مدلسازی ساختاری تفسیری ریسک‌های پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری مشهد

معصومه اعتمادی نیا
گروه مدیریت ساخت، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.
علیرضا افشاری*
استادیار، گروه مدیریت ساخت، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱

ارجاع به مقاله:
معصومه اعتمادی نیا، علیرضا افشاری، شناسایی و اولویت بندی ریسک های پروژه های ساخت مشهد به روش دلفی فازی، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۲، ۸ (۲): ۲۸-۳۸.

چکیده

پروژه های گودبرداری عمیق شهری به جهت تأمین پارکینگ انبوه، فضای تأسیسات و سایر کاربریهایی که قابلیت بهره برداری در طبقات زیر زمینی را دارند، با تقاضای قابل توجه رو به رو است. با این وجود، این پروژه ها در دستیابی به اهداف پیشبینی شده از جمله هزینه، زمان و کیفیت، با چالشهای جدی روبرو هستند که ریشه در ریسک‌های متعدد آنها دارد. پروژه ها به طور کلی یکتا هستند و ذاتاً با عدم قطعیتهای فراوان رو به رو میشوند. از طرف دیگر، شرایط و مشخصات خاک و عوارض موجود در آن نیز با عدم قطعیتهای فراوانی رو به رو است، بنابر این، پروژه های مرتبط با کار در زیر سطح زمین نوعاً با ریسک بالا محسوب میشوند. البته ریسک‌های مورد اشاره منحصر به ریسک‌های ژئوتکنیکی و فنی نبوده، و در بر گیرنده ریسک‌های متنوعی از جمله ریسک‌های قانونی، مالی، قراردادی، ایمنی و زیست محیطی می باشند. در این تحقیق ضمن تعریف مفهوم ریسک و مدیریت آن، سطوح ریسک در پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد شناسایی و طبقه بندی میگردد. پس از آن نیز ضمن بیان روش مدلسازی ساختاری تفسیری، اهم ریسک‌های شناسایی شده در این پروژه ها، طبقه بندی شده اند. با توجه به تجزیه و تحلیل های صورت گرفته، «جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها» بیشترین سطح اهمیت را در بین ریسک پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد دارند. این تحقیق، بینشی جدید در خصوص ماهیت ریسک‌های پروژه های گودبرداری در مشهد را ارائه نموده است. پروژه های گودبرداری شهری مشهد امروز بیش از هر زمان دیگری با انواع ریسک‌ها دست به گریبانند. در انتها نیز ضمن جمعبندی مباحث مطرح شده، زمینه های پژوهشهای آتی در این راستا بیان شده است.

کلمات کلیدی
پروژه های ساخت و ساز، مدیریت ریسک پروژه، گودبرداری، مدیریت پروژه، مدلسازی ساختاری تفسیری.

۱- مقدمه

امروزه اقدام به هر کاری قبل از انجام برنامه ریزی و بررسی مراحل و نتایج حاصل از آن اشتباهی بزرگ محسوب می شود. چرا که بیش از

Interpretive structural modeling of the risks of Mashhad urban deep excavation projects

Masoumeh Etemadinia
Department of Construction Management, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.
Ali Reza Afshari*
Assistant Professor, Department of Construction Management, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran.

*Corresponding author's email address:
afshari@mshdiau.ac.ir, ORCID: 0000-0002-4446-0936

How to cite this article:
Masoumeh Etemadinia, Ali Reza Afshari, Identification and Ranking the risks of Mashhad Construction projects using Fuzzy Delphi Method, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2024, 8(2):28-38.

Abstract

Urban deep excavation projects to provide mass parking, facility space and other uses that have the ability to operate in the underground floors are facing a significant demand. Nevertheless, these projects face serious challenges in achieving the anticipated goals, including cost, time and quality, which are rooted in their many risks. Projects are generally unique and inherently face many uncertainties. On the other hand, the conditions and characteristics of the soil and the complications in it also faced with many uncertainties; therefore, projects related to work under the surface of the earth usually considered high risk. Of course, the mentioned risks are not exclusive to geotechnical and technical risks, and include various risks including legal, financial, contractual, safety and environmental risks. In this research, while defining the concept of risk and its management, the risk levels in Mashhad urban deep excavation projects identified and classified. After that, while explaining the interpretive structural modeling method, the main risks identified in these projects have classified. According to the analysis, "subsurface water flows and the existence of wells and waterways" have the highest level of importance among the risks of Mashhad urban deep excavation projects. This research has provided a new insight into the nature of risks of excavation projects in Mashhad. Urban excavation projects in Mashhad today, more than ever before, deal with all kinds of risks. At the end, while summarizing the discussed issues, the fields of future research in this direction are stated.

Keywords
Construction projects, project risk management, excavation, project management, interpretive structural modeling.

گذشته سیستمها بر یکدیگر تأثیر گذار و تأثیر پذیر شده و ارزش منابع محدود و در اختیار نیز افزایش یافته‌اند. این در حالی است که بواسطه پدید آمدن و اشاعه روشها و فن آوری های جدید، سطوح مدیریت در سازمانها در حال کاهش و ساختارهای سازمانی در حال

افقی تر شدن هستند. در گذشته کلیه برنامه ها و اطلاعات در اختیار مدیران ارشد قرار داشت و کارکنان تنها مجری دستورات بودند، لیکن در یک سازمان مبتنی بر اطلاعات، برنامه ها به صورت طبقه بندی شده و حاوی جزئیات و ارتباطات لازم در اختیار کلیه کارکنان قرار گرفته و هر شخص مسئول فعالیتهای مربوط به خود می باشد. در چنین ساختاری تمایل به انجام فعالیتهای مقطعی در قالب پروژه های بزرگ و کوچک افزایش یافته و نتیجه آن استفاده بهینه از ظرفیت منابع و امکانات، حاکمیت نظم در امور، و دستیابی به اهداف در چارچوب هزینه و در محدوده زمانی از قبل تعیین شده می باشد. ریسک پروژه، رویداد یا وضعیتی غیرقطعی است که در صورت وقوع، اثر مثبت یا منفی بر یک هدف پروژه میگذارد. ریسک پروژه دربرگیرنده تهدیدهایی بر اهداف پروژه و نیز فرصتهایی برای بهبود در راستای این اهداف میباشد. ازآنجاکه هزینه پیشگیری و برنامه ریزی برای ریسک‌ها همواره از هزینه تصحیح تأثیر آنها بر پروژه کمتر است؛ بنابراین شناسایی ریسک پروژه‌ها ضرورت پیدا میکند. تقریباً تمام پروژه‌ها در یک بستر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی برنامه ریزی و اجرا میشوند و دارای آثار مثبت و منفی خواسته یا ناخواستهای میباشند. طرح های عمرانی، بخش عظیمی از اعتبارات و منابع مالی یک کشور را به خود اختصاص می دهند [۱]. مدیریت ریسک پروژه شاخه جدیدی از علم مدیریت پروژه است که با وجود جوان بودن آن به سرعت در حال گسترش و رشد بوده، امروزه ریسک و گرایش های مربوط به آن در گستره وسیعی از امور مانند سرمایه گذاری، تجارت، بیمه، ایمنی، پروژه های عمرانی و حتی مسائل سیاسی، اجتماعی، نظامی جایگاه خود را پیدا کرده است. در این راستا مدیریت ریسک پروژه جایگاه ویژه ای در مباحث مدیریت پروژه، شرکتهای پیمانکاری و رشته های مشترکی که با این مباحث دارد داشته است. به طورکل می توان گفت عدم قطعیت و منحصر به فرد بودن پروژه منشأ ریسک در پروژه ها است. مدیریت ریسک پروژه یعنی فرآیند سیستماتیک برنامه ریزی برای شناسایی، آنالیز، پاسخگویی و زیر نظر گرفتن ریسک‌های پروژه. این مدیریت شامل فرآیندها، ابزارها و تکنیک هایی است که به مدیر پروژه برای بیشینه-سازی احتمال نتایج رویدادهای مثبت وکمینه سازی احتمال نتایج رویدادهای مضر کمک میکند. بکارگیری فرآیند کامل مدیریت ریسک پروژه می توان ادعا کرد که این مدیر پروژه است که بر شرایط غیرقطعی پروژه اشراف دارد، نه آن که شرایط و اتفاقات مدیریت را اسیر خود کند. مدیریت ریسک پروژه، در هر پروژه ای از هر نوع که باشد، باید به کار گرفته شود و بدینوسیله ضررهای احتمالی تا حد امکان کاهش یابد. مقصد اصلی مدیریت پروژه، بهبود عملکرد پروژه از طریق شناسایی، ارزیابی و مدیریت نظام مند پروژه، در ارتباط با ریسک است [۲].

