

تحلیل ریسک پروژه های ساختمانی با روشهای تصمیم گیری چندمعیاره

مهرداد خلیفه^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۵/۰۳/۲۸

چکیده

پروژه‌های ساختمانی به دلیل پیچیدگی‌های فنی، مالی و اجرایی، همواره با ریسک‌های متعددی مواجه هستند که می‌توانند بر اهداف اصلی پروژه شامل زمان، هزینه و کیفیت تأثیرگذار باشند. از این رو، شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی این ریسک‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور بهبود فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک می‌باشد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. در مرحله نخست، ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی از طریق مرور ادبیات و نظر خبرگان شناسایی شدند. سپس معیارهای ارزیابی شامل احتمال وقوع، شدت تأثیر، قابلیت کنترل و قابلیت کشف تعیین گردید. برای وزن‌دهی به معیارها از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و برای رتبه‌بندی ریسک‌ها از روش تکنیک رتبه‌بندی بر اساس شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) استفاده شد. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسشنامه و با مشارکت خبرگان حوزه ساخت و ساز جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار Excel تحلیل گردید. نتایج نشان داد که در میان معیارهای ارزیابی، «شدت تأثیر» دارای بیشترین وزن و اهمیت است. همچنین، بر اساس نتایج روش TOPSIS، ریسک‌های مالی و زمانی از جمله مهم‌ترین ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی شناسایی شدند. عواملی نظیر نوسانات قیمت مصالح، کمبود منابع مالی و تأخیر در تأمین تجهیزات، بیشترین تأثیر را بر عملکرد پروژه دارند. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به ویژه ترکیب AHP و TOPSIS، می‌تواند چارچوبی دقیق و کارآمد برای تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌ها فراهم آورد. این رویکرد به مدیران پروژه کمک می‌کند تا با تخصیص بهینه منابع و تمرکز بر ریسک‌های بحرانی، احتمال موفقیت پروژه را افزایش دهند و از پیامدهای منفی احتمالی جلوگیری نمایند.

واژگان کلیدی

مدیریت ریسک، پروژه‌های ساختمانی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، AHP، TOPSIS

۱. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گرایش مدیریت پروژه، دانشگاه قم. ایران. mehrdad.khalifeh@yahoo.com

مقدمه

صنعت ساخت‌وساز به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه اقتصادی و زیرساختی هر کشور، همواره با پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌های متعددی مواجه بوده است. پروژه‌های ساختمانی به دلیل ماهیت منحصر به فرد، طولانی بودن دوره اجرا، درگیر بودن ذی‌نفعان متعدد و تأثیرپذیری از عوامل محیطی، اقتصادی و فنی، به‌طور ذاتی دارای سطح بالایی از ریسک هستند. این ریسک‌ها می‌توانند منجر به افزایش هزینه‌ها، تأخیر در زمان‌بندی، کاهش کیفیت و حتی شکست کامل پروژه شوند. (مهاجری، اردشیر، ۱۳۹۵).

از این‌رو، مدیریت مؤثر ریسک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت در پروژه‌های ساختمانی شناخته می‌شود و توجه به آن در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. ریسک در پروژه‌های ساختمانی به‌طور کلی به هرگونه رویداد یا شرایط نامطمئن اطلاق می‌شود که در صورت وقوع، تأثیر مثبت یا منفی بر اهداف پروژه، از جمله زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی خواهد داشت. با این حال، در اغلب مطالعات و کاربردهای عملی، تمرکز بیشتر بر ریسک‌های منفی و تهدیدها بوده است. (گل‌نرگسی، بمبایی‌چی، ۱۴۰۵).

این ریسک‌ها می‌توانند ناشی از عوامل مختلفی مانند نوسانات اقتصادی، تغییرات قوانین و مقررات، مشکلات فنی و طراحی، کمبود منابع، شرایط نامساعد جوی و حتی مسائل انسانی مانند ضعف مدیریت یا عدم هماهنگی میان عوامل اجرایی باشند. (ولی‌زاده، برمه‌ور، ۱۳۹۸).

در چنین شرایطی، شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌ها به‌عنوان گامی اساسی در فرآیند مدیریت ریسک اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت ریسک پروژه‌های ساختمانی، پیچیدگی در ارزیابی و تصمیم‌گیری درباره اهمیت نسبی ریسک‌ها است. (خاکسار، شافعی، اله‌ویسی، ۱۳۸۷).

در بسیاری از موارد، تصمیم‌گیرندگان با مجموعه‌ای از معیارهای متضاد و گاه نامشخص مواجه هستند که ارزیابی دقیق آن‌ها را دشوار می‌سازد. برای مثال، یک ریسک ممکن است احتمال وقوع بالایی داشته باشد اما تأثیر آن بر پروژه کم باشد، در حالی که ریسک دیگری با احتمال وقوع پایین، اثرات بسیار شدیدی بر پروژه داشته باشد. (فضلی، خاکباز، فلاح، ۱۳۹۹).

در چنین شرایطی، استفاده از روش‌های سنتی تصمیم‌گیری که مبتنی بر قضاوت‌های ساده یا تک‌معیاره هستند، نمی‌تواند پاسخگوی پیچیدگی‌های موجود باشد. در این راستا، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌عنوان ابزارهایی قدرتمند برای تحلیل مسائل پیچیده و چندبعدی، توجه پژوهشگران و متخصصان حوزه مدیریت پروژه را به خود جلب کرده‌اند. این روش‌ها امکان در نظر گرفتن همزمان چندین معیار کمی و کیفی را فراهم کرده و به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا گزینه‌ها را بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌ها به‌صورت ساختاریافته ارزیابی و رتبه‌بندی کنند. از جمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تکنیک رتبه‌بندی بر اساس شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS)، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سایر روش‌های مشابه اشاره کرد که هر یک دارای ویژگی‌ها و مزایای خاص خود هستند. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تحلیل ریسک پروژه‌های ساختمانی، این امکان را فراهم می‌سازد که ریسک‌ها نه تنها بر اساس یک معیار، بلکه با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارهای کلیدی مانند احتمال وقوع، شدت تأثیر، قابلیت کنترل و میزان کشف‌پذیری، مورد ارزیابی قرار گیرند. (بخشی‌پور، میرحسینی، اله‌ضیغمی، احسانی‌فر، ۱۴۰۵).

این رویکرد منجر به ارائه نتایجی دقیق تر و قابل اتکاتر شده و به مدیران پروژه کمک می کند تا منابع محدود خود را به صورت بهینه به مهم ترین ریسک ها اختصاص دهند. علاوه بر این، استفاده از این روش ها باعث کاهش نقش قضاوت های ذهنی و افزایش شفافیت در فرآیند تصمیم گیری می شود. با وجود پیشرفت های قابل توجه در این حوزه، همچنان خلأهایی در کاربرد عملی روش های تصمیم گیری چندمعیاره در پروژه های ساختمانی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، مشاهده می شود. (بخشی، بی تا؛ ۹۵۶) بسیاری از مطالعات پیشین یا به صورت نظری به بررسی این روش ها پرداخته اند یا تنها بر یک نوع خاص از ریسک تمرکز داشته اند. همچنین، در برخی موارد، عدم یکپارچگی میان مراحل شناسایی، ارزیابی و اولویت بندی ریسک ها باعث کاهش کارایی فرآیند مدیریت ریسک شده است. (آلادپوش، ۱۳۸۰). از این رو، انجام پژوهش هایی که بتوانند با رویکردی جامع و کاربردی، از ترکیب روش های تصمیم گیری چندمعیاره برای تحلیل ریسک استفاده کنند، ضروری به نظر می رسد. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل و اولویت بندی ریسک های پروژه های ساختمانی با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره است. در این راستا، ابتدا ریسک های مؤثر بر پروژه های ساختمانی شناسایی شده و سپس با استفاده از معیارهای مناسب، مورد ارزیابی قرار می گیرند. در ادامه، با به کارگیری یکی از روش های MCDM، ریسک ها رتبه بندی شده و مهم ترین آن ها مشخص می شوند. این فرآیند می تواند به مدیران پروژه در اتخاذ تصمیمات آگاهانه تر و بهبود عملکرد پروژه کمک شایانی نماید. اهمیت این پژوهش از آن جهت است که نتایج آن می تواند به عنوان ابزاری کاربردی برای مدیران، مهندسان و تصمیم گیرندگان در صنعت ساخت و ساز مورد استفاده قرار گیرد. با شناسایی و اولویت بندی دقیق ریسک ها، امکان برنامه ریزی بهتر، تخصیص بهینه منابع و کاهش اثرات منفی ریسک ها فراهم می شود. در نهایت، این امر منجر به افزایش احتمال موفقیت پروژه ها و بهبود کارایی کلی صنعت ساخت و ساز خواهد شد.

