ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

مجله علمی پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران (سال دهم)
شماره ۳۹ / زمستان ۱۴۰۴ / ص ۲۵- ۱

مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه از طریق مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM با رویکرد فازبندی چرخه حیات پروژه

صادق راشدیان[۱]، سیامک حاجی یخچالی[۲]، محمد جعفری فشارکی[۳]

[۱] کارشناسی ارشد هنر و معماری، مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تهران،پردیس بین‌المللی کیش، ایران.

[۲] فوق دکترای مدیریت پروژ دانشگاه جامع لندن، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران. ایران.

[۳] دکترای تخصصی مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه تهران، عضو هیئت علمی دانشگاه آل‌طه. ایران.

نام نویسنده مسئول:
صادق راشدیان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۶

چکیده

با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری و اهمیت اجرای مطلوب پروژه‌ها برای کارفرمایان و سرمایه‌گذاران، نیاز به شناخت و کاربرد ابزارهای مدیریت برای افزایش موفقیت پروژه‌ها احساس می‌شود. با پیچیده‌تر شدن پروژه‌های ساخت، اغلب نیاز به استفاده از فرآیندهای جدید و راه‌حل‌های فنی در شناسایی و مدیریت ریسک‌های مربوطه به منظور ارزیابی منافع مورد انتظار از الزامات پروژه احساس می‌شود. ریسک‌هایی که در صنعت ساختمان‌های بلندمرتبه، درصورت عدم مدیریت می‌تواند منجر به بروز آسیب‌های جدی یا حتی شکست کامل پروژه گردد. در حال حاضر با پیشرفت تکنولوژی‌های یکپارچه چند بعدی برای تجسم پروژه، فرآیند جمع‌آوری اطلاعات و ارزیابی پروژه تا حد زیادی تسهیل شده است. یکی از تکنولوژی‌های موجود، BIM یا همان مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است. BIM قادر به ایجاد واقعیت مجازی از مدل‌های ساختمانی با اطلاعات هماهنگ و قابل اعتماد در مورد یک پروژه از طراحی، ساخت و بهره‌برداری است. هدف از انجام این تحقیق بررسی توانایی و تاثیر فناوری BIM در مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه در ایران با توجه به فازبندی چرخه حیات پروژه می‌باشد. در این تحقیق ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه در هر یک از فازهای چرخه حیات پروژه با استفاده از متن پژوهش‌های پیشین و مصاحبه با تعدادی از خبرگان حاضر در این حوزه شناسایی گردید. سپس با طرح پرسشنامه از متخصصان خواسته شد تا میزان اثربخشی BIM بر مدیریت هر یک از این ریسک‌ها تعیین گردد. پس از تحلیل داده‌ها با روش‌های آماری، مشخص شد فناوری BIM در مدیریت اکثر این ریسک‌ها مانند عدم تطابق نقشه‌ها در فاز طراحی، برآورد نادرست هزینه‌ای در فاز برنامه‌ریزی، عدم تامین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا موثر می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، BIM، صنعت ساخت، بلندمرتبه سازی.

پژوهش در مهندسی عمران و معماری‌ایران، شماره ۳۹، زمستان ۱۴۰۴، ص ۲۵- ۱

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

مقدمه

صنعت ساخت و ساز، به ویژه در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه، همواره با ریسک‌های متنوعی روبرو است. این ریسک‌ها به دلیل مقیاس بزرگ، تعدد ذینفعان و طولانی بودن چرخه عمر پروژه، نسبت به سایر پروژه‌ها اهمیت بیشتری می‌یابند و می‌توانند موفقیت نهایی پروژه را به طور جدی تحت تأثیر قرار دهند. از این جهت، مدیریت ریسک در این دسته از پروژه‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌آید. مدیریت موثر ریسک به عنوان یک رویکرد راهبردی، امکان کاهش عدم قطعیت‌ها، پیشگیری از بحران‌ها و افزایش سطح کارایی پروژه‌ها را فراهم می‌کند. در این راستا، فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM به عنوان ابزاری نوین در صنعت ساخت و ساز معرفی شده‌است که با قابلیت شبیه‌سازی دیجیتال، تجزیه و تحلیل داده‌ها و ایجاد شفافیت در ارتباطات، بستری مناسب برای شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها را فراهم می‌کند.

به‌کارگیری BIM در فازهای مختلف چرخه حیات پروژه ـ از طراحی و برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری و نگهداری ـ ظرفیت بالایی در کاهش ریسک‌ها و بهبود تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند. با وجود این، استفاده نظام‌مند از BIM در مدیریت ریسک پروژه‌های بلندمرتبه در کشور هنوز با چالش‌هایی مواجه است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی و تحلیل کاربرد BIM در مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه با رویکرد فازبندی چرخه حیات پروژه انجام می‌شود تا راهکارهایی علمی و عملی برای ارتقای موفقیت این پروژه‌ها ارائه گردد.

بیان مسئله

در دهه‌های اخیر، با توجه به گسترش شهرها و مهاجرت به شهرهای بزرگ و رشد سریع فرهنگ شهرنشینی در جوامع مختلف و از طرفی پیچیده‌تر شدن و مدرن شدن صنعت ساختمان ضمن بکارگیری روش‌ها و فناوری‌های نوین ساخت در این صنعت، ریسک‌های موجود در این حوزه افزایش یافته که در صورت عدم مدیریت صحیح آنها می‌تواند اثرات منفی بر اهداف و دستاوردهای پروژه داشته باشد. بنابراین فعالان و ذی‌نفعان پروژه‌های صنعت ساختمان به منظور افزایش میزان موفقیت پروژه‌ها می‌بایست دانش و توانایی کافی در برطرف کردن تاثیر ریسک‌های منفی موجود را داشته باشند و دانش و توانایی‌های خود در مقابله با ریسک‌ها و کاهش اثرات منفی آنها را ارتقاء دهند. در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه که اغلب دارای مقیاس بزرگ، پیچیدگی‌های فنی بالا و دوره‌های زمانی طولانی هستند، مدیریت ریسک یکی از حیاتی‌ترین حوزه‌های دانش مدیریت پروژه محسوب می‌شود.

مدیریت ریسک عنصری حیاتی در مدیریت پروژه میباشد؛ ریسک امکان بروز پیش آمدی مثبت یا منفی در کار است، که در صورت بروز ریسک‌های منفی و عدم برنامه‌ریزی صحیح پاسخ به ریسک می‌تواند اثرات منفی و گاها جبران ناپذیری بر پروژه داشته باشد و می‌تواند شامل ریسک‌های مختلفی از جمله ریسک‌های ایمنی، کیفیت، زمان، هزینه، قراردادی و... باشد. بنابراین مدیریت ریسک فرآیندی پویا در طول چرخه حیات پروژه است و به منظور کسب میزان بهینه ای از کاهش، تعدیل و کنترل ریسک به تحلیل و پاسخگویی به آن می‌پردازد. بر اساس استاندارد PMBOK، مدیریت ریسک پروژه شامل فرایندهایی برای برنامه‌ریزی، شناسایی، تحلیل، پاسخ‌دهی و پایش ریسک‌هاست که باید در سراسر چرخه حیات پروژه، از آغاز تا اختتام، به صورت سیستماتیک اجرا شود. با این حال، شواهد موجود حاکی از آن است که این فرایندها در عمل، به‌ویژه در پروژه‌های بلندمرتبه، غالباً به صورت سنتی، شهودی و بر پایه تجربه فردی اجرا می‌شوند که کارایی و اثر بخشی آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

پروژه‌های ساخت به دلیل مواجهه با مشکلاتی همچون شرایط پیش بینی نشده، زمین و وضعیت هوایی، حضور افراد با فرهنگ‌های مختلف درگیر در پروژه، ناپایداری‌های سیاسی و امکان تغییر سیاست‌های کلی کشور، مسائل اقتصادی و غیره همواره با ریسک‌های فراوانی روبرو هستند. تعداد و اهمیت هر کدام از این ریسک‌ها به گستردگی و پیچیدگی‌های آن پروژه بستگی دارد. پرهیز و جلوگیری از ریسک‌ها در پروژه امری غیر ممکن است، به همین دلیل استفاده از سیستم جامع مدیریت ریسک برای مدیریت انواع ریسک‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد (منصور زاده، ۱۳۹۸). از سوی دیگر، پیچیدگی روز افزون پروژه‌های بلندمرتبه در جنبه‌هایی نظیر طراحی سازه، هماهنگی میان رشته ای و مدیریت منابع، نیازمند ابزارهایی نوین برای تحلیل و کنترل هم زمان داده‌ها در محیطی یکپارچه است.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

لذا براین اساس در کنار بهره‌گیری از دانش، روش‌ها و تکنیک‌های سنتی مدیریت ریسک پروژه می‌توان از ابزارها و فناوری‌های نوین نیز استفاده کرد. در این خصوص رویکردها، فناوری‌ها و ابزارهای متعددی به خدمت گرفته‌شده که از مهم‌ترین آنها ابزارهای موجود در حوزه فناوری اطلاعات است. یکی از این فناوری‌های کاربردی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM بوده که در سال‌های اخیر به عنوان یک فناوری نو ظهور، امکان تلفیق داده‌های مختلف پروژه و تجزیه و تحلیل چند بعدی در زمان واقعی را فراهم کرده است و انتظار می‌رود بهره‌وری صنعت ساخت و میزان موفقیت پروژه را به میزان قابل توجهی ارتقاء دهد. BIM می‌تواند به عنوان ابزاری پشتیبان در فرایندهای مدیریت ریسک، به ویژه در شناسایی و تحلیل کمی و کیفی ریسک‌ها، ایفای نقش کند. برای مثال، مدل‌سازی سه بعدی و شبیه‌سازی زمان بندی پروژه (4D) و هزینه (5D) می‌تواند ابزارهای مناسبی برای تحلیل احتمال و پیامد ریسک‌ها در مراحل مختلف پروژه فراهم آورد.

مطابق تعریف ارائه شده از انجمن استاندارد بین المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آمریکا، BIM نمایش دیجیتالی از مشخصات فیزیکی و کاربردی از یک توانایی است. منبعی از دانش مشترک برای دستیابی به اطلاعات و ایجاد مبنای قابل اعتمادی جهت اخذ تصمیمات در طول کل چرخه حیات پروژه را شکل می‌دهد؛ به نحوی که از اولین مرحله یعنی از ایده تا انتهای راه یعنی پایان بهره‌برداری را به وضوح نمایش می‌دهد، همچنین به صورت یک بانک اطلاعاتی، اطلاعات پروژه را جهت بهره‌برداری ذی‌نفعان نگهداری می‌کند.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به حذف بسیاری از ضایعات در طول فرآیند ساخت و ساز کمک می‌کند، مانند خطاهای طراحی نامناسب، ارتباطات ضعیف و تغییرات غیر منتظره در طرح‌ها در طول اجرا. BIM امکان ایجاد یک مدل دقیق، غنی از اطلاعات و بدون درگیری را فراهم می‌کند که به تصمیم‌گیری صحیح در مراحل مختلف ساخت کمک می‌کند (رضاخانی و همکاران، ۱۴۰۱).