موفقیت یک پروژه بر مبنای نتایجی که باید بر اساس اهداف پروژه در قالب زمان، هزینه و کیفیت تعیین شده بدست آورد سنجیده می شود و دستیابی به نتایج مطلوب پروژه، به نحوه مدیریت ریسک‌هایی که پروژه با آن ها مواجه می گردد بستگی دارد. بسیاری از شرکت ها پروژه را تنها با دیدی مبهم از اهداف پروژه و اولویت های آنها آغاز می نمایند. هر یک از فرایندهای مدیریت ریسک مستلزم بکارگیری ابزار تجزیه و تحلیل، برنامه ریزی، کنترل و فنون مدیریتی است که نیاز به سرمایه گذاری دارد. همچنین برای اجرای این فرایند در سازمان می بایست بسترسازی لازم و زیرساختهایی اعم از فنی، پشتیبانی، کامپیوتری، بانک های اطلاعاتی و رویه ها و فرایندها فراهم گردد. آگاهی و درک پتانسیل و اهمیت مدیریت ریسک پروژه باید به صورت شفاف و واضح در تصمیم-گیریهای مدیریت پروژه لحاظ گردد [۳]. چارچوب و ساختار طبیعی بررسی این تصمیمات، چرخه حیات پروژه می باشد. نمای ساختار چرخه حیات پروژه برای تهیه چارچوبی در جهت پیش بینی منابع عدم اطمینان هایی که زودتر از زمان موعود به وقوع می پیوندند و آگاهی از اینکه فرایندهای مدیریت ریسک چه زمانی از چرخه حیات پروژه باید تغییر نمایند، از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در اجرای فرایند مدیریت ریسک، برقراری ارتباط آن با گام های مختلف چرخه حیات پروژه می تواند اثربخشی و کارآیی این فرایند را تا حد بسیار زیادی افزایش دهد. نخستین گام در ارزیابی یک عامل تعریف و شناسایی دقیق آن است. ریسک به معنای عدم اطمینان از نتایج است، چه به یک وضعیت مثبت ختم شود و چه اثر منفی بگذارد؛ اما معمولا مقصود ما ازکنترل ریسک، کنترل ابعاد منفی آن می باشد. مدیریت ریسک پروژه، شامل کلیه فعالیتهایی است که جهت شناسایی وکنترل ریسک‌های پروژه ، در راستای دسترسی به اهداف و اولویتهای پروژه انجام می شود. برنامه مدیریت ریسک عبارتست از فرآیند سیستماتیک شناخت و تحلیل و پاسخگویی به ریسک پروژه، که به عنوان یک‌رویکرد سیستماتیک درمقابل مدیریت شهودی ریسک مطرح می شود. از مطالعهٔ پیشینهٔ تجربی پژوهش چنین بر میآید که خلأ پژوهشی در دو حوزه در زمینه ریسک پروژه-های گودبرداری عمیق شهری مشهد وجود دارد؛ یکی فقدان پژوهشهای داخلی و دیگری کمبود چارچوبها و مدلهایی که به شناسایی ابعاد چندگانه مدیریت ریسک پروژه در سازمان پروژه محور بپردازند. حجم وسیع منابع موجود در ادبیات پژوهش که هر یک به تشریح یکی از بخشهای سامانهٔ گستره ریسک‌های مربوط به پروژه-های عمرانی پرداخته اند، در قیاس با محدود بودن منابعی که به موضوع ریسک پروژه به شکلی سامانمند و چند بعدی نگریسته اند، حکایت از نبود دیدگاهی کل نگر در این حوزه مطالعاتی دارد. در عمل نیز، از آنجا که بسیاری از سازمان ها تعریف محدودی از مدیریت ریسک پروژه دارند، این امکان وجود دارد که رهبران سازمان نه تنها در شناسایی ریسک‌های اساسی و بنیادی مربوط شکست بخورند، بلکه در درک فرصت های بهبود برای کمک به ارتقای عملکرد سازمان در مقایسه با رقبا نیز ناموفق عمل نمایند. همچنین باتوجه به اینکه ریسک‌های پروژه در برگیرندهٔ طیف وسیعی از مفاهیم اعم از ریسک‌های اقتصادی، سیاسی، روان شناختی، راهبردی، عملیاتی، محیطی و فرهنگی می باشند، لذا ضرورت طراحی مدل سطح بندی ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد احساس می شود. لذا این تحقیق به دنبال یافتن پاسخ این سوال است که: از میان سطوح ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد، کدام سطح به عنوان مهم ترین و مؤثرترین سطح جهت مواجهه و کنترل ریسک به شمار می رود؟

از طرفی پروژه های گودبرداری عمیق شهری که مدت زمانیست وارد حیطه پروژه های عمرانی شده است و در خدمت مدیران میباشد، و

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

ممکن است تاثیرات خوب و مثبتی بر کاهش ریسک‌ها در پروژه های عمرانی داشته باشد. لذا این تحقیق به دنبال آن هست تا به شناسایی و طبقه بندی ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری بپردازد.

۲- ریسک پروژه های گودبرداری عمیق شهری

با وجود افزایش تعداد پروژه های گودبرداری عمیق شهری، به دلیل کمبود سابقه آن در کشور، و همچنین کمبود وجود تجارب قابل توجه در این حوزه در شهرهای بزرگ سایر کشورها، این حوزه چه به لحاظ پژوهشی و فنی، و چه به لحاظ اجرایی جوان محسوب میشود. لذا زوایا و خفایای بحث مدیریت پروژه هنوز در این نوع پروژه ها به طور کامل روشن نشده و مورد تجربه و ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین با وجود مزایای قابل توجه گودبرداری های عمیق و کاربردهای ذکر شده، این پروژه ها تا کنون در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده مانند هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی با چالشهای جدی مواجه شده‌اند. به عنوان نمونه، بر اساس تجزیه و تحلیل و بررسیهای آماری درچهارسال اخیردرکشور، ازکل حوادث به وجود آمده به طور متوسط حوادث کارگاههای ساختمانی، ۳۷ درصد را به خود اختصاص داده است و بیش از ۲۱ درصد از کل حوادث ساختمانی در عملیات گودبرداری و آماده سازی زمین به وقوع پیوسته که از این میزان ۲۳ درصد حوادث منجر به فوت کارگران حادثه دیده طی عملیات گودبرداری شده است [۴].

هدف مدیریت ریسک پروژه افزایش احتمال موفقیت پروژه می باشد و این کار از طریق شناسایی و ارزیابی نظام مند ریسک‌ها، ارائه روشهایی جهت کاهش یا حذف آنها و حداکثر سازی فرصت ها صورت میگیرد [۵]. گرچه استانداردهای زیادی برای مدیریت پروژه وجود دارد، معروفترین و گسترده ترین استاندارد دربین استانداردهای مدیریت پروژه پیکره دانش مدیریت پروژه میباشد که مدیریت ریسک پروژه یکی از حوزه های دانش آن به شمار می رود و مراحل ریسک درآن بصورت سیستماتیک بررسی شده است [۶, ۷]. یکی از مشکلات مدیران پروژه ها شناسایی و نحوه برخورد با ریسک‌ها در پروژه ها می باشد زیرا عدم توجه به ریسک‌ها اهداف پروژه را به مخاطره می اندازد. ریسک جزء ذاتی تمام پروژه ها است و امکان حذف آن وجود ندارد اما می توان برای کاهش تاثیر آن در دست یابی به اهداف پروژه آن را بطور موثری مدیریت کرد. بنابراین شناسایی، طبقه بندی و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها که لازمه یافتن پاسخ مناسب برای ریسک‌ها می باشد می تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد [۸]. با توجه به حجم سرمایه گذاری مورد نیاز پروژه های عمرانی، دست نیافتن به اهداف زمانی، هزینه ای و کیفی، می تواند موجب زیان های بزرگ مالی در سطح کشور شود این موضوع نشان دهنده اهمیت شناسایی و مدیریت ریسک پروژه می باشد [۹].

