا می‌شود، هر کدام از آنها یک آینده ممکن برای سیستم را نشان می‌دهد (Castro-Santos and Diaz-Casas 2015). نتایج اجراهای سیستم خودکار به شکل توزیع احتمال خروجی‌های ممکن است. بنابراین، خروجی‌ها تکی نیستند، بلکه توزیع‌های احتمالی هستند.

برای بررسی زمان‌بندی، ابتدا برنامه زمان‌بندی بدون در نظر گرفتن خطرات با زمان احتمالی و تابع توزیع بتا محاسبه شد. مقادیر تخمین‌زده شده به شرح زیر است (شکل ۴). حداقل زمان برای کامل شدن پروژه ۳۸۸ روز بود. حداکثر زمان برای کامل شدن پروژه ۵۴۲ روز بود. زمان بیشترین احتمال برای کامل شدن پروژه ۴۵۲ روز بود، با احتمال ۸۰٪ که پروژه در ۴۷۲ روز کامل می‌شود. به همین ترتیب، احتمال ۵۰٪ وجود دارد که پروژه در ۴۵۰ روز کامل شود. احتمال ۳۰٪ وجود دارد که پروژه در ۴۳۷ روز کامل شود. طبق برنامه زمان‌بندی سایت که توسط مشاور و کارفرما تایید شده است، زمان کل پروژه ۴۳۸ روز در نظر گرفته می‌شود.

درباره هزینه‌های ممکن پروژه، موارد محاسبه شده در شکل ۴ به شرح زیر بودند (شکل ۵). بیشترین هزینه تخمینی برای پروژه ۵۹۰ میلیارد ریال (۱۶.۸ میلیون دلار آمریکا) بود. حداقل هزینه تخمینی برای پروژه ۴۹۴ میلیارد ریال (۱۴.۱۱ میلیون دلار آمریکا) بود. هزینه تخمینی بیشترین احتمال برای پروژه ۵۴۲ میلیارد ریال (۱۵.۵ میلیون دلار آمریکا) بود. احتمال وجود دارد که ۴۸٪ هزینه پروژه ۵۴۱ میلیارد ریال (۱۵.۴ میلیون دلار آمریکا) باشد. احتمال وجود دارد که ۵۰٪ هزینه پروژه ۵۴۳ میلیارد ریال (۱۵.۵۱ میلیون دلار آمریکا) باشد. احتمال وجود دارد که ۸۰٪ هزینه پروژه ۵۵۷ میلیارد ریال (۱۵.۹۱ میلیون دلار آمریکا) باشد.



شکل ۵. تکنیک پرت (هزینه)