انتظار میرود با بکارگیری از این فناوری نوین در پروژه‌های صنعت ساخت، به ویژه پروژه‌های حوزه ساختمان بهبود قابل توجهی در روند انجام پروژه از فاز آغازین پروژه تا فاز اختتام پروژه و عملکرد مدیران شود که در نهایت منجر به افزایش رضایتمندی ذی‌نفعان و حامیان پروژه خواهد شد؛ اما متاسفانه با توجه به ابهام مدیران ارشد در منافع حاصل از استقرار BIM در پروژه‌ها، بصورت محدود شاهد استفاده از این فناوری هستیم در صورتی که می‌تواند به عنوان یک سیستم جامع اطلاعاتی ابزار مهمی برای تصمیم‌سازی مدیران باشد.

همچنین BIM می‌تواند در هر یک از فازهای چرخه حیات پروژه با کاربردهای متعدد خود موجب کاهش ریسک‌های در معرض ظهور در آن فاز شود. از بزرگترین مزیت‌های این تکنولوژی در پروژه‌های بزرگ می‌توان به امکان طراحی‌های پیچیده، محاسبه‌های دقیق و بهینه، محاسبات کاربردی مصالح و لوازم و تخمین دقیق قیمت، فرآیندهای مدیریت پروژه، کاهش هزینه‌های ساخت و سرعت در اجرا اشاره کرد. BIM می‌تواند خطاها، درگیری‌ها و مشکلات هر فاز را قبل از ورود به آن تشخیص دهد و به کاهش تداخلات و ناشناخته‌ها کمک کند.

امروزه فناوری BIM تنها برای مدل‌سازی و طراحی ساختمان‌ها و سازه‌ها نبوده بلکه حوزه کاری آن از انواع مدل‌سازی‌های قبلی فراتر رفته و تاثیرات خود را در مدیریت ریسک و کل چرخه حیات پروژه به خوبی نشان می‌دهد به گونه ای که با بکارگیری دانش مدیریت پروژه و با دخیل کردن اطلاعات تمامی بخش‌های پروژه آنرا به یک بانک اطلاعاتی جامع تبدیل می‌نماید. همچنین چگونگی تشکیل این بانک اطلاعاتی، صحت و سقم اطلاعات ورودی، هماهنگی ذی نفان درگیر در پروژه‌ها با مدل BIM و چگونگی عملکرد یکپارچه و هماهنگ آنها از محورهای اصلی مدیریت ریسک بر پایه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌باشد.

مروری بر ادبیات پژوهش

هر فعالیتی با نوعی ریسک همراه است، چه بلند شدن از خواب در صبح باشد، چه رانندگی به محل کار یا معرفی یک محصول جدید برای فروش به مشتری. بسیاری از افراد از اصطلاح ریسک استفاده می‌کنند، اما ریسک چیست؟ چگونه می‌توانیم ریسک‌های یک فعالیت را تعیین کنیم؟ چگونه تصمیم می‌گیریم که با ریسک‌های شناسایی‌شده چه کنیم؟ چگونه این ریسک‌ها را پیگیری کنیم؟ این سؤالات و بسیاری دیگر زمانی مطرح می‌شوند که یک مدیر در تلاش است تا یک فرایند مدیریت ریسک را به کار بگیرد.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

تمام پروژه‌ها به دلیل ماهیت منحصر به فرد خود و درجات مختلف پیچیدگی، دارای ریسک هستند. پروژه‌ها در چارچوبی از محدودیت‌ها و فرضیات اجرا می‌شوند و هم زمان باید با انتظارات متغیر و گاه متناقض ذینفعان سازگار شوند. سازمان‌ها باید به طور کنترل شده و هدفمند ریسک‌های پروژه را بپذیرند تا ارزش ایجاد کرده و تعادل بین ریسک و موفقیت را برقرار کنند.

پروژه‌های صنعت ساخت نیز با توجه به ماهیت خود و وجود عدم قطعیت‌هایی که در طول چرخه حیات خود با آنها روبرو می‌شوند از این قاعده مستثنی نبوده و می‌بایست جهت رسیدن به هدف نهایی و موفقیت، دائما نسبت به مدیریت ریسک‌های موجود اقدام کنند. حال هر چه وسعت و پیچیدگی این پروژه‌ها بیشتر می‌شود، با ریسک‌های بیشتری مواجه می‌شوند، در این تحقیق پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه و بلندمرتبه سازی که در حال حاضر در کشور رو به افزایش می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته و ضمن تعریف واژگان کلیدی، اقدامات انجام شده در برخی کشورها و در پروژه‌های موجود در ایران بررسی گردیده است.

فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت پروژه و ساخت، تحولات چشمگیری در صنعت ساخت و ساز ایجاد کرده است. این فناوری با بهبود هماهنگی، کاهش خطاها و بهینه‌سازی زمان بندی و هزینه‌ها، به ذینفعان پروژه کمک می‌کند تا پروژه‌های خود را بطور مؤثر تری مدیریت کنند. با این حال، پیاده سازی BIM با چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه، مقاومت در برابر تغییر و مسائل حقوقی همراه است. با توجه به مزایای قابل توجه BIM، سازمان‌ها باید استراتژی‌های مناسبی برای غلبه بر این چالش‌ها و بهره‌برداری کامل از این فناوری تدوین کنند.

ریسک

ریسک رویدادی تصادفی از میان مجموعه رویدادهای ممکن که شناخته شده اند و احتمال اتفاق افتادن هر یک از آنها قابل اندازه گیری یا تخمین است اما پیش بینی دقیق وقوع آنها از پیش معلوم نیست. بطور کلی و عمومی هر نوع عدم قطعیتی که در صورت وقوع یک یا چند هدف را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد را ریسک می‌نامیم.

در خصوص مدیریت ریسک پروژه تعاریف مختلفی از صاحب نظران مشاهده می‌شود. (اسکارا و هارتمن-۲۰۰۲) ریسک در مدیریت پروژه شامل هرگونه تهدید یا فرصت است که می‌تواند بر زمان‌بندی، هزینه و کیفیت پروژه تأثیر بگذارد؛ (چاپمن و وارد-۲۰۰۳) ریسک را هرگونه عدم قطعیتی می‌دانند که می‌تواند در دستیابی به اهداف پروژه اخلال ایجاد کند یا فرصتی برای بهبود آن باشد؛ (هلیوسن-۲۰۰۹) ریسک را به عنوان ترکیبی از احتمال وقوع یک رویداد و پیامدهای ناشی از آن بر پروژه تعریف می‌کند؛ اما در تعریف دقیق تر از (PMBOK-2021) ریسک به عنوان یک رویداد یا شرایط نامطمئن تعریف می‌شود که در صورت وقوع، تأثیر مثبت یا منفی بر اهداف پروژه خواهد داشت.

مدیریت ریسک

مدیریت ریسک در حوزه‌های مختلف و صنایع مختلفی بکاربرده می‌شود، به دلیل کاربرد وسیع آن اصطلاحات مرتبط با ریسک با تفاوت اندکی در میان سازمان‌ها و منابع علمی مختلف تعریف می‌شود. مدیریت ریسک به معنای مدیریت یک اتفاق یا رخداد غیر قطعی در آینده است که می‌تواند تاثیری مثبت (فرصت) یا تاثیر منفی (تهدید) بر پروژه بگذارد. بر اساس پیکره دانش PMBOK مدیریت ریسک پروژه شامل کلیه اقدامات برای برنامه‌ریزی، شناسایی، تحلیل، برنامه پاسخ به ریسک و کنترل ریسک در یک پروژه است که با هدف افزایش احتمال و اثر وقایع مثبت و کاهش احتمال و اثر وقایع منفی به منظور بهینه‌سازی شانس موفقیت پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. حال اگر این ریسک‌ها مدیریت نشوند، ممکن است پروژه از برنامه منحرف شود و به اهداف کوتاه مدت و بلند مدت خود دست نیابد، در نتیجه موفقیت در مدیریت ریسک پروژه ارتباط مستقیمی با موفقیت کلان پروژه دارد. مدل فرایند مدیریت ریسک در شکل ۲-۱ نمایش داده شده است.

شکل ۲-۱. مدل فرآیند مدیریت ریسک

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

مدیریت ریسک فرآیندی است که از طریق آن ریسک‌ها شناسایی می‌شوند، احتمال و اثرات آنها اندازه گیری می‌شود، اقدامات کاهشی آن برنامه‌ریزی می‌شود و ریسک‌ها به طور منظم نظارت می‌شوند و به مدیریت ارشد گزارش می‌شوند. (Kumar,2021)

مدیریت ریسک یک ساز وکار است و مختص هیچ بخشی نیست. بنابراین این را میتوان در هر بخش اعمال کرد. به طور سنتی مدیریت ریسک بیشتر در بخش‌های مالی مانند بیمه و بانک داری اعمال می‌شود. با این حال، کاربرد آن در طول سال‌ها در بسیاری از زمینه‌ها مانند: بخش انرژی، بخش ساختمان، محیط زیست و غیره افزایش یافته است. (Kumar,2021)

ساختمان‌های بلندمرتبه

معمولا بلندمرتبه سازی را حاصل رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی می‌دانند از دیگر دلایل این فرایند که در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است که بخشی از آن مربوط به کمبود زمین مناسب برای ساخت و ساز می‌باشد. بلندمرتبه سازی و ساختمان‌های بلندمرتبه به عنوان یکی از مهمترین تحولات در حوزه مدیریت پروژه و ساخت در قرن ۲۱ مطرح شده اند. این پدیده به ساخت سازه‌هایی با ارتفاع زیاد اشاره دارد که معمولاً بیش از ۱۰۰ متر ارتفاع داشته و به عنوان نماد پیشرفت فناوری، معماری و مدیریت پروژه در شهرهای بزرگ شناخته می‌شوند. بلندمرتبه سازی نه تنها به دلیل محدودیت‌های فضایی در مناطق شهری، بلکه به دلیل نیاز به بهینه‌سازی استفاده از زمین و ایجاد فضاهای چند منظوره، مورد توجه قرار گرفته است (Al-Kodmany, 2020).

ساختمان‌های بلندمرتبه به عنوان پروژه‌های پیچیده و چند رشته‌ای، نیازمند مدیریت پروژه‌های پیشرفته و یکپارچه هستند. این سازه‌ها شامل چالش‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی متعددی هستند که مدیریت آن‌ها مستلزم استفاده از روش‌های نوین مدیریت پروژه و ساخت است (Liu et al., 2021)؛ به عنوان مثال، استفاده از فناوری‌های دیجیتال مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم‌های مدیریت هوشمند پروژه (IPMS) در این حوزه بسیار رایج شده است (Zhang et al., 2022).

از منظر اقتصادی، بلندمرتبه‌سازی می‌تواند به افزایش ارزش زمین و بهبود بازده سرمایه‌گذاری منجر شود. با این حال، هزینه‌های بالای ساخت و نگهداری این سازه‌ها، به همراه ریسک‌های مرتبط با ایمنی و پایداری، از جمله چالش‌های اصلی در مدیریت این پروژه‌ها هستند (Wang & Li, 2023). از سوی دیگر، مسائل محیط زیستی مانند مصرف انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات بصری این سازه‌ها بر منظر شهری نیز از جمله موضوعات مهم در این حوزه محسوب می‌شوند (Chen et al., 2024).