در تمامی شرکت های پروژه محور، بخصوص پروژه های عمرانی که درگیر پروژه های ساخت هستند به دلیل وقوع شرایط غیر قابل کنترل در طول مدت پروژه، در هر لحظه پیشامدی غیرمنتظره و خارج از برنامه از پیش تعیین شده برای پروژه را میتوان انتظار داشت. اکثر مدیران پروژه موافق هستند که وضعیت های دارای ریسک بالقوه بایستی در شروع فرآیند برنامه ریزی پروژه و همچنین در سراسر چرخه حیات پروژه، شناسایی شده و مورد پایش قرار گیرند. بیشتر سازمان ها ارزش شناسایی و مدیریت ریسک پروژه را درک میکنند. مدیریت ریسک پروژه نقش اساسی در شناسایی و تحلیل ریسک‌های پروژه به ویژه شناسایی ریسک‌های پیمانکاری پروژه ساخت دارد و با شناسایی و بررسی ریسک‌های پیمانکاری در پروژه می توان از ریسک‌های منفی اجتناب و از ریسک‌های مثبت بهره برداری کرده تا اهداف پروژه حاصل شود و بسیاری از هزینه های پروژه نیز کاسته شود. به دلیل کم بودن پیمانکاران با تجربه در زمینه پروژه های عمرانی دراین تحقیق با تحقیق و بررسی هایی که بر روی این موضوع انجام می شود سعی خواهد شد ریسک‌های مربوط به هزینه، کیفیت، زمان و سایر حوزه های مرتبط با پروژه های ساخت را شناسایی و راهکارهای عملیاتی مواجه با آن ارایه شود، تا پیمانکاران این زمینه با مطالعه این تحقیق دیدگاه و پیشینه ای از خطرات احتمالی این پروژه ها داشته باشند. پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد به جهت تأمین پارکینگ انبوه، فضای تأسیسات و سایر کاربریهایی که قابلیت بهره برداری در طبقات زیر زمینی را دارند، با تقاضای قابل توجه رو به رو است. با این وجود، این پروژه ها در دستیابی به اهداف پیشبینی شده از جمله هزینه، زمان و کیفیت، با چالشهای جدی روبرو هستند که ریشه در ریسک‌های متعدد آنها دارد. پروژه ها به طور کلی یکتا هستند و ذاتاً با عدم قطعیتهای فراوان رو به رو میشوند. از طرف دیگر، شرایط و مشخصات خاک و عوارض موجود در آن نیز با عدم قطعیتهای فراوانی رو به رو است، بنابر این، پروژه های مرتبط با کار در زیر سطح زمین نوعاً با ریسک بالا محسوب میشوند. البته ریسک‌های مورد اشاره منحصر به ریسک‌های ژئوتکنیکی و فنی نبوده، و در بر گیرنده ریسک‌های متنوعی از جمله ریسک‌های قانونی، مالی، قراردادی، ایمنی و زیست محیطی میباشند. در این تحقیق ضمن تعریف مفهوم ریسک و مدیریت آن، سطوح ریسک در پروژه-های گودبرداری عمیق شهری مشهد معرفی میگردد. پس از آن نیز ضمن بیان روشهای شناسایی ریسک، اهم ریسک‌های شناسایی شده این پروژه ها ذیل ساختار شکست ریسک، طبقه‌بندی خواهند شد.

تحقیقات و پژوهشهای فراوانی در مورد مدیریت ریسک پروژه در داخل و خارج از ایران انجام شده است که به بعضی از پژوهشهای صورت گرفته در ادامه اشاره خواهد شد. هروی و کتابی (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان « تدوین مدل‌های ارزیابی سطح ایمنی پروژه‌های ساختمانی به روش‌های رگرسیون چندمتغیره خطی و شبکه‌ی بیزین» انجام دادند. در این تحقیق تلاش شده است تا با ارزیابی سطح عوامل تأثیرگذار بر ایمنی پروژه، بتوان سطح ایمنی پروژه‌های بلندمرتبه آتی را بر پایه سوابق و اطلاعات پروژه‌های پیشین، پیش‌بینی نمود، چرا که با درک صحیح از میزان تأثیرگذاری عوامل بر ایمنی، می‌توان سیاست‌های لازم جهت بهبود ایمنی و کاهش صدمات این بخش از صنعت را پیش گرفت و مانع هدررفت منابع کشور شد. برای رسیدن به این هدف ابتدا، نه عامل تأثیرگذار بر ایمنی به کمک مطالعه ادبیات پیشین و مرور آمار غیررسمی حوادث ناشی از کار کشور، شناسایی شد و در ادامه رابطه میان این عوامل و سطح ایمنی پروژه برای ۹۵ پروژه بلندمرتبه واقع در شهر تهران و جزیره کیش که اطلاعات آن‌ها به کمک پرسش‌نامه جمع‌آوری گردیده، به کمک شبکه بیزین و رگرسیون خطی چندمتغیره، مورد بررسی قرار

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

گرفت. در مدل‌سازی‌های پیشنهادی این تحقیق، میزان اثر هر یک از گروه‌های تأثیرگذار بر ایمنی پروژه، با کاوش در اطلاعات پروژه‌های مشابهِ پیشین، تعیین شد. طبق نتایج این پژوهش، "نظارت و سرپرستی بر ایمنی پروسه‌های کاری" و "روند ایمن انجام کار"، از جمله تأثیرگذارترین عوامل بر سطح ایمنی پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی با ضرائب رگرسیونی ۳۳۸/۰ و ۲۶۴/۰ می‌باشند [۱۰]. زندیه و حاجی بابایی (۱۳۹۹) به تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری در قالب توسعه پایدار به روش دلفی پرداختند. در این تحقیق ابتدا در دور اول یک گروه تخصصی مجرب که آشنایی کامل به مسائل فنی گودبرداری و حوادث آن دارند، تشکیل شد و سپس با شناسایی عوامل و ریسک‌ها در ادبیات موجود، پرسشنامه روش دلفی تهیه و در دور دوم بین اعضای گروه تخصصی توزیع شد و در نهایت ریسک‌های اصلی موثر در حوادث گودبرداری در قالب توسعه پایدار، با توجه به نظرات تیم کارشناسی، اولویت بندی و ۵ عامل بعنوان مهمترین عوامل موثر شناخته شد [۱۱]. زندیه و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با اولویت‌بندی روش‌های پایدارسازی متداول گودبرداری‌های شهری به روش AHP، گامی به سوی مدیریت بحران در ساخت وسازهای شهری برداشتند. در این تحقیق ابتدا با مصاحبه با کارشناسان این حوزه، در انتخاب ۶ روش پایدارسازی و ۶ معیار برای بررسی این روش‌ها توافق شد. سپس با کمک پرسشنامه و مقایسه زوجی معیارها و گزینه ها با یکدیگر، با توجه به نظرات کارشناسان، هر یک از روش‌ها در معیارهای مختلف امتیازات متفاوتی به خود اختصاص دادند. در نهایت پس از تحلیل پرسش نامه‌ها، با استفاده از نرم افزار Expert Choice ، ارزیابی و اولویت بندی نهایی روشها صورت گرفت. روش میخکوبی با در نظر گرفتن معیار های این مقاله بهترین روش در گودهای کم عمق تا متوسط، شناخته شده است. پس از بررسی دو مطالعه موردی نتایج به دست آمده این تحقیق در مقایسه با روند انتخاب روش پایدارسازی در عمل، مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۲].

لین و همکاران (۲۰۲۲) یک مدل ارزیابی ریسک برای یک سیستم حفاری شامل تکنیک برای اولویت سفارش با شباهت به یک راه حل ایده آل با مجموعه های فازی ترکیبی مجموعه های فازی فیثاغورثی و مثلثی توسعه دادند. مدل پیشنهادی شامل سه مرحله ساخت سلسله مراتب تصمیم، یکپارچه سازی داده های چند منبعی، و شناسایی عوامل پرخطر بود. مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن قضاوت کارشناسان و داده‌های پایش پیاده‌سازی شد. برای افزایش پایایی نتایج، از شاخص اطمینان خبرگان برای تعیین اهمیت قضاوت از کارشناسان مشورت شده استفاده شد. مدل پیشنهادی برای شناسایی عوامل پرخطر به کار گرفته شد. یک پروژه مهندسی حفاری در تیانجین برای ارزیابی عملکرد مدل توسعه‌یافته استفاده شد و عوامل پرخطر شناسایی شدند [۱۳]. یو چن کو (۲۰۱۳) در تحقیقی با عنوان کاربرد روش تصمیم گیری چندمعیاره فازی به منظور افزایش ارزیابی ریسک درپروژه های مترو و حفاری، روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را جهت ارزیابی ریسک این گونه پروژه ها بکار گرفت. علاوه بر آن سطح ریسک کلی پروژه ایجاد شده با عوامل شخصی و احتمالهای دیگر بررسی می شود. این روش باعث بهبود اعتماد در پروژه خواهد شد و رویکرد پیشنهادی، قادر به اعمال در ریسک نهایی پروژه بوده و می تواند در شناسایی ریسک‌های مهم مفید واقع شود [۱۴]. پن[1] (۲۰۰۹) در تحقیقی به ارزیابی ریسک گودبرداری در منطقه کائوجونگ تایوان پرداخته است. وی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به شناسایی و رتبه‌بندی ریسکهای موجود در پروژه‌های گودبرداری پرداخت که از نتایج کار ایشان میتوان به تاثیر شرایط خاک، وضعیت آب زیرزمینی، عمق گودبرداری و وضعیت ساختمانهای مجاور اشاره کرد [۱۵]. هونگ[2] و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به ارزیابی کمی ریسک بر اساس تکنیک تجزیه و تحلیل درخت رویداد[3] در پروژه های طراحی مترو و تونل شهری کشور کره پرداخت. تجزیه و تحلیل درخت رویداد برای تعیین کمیت خطر در مرحله طراحی اولیه تونل استفاده شد و عملکردهای ایمنی برای اطمینان از ایمنی در برابر خطرات انتخاب شدند [۱۶].

