فصلنامه مهندسی مدیریت نوین
سال یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴

شناسایی و اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریت پروژه چابک در مواجهه با بحرانی‌ترین تغییرات در پروژه‌های ساخت‌وساز با روش ترکیبی AHP-TOPSIS فازی

مهسا آزاده[۱]، سمیه علوی[۲]

چکیده

تغییرات در پروژه‌ها اجتناب‌ناپذیر بوده و اثرات زیان باری را در قالب تأخیر، افزایش هزینه و کاهش بهره‌وری بر پروژه‌های عمرانی می‌گذارد. مدیریت تغییرات نقش بسزایی در افزایش موفقیت پروژه‌ها دارد. جستجوی مکانیزمی منعطف برای تسهیل مدیریت پروژه که سازگاری بیشتری با تغییرات داشته باشد، انگیزه اولیه برای انجام پژوهش حاضر است. مدیریت پروژه چابک فرصت‌های مدیریتی جدیدی را از طریق پذیرش تغییر که جزء اجتناب‌ناپذیر فرایند مدیریت پروژه در بخش ساخت‌وساز است، ارائه می‌دهد. ازآنجاکه هزینه‌های سرمایه‌گذاری تغییرات بالا است، نیاز به اولویت‌بندی راهبردها و استراتژی‌های اصلی است؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف معرفی و اولویت‌بندی عوامل چابک برای مدیریت تغییر پروژه‌های عمرانی انجام شده است. برای این منظور بحرانی‌ترین تغییرات از طریق ادبیات در حوزه ساخت‌وساز شناسایی شد. با استفاده از تکنیک ترکیبی AHP-TOPSIS فازی، اوزان معیارها و رتبه‌بندی استراتژی‌های چابک مشخص شدند. در بین معیارهای اصلی، معیار مشتری با وزن ۰.۶۳۱ رتبه اول را کسب کرده است. معیار پیمانکار با وزن ۰.۱۶۸ رتبه دوم، معیار مشاور با وزن ۰.۱۴۷ رتبه سوم و معیار عوامل خارجی با وزن ۰.۰۵۴ رتبه چهارم را کسب کرده است. در میان استراتژی‌های چابک، بهبود مستمر از طریق جلسات روزانه رتبه اول را کسب کرده است. نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه به طور مداوم رتبه دوم و جریان کاری انعطاف‌پذیر رتبه سوم را کسب کرده است.

کلیدواژه‌ها: مدیریت پروژه، مدیریت پروژه چابک، تغییرات در پروژه، استراتژی چابک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

Somayeh_alavi61@yahoo.com

تاریخ وصول ۱۴۰۲/۸/۱۳ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۱۲/۱۴**

۱-مقدمه

صنعت ساخت به‌عنوان بخش مهمی در روند توسعه هر کشوری محسوب می‌شود. توسعه پروژه‌های ساختمانی و عمرانی یکی از معیارهای سنجش رشد اقتصادی است. بااین‌حال، اغلب مشاهده شده است که این پروژه‌ها در طول چرخه عمر خود دستخوش تغییرات زیادی می‌شوند که مانع از تحویل موفقیت‌آمیز آن‌ها می‌شود که این امر منجر به افزایش هزینه، تأخیر و نقص کیفیت می‌شود (Aziz, 2018).

تحقیقات گسترده‌ای در زمینه مدیریت پروژه در صنایع تخصصی مانند ساخت‌وساز، مهندسی و فناوری اطلاعات انجام شده است و این بخش‌های صنعتی توانسته‌اند ارزش فرایندهای پروژه را با استفاده از روش‌های رسمی مدیریت پروژه افزایش دهند (Sanni-Anibire et al, 2022). اخیراً بخش‌های صنعتی که به طور سنتی سابقه مدیریت پروژه ندارند نیز در حال بررسی این موضوع هستند که آیا این شیوه‌های مدیریتی می‌تواند موفقیت پروژه را بهبود بخشد یا خیر (Bajjou & Chafi, 2020). این در درجه اول به این دلیل است که دست‌اندرکاران در این زمینه‌های نوظهور، شاهد نتایج به‌دست‌آمده از طریق استفاده از مدیریت پروژه مانند استفاده بهتر از منابع و زمان‌بندی هستند. این سازمان‌ها همچنین دریافته‌اند که بهبودیافته می‌تواند منجر به اختلالات کمتری در کسب‌وکار شود و به آن‌ها اجازه می‌دهد روی اهداف اصلی خود تمرکز کنند (Oyewobi et al, 2016). نظرسنجی انجام شده توسط مؤسسه مدیریت پروژه در رویداد مدیریت پروژه در سال ۲۰۱۷ و یازدهمین گزارش وضعیت سالانه چابک نشان داد که تعداد پروژه‌هایی که از رویکرد چابک استفاده می‌کنند بسیار سریع افزایش یافته است (VersionOne, 2017). در واقع، ۷۱ درصد از سازمان‌ها رویکرد چابک را برای پروژه‌های خود اتخاذ کرده بودند (Project Management Institute, 2017).

مدیریت پروژه چابک[1] به‌عنوان یک رویکرد مدیریتی گسترده بر اساس مجموعه‌ای از اصول تعریف می‌شود که به دنبال ارائه فرایند مدیریت پروژه ساده‌تر، انعطاف‌پذیرتر و تکراری‌تر به‌منظور دستیابی به عملکرد بهتر با تلاش مدیریت کمتر و سطوح بالاتر نوآوری و ارزش‌افزوده برای مشتری است (Marnewick & Marnewick, 2019).

علاوه بر این، در بخش ساخت‌وساز، با ابتکاراتی مانند ساخت‌وساز ناب، تلاش‌های زیادی برای بهبود بهره‌وری صورت گرفته است (Stråusser, 2015). چابک و ناب

[1] Agile Project Management

اشتراکات زیادی دارند، اگرچه هنوز تفاوت‌هایی وجود دارد. در جایی که ناب بر کاهش ضایعات تمرکز دارد، چابک بر هوشیاری نسبت به فرصت‌ها برای ایجاد تغییرات به شیوه‌ای سریع تمرکز می‌کند؛ بنابراین، اعضای تیم باید در فرایندها بسیار فعال و باتجربه باشند و باید بتوانند هر حرکتی را در طول پروژه بسیار دقیق پیش‌بینی و برنامه‌ریزی کنند. بااین‌حال، در چابک، تمرکز بر روی صحت یا دقت نیست، بلکه سرعت و انعطاف‌پذیری است. چابکی بر این تمرکز دارد که یک تیم با چه سرعتی می‌تواند به نیازهای متغیر ذی‌نفعان واکنش نشان دهد و همچنان بتواند کار را در کمتر از زمان مورد انتظار تکمیل کند (Iqbal, 2015).

از طرفی تغییرات در پروژه‌ها اجتناب‌ناپذیر بوده و اثرات زیان باری را در قالب تأخیر، افزایش هزینه و کاهش بهره‌وری بر پروژه‌های عمرانی می‌گذارد. مدیریت تغییرات نقش بسزایی در افزایش موفقیت پروژه‌ها دارد. جستجوی مکانیزمی منعطف برای تسهیل مدیریت پروژه که سازگاری بیشتری با تغییرات داشته باشد، انگیزه اولیه برای انجام پژوهش حاضر است. مدیریت پروژه چابک فرصت‌های جدیدی را برای مدیریت بر اساس پذیرش تغییر به‌عنوان یک عنصر اجتناب‌ناپذیر فرایند مدیریت پروژه در بخش ساخت‌وساز فراهم می‌کند. بااین‌حال، به‌کارگیری همه راه‌حل‌های چابک نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه زیادی دارد. اگر تغییرات اجتناب‌ناپذیر است، تنها راه باقی‌مانده مدیریت و هدایت آنها به شیوه‌ای انعطاف‌پذیر است. چابکی و ایده‌های مرتبط به‌عنوان یک رویکرد ممکن مطابق با این هدف ارائه شده است. در پژوهش حاضر به‌منظور توصیف کاربرد عملی‌تر مدیریت پروژه چابک، تمرکز بر راه‌حل‌های چابک مناسب در مواجهه با تغییرات ساخت‌وساز و کاهش اثرات منفی آن‌ها انتخاب شده است.