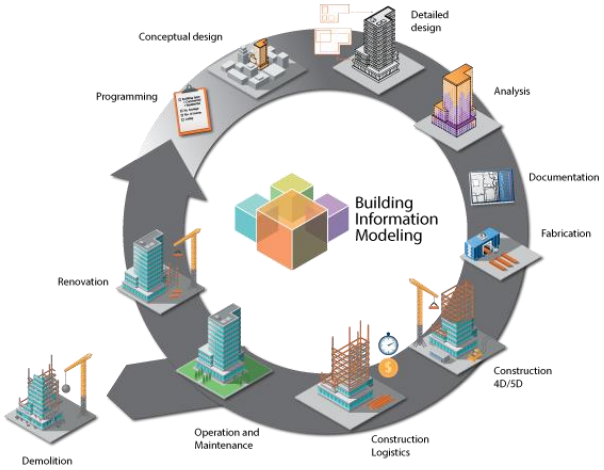
در زمینه مدیریت پروژه، بلندمرتبه سازی نیازمند رویکردهای نوین در برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، کنترل هزینه و مدیریت ریسک است. استفاده از روش‌های چابک (Agile) و ناب (Lean) در مدیریت پروژه‌های بلندمرتبه به عنوان راه حلی برای کاهش زمان و هزینه‌های پروژه و افزایش کیفیت ساخت مطرح شده است (Khan et al., 2025). همچنین، همکاری بین‌المللی و انتقال دانش فنی بین کشورها در این حوزه بسیار حائز اهمیت است. در نهایت، بلندمرتبه سازی و ساختمان‌های بلندمرتبه به عنوان نمادی از پیشرفت تکنولوژیکی و مدیریتی در صنعت ساخت و ساز، نیازمند توجه ویژه به جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی هستند. این حوزه به طور مداوم در حال تحول است و پژوهش‌های آتی باید به بررسی تأثیرات بلند مدت این سازه‌ها بر جوامع شهری و محیط زیست بپردازند.

فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM):

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان آخرین پیشرفت فناوری اطلاعات و یکی از امیدوار کننده‌ترین تحولات اخیر مرتبط با اطلاعات صنعت ساخت، عمران و معماری، یک فناوری تحول آفرین در صنعت ساخت و مدیریت پروژه شناخته می‌شود. این فناوری با استفاده از داده‌های دیجیتال و فرآیندهای طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها را تسهیل می‌کند. این تکنولوژی فارغ از یک ابزار نرم افزاری، بلکه به عنوان یک رویکرد جامع برای مدیریت اطلاعات پروژه در طول چرخه حیات آن تعریف می‌شود. این فناوری با ایجاد یک مدل سه بعدی هوشمند، امکان اشتراک گذاری اطلاعات بین ذینفعان مختلف پروژه را فراهم

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

می‌کند و به این ترتیب، هماهنگی، دقت و کارایی را در پروژه‌های ساخت و ساز افزایش می‌دهد. شکل ۲-۳ عملکرد و قابلیت‌های فناوری BIM را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۲-۳ عملکرد و قابلیت‌های فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM

فناوری BIM از یافته‌های امروز در طراحی و ساخت می‌باشد. در بررسی کلمه BIM دریافتیم که حرف B مخفف ساختمان می‌باشد. در اینجا کلمه ساختمان شامل بنا و یا به صورت جامع تر شامل محیط اطراف، زیرساخت‌ها و محوطه سازی و یا در طیف وسیع تری از ملاحظات نظیر سیاست‌ها، تصمیم‌گیری‌های استراتژیک، ارزیابی کاربر، زنجیره تأمین و معماری پایدار و تحلیل انرژی در طول چرخه حیات آن باشد. حرف I به معنی اطلاعات بوده و بطور قطع مهمترین حرف از این مخفف می‌باشد. در حالی که مدل‌های گرافیکی مانند سطوح مش بندی ۳بعدی تنها می‌توانند برای گرفتن خواص فیزیکی محیط یا یک شیء استفاده شود، یک مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM) است که توانایی لازم برای تکمیل این اطلاعات با ویژگی‌های اضافی را دارد. BIM یک مدل پارامتری است که اشیاء در مدل بصورت هوشمند تعریف شده اند و درک پارامترهای مختلف و روابطی که توسط تیم پروژه تعریف شده می‌باشد. حرف M از دو کلمه مدل کردن و یا مدیریت می‌باشد. M به عنوان مدیریت تفسیر همه جانبه ای را ارائه می‌دهد. مدیریت شامل برنامه‌ریزی، سازماندهی، تخصیص منابع و کنترل است. مدیریت یکی از مهمترین ارکان برای ترجمه اطلاعات پیچیده و مجزا در یک محیط گسترده با منابع متنوع که بطور مستمر به روز رسانی شده و توسط تیم پروژه استفاده می‌شود. با مدیریت اطلاعات تعارضات و تأثیر آنها بر موفقیت و منفعت پروژه مشخص می‌شود. (پارسایی، ۱۴۰۲)

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان که توسط استاندارد ملی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (NBIMS) به عنوان یک فرآیند بهبود یافته برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری با استفاده از یک مدل اطلاعاتی قابل خواندن با ماشین استاندارد برای هر تاسیسات جدید یا قدیمی که شامل تمام اطلاعات مناسب است، توصیف شده است. اطلاعات ایجاد یا جمع آوری شده در مورد آن تسهیلات در قالبی قابل استفاده برای همه در طول چرخه عمر آن، صنعت احداث را از اتوماسیون وظایف فعلی پروژه و فرآیندهای کاغذ محور به سمت یک جریان کاری یکپارچه و متقابل که در آن وظایف یکپارچه سازی می‌شوند، پیش می‌برد. (اربابی، ۱۴۰۲)

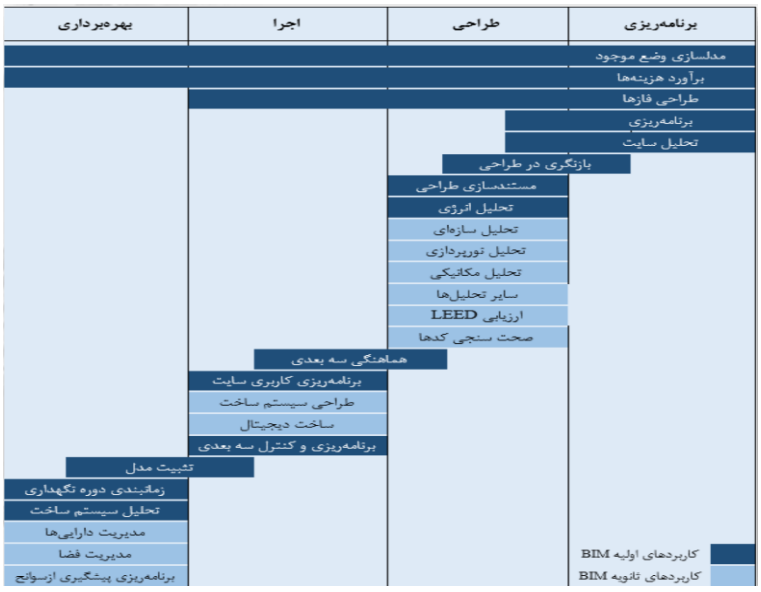
چرخه عمر پروژه

منظور از چرخه حیات پروژه مجموعه فازهای فرآیندی است که می‌بایست از ابتدا تا انتهای پروژه طی شود تا آن پروژه به درستی به سرانجام برسد. بیشتر پروژه‌های ساختمانی دارای یک چرخه عمر متشکل از مراحل ایده پردازی، طراحی، ساخت، راه اندازی و اختتام هستند، هر چند که در صنعت ساخت معمولاً برخی از این مراحل به بخش‌های جزئی تری تقسیم می‌شوند. رایج‌ترین نوع پروژه‌های ساختمانی، پروژه‌هایی هستند که توسط یک شرکت پیمانکاری در خارج از سازمان کارفرما اجرا می‌شوند.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

با استفاده از مجموعه‌ای از تعهدات مشخص از سوی هر دو طرف، چرخه عمر اکثر پروژه‌های ساختمانی به‌صورت پیش بینی شده یا برنامه محور (Plan-Driven) است تا ریسک‌ها کاهش یافته و میزان احتمال موفقیت پروژه افزایش یابد. هرچند که در برخی موارد، رویکردهای تطبیقی مانند ساخت چابک و ناب ممکن است اعمال شوند. (Construction Extension of PMBOK)

چرخه‌های عمر تطبیقی (که به عنوان روش‌های تغییر محور یا چابک نیز شناخته می‌شوند) با هدف تسهیل تغییرات و نیازمند مشارکت مستمر و سطح بالای ذی‌نفعان طراحی شده اند. این روش‌ها معمولاً در شرایطی ترجیح داده می‌شوند که محیط پروژه به سرعت در حال تغییر باشد، الزامات و محدوده پروژه به سختی از پیش قابل تعریف باشند، و امکان ایجاد بهبودهای کوچک و تدریجی برای ارائه ارزش به ذی‌نفعان وجود داشته باشد. در چرخه‌های تکرارشونده و تدریجی، طراحی و برنامه‌ریزی جزئیات پروژه به‌صورت دوره‌ای و طی چندین چرخه متوالی انجام می‌شود، به این ترتیب که هر مرحله به بهبود و تکمیل تدریجی پروژه کمک می‌کند. (Construction Extension of PMBOK) . در شکل ۲-۷ کاربردهای BIM در هر یک از فازهای چرخه حیات پروژه قابل بررسی است.



شکل ۲-۷. نمایش کاربردهای BIM در هر یک از چرخه حیات پروژه

بستر BIM شامل یک مدل اطلاعات غنی با داده‌های گرافیکی و غیر گرافیکی است که علاوه بر ارائه یک نمایش مجازی از پروژه در تمامی مراحل چرخه حیات آن از مرحله مطالعات توجیهی تا طراحی مفهومی، مطالعات مرحله اول و دوم، تدارکات، ساخت و نصب، راه اندازی، دوره بهره‌برداری و حتی پایان آن، اطلاعاتی در خصوص روند پیشرفت و تحلیل طراحی، ساخت و بهره‌برداری که برای موفقیت پروژه ضروری می‌باشد را فراهم می‌آورد. دسترسی به این اطلاعات به اشتراک گذاشته شده، دید ارزشمندی از سراسر چرخه حیات ساختمان به ما می‌دهد که این امر باعث بهبود عملکرد مدیریت پروژه می‌شود. شکل ۲-۸ مدل‌سازی BIM در طول چرخه عمر پروژه را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۸. مدل‌سازی BIM در طول چرخه حیات پروژه

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

روش پژوهش

با توجه به ماهیت موضوع پژوهش، نوع تحقیق (کاربردی یا بنیادی)، رویکرد (کمی یا کیفی)، روش گرد آوری داده‌ها، جامعه آماری، روش‌های نمونه‌گیری، ابزار تحقیق و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا، تلاش شده است تا از رویکردهای علمی و معتبر برای طراحی فرآیند تحقیق استفاده شود. همچنین، استانداردهای اخلاقی پژوهش نیز مدنظر قرار گرفته‌اند تا نتایج تحقیق از وجاهت علمی و اخلاقی برخوردار باشند. در ادامه، مؤلفه‌های اصلی روش‌شناسی تحقیق به تفصیل معرفی و توجیه می‌شوند.

قلمرو پژوهش

در این تحقیق، قلمرو زمانی شامل بازه ای از شهریور ماه ۱۴۰۳ تا تیر ماه ۱۴۰۴خواهد بود. در این پژوهش قلمرو مکانی شامل کشور ایران و شهر شیراز می‌باشد. مراحل اجرایی پژوهش: گام‌های اجرایی این پژوهش به شرح زیر می‌باشد.