تا به حال محققین زیادی در زمینه ریسک در پروژه های عمرانی تحقیق کرده اند و به ریسک‌هایی نیز اشاره کرده اند از جمله ریسک های زمان بندی پروژه، ریسک های هزینه پروژه، و ریسک‌های کیفیت. ولی در این تحقیق به بررسی ریسک‌های موجود در پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد و شناسایی، سطح‌بندی و تحلیل ریسک‌های دیگری از طریق مصاحبه و مطالعه مقالات و کتاب های مربوط به مدیریت ریسک پروژه پرداخته می شود. چرا که با مطالعه ادبیات و پیشینه تحقیق مرتبط با موضوع تحقیقاتی مشخص شد که تحقیقات قبلی تنها به یک یا دو فرآیند حوزه مدیریت ریسک پروژه تاکید داشتند. از طرف دیگر بررسیهای صورت گرفته در پروژه های عمرانی تنها در یکی از زمینه های پروژه یعنی طراحی، تامین و تدارکات و یا ساخت تمرکز داشته‌اند. در تحقیقات پیشتر توجه همزمان به زمینه های مختلف پروژه های گودبرداری عمیق شهری و همچنین فرآیند پاسخگویی به ریسک‌های شناسایی شده و طبقه-بندی شده صورت نگرفته یا کمتر صورت گرفته است.

۳- مدلسازی ساختاری تفسیری

در این تحقیق ابتدا به مطالعه مقالات و کتب مختلف در زمینه ریسک موجود در پروژه های عمرانی پرداخته شد تا ریسک موجود در این پروژه ها مشخص گردند. بعد از شناسایی ریسک‌های موجود توسط خبرگان و با استفاده از روش مدلسازی ساختاری تفسیری ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد سطح بندی شد. در نهایت راهکارهای مقابله با هرکدام از سطوح مختلف استخراج و ارائه شد. روش تحقیق در پژوهش حاضر به شیوه کیفی میباشد. جامعه آماری پژوهش خبرگان پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد هستند که به عنوان پانل خبرگان انتخاب شده است. اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهدات مستقیم و تکمیل پرسشنامه و یا انجام مصاحبه با خبرگان پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد گردآوری میشود. در تهیه پرسشنامه، با توجه به مطالعه مبانی نظری مرتبط، ریسکهای پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری مشهد

[1] N.F. Pan
[2] Eun-Soo Hong
[3] Event tree analysis (ETA)

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

بر اساس آخرین استاندارد انجمن جهانی مدیریت پروژه[4] طبقه بندی شد. برای سنجش اهمیت و مقدار ریسک های هرطبقه، سوالاتی در قالب طیف لیکرت پرسیده شد. وزن هر یک از گروه ها که به عنوان شاخصهای اصلی ریسک در پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد در نظر گرفته شده. سپس با توجه به این وزن به دست آمده و وضعیت ریسکهای موجود مورد مطالعه با استفاده از مدلسازی ساختاری تفسیری سطح بندی شد.

مدلسازی ساختاری تفسیری اولین بار بوسیله وارفیلد (۱۹۷۴) جهت تحلیل سیستمهای پیچیده اقتصادی-اجتماعی ارائه گردید [۱۷]. یکی از اصلی ترین منطق های مدلسازی ساختاری تفسیری این است که همواره عناصری که در یک سیستم اثرگذاری بیشتری، بر سایر عناصر دارند از اهمیت بالاتری برخوردارند. مدلی که با استفاده از این متدولوژی بدست می آید، ساختاری از یک مساله، یک موضوع پیچیده، یک سیستم یا حوزه مطالعاتی را نشان می دهد. در این تحقیق برای انجام پژهش ابتدا از طریق مطالعه سوابق پژوهشهای پیشین شناخت نسبتاً جامعی از وضع موجود در این زمینه حاصل و بر همین اساس نیز چهارچوبی مقدماتی فراهم شده سپس این چهارچوب با روش مدلسازی ساختاری تفسیری تکمیل و نهایی شد. برای انجام این پژوهش از روش مدلسازی ساختاری تفسیری استفاده شده است. این روش یک فرایند یادگیری تعاملی است که در آن مجموعه ای از عناصر مختلف و بهم مرتبط در یک مدل نظام مند جامع ساختاردهی میشوند. این روش شناسی به ایجاد و جهت دادن به روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم کمک مینماید. یکی از اصلیترین منطق های این روش آن میباشد که همواره عناصری که در یک سیستم اثرگذاری بیشتری بر سایر عناصر دارند از اهمیت بالاتری برخوردارند. مدلی که با استفاده از این متدولوژی بدست میآید، ساختاری از یک مساله یا موضوع پیچیده، یک سیستم یا حوزه مطالعاتی را نشان میدهد که الگویی بدقت طراحی شده میباشد [۱۸]. میتوانیم بگوییم که مدلسازی ساختاری تفسیری نه تنها بینشی را در خصوص روابط میان عناصر مختلف یک سیستم فراهم مینماید بلکه ساختاری را مبتنی بر اهمیت و یا تاثیرگذاری عناصر برهم، بسته به نوع رابطه محتوایی تعریف شده فراهم مینماید و نمایشی تصویری به نمایش میگذارد. این روش تفسیری است چون است، چون قضاوت گروهی از افراد تعیین مینماید که آیا روابطی میان این عناصر وجود دارد یا خیر. این روش ساختاری اساس روابط یک ساختار سرتاسری است که از مجموعه پیچیدهای از متغیرها استخراج شده است. این روش یک تکنیک مدلسازی است که روابط مشخص و ساختار کلی در یک مدل دیاگراف، نشان داده میشود. روش مدلسازی ساختاری تفسیری در حوزه های مختلفی استفاده شده است. ایده اصلی مدلسازی ساختاری تفسیری تجزیه یک سیستم پیچیده به چند زیر سیستم با استفاده از تجربه عملی و دانش خبرگان به منظور ساخت یک مدل ساختاری چند سطحی میباشد. در سالیان اخیر در پژوهشهای متعددی از این روش شناسی استفاده شده است.

مدلسازی ساختاری تفسیری روشی است که بررسی پیچیدگی سیستم را امکانپذیر میکند و آن را طوری شکل میدهد که بهسادگی قابلدرک باشد. طبق تعریف وارفیلد، مبدع مدلسازی ساختاری تفسیری، مدلسازی ساختاری تفسیری یک فرآیند یادگیری تعاملی است که مجموعهای از عوامل گوناگون و مرتبط به هم را در یک مدل نظامیافته جامع ساختاردهی میکند؛ بنابراین برای اجرای روش مدلسازی ساختاری تفسیری در یک سیستم باید فرآیند زیر طی شود:

گام اول: تعیین متغیرهای مورداستفاده در مدل است که در این پژوهش با استفاده از مطالعه مبانی نظری و روایی محتوایی، ریسکهای پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد نشاندهنده متغیرها خواهند بود.

گام دوم: تعیین نوع رابطه زمینهای[5] میان متغیرها است که میتواند از نوع مقایسهای، تأثیرگذار، خنثی یا موقتی باشد.

گام سوم: بهدستآوردن ماتریس ساختاری روابط درونی متغیرها[6] است تا وابستگی میان تمامی عناصر شناساییشده بهصورت دوبهدو بررسی شوند.

گام چهارم: بهدستآوردن ماتریس دستیابی[7] اولیه است که از طریق تبدیل عناصر ماتریس ساختاری به صفر و یک صورت میپذیرد.