بر اساس آمار سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، متوسط زمان راه‌اندازی طرح‌های ملی و سرمایه‌بر، در حال حاضر هشت سال است. ۵۴ درصد از طرح‌های عمرانی دارای مشکلات طراحی هستند. ۲۷ درصد از طرح‌های عمرانی ناقص اجرا می‌شوند و ۲۸ درصد از طرح‌های عمرانی در مرحله بهره‌برداری دارای مشکل هستند. طبق محاسبات به‌عمل‌آمده از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ دولت در حدود ۶۳ هزار میلیارد تومان هزینه تأخیر در پروژه‌های عمرانی را پرداخت کرده است که اگر این رقم با برخی از ارقام شاخص مقایسه شود، عمق مسئله بیشتر مورد توجه قرار خواهد گرفت، به طور مثال این رقم

بیش از درآمدهای مالیاتی در یک سال است. ازآنجاکه تأخیر در پروژه‌ها هزینه‌های هنگفتی را به دنبال خواهد داشت بنابراین برای مقابله با این وضعیت و توان رقابت در بازار اولویت‌بندی استراتژی‌های چابک برای پروژه‌ها نیاز است (فرشیدنژاد و گواشیری، ۱۳۸۵).

به دلیل اینکه عوامل مختلفی بر مدیریت پروژه چابک دخیل هستند، مسئله از نوع تصمیم‌گیری است و بایستی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت اهمیت و وزن‌دهی به عوامل استفاده گردد. شناخت و اولویت‌بندی این عوامل که در واقع شکاف بین برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های ساخت است؛ در راستای ارائه راهکارهای مناسب برای حذف این عوامل و دستیابی به زمان‌بندی منطقی برای بهره‌برداری به‌موقع از پروژه‌های مذکور مفید است. ازآنجاکه مسئله حاضر در دنیای واقعی وجود دارد و برای نزدیک‌شدن به شرایط دنیای واقعی، شرایط عدم اطمینان و فازی نیز در پژوهش حاضر لحاظ خواهد شد. پژوهش کاظمی و همکاران (Kazemi et al, 2021) شباهت زیادی به پژوهش حاضر دارد. در پژوهش کاظمی و همکاران (Kazemi et al, 2021) با توجه به مؤثرترین عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه‌های ساخت، راهکارهای کاهش زمان اجرای این پروژه‌ها به طور دقیق مورد مطالعه و بررسی قرار نگرفت و صرفاً به وزن‌دهی عوامل مؤثر بسنده کردند. از همین روی، پژوهش حاضر به دنبال اولویت‌بندی استراتژی‌های چابک بر اساس تأثیر مورد انتظار آنها بر رویارویی با بحرانی‌ترین تغییرات در پروژه‌های ساخت است. در نتیجه، مدیران قادر خواهند بود تصمیم بگیرند که کدام استراتژی چابک را ابتدا برای ورود به قلمرو مدیریت پروژه چابک اجرا کنند و در نهایت نتایج پروژه را با ایجاد روشی انعطاف‌پذیر برای مدیریت تغییرات و تعامل سازنده بین بازیگران مختلف در پروژه‌ها بهبود بخشند.

۲-مبانی نظری پژوهش

در این بخش به بیان مفاهیم نظری همچون مدیریت پروژه چابک، راه‌حل‌های چابک برای مدیریت تغییر پرداخته خواهد شد. نهایتاً پیشینه پژوهش در دو بخش داخلی و خارجی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱ مدیریت پروژه چابک

مدیریت پروژه چابک[1] (APM) روشی برای مدیریت پروژه‌ها برای دستیابی به ارزش مشتری از طریق برنامه‌ریزی سازگار با تغییر، بازخورد سریع، بهبود مستمر و همکاری و مشارکت بالای اعضای پروژه است (Arefazar et al, 2022).

روند رو به رشد مدیریت پروژه چابک به حدی است که طبق نظرسنجی جهانی در سال ۲۰۱۴، حدود ۲۸ درصد از پروژه‌ها در سراسر جهان به روشی چابک هدایت می‌شوند. اگرچه طیف وسیعی از روش‌های چابک وجود دارد، اما همه روش‌های چابک اهداف اولیه مشابهی دارند مانند جایگزینی برنامه‌ریزی اولیه با برنامه‌ریزی تدریجی که جدیدترین اطلاعات موجود در پروژه را به کار می‌گیرد، ساخت باکیفیت، رسیدگی به ریسک‌های فنی دراسرع‌وقت، به حداقل رساندن اثرات تغییرات ناگهانی، ارائه ارزش تجاری مکرر و مستمر، واگذاری و توانمندسازی کارکنان، تشویق ارتباط مداوم بین مناطق تجاری و اعضای تیم پروژه و افزایش مشارکت مشتری (Sohi et al, 2016).

۲-۲ پیشینه پژوهش

کاظمی و همکاران (Kazemi et al, 2021) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه پرداخته‌اند و این عوامل در هفت گروه شامل کارفرما، مشاور، پیمانکار، مواد اولیه، نیروی کار، تجهیزات و سایر عوامل مورد بررسی قرار داده و با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی به اولویت‌بندی عوامل پرداختند. معاونی و شریعتمدار (Moaveni & Shariatmadar, 2021) در پژوهشی با به‌کارگیری تاپسیس فازی و بر اساس معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه به رتبه‌بندی عوامل اصلی دوباره‌کاری در ساخت‌وساز ایران پرداختند. در پژوهشی دیگر، تغییرات ایجاد شده توسط مشتری، کارفرما و پیمانکار، دلایل مؤثر در ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز مطرح گردید (Bektashi & Kazeroni, 2019). لی(Lee, 2023) در پژوهشی یک مدل «یکپارچه‌سازی تأثیر هزینه و برنامه» برای نشان دادن و تخمین عینی بهره‌وری ازدست‌رفته ناشی از تغییرات در پروژه‌های ساخت پیشنهاد کرد. سانی آنیبیر و همکاران (Sanni-Anibire et al, 2022) در پژوهشی ۳۶ علت متداول تأخیر در

[1] Agile project management

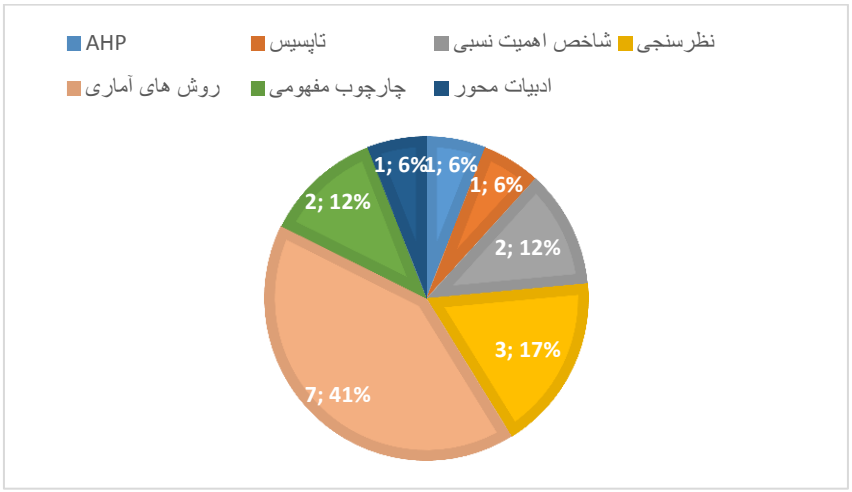
صنعت ساخت‌وساز جهانی را بررسی نموده‌اند. نتایج متاآنالیزیز نشان داد که پنج علت اصلی عبارت‌اند از: «مشکلات مالی پیمانکار»، «تأخیر در تأیید کار تکمیل شده»، «تحویل کند مواد»، «سازماندهی ضعیف سایت و هماهنگی بین طرف‌های مختلف» و «برنامه‌ریزی ضعیف منابع و برآورد مدت زمان/برنامه‌ریزی». در پژوهشی دیگر در بنگلادش، سی‌وهفت عامل تأخیر اصلی شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند که عبارت‌اند از «اشتباهات ساخت‌وساز و کار معیوب»، «اصلاحات قرارداد توسط مشتری»،«شرایط نامطلوب آب‌وهوا»، «تصمیم‌گیری کند توسط مشاور»، «تصمیم‌گیری کند کارفرما»، «مشکلات مالی و تأخیر پرداخت مشتری» (Nafe Assafi et al, 2022). چهل‌ونه علت تأخیر برنامه‌ریزی در پروژه‌های ساختمانی مراکش توسط باجو و چفی(Bajjou & Chafi, 2022) شناسایی شدند و در نه دسته مشتری، پیمانکار، مشاور/ طراح، امور مالی، برنامه‌ریزی، ارتباطات و روابط قراردادی، مواد، نیروی کار و تجهیزات و خارجی طبقه‌بندی گردیدند. نتایج پژوهش نشان داد که ۱۰ علت اصلی تأخیر عبارت‌اند از: تأخیر در پرداخت در ازای پیشرفت کار، عدم آموزش کارکنان، فقدان استراتژی مدیریت پسماند، مدت زمان غیرواقعی قرارداد تحمیل شده توسط مشتریان، دوباره‌کاری به دلیل اشتباهات ساخت‌وساز، قراردادهای فرعی بیش‌ازحد، تأخیر در اخذ مجوز از سازمان‌های دولتی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ناکارآمد، عدم برنامه‌ریزی جمعی و نیروی کار غیر ماهر. در پژوهشی مشابه، محققین به شناسایی علل تأخیر برنامه‌ریزی در پروژه‌های ساختمانی در کشور الجزایر پرداختند؛ که پنج عامل مهم عبارت‌اند از: تغییرات کند سفارش‌ها، مدت زمان غیرواقعی قرارداد، تغییرات کند سفارش‌ها در تعداد زیاد، تأخیر در پرداخت کار انجام شده و برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ناکارآمد توسط پیمانکاران (Rachid et al, 2019).