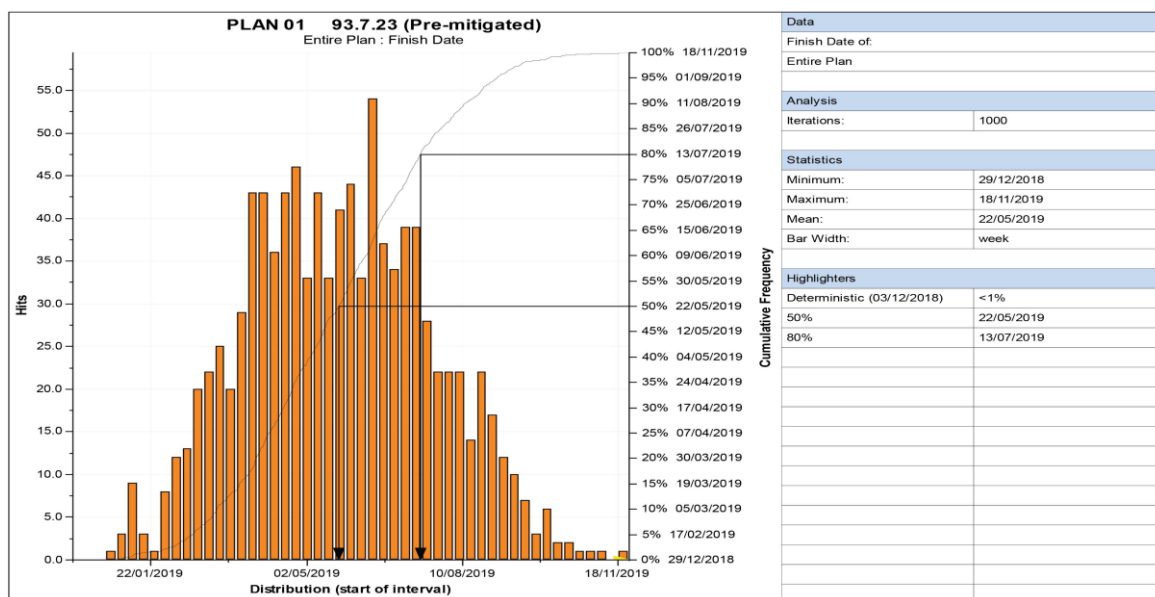


شکل ۶. نتیجه شبیه سازی مونت کارلو

استراتژی‌های مهم برای تحلیل ریسک

با توجه به تحقیقات علمی و کاربردی در بحث تجزیه و تحلیل خطر در ساخت پل، موارد زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

۱. دانش شرکت‌های ساخت پل درباره مفاهیم تجزیه و تحلیل خطر - مطالعات میدانی، مشاهدات در محل پروژه و حضور در کارگاه‌های مختلف ساخت پل، باید در نظر گرفته شود که دسته‌بندی خطر به شکل استاندارد و سیستماتیک در شرکت‌های پیمانکاری در ایران مورد بررسی قرار نگرفته است و تیم‌های مدیریتی در حال ساخت قرارداد و اجرای پروژه با دانش محدودی از طبیعت و دسته‌بندی خطرها و پیامدهای آن‌ها می‌باشند، بنابراین در بسیاری از موارد پروژه با مشکلات مختلف روبه‌رو می‌شود. پیشنهاد محقق این است که یک گزینه مدیریت خطر (RMO) در شرکت‌های پیمانکار و نهادهای دولتی ایجاد شود و گزارش‌های تجزیه و تحلیل خطرات روزانه کدگذاری شده به مدیران بالادست ارائه شود.
۲. ترک زمان‌بندی‌های غیرحرفه‌ای - در برخی از جلسات کارگاهی و مشاهدات، مشاهده شد که زمان‌بندی اغلب غیر واقع‌بینانه بوده و پروژه به شدت از زمان‌بندی انحراف داشته است. این یک خطر جدی برای یک پروژه است. برنامه‌ریزی نادرست و عدم تطابق فعالیت‌ها با زمان باعث تخمین‌های نادرست در مقیاس کلی پروژه می‌شود و خطرات مرتبط با پروژه در زمان‌های تصادفی به پروژه آسیب جدی می‌زند.
۳. تخمین صحیح اثرات خطرات بر فعالیت‌ها و پروژه - عدم تخمین دقیق اثرات و احتمالات خطرات می‌تواند منجر به اشتباهات قابل توجه در مدیریت پروژه شود. تخمین‌های نادرست به طور مستقیم بر زمان و هزینه پروژه تأثیر می‌گذارد، ممکن است منجر به تلفات منابع پروژه شود و ممکن است منجر به تصمیم‌گیری‌های بیشتری با مشکلات فراوان شود. توصیه می‌شود از گروه‌های متخصص در این زمینه استفاده شود.
۴. استفاده از تکنیک‌های استاندارد شبیه‌سازی خطر - تکنیک‌های بسیاری برای تجزیه و تحلیل کمی خطرات وجود دارند، اما روش شبیه‌سازی مونت کارلو یکی از آسان‌ترین و بهترین تکنیک‌هاست، و نرم‌افزار Pertmaster با یک ساختار حرفه‌ای و مناسب می‌تواند یک تجزیه و تحلیل مناسب را برای تصمیم‌گیران پروژه فراهم کند.
۵. شرح جداول خروجی Pertmaster - یکی از مهم‌ترین بخش‌های تجزیه و تحلیل خطر، استفاده از چندین نمودار در Pertmaster است. با استفاده از تفسیر صحیح انواع مختلف نمودارها (زمان، هزینه، حساسیت، پراکندگی و غیره)، امکان ارزیابی جامعی از پروژه وجود دارد که در فرآیند تصمیم‌گیری پروژه‌ها مؤثر خواهد بود.