گام پنجم: سازگارکردن ماتریس دستیابی است. برای نیل به این منظور ماتریس دستیابی اولیه به توان $K+1$ میرسد؛ بهطوریکه $K\geq 1$ است؛ البته عملیات به توان رساندن ماتریس طبق «قاعده بولی» است.

گام ششم: تعیین سطح و اولویت متغیرها[8] (بخشبندی سطح) است. برای تعیین سطح متغیرها در مدل نهایی، به ازای هر یک از آنها، سه مجموعه دستیابی[9]، پیشنیاز[10] و مشترک تشکیل میشود.

گام هفتم: ترسیم مدل با توجه به سطوح هر یک از معیارها با در نظر گرفتن انتقال پذیریها است.

پانل خبرگان این تحقیق متشکل از کارشناسان و خبرگان پروژههای گودبرداری شاغل در بخشهای مختلف پروژه های شهری مشهد، بود. در انتخاب این خبرگان سعی شد طوری انتخاب شوند که بتوان از آنها در مورد ریسکهای پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد اطلاعات اخذ کرد. پانل خبرگان این پژوهش شامل تعداد ۱۰ نفر بود. همچنین در این تحقیق برای شناسایی خبرگان از روش نمونه گیری گلوله برفی استفاده شد. در این روش اعضای آینده نمونه از طریق اعضای سابق نمونه انتخاب میشوند و نمونه مانند یک گلوله برفی بزرگ و بزرگتر میشود. برای مثال در یک پژوهش کیفی با روش مصاحبه، از افراد پرسیده میشود که آیا فرد دیگری را برای مصاحبه پیشنهاد میکنند و این گونه نمونه آنها بزرگ و بزرگتر خواهد شد. اگر در این نمونهگیری از شبکههای اجتماعی فضای مجازی استفاده شود، به آن نمونهگیری گلوله برفی مجازی میگویند. کاربرد اصلی نمونهگیری گلوله برفی برای تحقیق در مورد جوامع پنهان است. این نمونهگیری با داشتن تعداد اولیه ای از افراد شروع میشود. سپس از

[4] www.pmi.org
[1] Contextual relation
[2] Structural Self-Interaction Matrix
[3] Reachability Matrix

[4] Level Partitions
[5] Reachability Set
[6] Antecedent Set

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

آنها خواسته می‌شود تا کسانی را که فکر می‌کنند برای این تحقیق مناسب هستند، به برنامه تحقیقاتی معرفی کنند. ممکن است گروه‌هایی با مشکل مورد تحقیق پیدا شوند که می‌توان آنها را هم در نمونه‌گیری به کار برد. در آخر باید با مطالعه شخصیت و زندگی افراد مطمئن بشویم که بازه خوبی از انواع افراد در نمونه ما حضور داشته باشند. در این تحقیق پس از شناسایی ریسک‌ها، این ریسک‌ها با استفاده از روش مدلسازی ساختاری تفسیری سطح بندی شدند. مدل‌سازی ساختاری تفسیری روشی است که بررسی پیچیدگی سیستم را امکان‌پذیر می‌کند و آن را طوری شکل میدهد که به‌سادگی قابل‌درک باشد. طبق تعریف «وارفیلد»، مبدع مدل‌سازی ساختاری تفسیری، مدل‌سازی ساختاری تفسیری یک فرآیند یادگیری تعاملی است که مجموعه‌ای از عوامل گوناگون و مرتبط به هم را در یک مدل نظام‌یافته جامع ساختاردهی می‌کند؛ بنابراین برای اجرای روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری در یک سیستم باید فرآیند زیر طی شود:

۱. عناصر مدنظر در این تحقیق ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد لیست میشوند. هدف از این مرحله تعیین متغیرهای مورداستفاده در مدل است که در این پژوهش با استفاده از مطالعه مبانی نظری و روایی محتوایی، عوامل اصلی مربوط به پروژه های گودبرداری عمیق شهری نشان‌دهنده متغیرها خواهند بود.

۲. تعیین نوع رابطه زمینه‌ای[11] میان متغیرها است که می‌تواند از نوع مقایسه‌ای، تأثیرگذار، خنثی یا موقتی باشد. با استفاده از متغیرهای شناسایی شده در مرحله اول، یک رابطه میان آنها با توجه به هرجفت از عناصر تعریف میشود. رابطه محتوایی یعنی ارتباط محتوایی مفهومی بین اجزای متشکل سیستم، بگونه‌ای که از نظر معنی و محتوا متناسب با اهداف سیستم باشد (وارفیلد،۱۹۷۴) [۱۷]. برای مثال فرض کنیم که ابر سبب باریدن باران میشود، «ابر» و «باران» اجزای سیستم را تشکیل میدهند و «سبب باریدن میشود» رابطه محتوایی میان آنهاست. نمونه های دیگری که میتواند این رابطه ها را نشان دهد عبارت است از «تقدم دارد بر»، «پشتیبانی میکند از»، «باز میدارد از»، «گزارش میدهد به»، و «تاثیر میگذارد بر». روابط محتوایی بین دو جزء به چندین صورت طبقه بندی میشود که از جمله آنها رابطه تعریفی و رابطه ریاضی، رابطه فضایی، رابطه زمانی، رابطه تاثیری، رابطه مقایسه ای میباشند. در این تحقیق ما از رابطه تاثیری بهره برده ایم.

۳. به‌دست‌آوردن ماتریس ساختاری روابط درونی متغیرها[12] است تا وابستگی میان تمامی عناصر شناسایی‌شده به‌صورت دوبه‌دو بررسی شوند. این ماتریس ساختاری خود تعاملی روابط زوجی میان ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد را نمایان میسازد.

۴. به‌دست‌آوردن ماتریس دستیابی[13] اولیه است که از طریق تبدیل عناصر ماتریس ساختاری به صفر و یک صورت می‌پذیرد. بنابراین ماتریس دسترسی با استفاده از ماتریس ساختاری خود تعاملی توسعه داده میشود. این ماتریس به منظور تسری بودن بررسی میشود. تسری رابطه محتوایی یک فرضیه اساسی در مدلسازی ساختاری تفسیری میباشد. تسری یعنی اگر متغیر «الف» با متغیر «ب» در ارتباط باشد و متغیر «ب» با متغیر «ج» نیز مرتبط باشد، در نتیجه متغیر «الف» با متغیر «ج» نیز در ارتباط است.

۵. سازگارکردن ماتریس دستیابی. در این مرحله ماتریس دسترسی در مرحله چهارم، به سطوح مختلفی بخش بندی میشود. برای نیل به این منظور ماتریس دستیابی اولیه به توان $K+1$ می‌رسد؛ به‌طوری‌که $K \geq 1$ است؛ البته عملیات به توان رساندن ماتریس طبق «قاعده بولی» است.

۶. تعیین سطح و اولویت متغیرها[14] (بخش‌بندی سطح) است. برای تعیین سطح متغیرها در مدل نهایی، به ازای هر یک از آن‌ها، سه مجموعه دستیابی[15]، پیش‌نیاز[16] و مشترک تشکیل می‌شود.

۷. ترسیم مدل با توجه به سطوح هر یک از معیارها با در نظر گرفتن انتقال پذیری‌ها است. دیاگرام نهایی با استفاده از جایگزین کردن نام متغیرها بجای گرهها به یک مدلسازی ساختاری تفسیری تبدیل میشود.

۸. مدلسازی ساختاری تفسیری که در مرحله ۷ توسعه داده شده مورد بازنگری قرار میگیرد تا از لحاظ محتوایی ناسازگاری نداشته باشد، درصورت وجود ناسازگاری اصلاحات مورد نیاز انجام میشود.

۴- نتایج تحقیق

در این تحقیق برای شناسائی روابط تحقیق حاضر از مدلسازی ساختاری تفسیری استفاده شده است. هدف مدلسازی ساختاری تفسیری بررسی روابط میان عناصر یک سیستم پیچیده می‌باشد. به عبارتی دیگر مدلسازی ساختاری تفسیری یک فرایند متعامل است که در آن مجموعه‌ای از عناصر مختلف و مرتبط با همدیگر در یک مدل سیستماتیک جامع ساختاربندی می‌شوند. نتایج تحقیق در ادامه توضیح داده شده است.