گام اول: جستجوی ادبیات پژوهش و پیشینه تحقیق شامل: شناسایی و بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌های مدیریت ریسک و فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM و بررسی ارتباط میان آنها

گام دوم: مصاحبه با خبرگان شامل: شناسایی ریسک‌های موجود در حوزه پروژه‌های بلندمرتبه سازی

گام سوم: توزیع پرسشنامه و پیمایش شامل: تعیین جامعه آماری، تعیین نمونه آماری طراحی و توزیع و جمع آوری اطلاعات از پرسشنامه‌ها جهت بررسی میزان اهمیت ریسک‌های شناسایی شده و ارتباط آنها با فناوری BIM

گام چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل: ۱- بخش داده‌های کیفی: تحلیل محتوا و ۲- بخش داده‌های کمی: تحلیل توصیفی با استفاده از نرم افزار SPSS و آمار استنباطی روشt

استراتژی پژوهش

در پژوهش حاضر به با توجه به اینکه در گام اول با استفاده از مصاحبه ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های صنعت ساخت شناسایی شده و در گام دوم با استفاده از پرسشنامه میزان احتمال وقوع و اثر هر یک بررسی و با راهکارها و قابلیت‌های فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به منظور کاهش و مدیریت ریسک‌ها بررسی شده، از رویکرد ترکیبی (کمی- کیفی) استفاده شده است.

جهت گیری پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به اینکه در مدیریت ریسک‌های موجود در این زمینه کاربرد دارد، در دسته پژوهش‌های کابردی- پیمایشی قرار می‌گیرد.

ابزار جمع آوری اطلاعات

در پژوهش حاضر در گام اول به مطالعات کتابخانه ای پرداخته شد و با استفاده از مقالات معتبر داخلی و خارجی ریسک‌های موجود در حوزه مدیریت پروژه شناسایی شد و درباره کاربرد فناوری مدل‌سازی ساختمان BIM مطالعاتی انجام شد، در گام دوم با استفاده از مصاحبه ساختار یافته حضوری با خبرگان، سوالاتی مطرح شد و ریسک‌های موجود در حوزه ساخت و سازهای بلندمرتبه شناسایی شد. در گام سوم با ارائه پرسشنامه محقق ساخته، میزان اثرگذاری فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در مدیریت هر یک از ریسک‌ها و علل عدم بکارگیری این فناوری و مدل بلوغ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه ایران پرداختند.

جامعه آماری

در این پژوهش در دو گام جامعه آماری تعریف می‌شود که به شرح زیر می‌باشد:

- گام اول: مصاحبه ساختار یافته با خبرگان که معیارهای تشخیص آن به شرح جدول زیر است.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

- گام دوم: طرح پرسشنامه که جامعه آماری شامل کلیه متخصصان حوزه مدیریت پروژه و صنعت ساخت هستند. تعریف عملیاتی جامعه آماری شامل افرادی است که حداقل سه ویژگی از ویژگی‌های تعریف شده زیر را دارا باشند:

۱- دارای تحصیلات سطح کارشناسی و بالاتر باشد.
۲- سابقه اجرایی در پروژه‌های بلندمرتبه یا انبوه سازی داشته باشد.
۳- حداقل سابقه اجرایی ۱۰ سال در پروژه‌های صنعت ساخت داشته باشد.
۴- سابقه کار در دفاتر مدیریت پروژه و آشنا به حوزه مدیریت ریسک پروژه باشد.
۵- سابقه کار عملی با نرم افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان داشته باشد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: در این تحقیق با توجه به استراتژی ترکیبی، در بخش کیفی از روش تحلیل محتوا و در بخش کمی از روش آمار توصیفی مانند میانگین و آمار استنباطی مانند آزمون t و به وسیله نرم افزار spss انجام شد.

نمونه گیری و تعداد نمونه: در این پژوهش از روش نمونه گیری گلوله برفی استفاده شده است.

اعتبارسنجی پژوهش: برای سنجش پایایی ابزار تحقیق از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است که بیانگر توانایی ابزار در حفظ پایایی خود در طول زمان علیرغم شرایط غیر قابل کنترل آزمون و وضعیت افراد پاسخ دهنده حاکی از پایداری آن و تغییر پذیری اندک می‌باشد. با توجه به جدول ۴-۵ مقدار کل آلفای کرونباخ ۰/۸۲ بیان شده است که بیانگر پایایی ابزار پژوهش می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

این فصل به تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش اختصاص دارد و به دنبال آن است تا تصویری روشن از وضعیت مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه با رویکرد استفاده از فناوری BIM ارائه دهد. در گام نخست، با مرور ادبیات پژوهش ریسک‌های مختلف در صنعت ساخت شناسایی گردید. سپس با توجه به موضوع تحقیق مصاحبه‌هایی هدفمند با خبرگان و فعالان حوزه بلندمرتبه سازی انجام گرفت تا ریسک‌های واقعی و خاص این گونه از پروژه‌ها با دقت بیشتری مشخص شوند. بر این اساس، مجموعه ای از ریسک‌ها در ابعاد فنی، مالی، قراردادی، ایمنی و محیطی استخراج و دسته بندی گردید. در ادامه، پرسشنامه ای محقق ساخته بر اساس ریسک‌های شناسایی شده طراحی و میان متخصصان فناوری BIM و فعالان پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه توزیع شد.

داده‌های گردآوری شده با استفاده از روش‌های آماری و آزمون‌های پایایی و روایی مورد تحلیل قرار گرفتند تا نتایج از پشتوانه علمی لازم برخوردار باشد. همچنین، میزان تاثیر فناوری BIM در هر یک از مراحل مدیریت ریسک شامل شناسایی، تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ و پایش و کنترل ریسک‌ها ارزیابی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این فناوری می‌تواند به شکل معناداری در کاهش ریسک‌ها و افزایش موفقیت پروژه‌ها موثر واقع شود. بدین ترتیب، نتایج این فصل پایه‌ای محکم برای پاسخگویی به سوالات پژوهش و آزمون فرضیات فراهم می‌کند و مسیر را برای ارائه پیشنهادهای کاربردی در صنعت ساخت کشور و بطور خاص صنعت ساخت و ساز بلندمرتبه هموار می‌سازد.

شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی:

در این بخش، جهت شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی از روش مرور سیستماتیک استفاده شده است. مطابق با مراحل روش مرور سیستماتیک، ابتدا سوال پژوهش مشخص شد و سوال عبارت است از اینکه ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی در دانش انباشته موجود چه مواردی هستند؟ با توجه به سؤال مطرح شده، ابتدا کلید واژه‌های مربوطه شناسایی و از آن برای جستجو در منابع پژوهشی استفاده شد. کلید واژه‌های مورد استفاده عبارتند از: BIM، Risk Management و Construction Risk. جهت شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی با استفاده از کلید واژه‌های مذکور در پایگاه داده وب آف ساینس، اسکوپوس و گوگل اسکولار در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۴ جستجو انجام شد.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

با توجه به جستجوی انجام شده؛ نهایتا حدود ۲۰ پژوهش مرتبط و با کیفیت شناسایی شد. سپس پژوهش‌ها بر اساس عنوان، چکیده، محتوا، روش، سال انتشار، مشترک بودن و غیره پالایش شد که با توجه به مرتبط بودن پژوهش‌ها با موضوع، هیچ کدام حذف نشده و از تمامی ۲۰ پژوهش جهت شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی استفاده شد. پژوهش‌ها به دقت مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج هر کدام از آن‌ها به همراه اطلاعات فردی و پژوهشی در برگه ای تحت عنوان فیش، ثبت شد. سپس موارد حاصل شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج مربوط به موارد شناسایی شده در زمینه ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی در جدول ۴-۱ آورده شده است.

جدول ۴-۱. ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی

ردیف	شاخص‌ها	ردیف	شاخص‌ها
۱	شرایط سخت قرارداد	۳۵	بی‌کفایتی در ارتباطات
۲	قرارداد ناقص	۳۶	وابستگی پروژه‌ها به‌هم
۳	نیروی انسانی ناماهر و کم تجربه	۳۷	منابع
۴	هوشیاری پایین از شرایط ایمنی	۳۸	سرمایه‌ها
۵	بالا رفتن هزینه از برآورد پیشنهاد	۳۹	اولویت‌بندی
۶	کمبود سرمایه/ تجهیزات	۴۰	پیاده‌سازی تکنولوژی‌های جدید
۷	محیط کاری ویژه	۴۱	بالا بودن بیش از حد کیفیت
۸	کمبود در ماشین آلات/ ابزارآلات به دلیل درگیر بودن در چند پروژه	۴۲	بررسی نادرست زمینه کار
۹	تخصیص نادرست منابع انسانی	۴۳	ناکافی بودن برنامه‌ریزی ساخت
۱۰	عدم پشتیبانی قابل اعتماد از سوی پیمانکار فرعی	۴۴	ناکافی بودن برنامه‌ریزی تدارکات
۱۱	پایین بودن روحیه همکاری	۴۵	نابرابری مفاد قرارداد
۱۲	تحرک بالای پرسنل	۴۶	اختلاف میان نهادها
۱۳	قابلیت ساخت طرح	۴۷	داوری ناعادلانه
۱۴	مشخصات مبهم نقاشی	۴۸	پوشش بیمه ناکافی
۱۵	منطقه ساخت و ساز ناقص	۴۹	گارانتی ناقص
۱۶	ناکافی بودن مهارت‌های ناظر	۵۰	برآورد نادرست هزینه‌ها
۱۷	تغییر مکرر طراحی	۵۱	اتحادیه کار
۱۸	عدم هماهنگی طراح با کارفرما	۵۲	انحصار در مناقصه
۱۹	امکان‌سنجی	۵۳	تغییر قانون
۲۰	تقاضای غیرمعمول	۵۴	شورش/ جنگ/ انقلاب
۲۱	منابع توسط پیمانکار فرعی	۵۵	فساد/ رشوه
۲۲	ارتباط با شخص سوم	۵۶	منابع فرهنگی/ زبان
۲۳	دیرکرد در پرداخت	۵۷	لابی حقوقی/ غیرقانونی
۲۴	تکیه بر مشاور/ معمار	۵۸	بوروکراسی
۲۵	بی‌کفایت بودن سرپرست سایت	۵۹	افزایش هزینه مواد
۲۶	مشکل مالی/ ورشکستگی	۶۰	نوسانات نرخ ارز
۲۷	مشکل در انتخاب کسب و کار فروشنده	۶۱	مشکل تأمین مالی
۲۸	آسیب/ آلودگی محیط زیست	۶۲	تقاضای کم بازار
۲۹	حادثه/ از دست دادن	۶۳	رقیب قوی
۳۰	ترافیک/ محدودیت ساعت کار	۶۴	زلزله
۳۱	اعتراضات شخص سوم	۶۵	آتش‌سوزی

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

ردیف	شاخص‌ها	ردیف	شاخص‌ها
۳۲	تخمین نادرست	۶۶	باد شدید
۳۳	برنامه‌ریزی نامناسب	۶۷	بارش شدید
۳۴	کنترل نامناسب		

شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه:

و پس از آن برای تکمیل و تصحیح دقیق تر موارد شناسایی شده با خبرگان که مشخصات آن‌ها در جدول ۱-۴ آورده شده است، مصاحبه صورت گرفت. همان‌طور که در جدول ۴-۲ مشاهده می‌شود، ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی آورده شده است اما با توجه به اینکه موضوع پژوهش در رابطه با تأثیر BIM بر ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه می‌باشد، ریسک‌ها باید محدود تر شده و متناسب با موضوع مورد مطالعه شود. به همین دلیل، با ۷ نفر از خبرگان که مشخصات آن‌ها در جدول ۴-۲ آورده شده و حاضر در این صنعت مصاحبه صورت گرفت تا ریسک‌های شناسایی شده بررسی و بطور دقیق و خاص متناسب با موضوع مورد مطالعه پالایش شود تا یک اجماع نظری در رابطه با ریسک‌ها حاصل شود.