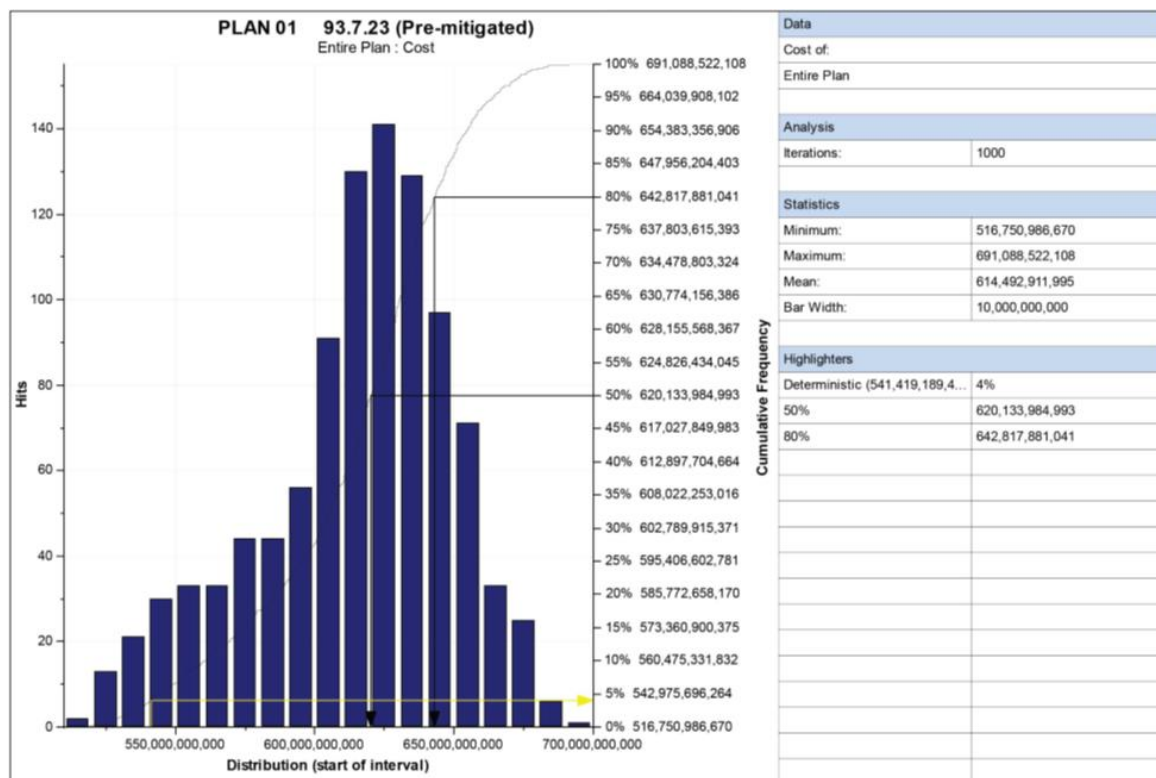


شکل ۷. تاریخ اتمام شبیه‌سازی مونت کارلو

بحث و نتیجه گیری

به دلیل اهمیت استراتژیکی که پل‌ها در جاده‌های حومه‌ای و شهری و شرایط خاص سیاسی و اقتصادی ایران دارند، ارزیابی‌های خطر انجام شدند. شناسایی و اولویت‌بندی خطرات بر اساس پرسشنامه‌ها در کارگاه‌های ساخت پل و بر اساس نظر مهندسان و کارشناسان ساخت پل در جلسات و مصاحبه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزارهای آماری انجام شد که به اولویت‌بندی خطرات زیر منجر شد: (۱) خطرات مالی، (۲) خطرات ایمنی، (۳) خطرات خارجی، (۴) خطرات قراردادی، (۵) خطرات مدیریت، (۶) خطرات طراحی، (۷) خطرات محیطی، (۸) خطرات ساخت، و (۹) خطرات پساجرای. یک مطالعه موردی تأثیر خطرات و تجزیه و تحلیل کمی آن‌ها با استفاده از برنامه‌های کارگاه، نظرات کارشناسان، روش شبیه‌سازی مونت کارلو و نرم‌افزار Pertmaster انجام شد؛ جداول اساسی در مورد تأثیر خطرات بر زمان و هزینه محاسبه شدند و راهکارهای کلی و خاصی ارائه شد که، به نظر پژوهشگر، می‌توانند در پروژه‌های ساخت پل در ایران اجرا شوند. پژوهشگر سعی کرد یک چارچوب جامع برای اطلاعات موجود درباره خطرات موجود در شرایط فعلی ایران تدوین کند، اما یک پروژه خاص در یک محل خاص ممکن است برای اهداف خاص مشخص شود بدون بررسی تمام موارد ذکر شده در این تحقیق. درباره جداول داده و محاسباتی که بر اساس زمان‌بندی پروژه، بر اساس ایده‌های متخصصان، خطرات پروژه و مقادیر آن‌ها در Pertmaster 8 وارد شده‌اند؛ با توجه به محاسبات زمان و هزینه، تخمینات زیر ارائه شده است. در برنامه‌های زمان‌بندی پروژه، محدوده تغییر زمان خطر برای حداقل احتمال مربوط به پایان پروژه باعث افزایش زمان پروژه به اندازه ۲۴٪ شد و در یک حالت بسیار بیشتر، زمان پروژه به اندازه ۴۵٪ افزایش یافت؛ زمان پایانی پروژه احتمالاً بیشتر زمان پروژه را به مقدار ۳۴٪ افزایش می‌دهد. محاسبه تأثیرات خطر بر هزینه پروژه نشان داد که بازه ۳٪-۱۷٪ در حالت احتمالی بیشتر هزینه‌های پروژه را ۱۳٪ افزایش می‌دهد.

مدیران پروژه، پیمانکاران و هر کسی که در مدیریت خطر پروژه شرکت دارد باید توجه داشته باشند که خطرات و تأثیرات آن‌ها باید در مراحل مختلف یک پروژه ارزیابی شود و تیم مدیریت خطر باید به طور مداوم خطرات را بازرسی کرده و تأثیرات آن‌ها را به مدیران گزارش دهد. در بیشتر پروژه‌ها در ایران، چارچوب شناسایی شده می‌تواند مشکلات پروژه‌ها را حل کرده و به برنامه‌های پروژه‌های ساخت پل کمک کند. مدل‌سازی و بهره‌گیری از تجربیات پروژه‌های