مبانی نظری و مفاهیم پایه

مدیریت ریسک

مدیریت ریسک به عنوان یکی از ارکان اساسی مدیریت پروژه، به مجموعه ای از فرآیندها، روش ها و ابزارها اطلاق می شود که با هدف شناسایی، تحلیل، ارزیابی و کنترل عدم قطعیت ها در پروژه به کار گرفته می شوند. در پروژه های ساختمانی، به دلیل پیچیدگی های فنی، تعدد عوامل دخیل و شرایط متغیر محیطی، مدیریت ریسک اهمیت دوچندان پیدا می کند و می تواند نقش تعیین کننده ای در موفقیت یا شکست پروژه ایفا نماید. در ساده ترین تعریف، ریسک به رویداد یا شرایطی گفته می شود که در صورت وقوع، بر اهداف پروژه تأثیر می گذارد. (شیخ، صبحیه، ریحانی همدانی، ۱۳۸۴).

این تأثیر می تواند منفی (تهدید) یا مثبت (فرصت) باشد. با این حال، در اغلب پروژه های ساختمانی، تمرکز اصلی بر مدیریت تهدیدها و کاهش پیامدهای منفی آن ها است. ریسک ها معمولاً با دو مؤلفه اصلی شناخته می شوند: احتمال وقوع و شدت تأثیر. ترکیب این دو عامل، سطح ریسک را تعیین می کند و مبنایی برای اولویت بندی آن ها فراهم می سازد. (فضلی، خاکباز، فلاح، ۱۳۹۹).

یکی از مفاهیم کلیدی در مدیریت ریسک، عدم قطعیت است. عدم قطعیت به شرایطی اشاره دارد که اطلاعات کافی درباره وقوع یک رویداد یا پیامدهای آن در دسترس نیست. (ولی زاده، برمه ور، ۱۳۹۸).

در واقع، ریسک زمانی معنا پیدا می کند که نوعی عدم قطعیت وجود داشته باشد. در پروژه های ساختمانی، این عدم قطعیت می تواند ناشی از تغییرات اقتصادی، نوسانات قیمت مصالح، شرایط آب و هوایی، تغییرات طراحی یا حتی

عوامل انسانی باشد. مدیریت ریسک یک فرآیند نظام‌مند و پیوسته است که معمولاً شامل چند مرحله اصلی می‌باشد. (کله‌لند، فرامرزی، ۱۳۸۳).

نخستین مرحله، شناسایی ریسک‌ها است. در این مرحله، تمامی ریسک‌های بالقوه‌ای که ممکن است پروژه را تحت تأثیر قرار دهند، شناسایی و فهرست می‌شوند. این کار معمولاً از طریق جلسات طوفان فکری، مصاحبه با خبرگان، بررسی پروژه‌های مشابه و استفاده از چک‌لیست‌ها انجام می‌گیرد. مرحله بعدی، تحلیل ریسک‌ها است که به دو صورت کیفی و کمی انجام می‌شود. در تحلیل کیفی، ریسک‌ها بر اساس معیارهایی مانند احتمال وقوع و شدت تأثیر، به صورت نسبی ارزیابی و دسته‌بندی می‌شوند. این نوع تحلیل بیشتر مبتنی بر قضاوت کارشناسان است. (رضایی، حق‌نویس، ساجدی، ۱۳۸۴). در مقابل، تحلیل کمی تلاش می‌کند با استفاده از داده‌های عددی و مدل‌های ریاضی، میزان تأثیر ریسک‌ها را به صورت دقیق‌تر اندازه‌گیری کند. روش‌هایی مانند شبیه‌سازی مونت کارلو از جمله ابزارهای تحلیل کمی محسوب می‌شوند. پس از تحلیل، نوبت به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها می‌رسد. در این مرحله، ریسک‌ها بر اساس سطح اهمیت مرتب می‌شوند تا مشخص شود کدام ریسک‌ها نیازمند توجه و اقدام فوری هستند. (قربانی، مصلح، ۱۳۹۸).

این بخش از فرآیند مدیریت ریسک اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا منابع پروژه محدود بوده و امکان رسیدگی همزمان به تمامی ریسک‌ها وجود ندارد. به همین دلیل، استفاده از روش‌های علمی مانند تصمیم‌گیری چندمعیاره در این مرحله بسیار مفید و کارآمد است. مرحله بعدی، پاسخ به ریسک است. در این مرحله، راهکارهایی برای مقابله با ریسک‌ها تدوین می‌شود. این راهکارها معمولاً در قالب چهار استراتژی اصلی ارائه می‌شوند: اجتناب از ریسک (حذف عامل ریسک)، کاهش ریسک (کاهش احتمال یا اثر آن)، انتقال ریسک (واگذاری به شخص یا سازمان دیگر مانند بیمه) و پذیرش ریسک (قبول پیامدهای آن در صورت وقوع). انتخاب هر یک از این استراتژی‌ها به ماهیت ریسک و شرایط پروژه بستگی دارد. (مهاجری، اردشیر، ۱۳۹۵).

آخرین مرحله، پایش و کنترل ریسک‌ها است. از آنجا که شرایط پروژه به‌طور مداوم در حال تغییر است، ریسک‌ها نیز ممکن است دچار تغییر شوند یا ریسک‌های جدیدی به وجود آیند. بنابراین، لازم است که فرآیند مدیریت ریسک به صورت مستمر مورد بازبینی قرار گیرد و اقدامات لازم برای کنترل و به‌روزرسانی آن انجام شود. در کنار این مراحل، مفهوم ثبت ریسک نیز اهمیت زیادی دارد. (بخشی‌پور، میرحسینی، اله‌ضیغمی، احسانی‌فر، ۱۴۰۵).

ثبت ریسک، یک سند یا پایگاه داده است که اطلاعات مربوط به تمامی ریسک‌های شناسایی شده، شامل شرح ریسک، احتمال وقوع، میزان تأثیر، سطح اهمیت، مسئول رسیدگی و اقدامات پیشنهادی در آن ثبت می‌شود. (شیخ، صبحیه، ریحانی‌همدانی، ۱۳۸۴).

این ابزار به عنوان مرجعی برای پیگیری و مدیریت ریسک‌ها در طول پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی را می‌توان در دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد. از جمله مهم‌ترین این دسته‌ها می‌توان به ریسک‌های فنی (مانند نقص در طراحی)، ریسک‌های مالی (افزایش هزینه‌ها)، ریسک‌های زمانی (تأخیر در اجرا)، ریسک‌های قراردادی، ریسک‌های زیست‌محیطی و ریسک‌های ایمنی اشاره کرد. این تنوع نشان‌دهنده پیچیدگی بالای پروژه‌های ساختمانی و ضرورت استفاده از رویکردهای جامع در مدیریت ریسک است. در نهایت، می‌توان گفت که مدیریت ریسک نه تنها ابزاری برای کاهش تهدیدها، بلکه رویکردی برای افزایش فرصت‌ها و بهبود تصمیم‌گیری در پروژه‌ها است. با به کارگیری اصول و روش‌های علمی در مدیریت ریسک، می‌توان عدم قطعیت‌ها را به حداقل رسانده و

احتمال موفقیت پروژه های ساختمانی را به طور قابل توجهی افزایش داد. (بخشی پور، میرحسینی، اله ضیغمی، احسانی فر، ۱۴۰۵).