جدول ۱: خلاصه ادبیات پژوهش در دو بخش داخلی و خارجی

نویسنده	عنوان مقاله	روش پژوهش						
		AHP	تاپسیس	شاخص اهمیت نسبی	نظرسنجی	روش‌های آماری	چارچوب مفهومی	ادبیات محور
Moaveni & Shariatmadar, 2021	رتبه‌بندی دلایل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران و بررسی اثر تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب		■					

Kazemi et al, 2021	اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز در ایران	■						
Rachid et al, 2019	علل تأخیر برنامه‌ریزی در پروژه‌های ساختمانی در الجزایر		■					
Bajjou & Chafi, 2020	مطالعه تجربی تأخیر برنامه‌ریزی در پروژه‌های ساختمانی مراکش		■					
Nafe Assafi et al, 2022	بررسی علل تأخیر ساخت‌وساز از دیدگاه سازمان			■				
Sanni-Anibire et al, 2022	علل تأخیر در صنعت ساخت‌وساز جهانی: یک بررسی فراتحلیلی			■				
Lee, 2023	کمی‌سازی هزینه‌های کاهش بهره‌وری ناشی از تغییرات برنامه‌ریزی در پروژه‌های ساختمانی		■					
پژوهش حاضر، ۲۰۲۳		■				■		

با توجه به جدول ۱، بررسی فراوانی روش‌های حل مقالات به‌صورت شکل ۱ انجام شد. اکثر مقالات از روش‌های آماری در حل بهره جسته‌اند.



شکل ۱: فراوانی روش‌های حل مقالات مورد بررسی در پژوهش

۲-۳- راه‌حل‌های چابک برای مدیریت تغییر

با کاوش ادبیات در زمینه چابکی و مدیریت پروژه چابک در پروژه‌های ساخت، راه‌حل‌های چابک برای پاسخ سریع به تغییرات شناسایی شدند. در این راستا، ۱۰

استراتژی چابکی برای رفع تغییرات و بهبود عملکرد کلی پروژه ساخت در نظر گرفته شد:

۱. شناسایی و تجزیه‌وتحلیل ذی‌نفعان واقعی در اوایل پروژه: ترسیم اینکه چه فردی در چه سازمانی قادر به پاسخگویی به سؤالات مختلف است ضروری است. علاوه بر این، تجزیه‌وتحلیل ذی‌نفعان به توسعه یک برنامه ارتباطی، ایجاد قوانین مرتبط در مورد نحوه انتقال اطلاعات در پروژه و شناسایی اطلاعات لازم برای هر فرد کمک می‌کند، به‌طوری‌که همه طرف‌ها بدانند چه چیزی انتظار می‌رود و قادر به کاهش تغییرات باشند (Senouci et al, 2017).

۲. بهبود مستمر از طریق جلسات روزانه (بررسی‌های دوره‌ای) برای شناسایی تغییرات دراسرع‌وقت: بر اساس رویکرد مدیریت چابک، تیم پروژه به‌صورت مستمر چرخه تکمیل شده پروژه را بررسی می‌کند، آنچه را که قبلاً انجام شده و آنچه را که می‌توان بهبود بخشید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Arefazar et al, 2022; Yllén Johansson, 2012).

۳. تفویض کامل اختیارات به اعضای تیم پروژه به‌منظور افزایش سرعت فرایندهای تصمیم‌گیری: برای واکنش سریع به تغییرات، تیم‌های کاری باید قدرت تصمیم‌گیری داشته باشند. شکستن ساختار سلسله‌مراتبی سازمان و تبدیل به یک ساختار مسطح می‌تواند به اعضای تیم، سطح مشخصی از آزادی برای تصمیم‌گیری در مورد تغییرات پروژه بدهد (Han, 2013).

۴. مدیریت زمان برای جلوگیری از تأخیر در تحویل به‌موقع و همچنین در نظر گرفتن زمان به‌عنوان یک عامل مهم و غیرقابل جایگزین: برنامه‌ریزی چرخه یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت زمان در مدیریت پروژه چابک است (Zhu et al, 2022).

۵. به‌دست‌آوردن الزامات در طول چرخه عمر پروژه با استفاده از برنامه‌ریزی که با آخرین اطلاعات موجود سازگار است (Owen et al, 2006). برنامه‌ریزی فزاینده چابک اجازه می‌دهد تا نیازها را در طول چرخه عمر پروژه برآورده کند و هرگونه تغییر ارزش‌آفرین را بپذیرد، به‌ویژه در پروژه‌های ساختمانی که در آنها عدم قطعیت‌های زیادی در مورد آنچه قرار است قبل از شروع ساخته شود وجود دارد (Lalmi et al, 2021; Owen et al, 2006).

۶. جریان کاری انعطاف‌پذیر با استفاده از تحویل پروژه انعطاف‌پذیر، قراردادها و توسعه چرخه‌های تکراری که می‌تواند با شرایط جدید سازگار شود (Han, 2013). در ساخت‌وساز، برخی از سیستم‌های تحویل پروژه مانند ساخت‌وساز سریع، مرحله‌ای، طراحی–ساخت و قرارداد سفارش کار تصور می‌شود که انعطاف‌پذیری خاصی را به پروژه‌هایی با سطح بالاتری از اختیارات مدیریتی تزریق می‌کنند. علاوه بر این، توسعه فناوری‌های اطلاعاتی مانند ابزارهای طراحی به کمک رایانه و نرم‌افزار مدیریت پروژه، شیوه ارائه پروژه ساخت‌وساز را به سمت انعطاف‌پذیرتر تغییر داده است (Savolainen et al, 2018).

۷. بازگشت زودهنگام سرمایه‌گذاری

۸. تسهیل ارتباط بین مناطق پروژه و اعضای تیم پروژه با تعیین جزئیات وظایف به‌صورت مشترک. ادغام فناوری اطلاعات و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای همگام‌سازی اطلاعات در پروژه و کاهش خطاها و تضادهای طراحی، نمونه‌های خوبی از ابزارهای مورد استفاده برای تسهیل ارتباطات در بخش ساخت‌وساز هستند (Han, 2013 ;Senouci et al, 2017).

۹. نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه به طور مداوم با پایش منابع و اندازه‌گیری بهره‌وری روزانه/ هفتگی: نظارت مستمر بر طرح پروژه و استفاده از فرایندهای به‌روزرسانی به‌عنوان یکی از وظایف ضروری مدیریت پروژه چابک در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور لازم است گزارش‌های روزانه از مصالح و ساعات کار و اندازه‌گیری روزانه نوسانات بهره‌وری به‌ویژه در صنعت ساختمان تهیه شود. اگر مدیران پروژه دقیقاً بدانند چه زمانی و چه منابعی برای تکمیل کار مورد نیاز است، می‌توانند با شناسایی عواملی که بر بهره‌وری تأثیر منفی می‌گذارند، برنامه‌های دقیق‌تری برای پشتیبانی از مشکلات مشاهده نشده ارائه دهند (Han, 2013)؛ بنابراین، سیاست‌گذاران سازمان‌های دولتی و محققان ممکن است بهتر بتوانند تأثیر رونق و رکود بر بهره‌وری در بخش ساخت‌وساز را درک کنند (Ma & Liu, 2018).

۱۰. مشارکت مشتری و کاربران نهایی در تمام مراحل پروژه برای برآوردن الزامات در طول پروژه: برنامه‌ریزی تکاملی مدیریت پروژه چابک مستلزم مشارکت تیم

پروژه در برنامه‌ریزی و کنترل فعالیت‌ها است. رویکرد چابک شامل بسیاری از چرخه‌های برنامه‌ریزی و توسعه تکراری است که به تیم پروژه اجازه می‌دهد به طور مداوم محصول در حال تکامل را ارزیابی کند و بازخورد فوری از کاربران یا ذی‌نفعان دریافت کند (Arefazar et al, 2022).