جدول ۴-۲. مشخصات خبرگان

خبرگان	تحصیلات	سابقه کار (سال)
۱	لیسانس عمران	۳۰
۲	لیسانس عمران	۱۵
۳	فوق لیسانس عمران	۲۰
۴	فوق لیسانس مدیریت ساخت	۱۲
۵	فوق لیسانس مدیریت پروژه	۱۰
۶	دکترای عمران	۲۵
۷	لیسانس معماری	۱۸

در مصاحبه با خبرگان از سؤالات زیر استفاده شد:

۱- لطفاً سابقه تحصیلی و پژوهشی خود را بیان کنید.

۲- لطفاً سابقه کاری خود در حوزه پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه بیان کنید.

۳- به نظر شما چه ریسک‌هایی بیشتر در این پروژه‌ها شایع هستند؟

۴- تفاوت ریسک‌های موجود در این پروژه‌ها و سایر پروژه‌ها را در چه چیزهایی می‌بینید؟

۵- در فاز طراحی و برنامه‌ریزی چه ریسک‌هایی را تجربه کرده‌اید؟

۶- در فاز ساخت و اجرا چه ریسک‌هایی را تجربه کرده‌اید؟

۷- در فاز بهره‌برداری و نگهداری چه ریسک‌هایی را تجربه کرده‌اید؟

۸- در دسته ریسک‌های اقتصادی و مالی چه مواردی بیشتر این پروژه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در پروژه‌های شما چه راهکارهایی برای مقابله با این ریسک‌ها در نظر گرفته شده است؟

۹- در دسته ریسک‌های ایمنی و محیط زیستی با چه مشکلاتی مواجه شده‌اید؟

۱۰- در پروژه‌های اجرا شده اهمیت تأخیرات زمانی و کنترل اینگونه ریسک را بیان کنید.

۱۱- تجربه خود را در خصوص ریسک‌های ایجاد شده از طرف پیمانکاران و امور قراردادی بیان کنید.

۱۲- به نظر شما ریسک‌های عوامل طبیعی مانند زلزله، آتش سوزی، طوفان و سیل چه میزانی در این پروژه‌ها تأثیر دارند؟

۱۳- به نظر شما کدام فاز از چرخه حیات پروژه بیشترین پتانسیل ریسک را دارد؟ چرا؟

۱۴- به نظر شما سازمان‌های اداری چگونه می‌توانند در ایجاد ریسک‌های پروژه تأثیرگذار باشند؟

۱۵- در پروژه‌های شما چه راهکارهایی جهت مدیریت ریسک استفاده می‌شود؟

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

۱۶- لطفاً میزان آشنایی خود با فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و کاربردهای آن در مدیریت ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه را بیان کنید.

نتایج حاصل از مصاحبه با خبرگان در جدول ۴-۳ آورده شده است.

جدول ۴-۳. مصاحبه با خبرگان

شماره سوال	۱	۲	۳	۴	۵
۱	لیسانس عمران	سابقه کاری ۳۰ سال	۱. ریسک‌های تأمین مالی در فاز ساخت ۲. ریسک‌های ایمنی	۱. تفاوت ریسک‌ها به علت تغییر ماهیت پروژه	۱. تغییر نوع کاربری ساختمان ۲. تغییرات مکرر در زمان بندی پروژه
۲	لیسانس عمران	سابقه کاری ۱۵ سال	۱. عدم تأمین به‌موقع مصالح ۲. بروز تأخیرات زمانی در اجرا	اختلافات ناشی از ابعاد پروژه	۱. تغییر در طراحی توسط سرمایه گذار
۳	فوق لیسانس عمران	سابقه کاری ۲۰ سال	۱. ریسک برآورد اولیه هزینه‌ها ۲. ریسک‌های ایمنی و محیطی	***	۱. براورد نادرست مالی ۲. عدم تطابق صحیح نقشه‌ها پیش از اجرا
۴	فوق لیسانس مدیریت ساخت	سابقه کاری ۱۲ سال	۱. ریسک تأمین مالی در فاز ساخت	اجرا و ساخت ساده‌تر نسبت به پروژه‌های بلندمرتبه	۱. براورد غلط در زمان بندی پروژه
۵	فوق لیسانس مدیریت پروژه	سابقه کاری ۱۰ سال	۱. ریسک سقوط وسایل و ایمنی ۲. ریسک برنامه زمانی در فاز برنامه‌ریزی	تغییرات در ماهیت و پیچیدگی پروژه‌ها	۱. تغییرات مکرر طراحی
۶	دکترای عمران	سابقه کاری ۲۵ سال	۱. ریسک عدم هماهنگی ذی‌نفعان	***	۱. عدم هماهنگی صحیح طراح با کارفرما ۲. عدم توجه به برنامه‌ریزی زمانی
۷	لیسانس معماری	سابقه کاری ۱۸ سال	۱. ریسک عدم تطابق نقشه‌ها در فاز طراحی	تفاوت در معیارهای سرمایه‌گذار	۱. عدم تطابق به موقع نقشه‌های سازه و معماری و تاسیسات پیش از اجرا
شماره سوال	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱. ریسک‌های اجتماعی ۲. ریسک‌های سقوط کارگران	***	۱. ریسک‌های تأمین نقدینگی	۱. سقوط افراد از ارتفاع ۲. سقوط اجسام از ارتفاع ۳. آموزش کارگان برای رعایت ایمنی	بسیار پر اهمیت
۲	۱. ریسک ایمنی و حفاظت فردی	کاهش توان خرید جامعه	۱. افزایش نرخ ارز ۲. عدم تأمین مالی به‌موقع	۱. شکایت همسایگان به دلایل مختلف ۲. اتصالات ناکافی تجهیزات ایمنی و عدم کارکرد صحیح آنها	اهمیت متوسط

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

۳	۱. ریسک کارگران غیر ایرانی ۲. ریسک عدم تامین مصالح ۳. کمبود سرمایه پیمانکار و توقف کار اجرایی تا تزریق سرمایه	رکود بازار به علت مشکلات سیاسی	۱. افزایش بی‌رویه قیمت‌ها	۱. سقوط کارگر از ارتفاع ۲. عدم نظارت صحیح مسئول ایمنی ۳. خواب آلودگی و خستگی اپراتور جرثقیل و تاور کرین	بسیار پر اهمیت
۴	۱. ناکافی بودن برنامه‌ریزی ساخت ۲. ریسک عدم تامین به موقع مالی	***	۱. برآورد غلط هزینه‌ها در برنامه‌ریزی اولیه	۱. سقوط اجسام از جرثقیل ۲. عدم حفاظت فردی توسط کارگران ۳. عدم توجه به خرابی تجهیزات فردی	بسیار پر اهمیت
۵	۱. محدودیت ساعت کاری در مناطق شلوغ ۲. ریسک ایمنی کارگران	رکود بازار به علت مشکلات اجتماعی	۱. کاهش خرید جامعه ۲. عدم تأمین مالی در زمان مناسب	۱. محدودیت ساعت کاری در برخی مناطق	اهمیت زیاد
۶	۱. ریسک بروز حوادث طبیعی مانند طوفان ۲. تغییرات قوانین ساخت و ساز	خروج سهامداران و سرمایه‌گذاران	۱. افزایش بی‌رویه قیمت مصالح	۱. بروز حوادث کارگری ۲. تعطیلی در برخی ساعات خاص در مناطق متراکم مسکونی	اهمیت زیاد
۷	۱. بروز تاخیرات زمانی حین اجرا ۲. افزایش یکباره هزینه‌های ساخت	کاهش فروش به علت مشکلات درونی جامعه	۱. برآورد نادرست اولیه هزینه‌ها	***	بسیار پر اهمیت
شماره سوال	**۱۱**	**۱۲**	**۱۳**	**۱۴**	**۱۵**
۱	۱. کلیم‌های قرارداد در حین اجرا ۲. عادلانه نبودن بندهای قراردادی میان کارفرما و پیمانکار	اهمیت متوسط	ساخت و اجرا	۱. تغییرات قوانین حاکم بر ساخت ۲. عدم حضور به موقع ناظر جهت تایید مرحله کاری	شناسایی و پایش ریسک‌ها
۲	***	اهمیت زیاد	ساخت و اجرا	۱. تعطیلی مکرر ادارات ۲. مرخصی‌های مکرر پرسنل ۳. سلیقه ای بودن نظارت بر اجرای کار توسط ناظر	***
۳	۱. اختلافات قراردادی ۲. شکایات پیمانکار به علت عدم حضور شخص متخصص جهت عقد قرارداد	اهمیت متوسط	برنامه‌ریزی	۱. تغییرات مکرر قوانین سازمان‌ها ۲. عدم پاسخگویی صحیح کارکنان	BIM
۴	۱. کلیم پیمانکار ۲. طولانی شدن روند داوری در قراردادها و توقف کار	اهمیت بسیار زیاد	طراحی و پیش طراحی	۱. عدم توجه به برنامه زمانی پروژه‌ها ۲. دلسوز نبودن پرسنل	تحلیل ریسک‌ها

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

				۳. طولانی بودن مراحل صدور مجوزها	
۵	***	اهمیت کم	ساخت و اجرا	۱. تغییرات مکرر قوانین ۲. پراکندگی کارمندان در سازمان و کاغذ بازی‌ها	شناسایی ریسک‌ها
۶	۱. بروز مشکلات ناشی از قرارداد دارای محتوای ناقص	اهمیت متوسط	***	۱. عدم همکاری ارگان‌ها ۲. اختلاف نظر ادارات مانند شهرداری و نظام مهندسی در برخی کارها	استفاده از شرکت مشاور
۷	۱. ادعا و کلیم در زمان ساخت ۲. عدم پوشش بیمه حوادث در موارد خاص	اهمیت زیاد	برنامه‌ریزی	***	عدم توجه به ریسک‌ها

با تحلیل مصاحبه‌ها، نهایتا ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه و متناسب با موضوع مورد مطالعه احصا شد که در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول ۴-۴. ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه

ردیف	ریسک‌ها
۱	تغییرات مکرر طراحی از سوی کارفرما در فاز طراحی
۲	عدم تطابق نقشه‌های سازه، معماری و تأسیسات در فاز طراحی
۳	برآورد نادرست هزینه‌ها در فاز برنامه‌ریزی
۴	برآورد نادرست زمانی WBS در فاز برنامه‌ریزی
۵	اثرات حوادث طبیعی مانند سیل و طوفان شدید در فاز ساخت و اجرا
۶	افزایش هزینه‌های پروژه در فاز ساخت و اجرا
۷	مشکلات تأمین مالی در فاز ساخت و اجرا
۸	تغییرات قوانین حاکم بر ساخت در فاز ساخت و اجرا
۹	عدم تأمین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا
۱۰	بروز تأخیرات زمانی در فاز ساخت و اجرا
۱۱	محدودیت ساعت کاری در مناطق پرترافیک در فاز ساخت و اجرا
۱۲	مشکلات ایمنی کارگاه و بروز حوادث فردی در فاز ساخت و اجرا
۱۳	تقاضای کم بازار به علت مشکلات جامعه در فاز بهره‌برداری
۱۴	بی‌کفایتی مدیر پروژه در ارتباط به موقع ذی‌نفعان در کلیه چرخه حیات پروژه
۱۵	ثبت و پایش ریسک‌ها در کلیه چرخه حیات پروژه

روایی و پایایی نتایج حاصل شده با استفاده از روایی و محتوایی و آلفای کرونباخ بررسی شد. با توجه به اینکه ریسک‌ها از دل ادبیات پژوهش و مرور مطالعات پیشین حاصل شده‌است، از روایی محتوایی برخوردار بوده و روایی نیز با توجه به اینکه از طریق مصاحبه با خبرگان و تعامل نظر با آن ها در تمامی مراحل صورت گرفته و تایید شده، روایی نیز مورد تایید است. همچنین با توجه به اینکه میزان آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷۰ بوده، از پایایی خوبی برخوردار است.