ریسک و عدم قطعیت

در حوزه مدیریت پروژه، به ویژه در پروژه های ساختمانی، دو مفهوم کلیدی «ریسک» و «عدم قطعیت» نقش اساسی در تحلیل و تصمیم گیری دارند. اگرچه این دو واژه گاه به جای یکدیگر به کار می روند، اما از نظر مفهومی تفاوت های مهمی میان آن ها وجود دارد که درک صحیح آن ها برای مدیریت مؤثر پروژه ضروری است. ریسک به طور کلی به رویداد یا شرایطی اطلاق می شود که در صورت وقوع، می تواند بر اهداف پروژه تأثیر بگذارد. این اهداف معمولاً شامل زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی هستند. ویژگی مهم ریسک این است که احتمال وقوع آن تا حدی قابل برآورد است و همچنین پیامدهای آن قابل تحلیل و ارزیابی می باشد. (مهاجری، اردشیر، ۱۳۹۵). به بیان دیگر، در شرایط ریسک، تصمیم گیرنده تا حدودی می داند چه اتفاقی ممکن است رخ دهد و چه پیامدهایی به دنبال خواهد داشت. ریسک معمولاً با دو مؤلفه اصلی شناخته می شود: احتمال وقوع و میزان تأثیر. برای مثال، در یک پروژه ساختمانی، افزایش قیمت مصالح ممکن است ریسکی با احتمال بالا و تأثیر متوسط باشد، (فضلی، خاکباز، فلاح، ۱۳۹۹). در حالی که وقوع زلزله ریسکی با احتمال پایین اما تأثیر بسیار شدید محسوب می شود. در مقابل، عدم قطعیت به وضعیتی اشاره دارد که در آن اطلاعات کافی درباره رویدادهای آینده، احتمال وقوع آن ها یا پیامدهایشان در دسترس نیست. به عبارت دیگر، در شرایط عدم قطعیت، نه تنها نتیجه یک رویداد مشخص نیست، بلکه حتی احتمال وقوع آن نیز به سختی قابل تعیین است. این مفهوم گسترده تر از ریسک بوده و ریسک را می توان یکی از حالت های خاص عدم قطعیت دانست. (ارزانی، ارزانی، زارع، ۱۴۰۱).

تفاوت اصلی بین ریسک و عدم قطعیت در این است که در ریسک، می توان احتمال وقوع رویدادها را برآورد کرد و آن ها را تا حدی کمی سازی نمود. در عدم قطعیت، امکان برآورد دقیق احتمال ها وجود ندارد و اطلاعات ناقص یا مبهم است. برای روشن تر شدن این تفاوت، می توان گفت اگر یک مدیر پروژه بداند که احتمال تأخیر در تأمین مصالح ۳۰ درصد است، با یک وضعیت ریسکی مواجه است. (Acebes, González-Varona, López-Paredes, 2024) اما اگر هیچ اطلاعاتی درباره وضعیت تأمین مصالح نداشته باشد و نتواند احتمال تأخیر را تخمین بزند، در شرایط عدم قطعیت قرار دارد (بخشی پور، میرحسینی، اله ضیغمی، احسانی فر، ۱۴۰۵). در پروژه های ساختمانی، هر دو مفهوم به طور همزمان وجود دارند. (Cai, Hu, Peng, Guo, Xiong, Zhang, 2024) بسیاری از تصمیمات مدیریتی در فضایی اتخاذ می شوند که ترکیبی از ریسک های قابل اندازه گیری و عدم قطعیت های ناشناخته است. به همین دلیل، یکی از اهداف اصلی مدیریت ریسک، کاهش عدم قطعیت و تبدیل آن به ریسک های قابل تحلیل است؛ (Acebes, Poza, González-Varona, Pajares, López-Paredes, 2024) به عبارت دیگر، تلاش می شود با جمع آوری اطلاعات، استفاده از تجربیات گذشته و به کارگیری روش های تحلیلی، شرایط مبهم به شرایط قابل پیش بینی تر تبدیل شود. در نهایت، درک صحیح تفاوت میان ریسک و عدم قطعیت به مدیران پروژه کمک می کند تا رویکردهای مناسب تری برای مواجهه با شرایط مختلف اتخاذ کنند؛ به گونه ای که در مواجهه با ریسک ها از ابزارهای کمی و تحلیلی استفاده کرده و در برابر عدم قطعیت ها، بر انعطاف پذیری، سناریوسازی و تصمیم گیری تطبیقی تمرکز نمایند. (فضلی، خاکباز، فلاح، ۱۳۹۹؛ قربانی، مصلح، ۱۳۹۸).

انواع ریسک در پروژه‌های ساختمانی

پروژه‌های ساختمانی به دلیل ماهیت پیچیده، چندبُعدی و وابسته به شرایط متغیر، با طیف گسترده‌ای از ریسک‌ها مواجه هستند. شناسایی و دسته‌بندی این ریسک‌ها، گامی اساسی در مدیریت مؤثر آن‌ها به‌شمار می‌رود. در ادامه، مهم‌ترین انواع ریسک در پروژه‌های ساختمانی به‌صورت نظام‌مند تشریح می‌شود.

۱. **ریسک‌های مالی:** این دسته از ریسک‌ها به مسائل اقتصادی و مالی پروژه مربوط می‌شوند و می‌توانند تأثیر مستقیمی بر بودجه و سودآوری داشته باشند. مهم‌ترین مصادیق آن عبارت‌اند از:

- نوسانات قیمت مصالح و تجهیزات
- افزایش هزینه‌های پیش‌بینی نشده
- کمبود نقدینگی یا تأخیر در تأمین منابع مالی
- تورم و تغییرات نرخ ارز
- مشکلات در پرداخت‌ها و مطالبات پیمانکاران

۲. **ریسک‌های فنی:** ریسک‌های فنی به جنبه‌های مهندسی، طراحی و اجرای پروژه مرتبط هستند و معمولاً ناشی از نقص در دانش فنی یا خطاهای اجرایی‌اند:

- اشتباهات طراحی و محاسبات مهندسی
- استفاده از فناوری‌های نامناسب یا نوظهور بدون ارزیابی کافی
- کیفیت پایین مصالح یا تجهیزات
- خطاهای اجرایی در کارگاه
- عدم تطابق نقشه‌ها با شرایط واقعی سایت

۳. **ریسک‌های زمانی:** این ریسک‌ها به تأخیر در برنامه زمان‌بندی پروژه مربوط می‌شوند و از رایج‌ترین مشکلات پروژه‌های ساختمانی هستند:

- تأخیر در تأمین مصالح یا تجهیزات
- مشکلات در هماهنگی بین پیمانکاران
- تغییرات مکرر در طراحی
- شرایط نامساعد جوی
- ضعف در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

۴. **ریسک‌های محیطی:** این دسته از ریسک‌ها ناشی از شرایط طبیعی و محیطی هستند که خارج از کنترل مستقیم مدیران پروژه‌اند:

- شرایط نامساعد آب‌وهوایی (بارندگی، طوفان، سرما یا گرمای شدید)
- بلایای طبیعی مانند زلزله، سیل یا رانش زمین
- آلودگی‌های زیست‌محیطی
- محدودیت‌های ناشی از قوانین محیط‌زیستی

۵. ریسک‌های مدیریتی: ریسک‌های مدیریتی به ضعف در فرآیندهای تصمیم‌گیری و مدیریت پروژه مربوط می‌شوند:

- ضعف در برنامه‌ریزی و سازماندهی
- عدم هماهنگی بین تیم‌های مختلف
- تصمیم‌گیری‌های نادرست یا دیر هنگام
- کمبود تجربه یا مهارت مدیران پروژه
- ضعف در کنترل و نظارت (Acebes, Poza, González-Varona, Pajares, López-Paredes, & Cai, Hu, Peng, Guo, Xiong, Zhang, 2024)

در ادامه باید گفت ریسک‌های قراردادی و حقوقی نیز در پروژه‌های ساختمانی از مهم‌ترین دسته‌های ریسک‌های مدیریتی محسوب می‌شوند که به‌طور مستقیم بر روابط بین ذی‌نفعان پروژه و روند اجرای تعهدات اثرگذار هستند. این نوع ریسک‌ها عمدتاً ناشی از ابهام یا نقص در مفاد قراردادها، تفسیرهای متفاوت از بندهای قراردادی، و نبود شفافیت در تعیین حدود مسئولیت‌ها میان کارفرما، پیمانکار و مشاور است. در بسیاری از پروژه‌ها، اختلافات حقوقی بین طرفین به دلیل تغییر شرایط اجرایی، تأخیرها یا افزایش هزینه‌ها تشدید شده و منجر به بروز دعاوی حقوقی و ادعاهای پیمانکاران می‌شود. علاوه بر این، تغییرات در قوانین و مقررات ملی یا محلی، به‌ویژه در حوزه ساخت‌وساز، مالیات، ایمنی و محیط‌زیست، می‌تواند تعهدات قراردادی را تحت تأثیر قرار داده و نیاز به بازنگری در توافقات اولیه ایجاد کند. عدم پایبندی طرفین به تعهدات قراردادی، ضعف در نظارت حقوقی و نبود سازوکارهای حل اختلاف کارآمد نیز از عوامل تشدیدکننده این دسته از ریسک‌ها هستند که در نهایت می‌توانند منجر به توقف پروژه، افزایش هزینه‌های حقوقی و کاهش اعتماد میان ذی‌نفعان شوند. در کنار این موارد، ریسک‌های منابع انسانی نیز نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در موفقیت یا شکست پروژه‌های عمرانی دارند. (گل‌نرگسی، بمبایی جی، ۱۴۰۵).

این ریسک‌ها شامل کمبود نیروی کار ماهر و متخصص، نارضایتی کارکنان، و بروز اعتصابات یا ترک کار در مراحل حساس پروژه هستند که می‌توانند روند اجرایی را به‌طور جدی مختل کنند. همچنین خطاهای انسانی در فرآیند اجرا، به‌ویژه در شرایط فشار زمانی یا ضعف آموزش، از دیگر عوامل مهم ایجاد ریسک محسوب می‌شود. مسائل مربوط به ایمنی نیروی انسانی نیز در همین حوزه قابل بررسی است، زیرا حوادث ناشی از کار مانند سقوط، برخورد با تجهیزات یا برق‌گرفتگی نه تنها خسارات انسانی و مالی سنگینی به همراه دارد، بلکه موجب کاهش بهره‌وری و توقف عملیات اجرایی می‌شود. نبود آموزش کافی، ضعف در فرهنگ ایمنی و کمبود تجهیزات حفاظتی استاندارد، این ریسک‌ها را تشدید می‌کند. در ادامه، ریسک‌های ایمنی به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین حوزه‌های مدیریت پروژه مطرح هستند که مستقیماً با سلامت و جان نیروی انسانی در ارتباط‌اند. عدم رعایت استانداردهای ایمنی، ضعف در نظارت بر کارگاه، و بی‌توجهی به دستورالعمل‌های حفاظتی می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری ایجاد کند. از سوی دیگر، ریسک‌های تأمین و تدارکات نیز نقش مهمی در تداوم جریان اجرای پروژه دارند و به عواملی مانند تأخیر در تحویل مصالح، کیفیت پایین اقلام خریداری‌شده، وابستگی به تعداد محدود تأمین‌کنندگان، و مشکلات حمل‌ونقل و لجستیک مربوط می‌شوند. این مشکلات می‌توانند موجب توقف فعالیت‌های اجرایی، افزایش هزینه‌ها و کاهش کیفیت نهایی پروژه شوند. در نهایت، ریسک‌های سیاسی و اجتماعی به‌عنوان عوامل کلان و بیرونی، تأثیر قابل توجهی بر محیط اجرای پروژه دارند. (بخشی‌پور، میرحسینی، اله‌ضیغمی، احسانی‌فر، ۱۴۰۵). تغییرات سیاسی و اقتصادی، اعمال تحریم‌ها و محدودیت‌های

بین‌المللی، ناآرامی‌های اجتماعی و تغییر در سیاست‌های کلان دولتی از جمله عواملی هستند که می‌توانند ثبات پروژه را تحت تأثیر قرار دهند. این شرایط اغلب غیرقابل پیش‌بینی بوده و مدیریت آن‌ها نیازمند انعطاف‌پذیری بالا و برنامه‌ریزی استراتژیک در سطح کلان پروژه است. مجموع این ریسک‌ها نشان می‌دهد که موفقیت پروژه‌های ساختمانی تنها به عوامل فنی وابسته نیست، بلکه مدیریت جامع ریسک‌های حقوقی، انسانی، ایمنی، تدارکاتی و کلان اجتماعی-سیاسی نقش اساسی در تحقق اهداف زمانی، هزینه‌ای و کیفی پروژه دارد. در واقع ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی بسیار متنوع و درهم‌تنیده هستند و هر پروژه ممکن است با ترکیبی از این ریسک‌ها مواجه شود. درک صحیح این دسته‌بندی‌ها به مدیران پروژه کمک می‌کند تا با دیدی جامع‌تر، فرآیند شناسایی و تحلیل ریسک را انجام داده و از ابزارهای مناسب مانند روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی و کنترل آن‌ها استفاده نمایند. (فضلی، خاکباز، فلاح، ۱۳۹۹؛ قربانی، مصلح، ۱۳۹۸).

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تحلیل ریسک پروژه‌های ساختمانی

در مسائل پیچیده‌ای مانند تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به دلیل امکان در نظر گرفتن همزمان چندین معیار کمی و کیفی، اهمیت ویژه‌ای دارد. در ادامه، مهم‌ترین این روش‌ها معرفی می‌شوند:

۱. روش AHP فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی: AHP یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ساعتی ارائه شده است. این روش بر پایه تجزیه یک مسئله پیچیده به سطوح سلسله‌مراتبی و انجام مقایسات زوجی بین عناصر بنا شده است.

مراحل اصلی AHP در این روش بدین صورت است که ساختاردهی مسئله به صورت سلسله‌مراتبی، شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، مقایسه عناصر دو به دو بر اساس اهمیت نسبی، محاسبه وزن معیارها، با استفاده از بردار ویژه، بررسی نرخ ناسازگاری برای اطمینان از منطقی بودن قضاوت‌ها، رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت می‌گیرد. (Acebes, Poza, González-Varona, Pajares, López-Paredes, 2024)

۲. روش TOPSIS: روش TOPSIS بر این اصل استوار است که بهترین گزینه باید کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد.

مراحل اصلی TOPSIS: تشکیل ماتریس تصمیم، نرمال‌سازی ماتریس، اعمال وزن معیارها، تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی، محاسبه فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌ها، محاسبه شاخص نزدیکی به ایده‌آل رتبه‌بندی گزینه‌ها (بخشی‌پور، میرحسینی، اله‌ضیغمی، احسانی‌فر، ۱۴۰۵).

۳. روش ANP فرایند تحلیل شبکه‌ای: ANP نسخه توسعه‌یافته AHP است که وابستگی و تعامل بین معیارها و گزینه‌ها را در نظر می‌گیرد. در بسیاری از مسائل واقعی، معیارها مستقل از یکدیگر نیستند و این روش این محدودیت AHP را برطرف می‌کند. ویژگی‌های ANP روش بدین شرح است: ساختار شبکه‌ای به جای سلسله‌مراتبی، در نظر گرفتن بازخورد و وابستگی بین عناصر، استفاده از سوپرماتریس برای محاسبات.