۳-روش پژوهش

این پژوهش با بررسی مقالات منتشر شده طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ مرتبط با موضوع عملکرد ضعیف و تغییرات در صنعت ساختمان به دنبال شناسایی شایع‌ترین علل تغییرات در پروژه‌های ساخت است. بر اساس یافته‌ها، علل عملکرد ضعیف را می‌توان به علل خارجی و عوامل داخلی تقسیم کرد. علل خارجی که معمولاً خارج از کنترل تیم‌های پروژه هستند، شامل آب‌وهوای نامطلوب، شرایط پیش‌بینی‌نشده سایت، نوسانات بازار و تغییرات در مقررات است، درحالی‌که دلایل داخلی توسط مشتری، طراح، پیمانکار، مشاور و همچنین تأمین‌کنندگان مختلف که کار، مواد و تجهیزات را فراهم می‌کنند ایجاد می‌شود. اقلام تغییر به‌دست‌آمده از بررسی ادبیات، بر اساس عوامل داخلی و خارجی ایجادکننده تغییرات، دسته‌بندی می‌شوند. علل داخلی تغییرات آنهایی هستند که توسط مشتریان، پیمانکاران و مشاوران ایجاد می‌شوند. از سوی دیگر، علل خارجی بر اساس عوامل محیطی، سیاسی، اقتصادی، تکنولوژیکی و اجتماعی تقسیم می‌شوند. جدول ۲ علل تغییرات در دو بعد داخلی و خارجی را نشان می‌دهد.

جدول ۲ علل تغییرات داخلی و خارجی

علل داخلی تغییرات	**علل تغییرات مربوط به مشتریان**	
	تغییرات در برنامه‌ها و رویه‌ها به دلیل تغییر درخواسته‌ها و نیازهای مشتری	پادالا و همکاران (۲۰۲۲)
	مشکلات مالی مشتری	Arefazar et al, 2022
	عدم مشارکت مثبت مشتری و مداخلات نامناسب در طراحی و اجرای پروژه	جادهاو و بیرود (۲۰۱۵)
	تغییرات مربوط به پیمانکار	

	عملکرد کاری نادرست	Arefazar et al, 2022
	مشکلات مالی پیمانکار	Arefazar et al, 2022
	تغییر در مشخصات فنی مواد، کالاها و تجهیزات به دلیل عدم دسترسی به آنها	پادالا و همکاران (۲۰۲۲)
	عدم رعایت نکات ایمنی	Rachid et al, 2019
	تغییرات مربوط به مشاور	
	تغییرات در طراحی ناشی از عدم شفافیت طرح	Arefazar et al, 2022
	تغییرات در اسناد و نقشه‌های طراحی به دلیل پیچیدگی‌های تکنولوژیکی پروژه	پادالا و همکاران (۲۰۲۲)
	عدم دسترسی به داده‌های لازم و ناتوانی در ارائه اطلاعات مناسب و به‌موقع	جادهاو و بیرود (۲۰۱۵)
	ضعف در نظارت و ارزیابی	Rachid et al, 2019
علل خارجی تغییرات	محیطی (شرایط آب‌وهوایی)	Arefazar et al, 2022
	سیاسی (سیاست‌های دولت و قوانین شرایط کار)	پادالا و همکاران (۲۰۲۲)
	اقتصادی (افزایش قیمت کالاها به دلیل تورم و تغییرات نرخ ارز)	Oyewobi et al, 2016
	تکنولوژی (معرفی فناوری‌ها، مواد و روش‌های جدید)	Arefazar et al, 2022

٤-یافته‌های پژوهش

ازآنجایی‌که پژوهش حاضر از دو مرحله تشکیل شده است، یافته‌های پژوهش به دو بخش تقسیم‌بندی می‌شود. در مرحله اول به‌منظور وزن‌دهی به معیارها از روش AHP فازی که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است استفاده می‌گردد. دلیل انتخاب روش فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی این است که این روش، روشی برای کمک به تصمیم‌گیری است و بر اهمیت داوری‌های شهودی یک تصمیم‌گیرنده و همچنین ثبات مقایسه گزینه‌های جایگزین در فرایند تصمیم‌گیری تأکید دارد. ازآنجاکه یک تصمیم‌گیرنده قضاوت‌های خود را بر دانش و تجربه انجام می‌دهد، بنابراین تصمیم‌گیری را بر این اساس اتخاذ می‌کند، رویکرد AHP با رفتار یک تصمیم‌گیرنده مطابقت دارد.

نقطه قوت این رویکرد این است که به طور منظم عوامل ملموس و نامشهود را سازمان می‌دهد و یک راه‌حل ساختاری اما نسبتاً ساده برای مسائل تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. علاوه بر این، با شکستن یک مسئله منطقی بزرگ و سپس پایین آمدن در مراحل تدریجی، به کوچک‌تر و کوچک‌تر، فرد قادر است از طریق داوری‌های مقایسه زوجی ساده، کوچک را به بزرگ وصل کند. همچنین شرایط عدم اطمینان برای تحلیلگر تصمیم‌گیری را قادر می‌سازد برای مواردی که بسیاری از عدم قطعیت‌ها در آن وجود دارد، امتیاز واقعی‌تری ارائه دهد.

در مرحله دوم به‌منظور رتبه‌بندی راه‌حل‌های چابک برای مدیریت تغییر از تاپسیس فازی استفاده گردیده است. در روش تاپسیس به‌راحتی می‌توان معیارهای کیفی را کمی کرد و تصمیم‌گیری با وجود معیارهای کیفی و کمی امکان‌پذیر است. خروجی سیستم به‌صورت کمی است و علاوه بر تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به‌صورت عددی بیان می‌شود. این مقدار عددی همان نزدیکی نسبی است که پایه قوی این روش را بیان می‌کند. در روش تاپسیس تصمیم‌گیری در صورت وجود معیارهای مثبت و منفی (حتی توأم با هم در یک مسئله) امکان‌پذیر است.

٤-۱ نتایج روش AHP فازی

در مرحله قبل عوامل پژوهش شناسایی و تأیید شدند. در این گام ابتدا مقایسات زوجی معیارها تشکیل می‌شود. اوزان مقایسات زوجی نیز با استفاده از روش میانگین هندسی باکلی بر اساس نظرات ۶ خبره محاسبه شده است.

ماتریس مقایسات زوجی به‌صورت زیر است که در آن $\tilde{P}_{ij}$ ارجحیت معیار i بر معیار j است.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & \mathbf{1} & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

وزن‌های فازی هر شاخص از ماتریس مقایسه زوجی با روش میانگین هندسی باکلی به دست می‌آید. مقدار میانگین هندسی مقایسه فازی شاخص i با هر شاخص از معادله زیر به دست می‌آید که در آن n تعداد عناصر مرتبط در هر ردیف است.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^{n} \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} \quad i = 1.2 \dots n$$

وزن فازی i امین شاخص با به‌کارگیری رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_m)^{-1}$$

پس از محاسبه ضرایب وزن فازی مثلثی، با به‌کارگیری فرمول زیر وزن‌ها دیفازی شده و به فرم نرمال تبدیل می‌شود.

$$w_{crisp} = \frac{l + 2m + u}{4}$$

٤-١-١ تشکیل مقایسات زوجی

در گام اول مقایسات زوجی بر اساس طیف ۱ تا ۹ فازی انجام می‌گیرد. در جدول ۲ مقایسات زوجی معیارهای اصلی و در جدول ۳ مقایسات زوجی زیرمعیار پیمانکار آمده است.

جدول ۲ مقایسات زوجی معیارها

	A	B	C	D
A	(۱,۱,۱)	(۷,۸,۹)	(۴,۵,۶)	(۴,۵,۶)
B	(۰.۱۱۱,۰.۱۲۵,۰.۱۴۳)	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۳)	(۳,۴,۵)
C	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۰.۳۳۳,۰.۵,۱)	(۱,۱,۱)	(۴,۵,۶)
D	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۰.۲,۰.۲۵,۰.۳۳۳)	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)

جدول ۳ مقایسات زوجی زیرمعیارهای پیمانکار

	B1	B2	B3	B4
B1	(۱,۱,۱)	(۷,۸,۹)	(۴,۵,۶)	(۴,۵,۶)
B2	(۰.۱۱۱,۰.۱۲۵,۰.۱۴۳)	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۳)	(۳,۴,۵)
B3	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۰.۳۳۳,۰.۵,۱)	(۱,۱,۱)	(۴,۵,۶)
B4	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۰.۲,۰.۲۵,۰.۳۳۳)	(۰.۱۶۷,۰.۲,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)

۴-۱-۲ محاسبه اوزان فازی و نرمال

در این گام، ابتدا میانگین هندسی تجمیع نظرات اعداد فازی هر سطر محاسبه می‌شود. به طور مثال برای محاسبه کران پایین میانگین هندسی معیار اول به‌صورت زیر انجام می‌شود.

$$r_1 = \sqrt[4]{(1^2 + 7^2 + 4^2 + 4^2)} = 3.253$$

سپس هر میانگین هندسی حاصل بر مجموع میانگین‌های هندسی تقسیم می‌گردد تا وزن فازی حاصل شود. در مرحله بعد، هر وزن فازی با استفاده از رابطه $\frac{l+2m+u}{4}$ غیرفازی می‌شود و برای نرمال‌سازی هر وزن غیرفازی کافی است آن وزن بر مجموع وزن‌های غیرفازی تقسیم گردد. در جدول ۴، وزن معیارهای اصلی نهایی بر اساس نظر کلیه خبرگان نمایش داده شده است.