بررسی تاثیر فناوری BIM بر مدیریت ریسک پروژه‌های بلندمرتبه

پس از اینکه ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه مشخص شدند، نوبت بررسی وضعیت BIM و میزان تاثیر آن بر ریسک پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه است. برای این منظور از روش پیمایش و با استفاده از پرسشنامه محقق ساخته استفاده شد. پرسشنامه از

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

چند بخش مختلف تشکیل شده است به شکلی که در ابتدا ویژگی‌های زمینه‌ای پاسخ دهندگان آورده شده؛ در بخش دوم، میزان اهمیت تأثیر فناوری BIM بر هر یک از ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه مشخص شد؛ در بخش سوم، میزان تأثیر فناوری BIM بر مراحل مختلف مدیریت ریسک ارزیابی شده؛ در بخش چهارم، میزان وجود موانع در راه استفاده از فناوری BIM در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه مشخص شد و در بخش پنجم، میزان موافقت با بلوغ ریسک در ایران بررسی شد. با توجه به اینکه سوالات پرسشنامه با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین و مصاحبه با خبرگان است، همچنین روایی و پایایی آن نیز با آلفای کرونباخ محاسبه شد که میزان آن در جدول ۵ آورده شده‌است و با توجه به اینکه میزان آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۶۰ بوده، پایایی پرسشنامه مورد تایید است.

جدول ۴-۵. میزان پایایی

بخش‌ها	سؤالات	میزان آلفای کرونباخ
۲	سؤالات ۱ تا ۱۵	۰/۸۲
۳	سؤالات ۱۶ تا ۲۰	۰/۷۴
۴	سؤالات ۲۱ تا ۲۵	۰/۶۳
۵	سؤالات ۲۶ تا ۳۱	۰/۷۲
کل	سؤالات ۱ تا ۳۱	۰/۸۲

پرسشنامه در اختیار ۵۱ نفر از مهندسان و متخصصان در این زمینه قرار گرفت تا به سوالات آن پاسخ دهند. نتایج بخش نخست، ویژگی‌های زمینه‌ای، در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۴-۶. ویژگی‌های زمینه ای

ویژگی‌ها	دسته‌بندی	تعداد	درصد
جنسیت	مرد	۳۷	۷۲/۵۰
	زن	۱۴	۲۷/۵۰
سن	کمتر از ۳۰ سال	۱۵	۲۹/۴۰
	بین ۳۰ تا ۴۰ سال	۱۶	۳۱/۴۰
	بین ۴۱ تا ۵۰ سال	۱۳	۲۵/۵۰
	بیشتر از ۵۰ سال	۷	۱۳/۷۰
سابقه کاری	کمتر از ۵ سال	۱۶	۳۱/۴۰
	بین ۵ تا ۱۰ سال	۱۹	۳۷/۳۰
	بیشتر از ۱۰ سال	۱۶	۳۱/۴۰
آشنایی با BIM	پایین	۲	۳/۹۰
	متوسط	۲۳	۴۵/۱۰
	زیاد	۲۱	۴۱/۲۰
	خیلی زیاد	۵	۹/۸۰
حوزه کاری	کارفرما	۲۴	۴۷/۱۰
	پیمانکار	۹	۱۷/۶۰
	مشاور	۱۰	۱۹/۶۰
	مدرس	۸	۱۵/۷۰

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، ۷۲/۵۰ درصد مرد و ۲۷/۵۰ درصد پاسخ‌دهندگان زن هستند. ۲۹/۴۰ درصد کمتر از ۳۰ سال، ۳۱/۴۰ درصد بین ۳۰ تا ۴۰ سال، ۲۵/۵۰ درصد بین ۴۱ تا ۵۰ سال و ۱۳/۷۰ درصد بیشتر از ۵۰ سال هستند. ۳۱/۴۰ کمتر از ۵ سال، ۳۷/۳۰ بین ۵ تا ۱۰ سال و ۳۱/۴۰ بیشتر از ۱۰ سال سابقه کار دارند. میزان آشنایی با BIM، ۳/۹۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

درصد پایین، ۴۵/۱۰ متوسط، ۴۱/۲۰ زیاد و ۹/۸۰ خیلی زیاد است. ۴۷/۱۰ درصد در حوزه کاری کارفرما، ۱۷/۶۰ درصد پیمانکار، ۱۹/۶۰ درصد مشاور و ۱۵/۷۰ درصد مدرس هستند.

نتایج بخش دوم، میزان تأثیر فناوری BIM بر مدیریت هر یک از ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه، در جدول ۴-۷ آورده شده است.

جدول ۴-۷. میزان تأثیر فناوری BIM بر مدیریت ریسک

ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه	دسته‌بندی	تعداد	درصد
تغییرات مکرر طراحی از سوی کارفرما در فاز طراحی	بی اهمیت	۵	۹/۸۰
	کم اهمیت	۵	۹/۸۰
	متوسط	۱۰	۱۹/۶۰
	با اهمیت	۱۶	۳۱/۴۰
	پر اهمیت	۱۵	۲۹/۴۰
عدم تطابق نقشه‌های سازه، معماری و تأسیسات در فاز طراحی	بی اهمیت	۵	۹/۸۰
	کم اهمیت	۸	۱۵/۷۰
	متوسط	۹	۱۷/۶۰
	با اهمیت	۱۶	۳۱/۴۰
	پر اهمیت	۱۳	۲۵/۵۰
برآورد نادرست هزینه‌ها در فاز برنامه‌ریزی	بی اهمیت	۴	۷/۸۰
	کم اهمیت	۵	۹/۸۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۵	۲۹/۴۰
	پر اهمیت	۱۹	۳۷/۳۰
برآورد نادرست زمانی WBS در فاز برنامه‌ریزی	بی اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	کم اهمیت	۷	۱۳/۷۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۲	۲۳/۵۰
	پر اهمیت	۱۸	۳۵/۳۰
اثرات حوادث طبیعی مانند سیل و طوفان شدید در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۹	۱۷/۶۰
	کم اهمیت	۱۶	۳۱/۴۰
	متوسط	۱۱	۲۱/۶۰
	با اهمیت	۸	۱۵/۷۰
	پر اهمیت	۷	۱۳/۷۰
افزایش هزینه‌های پروژه در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۴	۷/۸۰
	کم اهمیت	۵	۹/۸۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۴	۲۷/۵۰
	پر اهمیت	۲۰	۳۹/۲۰
مشکلات تأمین مالی در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۵	۹/۸۰
	کم اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۹	۱۷/۶۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه	دسته‌بندی	تعداد	درصد
	با اهمیت	۱۹	۳۷/۳۰
	پر اهمیت	۱۲	۲۳/۵۰
تغییرات قوانین حاکم بر ساخت در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۷	۱۳/۷۰
	کم اهمیت	۱۱	۲۱/۶۰
	متوسط	۱۸	۳۵/۳۰
	با اهمیت	۷	۱۳/۷۰
	پر اهمیت	۸	۱۵/۷۰
عدم تأمین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	کم اهمیت	۷	۱۳/۷۰
	متوسط	۵	۹/۸۰
	با اهمیت	۱۶	۳۱/۴۰
	پر اهمیت	۱۷	۳۳/۳۰
بروز تأخیرات زمانی در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	کم اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۴	۲۷/۵۰
	پر اهمیت	۱۷	۳۳/۳۰
محدودیت ساعت کاری در مناطق پرترافیک در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۸	۱۵/۷۰
	کم اهمیت	۸	۱۵/۷۰
	متوسط	۱۸	۳۵/۳۰
	با اهمیت	۹	۱۷/۶۰
	پر اهمیت	۸	۱۵/۷۰
مشکلات ایمنی کارگاه و بروز حوادث فردی در فاز ساخت و اجرا	بی اهمیت	۵	۹/۸۰
	کم اهمیت	۵	۹/۸۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۳	۲۵/۵۰
	پر اهمیت	۲۰	۳۹/۲۰
تقاضای کم بازار به علت مشکلات جامعه در فاز بهره‌برداری	بی اهمیت	۸	۱۵/۷۰
	کم اهمیت	۱۵	۲۹/۴۰
	متوسط	۱۶	۳۱/۴۰
	با اهمیت	۷	۱۳/۷۰
	پر اهمیت	۵	۹/۸۰
بی‌کفایتی مدیر پروژه در ارتباط به موقع ذی‌نفعان در کلیه چرخه حیات پروژه	بی اهمیت	۵	۹/۸۰
	کم اهمیت	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۷	۱۳/۷۰
	با اهمیت	۱۳	۲۵/۵۰
	پر اهمیت	۲۰	۳۹/۲۰
ثبت و پایش ریسک‌ها در کلیه چرخه حیات پروژه	بی اهمیت	۴	۷/۸۰
	کم اهمیت	۵	۹/۸۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه	دسته‌بندی	تعداد	درصد
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	با اهمیت	۱۳	۲۵/۵۰
	پر اهمیت	۲۱	۴۱/۲۰

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، فناوری BIM تأثیر زیادی (۳۱/۴۰ درصد) بر تغییرات مکرر طراحی از سوی کارفرما در فاز طراحی دارد؛ فناوری BIM تأثیر زیادی (۳۱/۴۰ درصد) بر عدم تطابق نقشه‌های سازه، معماری و تأسیسات در فاز طراحی دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۷/۳۰ درصد) بر برآورد نادرست هزینه‌ها در فاز برنامه‌ریزی دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۵/۳۰ درصد) بر برآورد نادرست زمانی WBS در فاز برنامه‌ریزی دارد؛ فناوری BIM تأثیر کمی(۳۱/۴۰ درصد) بر اثرات حوادث طبیعی مانند سیل و طوفان شدید در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۹/۲۰ درصد) بر افزایش هزینه‌های پروژه در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر زیادی (۳۷/۳۰ درصد) بر مشکلات تأمین مالی در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر متوسطی (۳۵/۳۰ درصد) بر تغییرات قوانین حاکم بر ساخت در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۳/۳۰ درصد) بر عدم تأمین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۳/۳۰ درصد) بر بروز تأخیرات زمانی در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر متوسطی (۳۵/۳۰ درصد) بر محدودیت ساعت کاری در مناطق پرترافیک در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۹/۲۰ درصد) بر مشکلات ایمنی کارگاه و بروز حوادث فردی در فاز ساخت و اجرا دارد؛ فناوری BIM تأثیر متوسطی (۳۱/۴۰ درصد) بر تقاضای کم بازار به علت مشکلات جامعه در فاز بهره‌برداری دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۹/۲۰ درصد) بر بی‌کفایتی مدیر پروژه در ارتباط به موقع ذی‌نفعان در کلیه چرخه حیات پروژه دارد و فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۴۱/۲۰ درصد) بر ثبت و پایش ریسک‌ها در کلیه چرخه حیات پروژه دارد.