گذشته می‌تواند پتانسیل موفقیت پروژه را افزایش دهد که منجر به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر و شفاف‌تر برای آینده پروژه، استفاده بهینه‌تر از منابع موجود و کاهش زیان‌ها می‌شود. نتایج این مطالعه می‌تواند به مدیران پروژه کمک کند تا با چشم‌انداز باز و با موفقیت افتتاح پروژه وارد شوند. این احتمالاً تنها تحقیق واقعی و سیستماتیک در مورد خطرات مرتبط با پروژه‌های ساخت پل در ایران است، که روندها و نتایج آن می‌تواند به عنوان رهنمودهای فنی و مدیریتی مناسب برای شرکت‌های ساخت پل در نظر گرفته شود.



شکل ۸. نتیجه شبیه سازی مونت کارلو برای هزینه

منابع

- Akintoye, A. S., and M. J. MacLeod. 1997. "Risk analysis and management in construction." *Int. J. Project Manage.* 15 (1): 31–38. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00035-X).
- Arbuckle, J. 2008. *Amos 17.0 user's guide*. Chicago: SPSS Inc.
- Artan Ilter, D., and G. Bakioglu. 2018. "Modeling the relationship between risk and dispute in subcontractor contracts." *J. Leg. Aff. Dispute Resolut. Eng. Constr.* 10 (1): 04517022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000246](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000246).
- Asgari, M., A. Kheyroddin, and H. Naderpour. 2018. "Evaluation of project critical success factors for key construction players and objectives." *Int. J. Eng.* 31 (2): 228–240.
- Bahamid, R. A., and S. I. Doh. 2017. "A review of risk management process in construction projects of developing countries." *Mater. Sci. Eng.* 271 (1): 012042.
- Black, C., A. Akintoye, and E. Fitzgerald. 2000. "An analysis of success factors and benefits of partnering in construction." *Int. J. Project Manage.* 18 (6): 423–434. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00046-0).
- Boone, H. N., and D. A. Boone. 2012. "Analyzing Likert data." *J. Extension* 50 (2): 1–5.
- Carmines, E. G., and R. A. Zeller. 1979. *Reliability and validity assessment: Quantitative applications in the social sciences*. Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Castro-Santos, L., and V. Diaz-Casas. 2015. "Sensitivity analysis of floating offshore wind farms." *Energy Convers. Manage.* 101: 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.05.032>.