جدول ٤ وزن فازی و غیرفازی معیارهای اصلی

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^{n} \widetilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی $(\widetilde{W})$	وزن غیرفازی	وزن نرمال
A	(۳.۲۵۳,۳.۷۶۱,۴.۲۴۳)	(۰.۴۶۹,۰.۶۳۵,۰.۸۵۳)	۰.۶۴۸	۰.۶۳۱
B	(۰۷۶,۱,۱.۲۱)	(۰.۱۱,۰.۱۶۹,۰.۲۴۳)	۰.۱۷۳	۰.۱۶۸
C	(۰.۶۸۷,۰.۸۴۱,۱.۱۰۷)	(۰.۰۹۹,۰.۱۴۲,۰.۲۲۳)	۰.۱۵۱	۰.۱۴۷
D	(۰.۲۷۳,۰.۳۱۶,۰.۳۸)	(۰.۰۳۹,۰.۰۵۳,۰.۰۷۶)	۰.۰۵۶	۰.۰۵۴
$\sum\left(\prod_{j=1}^{n} \widetilde{P}_{ij}\right)^{1/n}$	(۴.۹۷۳,۵.۹۱۸,۶.۹۳۹)			

معیار مشتری با وزن ۰.۶۳۱ رتبه اول را کسب کرده است. معیار پیمانکار با وزن ۰.۱۶۸ رتبه دوم، معیار مشاور با وزن ۰.۱۴۷ رتبه سوم و معیار عوامل خارجی با وزن ۰.۰۵۴ رتبه چهارم را کسب کرده است.

به طریق مشابه برای دیگر مقایسات زوجی (زیرمعیارها) این محاسبات صورت می‌گیرد که در ادامه آورده شده است.

وزن زیرمعیارهای مشتری

معیار مشتری دارای سه زیرمعیار است که وزن آن‌ها در جدول ۵ آورده شده است. بر این اساس تغییرات در برنامه‌ها با وزن ۰.۷۱۳ رتبه اول را کسب کرده است. مشکلات

مالی مشتری با وزن ۰.۲۰۷ رتبه دوم و عدم مشارکت مثبت مشتری با وزن ۰.۰۸ رتبه سوم را کسب کرده است.

جدول ۵ وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای مشتری

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی $(\widetilde{W})$	وزن غیرفازی	وزن نرمال
A1	(۲.۷۵۹,۳.۱۷۵,۳.۵۵۷)	(۰.۵۴۴,۰.۷۱۷,۰.۹۳۶)	۰.۷۲۸	۰.۷۱۳
A2	(۰.۷۳۷,۰.۹۰۹,۱.۱۰۱)	(۰.۱۴۵,۰.۲۰۵,۰.۲۹)	۰.۲۱۱	۰.۲۰۷
A3	(۰.۳۰۳,۰.۳۴۷,۰.۴۱۵)	(۰.۰۶,۰.۰۷۸,۰.۱۰۹)	۰.۰۸۱	۰.۰۸
$\sum\left(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij}\right)^{1/n}$	(۳.۷۹۹,۴.۴۳,۵.۰۷۲)			

وزن زیرمعیارهای پیمانکار

معیار پیمانکار دارای ۴ زیرمعیار است که وزن آن‌ها در جدول ۶ آورده شده است. بر این اساس عملکرد کاری نادرست با وزن ۰.۶۳۱ رتبه اول را کسب کرده است. مشکلات مالی پیمانکار با وزن ۰.۱۶۸ رتبه دوم و تغییر در مشخصات فنی مواد با وزن ۰.۱۴۷ رتبه سوم را کسب کرده است.

جدول ٦ وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای پیمانکار

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی $(\widetilde{W})$	وزن غیرفازی	وزن نرمال
B1	(۳.۲۵۳,۳.۷۶۱,۴.۲۴۳)	(۰.۴۶۹,۰.۶۳۵,۰.۸۵۳)	۰.۶۴۸	۰.۶۳۱
B2	(۰.۷۶,۱,۱.۲۱)	(۰.۱۱,۰.۱۶۹,۰.۲۴۳)	۰.۱۷۳	۰.۱۶۸
B3	(۰.۶۸۷,۰.۸۴۱,۱.۱۰۷)	(۰.۰۹۹,۰.۱۴۲,۰.۲۲۳)	۰.۱۵۱	۰.۱۴۷
B4	(۰.۲۷۳,۰.۳۱۶,۰.۳۸)	(۰.۰۳۹,۰.۰۵۳,۰.۰۷۶)	۰.۰۵۶	۰.۰۵۴
$\sum\left(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij}\right)^{1/n}$	(۴.۹۷۳,۵.۹۱۸,۶.۹۳۹)			

وزن زیرمعیارهای مشاور

معیار مشاور دارای چهار زیرمعیار است که وزن آن‌ها در جدول ۷ آورده شده است. بر این اساس تغییرات در طراحی با وزن ۰.۵۲۳ رتبه اول را کسب کرده است. تغییرات در اسناد با وزن ۰.۳۲۱ رتبه دوم و عدم دسترسی به داده با وزن ۰.۰۹۱ رتبه سوم را کسب کرده است.

جدول ۷ وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای مشاور

نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی $(\widetilde{W})$	وزن غیرفازی	وزن نرمال
C1	(۲.۳۴,۳.۰۲۷,۳.۶)	(۰.۳۳۲,۰.۵۳۳,۰.۸۰۹)	۰.۵۵۲	۰.۵۲۳
C2	(۱.۴۱۴,۱.۷۷۸,۲.۳۴)	(۰.۲۰۱,۰.۳۱۳,۰.۵۲۶)	۰.۳۳۸	۰.۳۲۱
C3	(۰.۳۹۸,۰.۵۱۷,۰.۶۳۹)	(۰.۰۵۶,۰.۰۹۱,۰.۱۴۴)	۰.۰۹۵	۰.۰۹۱
C4	(۰.۲۹۸,۰.۳۵۹,۰.۴۷۳)	(۰.۰۴۲,۰.۰۶۳,۰.۱۰۶)	۰.۰۶۹	۰.۰۶۵
$\sum\left(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij}\right)^{1/n}$	(۴.۴۵۱,۵.۶۸۲,۷.۰۵۲)			

وزن زیرمعیارهای عوامل خارجی

معیار عوامل خارجی دارای ۴ زیرمعیار است که وزن آن‌ها در جدول ۸ آورده شده است. بر این اساس شرایط آب‌وهوایی با وزن ۰.۵۲۵ رتبه اول سیاست‌های دولت با وزن ۰.۲۹۶ رتبه دوم را کسب کرده است و افزایش قیمت کالاها به دلیل تورم با وزن ۰.۱۳۳ رتبه سوم را به خود اختصاص داده است.