۱- شناسائی ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری:

در گام نخست ریسک‌ها براساس پیشینه تحقیق از سایر مقالات و پایان نامه ها شناسائی و انتخاب شد. زندیه و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها و عوامل حادثه ساز در حوادث گودبرداری در قالب توسعه پایدار به روش دلفی پرداختند. در نهایت ریسک‌های اصلی موثر در حوادث گودبرداری در قالب توسعه پایدار، با توجه به نظرات تیم کارشناسی، اولویت بندی و ۵ عامل به عنوان مهمترین عوامل موثر شناخته شده‌اند [۱۱]. در این تحقیق، ۱۰ ریسک پروژه های گودبرداری عمیق شهری با استفاده از مد[17] نظرات خبرگان که به منظور کلیدی بودن در حال حاضر، انتخاب شده اند. بدین صورت که از خبرگان تحقیق پرسیده شد که به نظر شما، این عامل در حال حاضر جزو ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری در مشهد میباشد یا خیر. در خصوص انتخاب

[1] Contextual relation
[2] Structural Self-Interaction Matrix
[3] Reachability Matrix
[4] Level Partitions
[5] Reachability Set
[6] Antecedent Set
[17] Mod

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

ریسک‌های بدست آمده از ادبیات تحقیق، از مد نظرات خبرگان استفاده شده است. یعنی اگر در خصوص یک ریسک اکثریت افراد بر اصلی بودن آن اتفاق نظر داشته‌اند به منظور تحلیل انتخاب شده است و در خصوص ریسک‌هایی که اکثریت آراء بر عدم انتخاب آن میباشد، آن ریسک کنار گذاشته شده است. با توجه به اینکه تعداد خبرگان تحقیق کم بوده و روش مدلسازی ساختاری تفسیری در دسته روشهای کیفی قرار میگیرد، استفاده از شاخصهای مرکزی همچون میانگین برای انتخاب ریسک‌های اصلی شاخص مناسبی نمیباشد، به همین منظور از مد نظرات استفاده شده است.

۲- الگوی علی و معلولی روش مدلسازی ساختاری تفسیری: در این پژوهش برای طبقه بندی ریسک‌ها از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری استفاده شده است. روش مدلسازی ساختاری تفسیری یک روش جامع برای طراحی و آنالیز ساختار علی و معلولی بین عناصر پیچیده مدل می‌باشد. بر خلاف روش تحلیل سلسله مراتبی که فرض می‌کند هر یک از معیارها با توجه به سایر معیارها مستقل می‌باشند، روش مدلسازی ساختاری تفسیری رابطه بین عناصر را در نظر می‌گیرد و سطح ارتباط بین آنها را بدست می‌آورد. قدم های روش به ترتیب در زیر بخش های ذیل به تفصیل تشریح شده است.

۳- ماتریس خودتعاملی ساختاری ریسک‌های پروژه های گودبرداری: در مرحله بعد، پرسشنامه های مربوطه به منظورتجزیه و تحلیل روش مدلسازی ساختاری تفسیری و سطح بندی عوامل در اختیار خبرگان قرار گرفت. به این صورت که ۱۰ ریسک انتخاب شده در سطرو ستون جدول قرار گرفتند و از پاسخ دهنده دوی ریسک‌ها را با توجه به نمادهای X ،V,A و O نوع ارتباطات دوبه دوی ریسک‌ها را مشخص کند. روابط به دست آمده ازاین پرسشنامه ها در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱ ماتریس خودتعاملی ساختاری ریسک‌های پروژه های گودبرداری

ردیف	ریسک	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
R_1	نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران		V	V	V	V	V	V	V	X	V
R_2	عدم رعایت اصول فنی و مهندسی توسط مجاوران			X	X	V	V	V	O	X	A
R_3	شرایط و جنس خاک محل گودبرداری				V	V	A	V	V	V	A
R_4	وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده					X	A	V	V	V	A
R_5	عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی						X	X	X	O	A
R_6	عدم اجرای کامل مقررات فعلی							V	V	V	A
R_7	صدمات انسانی بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور								V	A	A
R_8	بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود									O	A
R_9	ایمنی سازه مجاور										A
R_{10}	جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها										

۴- ماتریس دسترسی اولیه: در این مرحله با تبدیل نمادهای روابط ماتریس SSIM به اعداد صفر و یک برحسب قواعد ذکرشده میتوان به ماتریس RM دست پیدا کرد. نتایج حاصل در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول ۲ ماتریس دستیابی اولیه

ردیف	ریسک	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
R_1	نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
R_2	عدم رعایت اصول فنی و مهندسی توسط مجاوران	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰
R_3	شرایط و جنس خاک محل گودبرداری	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰
R_4	وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰
R_5	عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
R_6	عدم اجرای کامل مقررات فعلی	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
R_7	صدمات انسانی بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
R_8	بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰
R_9	ایمنی سازه مجاور	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰
R_{10}	جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

۵- ماتریس دسترسی نهایی: در این گام، باید سازگاری درونی ریسک‌ها برقرار شود. نتیجه حاصل را میتوان در جدول ۳ مشاهده کرد. در این جدول اعدادی که علامت * گرفته اند، نشان میدهند که در ماتریس دستیابی صفر بوده اند و پس از سازگاری عدد یک گرفته-اند.

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

جدول ۳ ماتریس دستیابی نهایی

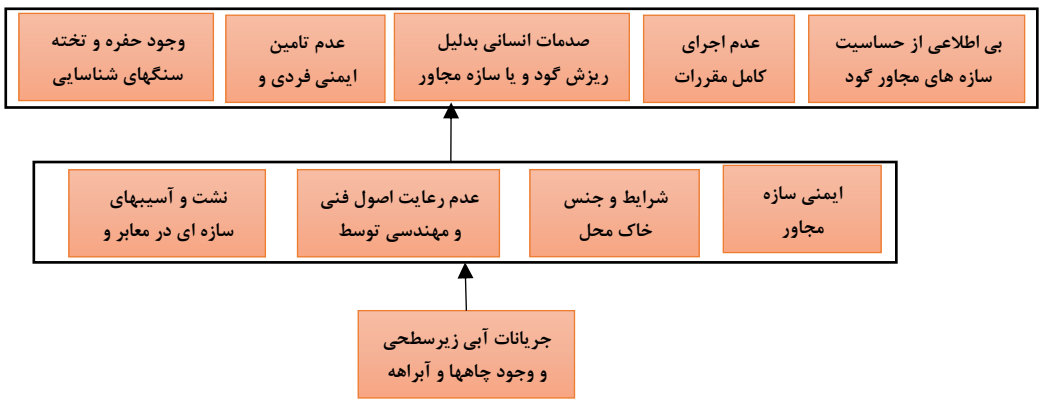
ردیف	ریسک	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	قدرت نفوذ
R_1	نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
R_2	عدم رعایت اصول فنی و مهندسی توسط مجاوران	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۰	۹
R_3	شرایط و جنس خاک محل گودبرداری	۱*	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۰	۹
R_4	وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده	۱*	۱	۱*	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۰	۹
R_5	عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی	۰	۱*	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۰	۷
R_6	عدم اجرای کامل مقررات فعلی	۱*	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۹
R_7	صدمات انسانی بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور	۰	۰	۰	۱*	۱	۱*	۱	۱	۰	۰	۵
R_8	بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود	۰	۰	۰	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۰	۰	۵
R_9	ایمنی سازه مجاور	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۰	۱	۱*	۹
R_{10}	جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
	قدرت وابستگی	۷	۸	۷	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۸	۳	

۶- تعیین سطوح ریسک‌ها: در مرحله بعد برای تعیین سطح و اولویت متغیرها، مجموعه دستیابی و مجموعه پیشنیاز برای هر ریسک تعیین میشود. جدول ۴ بیانگر نتایج این مرحله است. با استفاده از ماتریس دسترسی نهایی، سطح بندی ریسک‌ها صورت میگیرد.

جدول ۴ تعیین سطوح ریسک‌ها

ردیف	ریسک	مجموعه دستیابی	مجموعه پیش نیاز	مجموعه مشترک	سطح
R_1	نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_2	عدم رعایت اصول فنی و مهندسی توسط مجاوران	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_3	شرایط و جنس خاک محل گودبرداری	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	(۹،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_4	وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	اول
R_5	عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۲)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۲)	اول
R_6	عدم اجرای کامل مقررات فعلی	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	اول
R_7	صدمات انسانی بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور	(۸،۷،۶،۵،۴)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۸،۷،۶،۵،۴)	اول
R_8	بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود	(۸،۷،۶،۵،۴)	(۱۰،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۸،۷،۶،۵،۴)	اول
R_9	ایمنی سازه مجاور	(۱۰،۹،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_{10}	جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۱)	(۱۰،۹،۱)	سوم

۷- مدل سطوح ریسک‌ها: پس از تعیین سطح تمامی ریسک‌ها، مدل روش مدلسازی ساختاری تفسیری این تحقیق بصورت شکل ۱ ترسیم میگردد. به همین منظور ابتدا ریسک‌ها برحسب سطح آنها به ترتیب از بالا به پایین تنظیم میشوند. در تحقیق حاضر ریسک‌ها در سه سطح قرار گرفته اند.