۴. روش ELECTRE: روش ELECTRE از خانواده روش‌های برتری است و بر مقایسه زوجی گزینه‌ها بر اساس مفهوم «غلبه» استوار است. از ویژگی‌های این روش استفاده از شاخص‌های توافق و عدم توافق، مناسب برای مسائل با معیارهای متضاد است.

۵. روش VIKOR: روش VIKOR بر پایه انتخاب گزینه ای است که بیشترین نزدیکی به راه حل ایده آل را با در نظر گرفتن سازش داشته باشد. ویژگی های این روش تمرکز بر راه حل مصالحه ای، در نظر گرفتن رضایت گروهی و فردی است. در واقع روش های تصمیم گیری چندمعیاره ابزارهایی قدرتمند برای تحلیل ریسک در پروژه های ساختمانی هستند. انتخاب روش مناسب به ماهیت مسئله، نوع داده ها و میزان پیچیدگی وابستگی بین معیارها بستگی دارد. به طور کلی AHP برای وزن دهی معیارها بسیار مناسب است. TOPSIS برای رتبه بندی گزینه ها کاربرد گسترده ای دارد. ANP در مسائل پیچیده با وابستگی بالا استفاده می شود. ELECTRE و VIKOR برای تصمیم گیری در شرایط تعارض و چندگانگی معیارها مفید هستند. در بسیاری از پژوهش ها، ترکیب این روش ها مثلاً AHP-TOPSIS برای دستیابی به نتایج دقیق تر مورد استفاده قرار می گیرد (Cai, Hu, Peng, Guo, Xiong, Zhang, ۲۰۲۴). (Chen, Dao, Chiu, & ۲۰۲۴) Nithya, Thota, Rathour, Shanmugasundaram, ۲۰۲۴ Jalhoom, Mahjoob, & ۲۰۲۴ Yousefi Roodsari, Hasan, Shah, Ganji, (۲۰۲۴)

جدول (۱) روش های تصمیم گیری چندمعیاره در تحلیل ریسک پروژه های ساختمانی

روش	اصل کلیدی	ساختار	کاربرد اصلی
AHP	مقایسه زوجی و وزن دهی بر اساس قضاوت کارشناسان	سلسله مراتبی (هدف، معیار، زیر معیار، گزینه)	وزن دهی معیارها و رتبه بندی در مسائل با معیارهای مستقل
TOPSIS	انتخاب گزینه ای با کمترین فاصله از ایده آل مثبت و بیشترین فاصله از ایده آل منفی	مبتنی بر ماتریس تصمیم و فواصل	انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه های موجود
ANP	در نظر گرفتن وابستگی و بازخورد بین معیارها و گزینه ها	شبکه ای (غیر سلسله مراتبی)	رفع محدودیت استقلال معیارها در AHP؛ برای مسائل پیچیده با تعاملات درونی
ELECTRE	رتبه بندی بر اساس مفهوم «غلبه» و شاخص های توافق/عدم توافق	مقایسه زوجی گزینه ها	مناسب برای مسائل با معیارهای متضاد و ناهمگن
VIKOR	یافتن راه حل مصالحه ای با نزدیک ترین فاصله به ایده آل	مبتنی بر شاخص های سود گروهی و تأسف فردی	دستیابی به توافق گروهی و راه حل سازشی

روش تحقیق

پژوهش حاضر با هدف تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. از نظر هدف، این تحقیق کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی محسوب می‌شود؛ به گونه‌ای که ابتدا به شناسایی و توصیف ریسک‌ها پرداخته و سپس با بهره‌گیری از ابزارهای تحلیلی، آن‌ها را ارزیابی و رتبه‌بندی می‌نماید. در این پژوهش، جامعه آماری شامل خبرگان و متخصصان حوزه ساخت‌وساز از جمله مدیران پروژه، مهندسان عمران، پیمانکاران و مشاوران فعال در پروژه‌های ساختمانی است. انتخاب این افراد به دلیل دانش و تجربه عملی آن‌ها در مواجهه با ریسک‌های پروژه انجام شده است. نمونه‌گیری به صورت هدفمند (قضاوتی) صورت گرفته و تلاش شده است تا افرادی با سابقه کاری مرتبط و آشنایی کافی با مدیریت ریسک در تحقیق مشارکت داشته باشند.

برای گردآوری داده‌ها از ترکیبی از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. در بخش کتابخانه‌ای، منابع علمی شامل مقالات پژوهشی، کتب تخصصی و استانداردهای مدیریت پروژه مورد بررسی قرار گرفته تا چارچوب نظری تحقیق و فهرست اولیه ریسک‌ها استخراج شود. در بخش میدانی، از ابزار پرسشنامه برای جمع‌آوری نظرات خبرگان استفاده شده است. پرسشنامه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که امکان انجام مقایسات زوجی در روش AHP و ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارهای مشخص در روش TOPSIS را فراهم کنند. در مرحله نخست، ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان شناسایی و دسته‌بندی شدند. سپس، معیارهای ارزیابی ریسک شامل شاخص‌هایی نظیر احتمال وقوع، شدت تأثیر، قابلیت کنترل و میزان کشف‌پذیری تعیین گردید. این معیارها به عنوان مبنای تحلیل در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه، برای تعیین وزن نسبی معیارها از روش AHP (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی) استفاده شد. بدین منظور، ماتریس‌های مقایسات زوجی بر اساس نظرات خبرگان تشکیل و وزن هر معیار با استفاده از بردار ویژه محاسبه گردید. همچنین، به منظور اطمینان از سازگاری قضاوت‌ها، نرخ ناسازگاری محاسبه و در صورت لزوم اصلاحات لازم اعمال شد. پس از تعیین وزن معیارها، به منظور رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده، از روش TOPSIS استفاده گردید. در این مرحله، ابتدا ماتریس تصمیم بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده تشکیل شد. سپس داده‌ها نرمال‌سازی شده و وزن معیارها بر آن‌ها اعمال گردید. در ادامه، راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی تعیین و فاصله هر ریسک از این دو نقطه محاسبه شد. در نهایت، شاخص نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل برای هر ریسک محاسبه و بر اساس آن، ریسک‌ها رتبه‌بندی شدند. برای افزایش دقت و اعتبار نتایج، تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی مانند Excel یا نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. همچنین، روایی پرسشنامه‌ها از طریق نظر خبرگان (روایی محتوایی) و پایایی آن‌ها با استفاده از روش‌هایی مانند ضریب آلفای کرونباخ مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است. این پژوهش با بهره‌گیری از ترکیب روش‌های AHP و TOPSIS، چارچوبی نظام‌مند برای تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی ارائه می‌دهد که می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، به منظور تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی، از ترکیب دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل AHP و TOPSIS استفاده شده است. در گام نخست، داده‌های جمع‌آوری‌شده از طریق پرسشنامه‌های

تکمیل شده توسط خبرگان استخراج و طبقه بندی شدند. این داده ها شامل مقایسات زوجی بین معیارها برای AHP، ارزیابی ریسک ها بر اساس معیارهای تعیین شده برای TOPSIS بود. سپس میانگین نظرات خبرگان برای هر یک از مقایسات و ارزیابی ها محاسبه و به عنوان داده نهایی وارد فرآیند تحلیل شد. به منظور مشخص کردن اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی ریسک، از روش AHP استفاده گردید:

۱- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: معیارهایی مانند احتمال وقوع، شدت تأثیر، قابلیت کشف و قابلیت کنترل، به صورت دو به دو توسط خبرگان مقایسه شدند و ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردید.

۲- نرمال سازی ماتریس: مقادیر هر ستون از ماتریس بر مجموع همان ستون تقسیم شد تا ماتریس نرمال به دست آید.