جدول ۸ وزن فازی و غیرفازی زیرمعیارهای عوامل خارجی

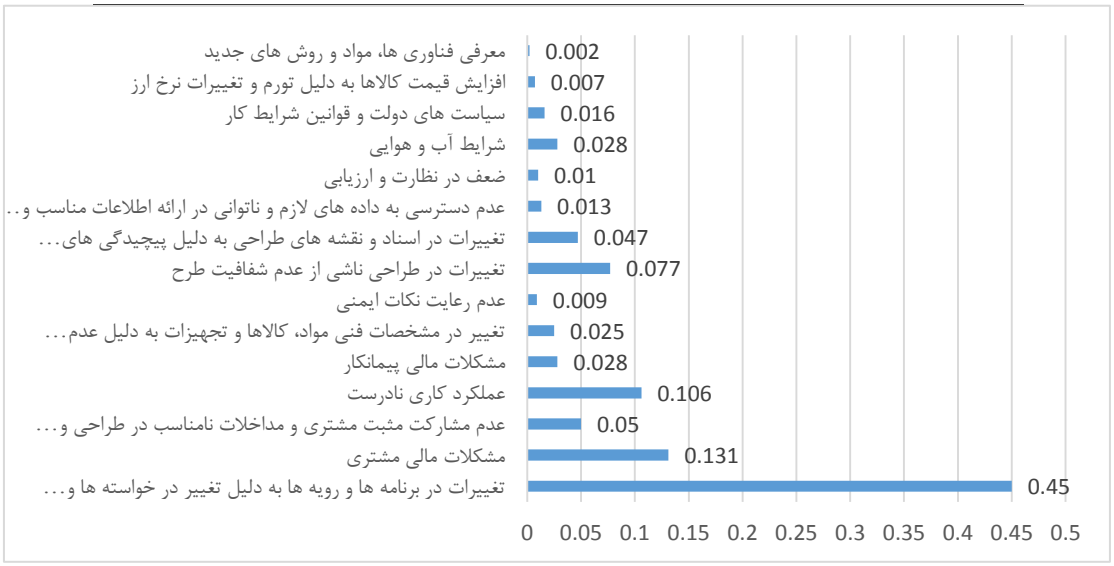
نام معیار	میانگین هندسی $(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij})^{1/n}$	وزن فازی $(\widetilde{W})$	وزن غیرفازی	وزن نرمال
D1	(۲.۴۴۹,۳.۰۲۷,۳.۵۵۷)	(۰.۳۶۱,۰.۵۲۹,۰.۷۵)	۰.۵۴۲	۰.۵۲۵
D2	(۱.۳۹۲,۱.۶۸۲,۲.۰۴۵)	(۰.۲۰۵,۰.۲۹۴,۰.۴۳۲)	۰.۳۰۶	۰.۲۹۶
D3	(۰.۶۶۹,۰.۷۶,۰.۸۸)	(۰.۰۹۹,۰.۱۳۳,۰.۱۸۶)	۰.۱۳۷	۰.۱۳۳
D4	(۰.۲۳,۰.۲۵۸,۰.۲۹۸)	(۰.۰۳۴,۰.۰۴۵,۰.۰۶۳)	۰.۰۴۷	۰.۰۴۵
$\sum\left(\prod_{j=1}^{n}\widetilde{P}_{ij}\right)^{1/n}$	(۴.۷۳۹,۵.۷۲۸,۶.۷۸)			

٤-۱-۳ اوزان نهایی زیرمعیارها

اوزان نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارها حاصل می‌شود که در جدول ۹ آورده شده است. بر این اساس تغییرات در برنامه‌ها و رویه‌ها رتبه اول را در بین تمامی شاخص‌ها کسب کرده است. مشکلات مالی مشتری رتبه دوم و عملکرد کاری نادرست پیمانکار رتبه سوم را کسب کرده است.

جدول ۹ وزن نهایی زیرمعیارها

معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه نهایی زیرمعیار
مشتری	۰.۶۳۱	تغییرات در برنامه‌ها و رویه‌ها به دلیل تغییر درخواسته‌ها و نیازهای مشتری	۰.۷۱۳	۰.۴۵	۱
		مشکلات مالی مشتری	۰.۲۰۷	۰.۱۳۱	۲
		عدم مشارکت مثبت مشتری و مداخلات نامناسب در طراحی و اجرای پروژه	۰.۰۸	۰.۰۵	۵
پیمانکار	۰.۱۶۸	عملکرد کاری نادرست	۰.۶۳۱	۰.۱۰۶	۳
		مشکلات مالی پیمانکار	۰.۱۶۸	۰.۰۲۸	۷
		تغییر در مشخصات فنی مواد، کالاها و تجهیزات به دلیل عدم دسترسی به آنها	۰.۱۴۷	۰.۰۲۵	۹
		عدم رعایت نکات ایمنی	۰.۰۵۴	۰.۰۰۹	۱۳
مشاور	۰.۱۴۷	تغییرات در طراحی ناشی از عدم شفافیت طرح	۰.۵۲۵	۰.۰۷۷	۴
		تغییرات در اسناد و نقشه‌های طراحی به دلیل پیچیدگی‌های تکنولوژیکی پروژه	۰.۲۹۶	۰.۰۴۷	۶
		عدم دسترسی به داده‌های لازم و ناتوانی در ارائه اطلاعات مناسب و به‌موقع	۰.۱۳۳	۰.۰۱۳	۱۱
		ضعف در نظارت و ارزیابی	۰.۰۴۵	۰.۰۱	۱۲
عوامل خارجی	۰.۰۵۴	شرایط آب‌وهوایی	۰.۵۲۵	۰.۰۲۸	۷
		سیاست‌های دولت و قوانین شرایط کار	۰.۲۹۶	۰.۰۱۶	۱۰
		افزایش قیمت کالاها به دلیل تورم و تغییرات نرخ ارز	۰.۱۳۳	۰.۰۰۷	۱۴
		معرفی فناوری‌ها، مواد و روش‌های جدید	۰.۰۴۵	۰.۰۰۲	۱۵



شکل ۱: اوزان نهایی زیرمعیارها

۴-۲ نتایج روش تاپسیس فازی

در این بخش از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی ۱۰ راه‌حل چابک که در قسمت پیشینه پژوهش آورده شده است، استفاده می‌شود.

مراحل این روش در ادامه آورده شده است.

٤-۲-۱ تشکیل ماتریس تصمیم

در این گام ماتریس تصمیم نظرات مطابق جدول ۱۰ تشکیل می‌شود. ماتریس تصمیم روش تاپسیس ماتریسی متشکل از معیارها (زیرمعیارها) و گزینه‌های پژوهش (استراتژی‌هایی که بر اساس ادبیات پژوهش استخراج شده است) است که هر گزینه نسبت به هر معیار بر اساس طیف ۱ تا ۵ فازی ارزیابی می‌شود.

جدول ۱۰ ماتریس تصمیم تاپسیس فازی

	C1	C2	C3	...	C15
R1	(۱,۳,۵)	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	...	(۵,۷,۹)
R2	(۳,۵,۷)	(۷,۹,۹)	(۳,۵,۷)	...	(۳,۵,۷)
R3	(۵,۷,۹)	(۳,۵,۷)	(۱,۳,۵)	...	(۳,۵,۷)
R4	(۱,۳,۵)	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	...	(۵,۷,۹)
R5	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	...	(۱,۱,۳)
R6	(۵,۷,۹)	(۷,۹,۹)	(۱,۳,۵)	...	(۳,۵,۷)
R7	(۱,۳,۵)	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	...	(۳,۵,۷)
R8	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	(۳,۵,۷)	...	(۷,۹,۹)

R9	(۵,۷,۹)	(۷,۹,۹)	(۱,۳,۵)	...	(۱,۳,۵)
R10	(۵,۷,۹)	(۷,۹,۹)	(۱,۳,۵)	...	(۳,۵,۷)

۴-۲-۲ نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

ماتریس تصمیم نرمال شده در جدول ۱۱ آورده شده است. به‌عنوان مثال برای درایه a11 (تقاطع گزینه R1 معیار C1) که یک معیار منفی است، نرمال‌سازی به‌صورت زیر است:

$$\tilde{r}_{11} = \left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, \frac{1}{1}\right) = (0.2, 0.333, 1)$$

جدول ۱۱: ماتریس نرمال تاپسیس فازی

	C1	C2	C3	...	C15
R1	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)
R2	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	(۰.۳۳۳,۰.۳۳۳,۰.۴۲۹)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)
R3	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	...	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)
R4	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)
R5	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۳۳۳,۱,۱)
R6	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)	(۰.۳۳۳,۰.۳۳۳,۰.۴۲۹)	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	...	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)
R7	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)
R8	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	(۰.۴۲۹,۰.۶,۱)	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)	...	(۰.۱۱۱,۰.۱۱۱,۰.۱۴۳)
R9	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)	(۰.۳۳۳,۰.۳۳۳,۰.۴۲۹)	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	...	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)
R10	(۰.۱۱۱,۰.۱۴۳,۰.۲)	(۰.۳۳۳,۰.۳۳۳,۰.۴۲۹)	(۰.۲,۰.۳۳۳,۱)	...	(۰.۱۴۳,۰.۲,۰.۳۳۳)

۴-۲-۳ ماتریس نرمال وزین

در این گام، ماتریس نرمال وزین حاصل می‌شود. وزن‌هایی که در مراحل قبل از طریق روش AHP فازی به‌دست‌آمده‌اند در ماتریس نرمال ضرب می‌شود. نتایج در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲ ماتریس وزن‌دار تاپسیس فازی

	C1	C2	C3	...	C15
R1	(۰.۰۹,۰.۱۵,۰.۴۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۲,۰.۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴)
R2	(۰.۰۶۴,۰.۰۹,۰.۱۵)	(۰.۰۴۴,۰.۰۴۴,۰.۰۵۶)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴,۰.۰۰۰۷)