شکل ۱ مدل سطوح ریسک‌ها

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

۵- نتایج و پیشنهادات

هدف این تحقیق، شناسایی و طبقه بندی ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری بود. با توجه به نظر خبرگان این تحقیق، ۱۰ ریسک اصلی تأیید و انتخاب شدند. سپس به منظور تجزیه و تحلیل روابط میان آنها و ارائه مدل ساختاری شان از روش مدل سازی ساختاری تفسیری استفاده شد. با توجه به تجزیه و تحلیل های صورت گرفته، «جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها» بیشترین سطح اهمیت را در بین ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد دارند. این تحقیق، بینشی جدید در خصوص ماهیت ریسک‌های پروژه های گودبرداری در مشهد را ارائه نموده است. پروژه‌های گودبرداری امروزه بیش از هر زمان دیگری با انواع ریسک‌ها دست به گریبانند. مدیریت ریسک پروژه با ارایه راهکارهای مناسب با توجه به شرایط هر سازمان پروژه محور می تواند وضعیت را به سمت اقدامات پیشگیرانه هدایت نماید. لازم به ذکر است مدیریت ریسک باید بر اساس تجارب، دانش و نیازمندیهای هر سازمانی اولویت بندی گردد تا ریسک ممکن کاهش پیدا کند. در این راستا ارایه راهکارهای منطقی و هدف دار جهت کاهش و حداقل نمودن ریسک، نیازمند شناخت صحیح از وضعیت موجود سازمان و ریسک‌ها می باشد. لذا برای ارایه راه حل ارزیابی ریسک، طبقه بندی و شناسایی و پیشگیری بسیار اهمیت دارد. اجرای یک فرایند مدیریت ریسک اثر بخش و کارا، نیاز به توجه اساسی به مصادیق مختلف منابع عدم اطمینان و ریسک‌ها در گام‌های مختلف از چرخه حیات پروژه دارد. اینکه بهترین زمان آغاز فرایند مدیریت ریسک در چه گامی از چرخه حیات بوده و در صورت آغاز دیرهنگام این فرایند چه خساراتی را می‌تواند برای پروژه به همراه داشته باشد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این تحقیق سعی گردید که اقدامات مرتبط با مراحل مختلف فرایند مدیریت ریسک در گام‌های مختلف چرخه حیات پروژه مورد بررسی قرار گرفته و جایگاه فرایند مدیریت ریسک در چرخه حیات پروژه مشخص گردد. و نتیجه کلی آنکه به‌کارگیری مدیریت ریسک در پروژه‌های گودبرداری منجر به کاهش ریسک و به طبع آن کاهش هزینه‌ها خواهد شد. ترتیب اهمیت ریسک‌های پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد به شرح جدول ۵ است.

جدول ۵ تعیین سطوح ریسک‌ها

ردیف	ریسک	مجموعه دستیابی	مجموعه پیش نیاز	مجموعه مشترک	سطح
R_1	نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_2	عدم رعایت اصول فنی و مهندسی توسط مجاوران	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_3	شرایط و جنس خاک محل گودبرداری	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	(۹،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_4	وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	اول
R_5	عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۲)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۲)	اول
R_6	عدم اجرای کامل مقررات فعلی	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	اول
R_7	صدمات انسانی بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور	(۸،۷،۶،۵،۴)	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۸،۷،۶،۵،۴)	اول
R_8	بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود	(۸،۷،۶،۵،۴)	(۱۰،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۸،۷،۶،۵،۴)	اول
R_9	ایمنی سازه مجاور	(۱۰،۹،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	دوم
R_{10}	جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها	(۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱)	(۱۰،۹،۱)	(۱۰،۹،۱)	سوم

همان طور که مشاهده شد، در این پژوهش، ریسک‌های پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری مشهد مورد مطالعه بررسی و نتایج مورد نظر حاصل گردید. مدلسازی ساختاری تفسیری با مهمترین ریسک‌های حاصل از بررسی پیشینه تحقیق آغاز شد که به ایجاد شبکه ای جامع از ریسک‌ها با تمامی روابط میان آنها منجر شد، درحالی که در ابتدا و پیش از آغاز پژوهش هیچ درک قابل قبولی از موضوع و متغیرهای آن و روابط میان آنها در بحث مدیریت ریسک پروژه وجود نداشت. سپس گراف مدلسازی ساختاری تفسیری ترسیم گردید تا شبکه جامع حاصل شده و سطح بندی ریسک‌ها به شکل گرافیکی نشان داده شود و بینش کاملتری نسبت به روابط داشته باشیم. به نظر میرسد که این مدل پژوهشی میتواند برای پژوهش هایی با تعداد زیاد متغیرها که ماهیت و رابطه متغیرها و حتی نوع آنها بخوبی شناخته شده نیست مفید باشد، زیرا با استفاده از نظرات خبرگان فن میتوانیم پیچیدگی های موضوع را کاهش دهیم و به درک قابل قبولی از موضوع مورد بررسی برسیم که نهایتا به اخذ تصمیمات بهتری منجر خواهد شد. با توجه به بررسی های قبلی، محققان پژوهشی به بررسی روابط و تعاملات موجود بین ریسک‌های پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری نپرداخته اند. این پژوهش مدلی را جهت تعیین روابط علّی در مدیریت ریسک پروژه ارائه میکند. با استفاده از این مدل، ارتباطات علت و معلولی بین ریسک‌ها به روشی نظام مند تعیین میشود و مشکلات روشهایی چون دلفی و محدودیت تکنیکهای آماری مانند روش همبستگی حل خواهد شد. نتایج این پژوهش به سیاستگذاران کمک میکند تا بتوانند جهت توسعه مدیریت ریسک پروژه مسیر مناسبتری را انتخاب کنند. در تحقیق حاضر، از طریق شناسایی ریسک‌های پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری مشهد و روابط میان آنها و با بهره گیری از روش مدلسازی ساختاری تفسیری، مدل مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری مشهد طراحی شده است. این مدل علاوه برنمایش روابط میان عناصر، ریسک‌ها را در قالب چهار دسته، دسته بندی میکند:

۱- دسته اول شامل «متغیرهای خودمختار» است که دارای قدرت نفوذ و وابستگی ضعیف میباشند. در تحقیق حاضر متغیری در این دسته قرار نگرفت.

۲- «متغیرهای وابسته» دومین دسته هستند که دارای قدرت نفوذ کم ولی وابستگی شدید میباشند. متغیرهای **صدمات انسانی**

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

بدلیل ریزش گود و یا سازه مجاور و **بی اطلاعی از حساسیت سازه های مجاور گود** در این دسته قرار میگیرند. این متغیرها به طور عمده نتایج هستند که برای ایجاد آنها ریسک‌های زیادی دخالت دارند و خود آنها کمتر میتوانند زمینه ساز متغیرهای دیگر شوند.

۳- سومین دسته «متغیرهای متصل (پیوندی)» هستند که دارای قدرت نفوذ و وابستگی زیاد هستند. این ریسک‌ها غیرایستا هستند. زیرا هر نوع تغییر در آنها میتواند سیستم را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخور سیستم نیز میتواند این ریسک‌ها را دوباره تغییر دهد. در این تحقیق **نشت و آسیبهای سازه ای در معابر و مجاوران** و **وجود قوانین و مقررات حمایتی و اجرایی لازم، وجود حفره و تخته سنگهای شناسایی نشده، عدم تامین ایمنی فردی و کارگاهی، عدم اجرای کامل مقررات فعلی** در این دسته قرار گرفته اند. در جهان امروزی بیشتر ریسک‌ها، غیرایستا و پویا هستند. ریسک‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز از این امر مستثنا نمی باشند. بیشتر ریسک‌های مورد استفاده، دارای قدرت نفوذ و وابستگی بالایی هستند؛ بدین معنی که اثرگذاری و اثرپذیری زیادی دارند. ازاینرو به دلیل ماهیت این ریسک‌ها، بیشتر آنها در این دسته قرار گرفتند.