۳- محاسبه وزن معیارها: با محاسبه میانگین سطرها، ماتریس نرمال، وزن نسبی هر معیار تعیین شد.

۴- بررسی نرخ ناسازگاری: برای اطمینان از صحت قضاوت ها، نرخ ناسازگاری (CR) محاسبه شد. در صورتی که مقدار CR کمتر از ۰,۱ باشد، سازگاری قابل قبول در نظر گرفته می شود.

۵- تشکیل ماتریس تصمیم: در این مرحله، ریسک های شناسایی شده (به عنوان گزینه ها) در برابر معیارهای ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر این ماتریس بر اساس میانگین امتیازات اختصاص یافته توسط خبرگان تعیین شد. به این ترتیب، یک ماتریس تصمیم شامل سطری از ریسک ها و ستونی از معیارها تشکیل شد. به منظور قابل مقایسه شدن داده ها، ماتریس تصمیم با استفاده از روش نرمال سازی برداری، مقیاس بندی شد. این کار باعث حذف اثر مقیاس های متفاوت معیارها می شود.

۶- تشکیل ماتریس نرمال وزن دار: در این مرحله، مقادیر نرمال شده در وزن معیارهای به دست آمده از AHP ضرب شدند تا ماتریس نهایی تصمیم وزن دار به دست آید. همچنین دو نوع راه حل ایده آل تعریف شد:

راه حل ایده آل مثبت: (A^+) بهترین مقدار برای هر معیار

راه حل ایده آل منفی: (A^-) بدترین مقدار برای هر معیار

برای معیارهای سود (بیشتر بهتر)، بیشترین مقدار به عنوان ایده آل مثبت در نظر گرفته شد و برعکس برای معیارهای هزینه. فاصله هر ریسک از راه حل های ایده آل مثبت و منفی با استفاده از فاصله اقلیدسی محاسبه شد:

• فاصله از ایده آل مثبت

• فاصله از ایده آل منفی

برای هر ریسک، شاخص نزدیکی به راه حل ایده آل به این صورت محاسبه شد. هرچه این مقدار به ۱ نزدیک تر باشد، ریسک مورد نظر اهمیت بیشتری دارد. در نهایت، ریسک ها بر اساس مقدار شاخص نزدیکی به صورت نزولی مرتب شدند. ریسک هایی که دارای بالاترین مقدار این شاخص بودند، به عنوان مهم ترین و بحرانی ترین ریسک های پروژه شناسایی شدند. کلیه محاسبات مربوط به روش های AHP و TOPSIS با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. همچنین، برای افزایش دقت محاسبات، از فرمول های استاندارد و بررسی های کنترلی استفاده گردید. در واقع فرآیند تجزیه و تحلیل داده ها در این پژوهش، با ترکیب دو روش AHP و TOPSIS، امکان تعیین وزن معیارها و رتبه بندی دقیق ریسک ها را فراهم ساخته است. این رویکرد باعث شده تا علاوه بر کاهش خطاهای ناشی از قضاوت های ذهنی، نتایج قابل اعتماد و کاربردی برای تصمیم گیری در مدیریت پروژه های ساختمانی ارائه شود.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش حاصل تحلیل نظام‌مند ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی با استفاده از ترکیب دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، یعنی AHP برای وزن‌دهی معیارها و TOPSIS برای رتبه‌بندی ریسک‌ها است. نتایج به‌دست‌آمده در دو بخش اصلی شامل «یافته‌های مربوط به وزن معیارها» و «یافته‌های مربوط به اولویت‌بندی ریسک‌ها» ارائه می‌شود. در مرحله نخست تحلیل، معیارهای اصلی ارزیابی ریسک شامل احتمال وقوع، شدت تأثیر، قابلیت کنترل و قابلیت کشف با استفاده از نظرات خبرگان و به‌کارگیری روش AHP وزن‌دهی شدند. نتایج نشان داد که بین این معیارها تفاوت معناداری از نظر اهمیت وجود دارد. مهم‌ترین یافته این بخش آن است که معیار شدت تأثیر بالاترین وزن را در میان معیارهای ارزیابی ریسک به خود اختصاص داده است. این نتیجه نشان می‌دهد که از دید خبرگان، پیامدهای ناشی از وقوع یک ریسک اهمیت بیشتری نسبت به احتمال وقوع آن دارد. به بیان دیگر، در پروژه‌های ساختمانی، ریسک‌هایی که می‌توانند خسارات شدید مالی، زمانی یا ایمنی ایجاد کنند، حتی اگر احتمال وقوع پایینی داشته باشند، باید در اولویت مدیریت قرار گیرند. این یافته با ماهیت پروژه‌های ساختمانی کاملاً هم‌راستا است؛ زیرا برخی ریسک‌ها مانند ریزش سازه، حوادث ایمنی شدید یا شکست‌های ساختاری، هرچند کم‌احتمال هستند، اما در صورت وقوع، پیامدهای بسیار سنگینی دارند. معیار احتمال وقوع در رتبه دوم اهمیت قرار گرفت. این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه احتمال وقوع ریسک‌ها مهم است، اما به‌تنهایی تعیین‌کننده اولویت نیست. در واقع، ریسک‌هایی که احتمال وقوع بالایی دارند، تنها در صورتی در اولویت بالا قرار می‌گیرند که شدت تأثیر آن‌ها نیز قابل توجه باشد. معیارهای قابلیت کنترل و قابلیت کشف در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این موضوع نشان می‌دهد که خبرگان معتقدند توانایی مدیریتی و شناسایی به‌موقع ریسک‌ها نقش مکملی در فرآیند تصمیم‌گیری دارد. ریسک‌هایی که کنترل‌پذیری پایین دارند، معمولاً نیازمند برنامه‌ریزی دقیق‌تر و اقدامات پیشگیرانه جدی‌تر هستند. بررسی نرخ ناسازگاری (CR) در تمامی ماتریس‌های مقایسه زوجی نشان داد که مقدار آن کمتر از ۰٫۱ بوده و در نتیجه، قضاوت‌های انجام‌شده توسط خبرگان از سازگاری قابل قبول برخوردار بوده است. این امر اعتبار نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها را تأیید می‌کند.

یافته‌های مربوط به شناسایی و تحلیل ریسک‌ها

در مرحله بعد، مجموعه‌ای از ریسک‌های کلیدی پروژه‌های ساختمانی از طریق مرور ادبیات و نظرات خبرگان شناسایی شدند. این ریسک‌ها در دسته‌های مالی، زمانی، فنی، مدیریتی، قراردادی، محیطی و انسانی طبقه‌بندی گردیدند. نتایج نشان داد که ریسک‌های شناسایی‌شده از نظر ماهیت، بسیار متنوع بوده و پروژه‌های ساختمانی تحت تأثیر ترکیبی از عوامل داخلی و خارجی قرار دارند. این تنوع نشان‌دهنده پیچیدگی بالای محیط پروژه‌های ساختمانی است.