R3	(۰.۰۵,۰.۰۶۴,۰.۰۹)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۱,۰.۰۱۷,۰.۰۵)	...	(۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴,۰.۰۰۰۷)
R4	(۰.۰۹,۰.۱۵,۰.۴۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۲,۰.۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴)
R5	(۰.۰۶۴,۰.۰۹,۰.۱۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۷,۰.۰۰۲,۰.۰۰۲)
R6	(۰.۰۵,۰.۰۶۴,۰.۰۹)	(۰.۰۴۴,۰.۰۴۴,۰.۰۵۶)	(۰.۰۱,۰.۰۱۷,۰.۰۵)	...	(۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴,۰.۰۰۰۷)
R7	(۰.۰۹,۰.۱۵,۰.۴۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴,۰.۰۰۰۷)
R8	(۰.۰۶۴,۰.۰۹,۰.۱۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	...	(۰.۰۰۰۲,۰.۰.۰۰۰۲,۰.۰۰۰۳)
R9	(۰.۰۵,۰.۰۶۴,۰.۰۹)	(۰.۰۴۴,۰.۰۴۴,۰.۰۵۶)	(۰.۰۱,۰.۰۱۷,۰.۰۵)	...	(۰.۰۰۰۴,۰.۰.۰۰۰۷,۰.۰۰۲)
R10	(۰.۰۵,۰.۰۶۴,۰.۰۹)	(۰.۰۴۴,۰.۰۴۴,۰.۰۵۶)	(۰.۰۱,۰.۰۱۷,۰.۰۵)	...	(۰.۰۰۰۳,۰.۰۰۰۴,۰.۰۰۰۷)

٤-۲-۴ تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در این گام، ایده‌آل‌های مثبت (A+) و منفی (A−) محاسبه می‌شود. ایده‌آل مثبت بزرگ‌ترین عدد درایه سوم ستون معیار و ایده‌آل منفی کوچک‌ترین درایه اول ستون معیارها در ماتریس وزن‌دار است که در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳ ایده‌آل‌های تاپسیس فازی

	C1	C2	C3	....	C15
ایده‌آل مثبت	(۰.۰۵,۰.۰۶۴,۰.۰۹)	(۰.۰۴۴,۰.۰۴۴,۰.۰۵۶)	(۰.۰۰۷,۰.۰۱,۰.۰۱۷)	....	(۰.۰۰۰۲,۰.۰.۰۰۰۲,۰.۰۰۰۳)
ایده‌آل منفی	(۰.۰۹,۰.۱۵,۰.۴۵)	(۰.۰۵۶,۰.۰۷۹,۰.۱۳۱)	(۰.۰۱,۰.۰۱۷,۰.۰۵)	....	(۰.۰۰۰۷,۰.۰۰۲,۰.۰۰۲)

٤-۲-۵ محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و منفی

در این گام، فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت (d+) و ایده‌آل منفی (d−) محاسبه می‌شود. به‌عنوان مثال برای گزینه اول (R1) محاسبات به‌صورت زیر است. فواصل در روش تاپسیس فازی از طریق فاصله اقلیدسی حاصل می‌شود.

$$d(\tilde{x},\tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2\right]}$$

$$d_{R1}^{+} = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.09-0.05)^2+(0.15-0.064)^2+(0.45-0.09)^2]} + \sqrt{\frac{1}{3}[(0.056-0.044)^2+(0.079-0.044)^2+(0.131-0.056)^2]} + \cdots + \sqrt{\frac{1}{3}[(0.0002-0.0002)^2+(0.0003-0.0002)^2+(0.0004-0.0003)^2]} = 0.363$$

$$d_{\bar{R1}} = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.09-0.09)^2+(0.15-0.15)^2+(0.45-0.45)^2]} + \sqrt{\frac{1}{3}[(0.056-0.056)^2+(0.079-0.079)^2+(0.131-0.131)^2]} + \cdots + \sqrt{\frac{1}{3}[(0.0002-0.0007)^2+(0.0003-0.002)^2+(0.0004-0.002)^2]} = 0.124$$

۴-۲-٦ محاسبه شاخص شباهت (CCI) و رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این گام، مطابق جدول ۱۴ شاخص شباهت هر گزینه محاسبه می‌شود و بر اساس آن گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌گردند. به‌عنوان مثال شاخص شباهت برای گزینه اول (R1) محاسبات به‌صورت زیر است.

$$Cl_{R1} = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} = \frac{0.124}{0.363 + 0.124} = 0.255$$

جدول ١٤ امتیاز و رتبه‌بندی نهایی راه‌حل‌های چابک

نام استراتژی (راه‌حل) چابک	کد	فاصله از ایده‌آل مثبت	فاصله از ایده‌آل منفی	امتیاز نهایی	رتبه
شناسایی و تجزیه‌وتحلیل ذی‌نفعان واقعی در اوایل پروژه	R1	۰.۳۶۳	۰.۱۲۴	۰.۲۵۵	۱۰
بهبود مستمر از طریق جلسات روزانه	R2	۰.۰۵۶	۰.۴۳۳	۰.۸۸۵	۱
تفویض کامل اختیارات به اعضای تیم پروژه	R3	۰.۱۴۷	۰.۳۴۱	۰.۶۹۹	۶
مدیریت زمان برای جلوگیری از تأخیر در تحویل به‌موقع	R4	۰.۳۲۳	۰.۱۶۵	۰.۳۳۸	۸

به دست آوردن الزامات در طول چرخه عمر پروژه	R5	۰.۱۴۸	۰.۳۴۱	۰.۶۹۷	۷
جریان کاری انعطاف‌پذیر	R6	۰.۰۷۶	۰.۴۱۹	۰.۸۴۶	۳
(ایجاد ارزش برای مشتری) بازگشت زودهنگام سرمایه‌گذاری	R7	۰.۳۲۴	۰.۱۶۳	۰.۳۳۵	۹
تسهیل ارتباط بین مناطق پروژه و اعضای تیم پروژه	R8	۰.۱۲۲	۰.۳۶۶	۰.۷۵	۵
نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه به طور مداوم	R9	۰.۰۶۳	۰.۴۳۱	۰.۸۷۳	۲
مشارکت مشتری و کاربران نهایی در تمام مراحل پروژه	R10	۰.۰۸۳	۰.۴۱۹	۰.۸۳۵	۴

بر اساس جدول فوق، استراتژی بهبود مستمر از طریق جلسات روزانه رتبه اول را کسب کرده است. نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه به طور مداوم رتبه دوم و جریان کاری انعطاف‌پذیر رتبه سوم را کسب کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت پروژه چابک برای مواجهه با بحرانی‌ترین تغییرات صورت پذیرفت. بنابراین در ابتدا به بررسی ژرف ادبیات موضوع و پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی پرداخته شد تا مبانی اولیه و مطالعات گذشته در خصوص استخراج عوامل کلیدی طی مطالعات کتابخانه‌ای استخراج گردید که شامل ۴ بعد اصلی است. سپس پرسشنامه‌ای شامل ۱۵ شاخص تأثیرگذار بر مدیریت پروژه چابک در اختیار اعضای گروه خبره قرار گرفت. در این پرسشنامه از آن‌ها درخواست شد تا در خصوص عوامل و شاخص‌های شناسایی‌شده، میزان اهمیت هر یک را مشخص نمایند و اگر مورد خاصی مدنظر آن‌ها است که در این تحقیق به آن‌ها اشاره نشده آن را اضافه نمایند. پس از بررسی پاسخ‌ها، شاخص‌ها و عوامل نهایی مشخص گردید. سپس با استفاده از تکنیک ترکیبی AHP-TOPSIS فازی، اوزان معیارها و رتبه‌بندی استراتژی‌های چابک مشخص شدند. در بین معیارهای اصلی، معیار مشتری با وزن ۰.۶۳۱ رتبه اول را کسب کرده است. معیار پیمانکار با وزن ۰.۱۶۸ رتبه دوم، معیار مشاور با وزن ۰.۱۴۷ رتبه سوم و معیار عوامل خارجی با وزن ۰.۰۵۴ رتبه چهارم را کسب کرده است. در میان استراتژی‌های چابک، بهبود مستمر از طریق جلسات روزانه رتبه اول را کسب کرده است. نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه به طور مداوم رتبه دوم و جریان کاری انعطاف‌پذیر رتبه سوم را کسب کرده است.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج معاونی و شریعتمدار (Moaveni & Shariatmadar, 2021) و آنبیبر و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. در هر دو موضوع زمان‌بندی و پیشرفت پروژه مورد توجه بوده است. حفظ روند پیشرفت پروژه بر اساس برنامه زمان‌بندی، مانع از صرف هزینه‌های اضافی می‌شود. در پروژه‌های ساختمانی با توجه به تعدد زیاد فعالیت‌ها باید حتماً تهیه برنامه زمان‌بندی پروژه را در مسیر فرایندهای پروژه قرارداد تا بتوان در عرصه رقابت، محصولی باکیفیت، در زمان و با هزینه مناسب تحویل مشتری نهایی نمود. مدیریت زمان در پروژه، علاوه بر اجرای مناسب فعالیت‌های بر اساس برنامه‌های تعیین شده، بر روی دستیابی به اهداف شخصی و حرفه‌ای نیز تأثیر می‌گذارد. در واقع، به‌کارگیری این مهارت و اجرای اصولی آن، به نحوی به تمام افراد حاضر در پروژه سود می‌رساند.