- Cerny, B. A., and H. F. Kaiser. 1977. "A study of a measure of sampling adequacy for factor-analytic correlation matrices." *Multivariate Behav. Res.* 12 (1): 43–47. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1201_3.
- Chang, C.-Y., and J.-W. Ko. 2017. "New approach to estimating the standard deviations of lognormal cost variables in the Monte Carlo analysis of construction risks." *J. Constr. Eng. Manage.* 143 (1): 06016006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001207](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001207).
- Choudhry, R. M. 2016. "Appointing the design consultant as supervision consultant on construction projects." *J. Leg. Aff. Dispute Resolut. Eng. Constr.* 8 (4): 04516005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000195](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000195).
- Choudhry, R. M., M. A. Aslam, J. W. Hinze, and F. M. Arain. 2014. "Cost and schedule risk analysis of bridge construction in Pakistan: Establishing risk guidelines." *J. Constr. Eng. Manage.* 140 (7): 04014020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000857](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000857).
- Choudhry, R. M., and K. Iqbal. 2013. "Identification of risk management system in construction industry in Pakistan." *J. Manage. Eng.* 29 (1): 42–49. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000122](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000122).
- Dikmen, I., M. T. Birgonul, and A. E. Arikan. 2004. "A critical review of risk management support tools." In *Proc., 20th Annual Conf. of Association of Researchers in Construction Management (ARCOM)*, 1–3. Chennai, India: ARCOM.
- Dillon, R. L., and M. E. Pate-Cornell. 2001. "APRAM: An advanced programmatic risk analysis method." *Int. J. Technol. Policy Manage.* 1 (1): 47–65. <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2001.001744>.
- Etemadinia, H., and M. Tavakolan. 2016. "Fuzzy weighted interpretive structural modeling: A new method for risks path identification of the infrastructure projects." In *Construction Research Congress 2016*, 2841–2850. Reston, VA: ASCE.
- Farooqui, R. U., S. H. Lodi, and F. Saleem. 2007. "Risk management perceptions and trends among construction contractors in Pakistan." In *Proc., 4th Int. Conf. on Construction in the 21st Century: Accelerating Innovation in Engineering, Management and Technology (CITC IV2007)*, Gold Coast, Australia.
- Field, A. 2000. *Discovering statistics using SPSS for Windows: Advanced techniques for beginners* (Introducing Statistical Methods series). London: SAGE.
- George, D. 2011. *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference*, 17.0 update, 10/e. Chennai, India: Pearson Education India.
- Ghosh, S., and J. Jintanapakanont. 2004. "Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: A factor analysis approach." *Int. J. Project Manage.* 22 (8): 633–643. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.05.004>.
- Gliem, J. A., and R. R. Gliem. 2003. "Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales." In *Midwest Research-to-Practice Conf. in Adult, Continuing, and Community Education*. Columbus, OH: Ohio State Univ.
- Liu, B., and F. Sun. 2019. "Research on the risk assessment method of PPP project based on the improved matter element model." *Sci. Iranica*. Accessed August 08, 2018. http://scientiairanica.sharif.edu/article_20820.html.
- Liu, J., F. Jin, Q. Xie, and M. Skitmore. 2017. "Improving risk assessment in financial feasibility of international engineering projects: A risk driver perspective." *Int. J. Project Manage.* 35 (2): 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.11.004>.