نتایج بخش سوم، میزان تأثیر فناوری BIM بر مراحل مختلف مدیریت ریسک، در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۴-۸. تأثیر فناوری BIM بر مراحل مختلف مدیریت ریسک

مراحل مختلف مدیریت ریسک	دسته‌بندی	تعداد	درصد
شناسایی ریسک‌ها	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۶	۱۱/۸۰
	زیاد	۱۵	۲۹/۴۰
	خیلی زیاد	۱۹	۳۷/۳۰
تحلیل کیفی ریسک	خیلی کم	۴	۷/۸۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۵	۹/۸۰
	زیاد	۱۳	۲۵/۵۰
	خیلی زیاد	۲۴	۴۷/۱۰
تحلیل کمی ریسک	خیلی کم	۲	۳/۹۰
	کم	۳	۵/۹۰
	متوسط	۵	۹/۸۰
	زیاد	۱۵	۲۹/۴۰
	خیلی زیاد	۲۶	۵۱
برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک	خیلی کم	۳	۵/۹۰
	کم	۶	۱۱/۸۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

مراحل مختلف مدیریت ریسک	دسته‌بندی	تعداد	درصد
	متوسط	۹	۱۷/۶۰
	زیاد	۱۳	۲۵/۵۰
	خیلی زیاد	۲۰	۳۹/۲۰
پایش و کنترل ریسک‌ها	خیلی کم	۴	۷/۸۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۵	۹/۸۰
	زیاد	۱۸	۳۵/۳۰
	خیلی زیاد	۱۹	۳۷/۳۰

همان‌طور که در جدول ۴-۸ مشاهده می‌شود، فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۷/۳۰ درصد) بر شناسایی ریسک‌ها دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۴۷/۱۰ درصد) بر تحلیل کیفی ریسک دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۵۱ درصد) بر تحلیل کمی ریسک دارد؛ فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۹/۲۰ درصد) بر برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک دارد و فناوری BIM تأثیر خیلی زیادی (۳۷/۳۰ درصد) بر پایش و کنترل ریسک‌ها دارد.

نتایج بخش چهارم، میزان وجود موانع در راه استفاده از فناوری BIM در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه، در جدول ۴-۹ آورده شده است.

جدول ۴-۹. میزان وجود موانع در راه استفاده از فناوری BIM

موانع در راه استفاده از فناوری BIM	دسته‌بندی	تعداد	درصد
کمبود نیروی متخصص در حوزه BIM	خیلی کم	۴	۷/۸۰
	کم	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۷	۱۳/۷۰
	زیاد	۲۱	۴۱/۲۰
	خیلی زیاد	۱۳	۲۵/۵۰
هزینه بالای پیاده‌سازی	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۷	۱۳/۷۰
	متوسط	۷	۱۳/۷۰
	زیاد	۱۸	۳۵/۳۰
	خیلی زیاد	۱۴	۲۷/۵۰
نبود فرهنگ سازمانی	خیلی کم	۳	۵/۹۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۶	۱۱/۸۰
	زیاد	۱۵	۴۱/۲۰
	خیلی زیاد	۲۲	۳۱/۴۰
ضعف در نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای لازم	خیلی کم	۳	۵/۹۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۶	۱۱/۸۰
	زیاد	۲۱	۴۱/۲۰
	خیلی زیاد	۱۶	۳۱/۴۰
نبود الزام از طرف سازمان‌ها یا استانداردهای مربوطه	خیلی کم	۳	۵/۹۰
	کم	۴	۷/۸۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

موانع در راه استفاده از فناوری BIM	دسته‌بندی	تعداد	درصد
	متوسط	۵	۹/۸۰
	زیاد	۱۷	۳۳/۳۰
	خیلی زیاد	۲۲	۴۳/۱۰

همان‌طور که در جدول ۴-۹ مشاهده می‌شود، موانع در راه استفاده از فناوری BIM، کمبود نیروی متخصص در حوزه BIM به میزان زیاد (۴۱/۲۰ درصد)؛ هزینه بالای پیاده‌سازی به میزان زیاد (۳۵/۳۰ درصد)؛ نبود فرهنگ سازمانی به میزان خیلی زیاد (۳۱/۴۰ درصد)؛ ضعف در نرم افزارها و سخت افزارهای لازم به میزان زیاد (۳۱/۴۰ درصد) و نبود الزام از طرف سازمان‌ها یا استانداردهای مربوطه به میزان خیلی زیاد (۴۳/۱۰ درصد).

جدول ۴-۱۰. میزان استفاده از فناوری BIM

بلوغ ریسک در ایران	دسته بندی	تعداد	درصد
استفاده از BIM می‌تواند به مدیریت ریسک‌های پروژه کمک کند	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۶	۱۱/۸۰
	متوسط	۷	۱۳/۷۰
	زیاد	۱۴	۲۷/۵۰
	خیلی زیاد	۱۹	۳۷/۳۰
استفاده از BIM در پروژه‌های بلندمرتبه ایران هنوز در مراحل ابتدایی است	خیلی کم	۶	۱۱/۸۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	زیاد	۱۵	۲۹/۴۰
	خیلی زیاد	۱۷	۳۳/۳۰
نیاز به آموزش حرفه‌ای BIM در ایران بسیار احساس می‌شود	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۳	۵/۹۰
	زیاد	۱۷	۳۳/۳۰
	خیلی زیاد	۲۱	۴۱/۲۰
BIM در برخی پروژه‌های خاص در ایران به طور محدود استفاده شده است	خیلی کم	۶	۱۱/۸۰
	کم	۷	۱۳/۷۰
	متوسط	۴	۷/۸۰
	زیاد	۲۲	۴۳/۱۰
	خیلی زیاد	۱۲	۲۳/۵۰
سطح آگاهی ذی‌نفعان پروژه در ایران نسبت به BIM پایین است	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۷	۱۳/۷۰
	متوسط	۸	۱۵/۷۰
	زیاد	۱۷	۳۳/۳۰
	خیلی زیاد	۱۴	۲۷/۵۰
نبود الزامات قانونی و استانداردهای بومی باعث کاهش استفاده از BIM شده است	خیلی کم	۵	۹/۸۰
	کم	۵	۹/۸۰
	متوسط	۷	۱۳/۷۰
	زیاد	۱۴	۲۷/۵۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

بلوغ ریسک در ایران	دسته بندی	تعداد	درصد
	خیلی زیاد	۲۰	۳۹/۲۰

همان‌طور که در جدول ۴-۱۰ مشاهده می‌شود، استفاده از BIM کمک خیلی زیادی (۳۷/۳۰ درصد) در مدیریت ریسک‌های پروژه دارد؛ استفاده از BIM در پروژه‌های بلندمرتبه ایران به میزان خیلی زیادی (۳۳/۳۰ درصد) در مراحل ابتدایی قرار دارد؛ نیاز به آموزش حرفه‌ای BIM به میزان خیلی زیادی (۴۱/۲۰ درصد) اهمیت دارد؛ BIM در برخی پروژه‌های خاص در ایران به میزان زیادی (۴۳/۱۰ درصد) به طور محدود استفاده شده است؛ سطح آگاهی ذی‌نفعان پروژه در ایران نسبت به BIM به میزان زیادی (۳۳/۳۰ درصد) پایین است و نبود الزامات قانونی و استانداردهای بومی به میزان خیلی زیادی (۳۹/۲۰ درصد) باعث کاهش استفاده از BIM شده است.

تحلیل سؤالات پژوهش

در این قسمت، به تحلیل سؤالات پژوهش پرداخته می‌شود.

۱- آیا مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در بهینه‌سازی (مدیریت) ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه مؤثر است؟

با توجه به مطالعه انجام شده، مشخص شد که ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه عبارتند از:

۱- تغییرات مکرر طراحی از سوی کارفرما در فاز طراحی
۲- عدم تطابق نقشه‌های سازه، معماری و تأسیسات در فاز طراحی
۳- برآورد نادرست هزینه‌ها در فاز برنامه‌ریزی
۴- برآورد نادرست زمانی WBS در فاز برنامه‌ریزی
۵- اثرات حوادث طبیعی مانند سیل و طوفان شدید در فاز ساخت و اجرا
۶- افزایش هزینه‌های پروژه در فاز ساخت و اجرا
۷- مشکلات تأمین مالی در فاز ساخت و اجرا
۸- تغییرات قوانین حاکم بر ساخت در فاز ساخت و اجرا
۹- عدم تأمین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا
۱۰- بروز تأخیرات زمانی در فاز ساخت و اجرا
۱۱- محدودیت ساعت کاری در مناطق پر ترافیک در فاز ساخت و اجرا
۱۲- مشکلات ایمنی کارگاه و بروز حوادث فردی در فاز ساخت و اجرا
۱۳- تقاضای کم بازار به علت مشکلات جامعه در فاز بهره‌برداری
۱۴- بی‌کفایتی مدیر پروژه در ارتباط به موقع ذی‌نفعان در کلیه چرخه حیات پروژه
۱۵- ثبت و پایش ریسک‌ها در کلیه چرخه حیات پروژه

نتایج جدول ۴-۷ نشان می‌دهد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در بهینه‌سازی ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه مؤثر است. به گونه‌ای که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در اکثریت موارد تأثیر زیاد و خیلی زیاد بر روی بهینه‌شدن ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه دارد و همچنین از آزمون تی برای تأیید آن استفاده شد که نتیجه حاصل شده در جدول ۴-۱۱ آورده شده‌است.

جدول ۴-۱۱. نتایج آزمون تی برای تأثیر BIM بر ریسک‌ها

ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه	مقدار t	درجه آزادی	معناداری
تغییرات مکرر طراحی از سوی کارفرما در فاز طراحی	۲۰/۱۰	۵۰	۰/۰۰۰
عدم تطابق نقشه‌های سازه، معماری و تأسیسات در فاز طراحی	۱۹/۰۴	۵۰	۰/۰۰۰
برآورد نادرست هزینه‌ها در فاز برنامه‌ریزی	۲۱/۲۸	۵۰	۰/۰۰۰

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه	مقدار t	درجه آزادی	معناداری
برآورد نادرست زمانی WBS در فاز برنامه‌ریزی	۱۸/۱۶	۵۰	۰/۰۰۰
اثرات حوادث طبیعی مانند سیل و طوفان شدید در فاز ساخت و اجرا	۱۵/۱۳	۵۰	۰/۰۰۰
افزایش هزینه‌های پروژه در فاز ساخت و اجرا	۲۱/۲۱	۵۰	۰/۰۰۰
مشکلات تأمین مالی در فاز ساخت و اجرا	۲۰/۰۹	۵۰	۰/۰۰۰
تغییرات قوانین حاکم بر ساخت در فاز ساخت و اجرا	۱۶/۹۴	۵۰	۰/۰۰۰
عدم تأمین به موقع مصالح در فاز ساخت و اجرا	۱۸/۵۸	۵۰	۰/۰۰۰
بروز تأخیرات زمانی در فاز ساخت و اجرا	۱۸/۶۵	۵۰	۰/۰۰۰
محدودیت ساعت کاری در مناطق پرترافیک در فاز ساخت و اجرا	۱۶/۹۵	۵۰	۰/۰۰۰
مشکلات ایمنی کارگاه و بروز حوادث فردی در فاز ساخت و اجرا	۱۹/۹۷	۵۰	۰/۰۰۰
تقاضای کم بازار به علت مشکلات جامعه در فاز بهره‌برداری	۱۶/۴۳	۵۰	۰/۰۰۰
بی‌کفایتی مدیر پروژه در ارتباط به موقع ذی‌نفعان در کلیه چرخه حیات پروژه	۱۹/۶۰	۵۰	۰/۰۰۰
ثبت و پایش ریسک‌ها در کلیه چرخه حیات پروژه	۲۱/۱۴	۵۰	۰/۰۰۰

همان‌طور که در جدول ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، میزان معناداری کمتر از ۰/۰۵ بوده و معناداری مورد تأیید است و نشان می‌دهد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در بهینه‌سازی ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه مؤثر است.