۴- چهارمین دسته شامل «متغیرهای مستقل» هستند که دارای قدرت نفوذ قوی ولی وابستگی ضعیف میباشند. این دسته به عنوان زیربنای مدل عمل میکنند و برای شروع کارکرد سیستم باید در وهله اول بر آنها تأکید کرد. **جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاه‌ها و آبراهه ها** در این دسته قرار گرفته است.

مدل ساخته شده با استفاده از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری نشان میدهد که جریانات آبی زیرسطحی و وجود چاهها و آبراهه ها از بین ریسک‌های شناسایی شده بر سایر ریسک‌ها بیشترین تأثیرگذاری را دارند که باید مورد توجه ویژه قرار بگیرند. بر اساس یافته‌های بدست آمده از مطالعات تئوریک و میدانی صورت گرفته در این پژوهش، پیشنهادات متعددی قابل ارائه می‌باشد. با توجه به ریسک‌های شناسایی شده در این تحقیق، جهت پیاده سازی و توسعه مدیریت ریسک پروژه های گودبرداری عمیق شهری با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری پیشنهادهای زیر ارائه میشود: کلیه فعالیت های انسانی که در آن ها از وسایل و تجهیزات فنی استفاده می شود مستلزم حدودی از عناصر ریسک است. از هر خطر شناسایی شده نباید هراسید زیرا همه خطرات قابل کنترل هستند. ریسک‌ها باید طبقه بندی شده و ارزیابی آن ها براساس دانش، تجارب و همچنین نیازمندی های سازمان صورت گیرد. عملیات سیستم همواره با درجه ای از ریسک همراه است یک تجزیه و تحلیل خوب بر ضرورت کاهش وقوع حوادث تاکید خواهد کرد. تعیین دقیق اهداف و پارامترهای بررسی ریسک بسیار مهم تر از یافتن روش های استاندارد شده معمول برای حل مشکلات است. برای برطرف کردن مشکلات فقط یک بهترین راه حل وجود ندارد و تعداد متنوعی از روشها موجود هستند که اجرای هرکدام از آن ها ممکن است درجه ای از ریسک را کاهش دهد. با توجه به تحقیق حاضر پیشنهاد محقق برای پژوهشگران بعدی دربر گیرنده موضوعات زیر است:

۱- با توجه به اینکه این پژوهش در حوزه پروژه های گودبرداری عمیق شهری مشهد با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری انجام گرفته است، لذا پیشنهاد می‌شود که این تحقیق در بقیه اصناف و مشاغل، مرتبط صورت پذیرد تا بتوان از آن نتیجه واحدی گرفت.

۲- همچنین پیشنهاد میگردد که در پژوهشهای بعدی به سایر ابعاد پژوهشی مرتبط با مدیریت ریسک پرداخته شود و رابطه آن با مباحث و موضوعات مختلف مدیریتی همچون فرهنگ‌سازمانی و... مورد بررسی قرار گیرد.

۳- نگاه یکپارچه و تلفیقی به فرایند مدیریت ریسک و چرخه حیات پروژه.

۴- توجه به مصادیق مختلف ریسک در گام‌های مختلف چرخه حیات پروژه.

۵- توجه به ریسک‌های مهم و تأثیرگذار در مدیریت ریسک در هر گام از چرخه حیات و تمرکز بر واکنش‌های منتخب در خصوص هر یک از منابع عدم اطمینان مرتبط با گام‌های چرخه حیات.

۶- توجه به عوامل ذینفع و اهداف کلان پروژه که یکی از مهم‌ترین عوامل در اجرای پروژه می‌باشند و عدم توجه به آن‌ها در فرایند مدیریت ریسک خود می‌تواند به عنوان منبع عدم اطمینان اساسی در مراحل مختلف پروژه ظهور نماید.

۷- به سایر پژوهش گران پیشنهاد میشود مدل طراحی شده در این تحقیق را با استفاده از روشهای آماری نظیر مدلسازی معادلات ساختاری[18] و تحلیل مسیر مورد اعتبارسنجی قرار دهند.

۸- همچنین توسعه مدلهای مشابه با استفاده از تکنیکهای دیگر مدلسازی نظیر تئوری برخاسته از داده ها و فرا ترکیب نیز پیشنهاد میشود.

در پایان نیز از تمامی کارشناسان و خبرگان حوزه مدیریت ریسک پروژه که در با نظرات و ایده های خود منجر به افزایش کیفیت پژوهش حاضر شده اند تشکر به عمل میآید.

۶- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

۷- سهم نویسندگان

نویسندگان به صورت مساوی در نگارش مقاله نقش داشته‌اند.

۸- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

۹- مراجع

[1] O. Tasa, M. Gholabchi, and M. Ravanshadnia, "Evaluating the Response to Risks in Complex Construction Projects Using the Fuzzy TOPSIS Method," Industrial Management Journal, vol. 15, no. 2, pp. 335-364, 2023.

[18] SEM

[11] K. Zandieh and A. Hajibabaei, "Establishment of a framework based on sustainable development for key incident-causing factors in urban excavation incidents using Delphi method," Journal of Engineering & Construction Management, vol. 5, no. 1, pp. 1-8, 2020.
[12] K. Zandie, R. Taherkhani, and R. Ziaie Moayed, "Prioritizing the common urban excavation supporting systems using AHP method: A step to crisis management in urban constructions," Emergency Management, vol. 7, no. 2, pp. 81-91, 2019.
[13] S.-S. Lin, N. Zhang, A. Zhou, and S.-L. Shen, "Risk evaluation of excavation based on fuzzy decision-making model," Automation in Construction, vol. 136, p. 104143, 2022.
[14] Y.-C. Kuo and S.-T. Lu, "Using fuzzy multiple criteria decision making approach to enhance risk assessment for metropolitan construction projects," International Journal of Project Management, vol. 31, no. 4, pp. 602-614, 2013.
[15] N.-F. Pan, "Selecting an appropriate excavation construction method based on qualitative assessments," Expert Systems with Applications, vol. 36, no. 3, pp. 5481-5490, 2009.
[16] E.-S. Hong, I.-M. Lee, H.-S. Shin, S.-W. Nam, and J.-S. Kong, "Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM," Tunnelling and Underground Space Technology, vol. 24, no. 3, pp. 269-277, 2009/05/01/ 2009.
[17] J. N. Warfield, "Toward interpretation of complex structural models," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, no. 5, pp. 405-417, 1974.
[18] H. Etemadinia and M. Tavakolan, "Using a hybrid system dynamics and interpretive structural modeling for risk analysis of design phase of the construction projects," International Journal of Construction Management, vol. 21, no. 1, pp. 93-112, 2021.
[2] M. Khayyati and A. Firouzi, "Project Risk Analysis Using an Integrated Probabilistic Beta-S Model and Multi-Parameter Copula Function," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 51, no. 3, pp. 453-464, 2019.
[3] H. Sarvari and E. Rajaian, "Assessing the Effect of Using Project Management Body of Knowledge in Improving Financial Success of EPC Projects," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 53, no. 3, pp. 1223-1240, 2021.
[4] M. Mohajeri and A. Ardeshir, "Analysis of construction safety risks using AHP-DEA integrated method," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 48, no. 3, pp. 217-226, 2016.
[5] M. Sohrabi, H. Soltanpanah, A. Nasrizar, and M. Sabeti, "The Investigation of Risk Management at the Stage of Construction with Interpretive Structural Modeling method (Case Study: Yazd-Naein Oil Pipeline Construction Project)," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 55, no. 4, pp. 833-848, 2023.
[6] A. R. Afshari, "Hybrid fuzzy linguistic method for Construction project manager selection," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 53, no. 12, pp. 5549-5568, 2022.
[7] B. Espoutin and S. Fard Moradinia, "Optimization of Quantitative and Qualitative Indicators of Construction Projects with a Project Management Knowledge Approach (Case study: Qucham Reservoir Dam)," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 53, no. 11, pp. 5033-5052, 2022.
[8] C. George, "The essence of risk identification in project risk management: An overview," International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 9, no. 2, pp. 1553-1557, 2020.
[9] X. Zhao, "Construction risk management research: intellectual structure and emerging themes," International Journal of Construction Management, vol. 24, no. 5, pp. 540-550, 2024.
[10] G. r. Heravi and A. Ketabi, "Development of Safety Level Assessment Models for Building Projects using Multiple Linear Regression and Bayesian Network," Amirkabir Journal of Civil Engineering, vol. 53, no. 11, pp. 4657-4682, 2022.

JECM
8 (2) , 2024
دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS
©2024 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)