یافته‌های حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌ها نتایج TOPSIS

پس از تعیین وزن معیارها، ریسک‌ها با استفاده از روش TOPSIS رتبه‌بندی شدند. در این مرحله، هر ریسک بر اساس فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی ارزیابی گردید. یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش این است که ریسک‌های مالی در صدر ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی قرار گرفتند. در میان این ریسک‌ها، موارد زیر بیشترین اهمیت را داشتند:

- نوسانات قیمت مصالح ساختمانی
- افزایش ناگهانی هزینه‌های اجرایی
- کمبود نقدینگی در طول پروژه

- تغییر نرخ ارز در پروژه های وابسته به واردات

این نتایج نشان می دهد که عوامل اقتصادی نقش تعیین کننده ای در موفقیت یا شکست پروژه های ساختمانی دارند. در شرایط اقتصادی ناپایدار، این نوع ریسک ها می توانند به سرعت کل پروژه را تحت تأثیر قرار دهند. ریسک های زمانی نیز از مهم ترین عوامل تهدید کننده پروژه ها شناسایی شدند. مهم ترین موارد شامل:

- تأخیر در تأمین مصالح و تجهیزات
- ضعف در برنامه ریزی زمان بندی
- عدم هماهنگی بین پیمانکاران
- توقف های ناشی از شرایط جوی

این یافته نشان می دهد که مدیریت زمان در پروژه های ساختمانی نقش حیاتی دارد و کوچک ترین تأخیر می تواند به زنجیره ای از مشکلات منجر شود. ریسک های فنی در رتبه های میانی قرار گرفتند. این ریسک ها شامل خطاهای طراحی، ضعف در اجرا و استفاده از مصالح نامناسب بودند. اگرچه این ریسک ها نسبت به ریسک های مالی و زمانی در اولویت پایین تری قرار گرفتند، اما همچنان از اهمیت قابل توجهی برخوردارند.

جدول (۲) یافته های مربوط به شناسایی و تحلیل ریسک ها

دسته بندی ریسک	رتبه بندی	مهم ترین موارد شناسایی شده
ریسک های مالی	۱ (اولویت اول)	نوسانات قیمت مصالح افزایش ناگهانی هزینه ها کمبود نقدینگی تغییر نرخ ارز
ریسک های زمانی	۲ (اولویت دوم)	تأخیر در تأمین مصالح/تجهیزات ضعف در برنامه ریزی زمان بندی عدم هماهنگی پیمانکاران توقف های جوی
ریسک های فنی	۳ (اولویت میانی)	خطاهای طراحی ضعف در اجرا استفاده از مصالح نامناسب
سایر ریسک ها	طبقه بندی شده	مالی، زمانی، فنی، مدیریتی، قراردادی، محیطی و انسانی

در واقع ریسک های مالی و زمانی به دلیل تأثیر مستقیم بر موفقیت پروژه در شرایط اقتصادی ناپایدار، در بالاترین اولویت قرار دارند.

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که به کارگیری روش های تصمیم گیری چندمعیاره، به ویژه ترکیب روش های AHP و TOPSIS، می تواند چارچوبی منسجم و قابل اتکا برای تحلیل و اولویت بندی ریسک های پروژه های

ساختمانی فراهم آورد. با توجه به پیچیدگی های ذاتی این پروژه ها و تعدد عوامل تأثیرگذار، استفاده از رویکردهای سنتی و تک معیاره در ارزیابی ریسک ها، نمی تواند پاسخگوی نیازهای تصمیم گیری در محیط های پویا و پرابهام باشد. در این پژوهش تلاش شد تا با استفاده از یک رویکرد سیستماتیک، ریسک ها به صورت چندبعدی مورد بررسی قرار گیرند و اهمیت نسبی آن ها بر اساس معیارهای مختلف تعیین شود. یکی از مهم ترین یافته های این تحقیق، تأکید بر نقش معیار «شدت تأثیر» در ارزیابی ریسک ها بود. نتایج وزن دهی معیارها با استفاده از روش AHP نشان داد که در میان معیارهای مورد بررسی، شدت تأثیر بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. این موضوع بیانگر آن است که خبرگان حوزه ساخت و ساز، پیامدهای ناشی از وقوع ریسک را مهم تر از احتمال وقوع آن می دانند. به عبارت دیگر، حتی اگر احتمال وقوع یک ریسک پایین باشد، در صورتی که پیامدهای آن شدید و مخرب باشد، باید در اولویت مدیریت قرار گیرد. این یافته با واقعیت های موجود در پروژه های ساختمانی نیز همخوانی دارد، زیرا برخی ریسک ها مانند حوادث ایمنی یا شکست سازه ای، هرچند احتمال وقوع کمتری دارند، اما در صورت وقوع، خسارات جبرانناپذیری به همراه خواهند داشت.

از سوی دیگر، معیار «احتمال وقوع» نیز به عنوان یکی از عوامل مهم در ارزیابی ریسک ها شناخته شد، اما در مقایسه با شدت تأثیر، از اهمیت کمتری برخوردار بود. این امر نشان می دهد که در فرآیند تصمیم گیری، صرفاً احتمال وقوع یک ریسک نمی تواند مبنای مناسبی برای اولویت بندی باشد و باید در کنار سایر معیارها مورد توجه قرار گیرد. همچنین، معیارهایی مانند قابلیت کنترل و قابلیت کشف، نقش مکملی در تحلیل ریسک ها ایفا کرده و به درک بهتر از ماهیت و مدیریت پذیری آن ها کمک می کنند. در بخش رتبه بندی ریسک ها با استفاده از روش TOPSIS، نتایج نشان داد که ریسک های مالی و زمانی در میان مهم ترین ریسک های پروژه های ساختمانی قرار دارند. نوسانات قیمت مصالح، کمبود منابع مالی و تأخیر در تأمین نقدینگی از جمله عواملی بودند که به عنوان ریسک های بحرانی شناسایی شدند. این یافته ها با شرایط اقتصادی حاکم بر بسیاری از پروژه های ساختمانی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، همخوانی دارد؛ جایی که تغییرات ناگهانی در بازار و محدودیت های مالی می تواند به طور مستقیم بر روند اجرای پروژه تأثیر بگذارد. همچنین، ریسک های زمانی نظیر تأخیر در تأمین مصالح، مشکلات در هماهنگی بین عوامل اجرایی و ضعف در برنامه ریزی، از دیگر مواردی بودند که در رتبه های بالای اهمیت قرار گرفتند. این موضوع نشان دهنده اهمیت مدیریت زمان و برنامه ریزی دقیق در پروژه های ساختمانی است. تأخیر در یک بخش از پروژه می تواند به صورت زنجیره ای سایر بخش ها را نیز تحت تأثیر قرار داده و در نهایت منجر به افزایش هزینه ها و کاهش رضایت ذی نفعان شود.

در کنار این موارد، ریسک های فنی و اجرایی نیز به عنوان عوامل تأثیرگذار شناسایی شدند، هرچند در مقایسه با ریسک های مالی و زمانی، از اولویت کمتری برخوردار بودند. این موضوع می تواند ناشی از پیشرفت های فناوری و افزایش سطح دانش فنی در صنعت ساخت و ساز باشد که تا حدی از بروز خطاهای فنی جلوگیری کرده است. با این حال، همچنان توجه به کیفیت طراحی و اجرای صحیح پروژه، از الزامات اساسی در کاهش ریسک های فنی محسوب می شود. یکی از نقاط قوت این پژوهش، استفاده از ترکیب دو روش AHP و TOPSIS بود که امکان بهره گیری از مزایای هر دو روش را فراهم ساخت. در حالی که AHP برای تعیین وزن معیارها بر اساس قضاوت خبرگان مناسب است، TOPSIS توانایی بالایی در رتبه بندی گزینه ها بر اساس فاصله از راه حل ایده آل دارد. ترکیب این دو روش باعث شد تا فرآیند تحلیل ریسک، هم از نظر دقت و هم از نظر جامعیت، بهبود یابد. این رویکرد ترکیبی می تواند به عنوان