چگونگی تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش ریسک‌های پروژه و افزایش میزان موفقیت پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه؟

همان‌طور که در جدول ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در بهینه‌سازی ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه مؤثر است و میزان مثبت آن نشان‌دهنده موفقیت آن در کاهش ریسک‌های پروژه و افزایش میزان موفقیت پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه است. همچنین آزمون تی برای مراحل مختلف مدیریت ریسک نیز انجام شد تا نتایج آن به صورت دقیق‌تر ارائه شود و نتایج در جدول ۴-۱۲ آورده شده است.

جدول ۴-۱۲. نتایج آزمون تی برای تأثیر BIM بر مراحل مختلف مدیریت ریسک

مراحل مختلف مدیریت ریسک	مقدار t	درجه آزادی	معناداری
شناسایی ریسک‌ها	۱۹/۸۱	۵۰	۰/۰۰۰
تجلیل کیفی ریسک	۲۱/۶۱	۵۰	۰/۰۰۰
تحلیل کمی ریسک	۲۷/۳۶	۵۰	۰/۰۰۰
برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک	۲۱/۷۴	۵۰	۰/۰۰۰
پایش و کنترل ریسک‌ها	۲۱/۸۷	۵۰	۰/۰۰۰

همان‌طور که در جدول ۴-۱۲ مشاهده می‌شود، میزان معناداری کمتر از ۰/۰۵ بوده و معناداری مورد تأیید است و نشان می‌دهد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مراحل مختلف مدیریت ریسک نیز مؤثر است. نتایج جدول ۴-۱۱ و ۴-۱۲ نشان می‌دهد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) هم در بهینه‌سازی ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه و هم در مراحل مختلف مدیریت ریسک مؤثر است و وجود ان در صنعت ساخت و ساز موجب کاهش ریسک و افزایش موفقیت می‌شود.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی کاربرد فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه در ایران با توجه به فازبندی چرخه حیات پروژه و ایجاد پیوندی میان مدیریت ریسک سنتی مبتنی بر دانش و BIM

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

انجام شد. یکی از عواملی که همیشه پروژه‌های صنعت ساخت را درگیر می‌کند و بر حصول موفقیت پروژه تاثیر می‌گذارد، بروز ریسک‌های گوناگون در پروژه می‌باشد. با توجه به اینکه در پروژه‌های بلندمرتبه سازی، حجم سرمایه گذاری بیشتری رخ می‌دهد و از لحاظ اجتماعی نیز دارای برجستگی و اهمیت بیشتری می‌باشد، تحقیق حاضر پیرامون مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی بلندمرتبه ایران انجام شد. بنابراین، ابتدا با مطالعه و مرور پژوهش‌های پیشین اقدامات انجام شده در زمینه مدیریت ریسک با استفاده از فناوری BIM مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی پژوهش‌های معتبر خارجی و داخلی در این حوزه به وضوح مشخص میشود که BIM ابزاری موثر در بهینه‌سازی فرآیندهای پروژه و از جمله مدیریت ریسک‌های پروژه می‌باشد. بسیاری از مطالعات به نقش BIM در شناسایی، تحلیل و کاهش ریسک‌های پروژه در مراحل مختلف چرخه حیات، از طراحی تا بهره‌برداری، اشاره کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از BIM منجر به کاهش خطاهای طراحی، بهبود پیش‌بینی هزینه‌ها و زمان‌بندی و ارتقای شفافیت در تعاملات ذی‌نفعان می‌شود. تحقیقات انجام شده خارجی حاکی از آن است که BIM می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و کاهش ادعاهای حقوقی کمک کند. از طرفی برخی پژوهش‌ها در زمینه عوامل عدم بکارگیری این فناوری در پروژه‌ها اقدام کرده‌اند. که شامل مسائل فنی، سازمانی، حقوقی و فرهنگی است. در عین‌حال، مطالعات ایرانی نشان داده‌اند که هرچند استفاده از BIM در کشور در حال گسترش است، اما همچنان نیاز به سیاست‌گذاری، آموزش و توسعه زیرساخت‌ها احساس می‌شود. همچنین، کاربرد BIM در ساخت و ساز ناب، مهندسی ارزش و ایمنی کارگاه‌ها مورد توجه بوده و نشان دهنده ظرفیت بالای این فناوری در ارتقای کیفیت ساخت است. پس از بررسی پژوهش‌ها دریافتیم که تاکنون مطالعه‌ای جامع بر ریسک‌های پروژه‌های بلندمرتبه در ایران انجام نشده است و با توجه به اهمیت این پروژه‌ها بررسی آن ضروری می‌باشد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) می‌تواند به‌عنوان ابزاری راهبردی در مدیریت ریسک پروژه‌های بلندمرتبه عمل کند. این فناوری با فراهم‌سازی پایگاه داده یکپارچه و قابلیت‌های شبیه‌سازی چندبعدی، امکان پیش‌بینی و کنترل ریسک‌ها را در تمام مراحل چرخه حیات پروژه فراهم می‌سازد. یافته‌ها نشان داد که BIM بیشترین اثر را در کاهش خطاهای طراحی، مدیریت زمان و هزینه، و بهبود هماهنگی میان ذی‌نفعان دارد و در نهایت موفقیت پروژه را تضمین می‌کند. با وجود این، بلوغ پایین BIM در ایران، کمبود منابع بومی و محدودیت داده‌ها مانع بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های آن شده است. بنابراین، برای ارتقای نقش BIM در صنعت ساخت ایران، سیاست‌گذاری مناسب، آموزش نیروی انسانی و توسعه زیرساخت‌های فنی امری ضروری به شمار می‌آید.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

منابع و مراجع

[۱] طاهری‌پور، س و اربابی، هـ (۱۴۰۲)، نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش تعارضات، دعاوی و اختلافات پروژه‌های صنعت احداث، مجله نخبگان علوم و مهندسی جلد ۸

[۲] شکوهی، هـ موحد، خ، (۱۴۰۰)، مدیریت ریسک در پروژه‌های شهری با رویکرد مدیریت پروژه (PMBOK) مطالعه موردی: مدیریت ریسک پروژه‌های شهرداری شیراز، نشریه عمران و پروژه سال سوم

[۳] محمدی، ع، شریعتمدار، ح، (۱۴۰۱)، مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی سبز از طریق BIM با در نظر گرفتن حوزه‌های دانش مدیریت پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK، دهمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران

[۴] رضاخانی، ی، سلمی، ع، عزیزی، ن، (۱۴۰۱)، ضرورت استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در ساخت و ساز ناب، شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

[۵] فلسفی، ر، هاشمی نژاد، ف، (۱۴۰۲)، شناسایی و اولویت بندی عوامل حاکمیتی مؤثر بر پیاده سازی موفق فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، فصلنامه مدیریت توسعه فناوری/ دوره یازدهم/ شماره ۲/ تابستان ۱۴۰۲

[۶] زارعی، ر، ثابت، ع، جنابعلی جهرمی، ا، (۱۳۹۹)، پیش بینی ریسک پروژه‌های عمرانی بر اساس ارتباطات سازمانی و مدیریت دانش، نشریه عمران و پروژه سال دوم/ دوره ۲/ شماره ۹/ آذر ۱۳۹۹

[۷] اسلامی، م، خامنه، ا، (۱۳۹۶)، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مبتنی بر مدیریت دانش و بررسی تأثیر آن در مدیریت ریسک، چهارمین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه

[۸] گیوکاشی، م، شاکری، ا، اسداله زاده، د، (۱۴۰۰)، بررسی کاربرد تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت ریسک ایمنی در صنعت ساختمان، اولین کنفرانس بین المللی طراحی و مدیریت ساخت پایدار

[۹] منصورزاده، ش، نظامی پاکده، م، (۱۳۹۷)، ارائه مدلی جامع و اجرایی برای استقرار مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی براساس استاندارد PMBOK، دوفصلنامه علمی- ترویجی کارافن شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان ۱۳۹۸

[۱۰] بازرگان، ع، (۱۳۹۷)، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات تهران

[۱۱] خاکی، غ، (۱۳۹۹)، روش تحقیق با رویکرد پایان نامه نویسی، مرکز آموزش مدیریت دولتی

[۱۲] ساعی، م، (۱۳۹۸)، مبانی نظری و علمی پژوهش علمی، نشر آموخته

[۱۳] سرمد، ز، بازرگان، ع، حجازی، ع، (۱۳۹۹)، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات تهران

[14] Zou Y. ،Kiviniemi A. ،Jones S. W. (2017). A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science, 97, 88–98.

[15] El khatib M. ،Alnaqbi K. ،Alnaqbi W. ،Al Jaziri A. ،Al Maazmi K. ،Alzoubi H. M. (2022). BIM as a tool to optimize and manage project risk management. International Journal of Mechanical Engineering, 7(1), 6307–6322.

[16] Zou Y. ،Kiviniemi A. ،Jones S. W. (2015). BIM-based Risk Management: Challenges and Opportunities. Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 847–854.

[17] Rostami A. ،Oduoza C. F. (2017). Key risks in construction projects in Italy: contractors' perspective. Engineering, Construction and Architectural Management, 24(3), 451–462.

[18] Zou Y. ،Kiviniemi A. ،Jones S. W. (2017). A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science, 97, 88–98.

[19] Szymański P. (2017). Risk management in construction projects. Procedia Engineering, 208, 174–182.

[20] El khatib M. ،Alnaqbi K. ،Alnaqbi W. ،Al Jaziri A. ،Al Maazmi K. ،Alzoubi H. M. (2022). BIM as a tool to optimize and manage project risk management. International Journal of Mechanical Engineering, 7(1), 6307–6322.

[21] Zou Y. ،Kiviniemi A. ،Jones S. W. (2015). BIM-based Risk Management: Challenges and Opportunities. Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 847–854.

[22] Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.). PMI.

ISSN: 2475-3673
http://www.Racj.ir

[23] Zou, Y., Kiviniemi, A., & Jones, S. W. (2016). A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science, 97, 88–98 .

[24] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors (2nd ed.). Wiley.

[25] Ding, L. Y., Zhong, B. T., Wu, S., & Luo, H. B. (2016). Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. Safety Science, 87, 202–213.

[26] Jackson, E. N., & Priya, T. S. (2024). Identification and classification of construction-risk factors for ghanaian construction projects: An integrated study with structural equation modelling. Heliyon, 10, e40397.

[27] Olofsson Hallén, K., Forsman, M., & Eriksson, A. (2023). Interactions between Human, Technology and Organization in Building Information Modelling (BIM) - A scoping review of critical factors for the individual user. International Journal of Industrial Ergonomics, 97, 103480