بر اساس یافته‌های پژوهش، مؤثرترین راه‌حل‌های چابک در مدیریت تغییر، «بهبود مستمر»، «نظارت و ارزیابی پیشرفت پروژه» و «جریان کاری انعطاف‌پذیر» بود. پیشنهادهای مدیریتی در رابطه با این استراتژی‌ها به‌صورت زیر است:

- بهبود مستمر به مدیران اجازه می‌دهد تا بررسی‌های دوره‌ای انجام شود که می‌تواند منجر به تشخیص سریع انحرافات از زمان شود و به تیم کمک کند تا اقدامات لازم را برای جلوگیری از تأخیرهای ناشی از برنامه اولیه غیرواقعی مشتری انجام دهد. علاوه بر این، بهبود مستمر این فرصت را برای دریافت مرورها و بازخوردهای منظم از مشتری برای مقابله با تغییرات خواسته‌های مشتری فراهم می‌کند. همچنین به شناسایی سریع تغییرات ناشی از اجرای نادرست کار توسط پیمانکار عمومی یا پیمانکاران فرعی کمک خواهد کرد. علاوه بر این، این امر برای کاهش تأثیرات منفی تغییرات ناشی از نقشه‌های ساختمانی ضعیف ارائه شده توسط مشاور مؤثر است. به‌این‌ترتیب، قبل از اینکه منجر به اثرات کیفی و زمان‌بر شود، می‌توان به‌سرعت در بررسی‌های دوره‌ای، ایرادات نقشه‌ها را شناسایی کرد.
- نظارت مستمر بر منابع نیز به‌عنوان راه‌حل چابک مؤثر برای رویارویی با تغییرات ساخت‌وساز انتخاب شد. بازرسی‌های منظم ممکن است منجر به شناسایی سریع آسیب ناشی از مشکلات مالی پیمانکار یا اجرای نادرست کار توسط پیمانکاران فرعی قبل از ایجاد هرگونه کار مجدد شود. علاوه بر این، تجزیه‌وتحلیل مستمر منابع، ناظران را در

مورد موجودی منابع آگاه می‌کند و به‌منظور کاهش اثرات منفی تغییرات ناشی از برنامه‌ریزی نامناسب کالاها، تجهیزات و اجرای پروژه، امکان کنترل طرح تأمین را فراهم می‌کند.

- انعطاف‌پذیری گردش کار، مانند یک سیستم تحویل انعطاف‌پذیر، می‌تواند سرعت واکنش به تغییرات را افزایش دهد. باید یک فرایند کاری منعطف وجود داشته باشد تا به تیم پروژه کمک کند تا تغییرات جدیدی را که در نتیجه نیازهای جدید مشتری رخ داده است، بپذیرد. از سوی دیگر، قرارداد باید دارای بندها و انعطاف کافی برای پیش‌بینی اقدامات برای مقابله با افزایش هزینه‌های ناشی از نوسانات اقتصادی و تغییرات ناشی از مسائل مالی مشتری باشد.

در این بخش به ارائه پیشنهادهای آتی برای محققان پرداخته می‌شود:

- استفاده از سایر تکنیک‌های چندمعیاره و مقایسه نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر
- استفاده از سایر عوامل دیگر به‌منظور جامعیت شاخص‌های استخراج‌شده

مقاله حاضر نیز مانند سایر تحقیقات انجام شده دارای محدودیت‌هایی بود که ممکن است نتایج تحقیق را خدشه‌دار کرده باشد. ازجمله این محدودیت‌ها عبارت‌اند از:

- یکی از محدودیت‌های مهم این پژوهش، آشنایی اندک تعدادی از جامعه آماری و عدم آشنایی بسیاری از آنان با مفاهیم مدیریت چابک پروژه بود که روند انجام پژوهش را با کندی و محدودیت زمانی زیاد مواجهه نموده بود.
- پژوهش حاضر با فرض استقلال بین معیارها صورت گرفته است که می‌تواند یک عامل محدودکننده باشد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی از روش ANP استفاده کنند که روابط بین معیارها و زیرمعیارها مورد توجه قرار گیرد.

References

Ahmed, S., & Arocho, I. (2021). Analysis of cost comparison and effects of change orders during construction: Study of a mass timber and a concrete building project. Journal of building engineering, 33, 101856.

Arefazar, Y., Nazari, A., Hafezi, M. R., & Maghool, S. A. H. (2022). Prioritizing agile project management strategies as a change

management tool in construction projects. International Journal of Construction Management, 22(4), 678-689.

Aziz, Z. (2018). Causes of change orders in the Jordanian construction industry. Journal of building construction and planning research, 6(04), 234.

Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2020). Empirical study of schedule delay in Moroccan construction projects. International Journal of Construction Management, 20(7), 783-800.

Bektashi, Elahe and Kazeroni, Mohammad Ali (2019), investigation of the causes of rework in construction projects, the 7th national conference of applied researches in civil engineering, architecture and urban management and the 6th specialized exhibition of mass housing and building builders in Tehran province, Tehran. https://civilica.com/doc/1037092

Conforto, E., Rebentisch, E., & Amaral, D. (2014). The building blocks of agility as a team's competence in project management.

Han, F. (2013). Defining and evaluating agile construction management for reducing time delays in construction.

Kazemi, A., Kazemi, M. H., & Katebi, A. (2021). Prioritizing of Factors Affecting Delays in Construction Projects in Iran. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, *51.1*(102), 85-98. doi: 10.22034/jcee.2019.9096

Lalmi, A., Fernandes, G., & Souad, S. B. (2021). A conceptual hybrid project management model for construction projects. Procedia Computer Science, 181, 921-930.

Lee, J. S. (2023). Quantifying costs of the productivity loss due to schedule changes in construction projects. Engineering, Construction and Architectural Management, 30(1), 56-73.

Ma, L., & Liu, C. (2018). Decomposition of temporal changes in construction labour productivity. International Journal of Construction Management, 18(1), 65-77.

Marnada, P., Raharjo, T., Hardian, B., & Prasetyo, A. (2022). Agile project management challenge in handling scope and change: A systematic literature review. Procedia Computer Science, 197, 290-300.

Marnewick, A. L., & Marnewick, C. (2019). The ability of project managers to implement industry 4.0-related projects. IEEE Access, 8, 314-324.

Moaveni, S., & Shariatmadar, H. (2021). Ranking the Rework Causes in Iran's Construction Projects and Investigating the Effect of Lean Construction Techniques. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *53*(1), 127-148. doi: 10.22060/ceej.2019.14975.5801

Nafe Assafi, M., Hoque, M. I., & Hossain, M. M. (2022). Investigating the causes of construction delay on the perspective of organization-

sectors involved in the construction industry of Bangladesh. International Journal of Building Pathology and Adaptation.

Owen, R., Koskela, L., Henrich, G., & Codinhoto, R. (2006). Is agile project management applicable to construction?. IGLC.

Oyewobi, L. O., Jimoh, R., Ganiyu, B. O., & Shittu, A. A. (2016). Analysis of causes and impact of variation order on educational building projects. Journal of Facilities Management.

Project Management Institute (PMI). (2017). PMI's pulse of the profession, 9th global project management survey.

Rachid, Z., Toufik, B., & Mohammed, B. (2019). Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. International Journal of Construction Management, 19(5), 371-381.

Sanni-Anibire, M. O., Mohamad Zin, R., & Olatunji, S. O. (2022). Causes of delay in the global construction industry: a meta analytical review. International Journal of Construction Management, 22(8), 1395-1407.

Savolainen, J. M., Saari, A., Männistö, A., & Kähkonen, K. (2018). Indicators of collaborative design management in construction projects. Journal of Engineering, Design and Technology, 16(4), 674-691.

Senouci, A., Alsarraj, A., Gunduz, M., & Eldin, N. (2017). Analysis of change orders in Qatari construction projects. International Journal of Construction Management, 17(4), 280-292.

Sohi, A. J., Hertogh, M., Bosch-Rekveldt, M., & Blom, R. (2016). Does lean & agile project management help coping with project complexity?. Procedia-social and behavioral sciences, 226, 252-259.

Stråusser, G. (2015). Agile project management concepts applied to construction and other non-IT fields. Project Management Institute.

VersionOne, T. R. (2017). 11th annual state of agile survey. CollabNet VersionOne, (s 3).

Yllén Johansson, M. (2012). Agile project management in the construction industry: An inquiry of the oppurtunities in construction projects.

Zhu, H., Hwang, B. G., Ngo, J., & Tan, J. P. S. (2022). Applications of smart technologies in construction project management. Journal of Construction Engineering and Management, 148(4), 04022010.

COPYRIGHTS
© 2023 by the authors. Licensee Advances in Modern Management Engineering Journal. 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) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).