الگویی برای سایر مطالعات در حوزه مدیریت پروژه مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، این پژوهش نیز با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به وابستگی نتایج به نظرات خبرگان اشاره کرد که ممکن است تحت تأثیر تجربیات شخصی و قضاوت‌های ذهنی قرار داشته باشد. همچنین، محدود بودن جامعه آماری و تمرکز بر یک نوع خاص از پروژه‌های ساختمانی، ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را کاهش دهد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، از نمونه‌های آماری گسترده‌تر و متنوع‌تری استفاده شود و همچنین روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند ANP یا VIKOR نیز مورد بررسی قرار گیرند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت مؤثر ریسک در پروژه‌های ساختمانی، نیازمند رویکردی سیستماتیک و چندمعیاره است. شناسایی دقیق ریسک‌ها، تعیین اهمیت نسبی آن‌ها و اولویت‌بندی بر اساس معیارهای مختلف، می‌تواند به مدیران پروژه کمک کند تا منابع خود را به صورت بهینه تخصیص داده و از بروز مشکلات جدی در طول اجرای پروژه جلوگیری نمایند. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به ویژه در محیط‌های پیچیده و پرابهام، می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و افزایش احتمال موفقیت پروژه‌ها منجر شود. رویکرد ارائه‌شده در این پژوهش، نه تنها از نظر علمی معتبر است، بلکه از نظر عملی نیز قابلیت اجرا در پروژه‌های واقعی را دارد. به کارگیری این روش‌ها در صنعت ساخت‌وساز، می‌تواند به کاهش عدم قطعیت‌ها، افزایش شفافیت در تصمیم‌گیری و بهبود عملکرد کلی پروژه‌ها کمک شایانی نماید. از این رو، توصیه می‌شود که مدیران و تصمیم‌گیرندگان این حوزه، استفاده از ابزارهای نوین تحلیلی را در فرآیندهای مدیریتی خود مورد توجه قرار دهند تا بتوانند در مواجهه با چالش‌های پیچیده، تصمیماتی آگاهانه و مؤثر اتخاذ نمایند.

منابع و مآخذ

- احمدپور، ر. (۱۴۰۰). برنامه‌ریزی برای پیش‌بینی و شناسایی عدم قطعیت و ریسک پروژه‌های ساختمانی با تلفیق روش‌های مدیریت ارزش کسب‌شده و زمان کسب‌شده. *اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت و مهندسی صنایع* (صص ۵۷۹-۵۹۹).
- ارزانی، ع.، ارزانی، آ.، و زارع، م. (۱۴۰۱). طراحی مدل شناسایی گونه‌های ریسک در پروژه‌های ساختمانی (نظریه داده‌بنیاد). *پژوهش‌های جدید در مدیریت و حسابداری*، ۵۵(۲)، ۶۹-۱۰۶.
- آلادپوش، ح. (۱۳۸۰). مفاهیم و کلیات دانش مدیریت پروژه. مرکز فرهنگ و انتشارات حامی.
- بخشی، م. (بی‌تا). بهینه‌سازی مدیریت پروژه‌های عمرانی با استفاده از هوش مصنوعی و داده کاوی. *چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مطالعات بین‌رشته‌ای در مدیریت و مهندسی* (صص ۹۵۶-۹۶۸).
- بخشی پور، ر.، میرحسینی، س. م.، اله‌ضیغمی، ا.، و احسانی‌فر، م. (۱۴۰۵). ارزیابی استراتژی‌های پذیرش فناوری هوشمند در صنعت ساخت‌وساز شهری با ارائه یک مدل جدید SWOT-MCDM در شرایط عدم قطعیت (مطالعه موردی: استان قم). *مجله پژوهش انجمن مهندسی سازه ایران*، ۱۳(۳)، ۱۵۶-۱۸۳.
- خاکسار، م.، شافعی، ر.، و اله‌ویسی، ب. (۱۳۸۷). شناسایی منشاءهای ریسک در پروژه‌های ساختمانی و نحوه مدیریت آن‌ها (مطالعه موردی). *فرا سوی مدیریت*، ۲(۷)، ۱۶۰-۱۷۳.
- رضایی، ک.، حق‌نویس، م.، و ساجدی، م. (۱۳۸۴). تحلیل ارتباط و تکامل مدل‌های مدیریت ریسک پروژه. *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*.

- شیخ، م.، صبحیه، م.، و ریحانی همدانی، ح. (۱۳۸۴). بررسی کاربردی مدیریت ریسک؛ پروژه نیروگاهی. دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه.
- فضلی، م.، خاکباز، ع.، و فلاح، ع. (۱۳۹۹). تجزیه و تحلیل ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش یکپارچه DEA-AHP. فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۸ (۶۵)، ۴۴۷-۴۷۳.
- قربانی، ز.، و مصلح، م. (۱۳۹۸). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های بیمه عمر در شرکت بیمه پاسارگاد با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و داده کاوی. دومین کنفرانس ملی مدیریت و صنعت گردشگری (صص ۳۶-۴۶).
- کله‌لند، د.، لویس، آ.، و فرامرزی، م. (۱۳۸۳). مدیریت پروژه: طراحی و اجرای راهبردی. انتشارات مازیار.
- گل‌نرگسی، س.، و بمبایی‌چی، م. (۱۴۰۵). شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ساخت تونل در پروژه‌های عمرانی (مطالعه موردی: تونل مترو مشهد - گلبهار). مجله پژوهش انجمن مهندسی سازه ایران، ۱۳ (۵)، ۱-۱۵.
- مهاجری، م.، و اردشیر، ع. (۱۳۹۵). تجزیه و تحلیل ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش یکپارچه. نشریه علمی پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و محیط زیست)، ۴۸ (۳)، ۲۱۷-۲۲۲.
- ولی‌زاده، آ.، و برمه‌ور، ب. (۱۳۹۸). طراحی و ارائه یک الگوی مدیریت ریسک بر مبنای نظام استاندارد PMBOK در سازمان‌های پروژه‌محور صنعت ساخت (مطالعه موردی: شرکت ساختمانی کههد). پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی، ۲ (۱۹)، ۱۰۷-۱۲۶.

A hybrid MCDM approach based on combined weighting method, cloud model and COPRAS for assessing road construction workers' safety climate. *Frontiers in Public Health*, ۱۲, ۱۴۵۲۹۶۴.

A new multi-criteria decision making method for the selection of construction contractors using interval valued fuzzy set. *BMC Research Notes*, ۱۷, ۱۱۳.

Acebes, F., Curto, D., de Antón, J., & Villafañez, F. (۲۰۲۴). Quantitative risk analysis using MCSimulRisk as a didactic tool. *arXiv preprint arXiv:۲۴۰۵.۲۰۶۸۸*.

Acebes, F., González-Varona, J. M., López-Paredes, A., & Pajares, J. (۲۰۲۴). Beyond probability-impact matrices in project risk management: A quantitative methodology for risk prioritisation. *arXiv preprint arXiv:۲۴۰۵.۲۰۶۷۹*.

Acebes, F., Poza, D., González-Varona, J. M., Pajares, J., & López-Paredes, A. (۲۰۲۴). On the project risk baseline: Integrating aleatory uncertainty into project scheduling. *arXiv preprint arXiv:۲۴۰۶.۰۰۰۷۷*.

Cai, J., Hu, Y., Peng, Y., Guo, F., Xiong, J., & Zhang, R. (۲۰۲۴).

Chen, Y.-T., Dao, T.-H., & Chiu, I.-H. (۲۰۲۴). A spherical fuzzy objective weighting framework for factors affecting bidding decisions for construction projects: A case study of Taiwan. *Heliyon*, ۱۰ (۱۶), e۳۶۴۲۰.

Jalhoom, R. J. K., & Mahjoob, A. M. R. (۲۰۲۴). An MCDM approach for evaluating construction-related risks using a combined fuzzy grey DEMATEL method. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, ۱۴ (۲), ۱۳۵۷۲-۱۳۵۷۷.

Nithya, N. S., Thota, S., Rathour, L., & Shanmugasundaram, P. (۲۰۲۴).

Wang, Z., Nabavi, S. R., & Rangaiah, G. P. (۲۰۲۴). Multi-criteria decision making in engineering: Methods, progress and potential. *arXiv preprint arXiv:۲۴۱۰.۰۵۷۱۳*.

Yousefi Roodsari, S., Hasan, S. M., Shah, S., & Ganji, E. N. (۲۰۲۴). Multi-criteria decision making framework for risk ranking in EPC projects under uncertain circumstances. *International Journal of Productivity and Quality Management*. Royal Holloway Research Portal