- Naderpour, A., J. Majrouhi Sardroud, M. Mofid, Y. Xenidis, and T. Pour Rostam. 2019. "Uncertainty management in time estimation of construction projects: A systematic literature review and new model development." *Sci. Iranica* 26 (2): 752–778.
- Naderpour, H., and M. Mirrashid. 2018. "An innovative approach for compressive strength estimation of mortars having calcium inosilicate minerals." *J. Build. Eng.* 19 (Sep): 205–215. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.05.012>.
- Naderpour, H., O. Poursaeidi, and M. Ahmadi. 2018. "Shear resistance prediction of concrete beams reinforced by FRP bars using artificial neural networks." *Measurement* 126 (Oct): 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.051>.
- Naji, H. I., and R. Hussein Ali. 2018. "Risk response selection in construction projects." *Civ. Eng. J.* 3 (12): 1208.
- Ökmen, Ö., and A. Öztaş. 2008. "Construction project network evaluation with correlated schedule risk analysis model." *J. Constr. Eng. Manage.* 134 (1): 49–63. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:1\(49\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:1(49)).
- Pall, G. K., A. J. Bridge, M. Skitmore, and J. Gray. 2016. "Comprehensive review of delays in power transmission projects." *IET Gener. Transm. Distrib.* 10 (14): 3393–3404. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.0376>.
- Paz, J. C., D. Rozenboim, Á. Cuadros, S. Cano, and J. Escobar. 2018. "A simulation-based scheduling methodology for construction projects considering the potential impacts of delay risks." *Constr. Econ. Build.* 18 (2): 41. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v18i2.5842>.
- Pitman, E. J. G. 2018. *Some basic theory for statistical inference: Monographs on applied probability and statistics*. London: Chapman and Hall/CRC Press.
- Raftery, J. 2003. *Risk analysis in project management*. London: Routledge.
- Reilly, J., and J. Brown. 2004. "Management and control of cost and risk for tunneling and infrastructure projects." In *Tunneling and Underground Space Technology. Underground Space for Sustainable Urban Development. Proc., 30th ITA-AITES World Tunnel Congress Singapore, 22–27 MAY 2004*. Geneva, Switzerland: ITA-AITES.
- Schuyler, J. R. 2001. *Risk and decision analysis in projects*. Newton Square, PA: Project Management Institute.
- Wang, J., and H. Yuan. 2017. "System dynamics approach for investigating the risk effects on schedule delay in infrastructure projects." *J. Manage. Eng.* 33 (1): 04016029. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000472](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000472).
- Williams, D. L. 2012. *Oracle Primavera P6 Version 8: Project and portfolio management*. Packt.
- Williams, R. C., J. A. Walker, and A. J. Dorofee. 1997. "Putting risk management into practice." *IEEE Software* 14 (3): 75–82. <https://doi.org/10.1109/52.589240>.
- Ye, K., B. Li, and L. Shen. 2013. "Key factors considered in compiling tender prices for China's public works projects." *J. Manage. Eng.* 29 (3): 206–215. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000153](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000153).

Risk Assessment in Bridge Construction Projects in Iran Using Monte Carlo Simulation Technique

Dr, Mahmood parsaei

Department of Mining, Faculty of engineering,
Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood,
Iran

Majid Bagheri¹

Master's student, Department of Civil Engineering,
Faculty of Engineering, Islamic Azad University,
South Tehran Branch, Tehran, Iran

1-1-

Abstract - ۲-۱

Risks are an inseparable part of every project, and risk management must be one of the main requirements of every project. According to risk management experts, risk identification and analysis is the most important part of risk management, and can be called the core of risk management. True identification and precise analysis of risks and implementation of risk management in a project can reduce time and cost and improve quality and safety. This research comprehensively and systematically identified and assessed risks in the Iranian bridge construction industry. Risks were identified during various visits and interviews and through questionnaires, risk factors were prioritized according to statistical test results, and quantitative analysis of risks by Monte Carlo simulation was implemented on a real project and its implications on project time and the cost were determined. Financial risk was the most crucial risk factor which negatively influenced projects. Practical solutions for risk assessment and analysis of bridge construction projects are offered which can be utilized by contractors, project managers, and project control engineers in bridge construction companies.

Keywords: Risk analysis, Management, Monte Carlo simulation, Bridge construction.