

Modeling the effect of building information modeling (BIM) in reducing rework in construction projects using structural equations method

Malihe Zoghi

Master's degree, Construction Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran

Mohamad Jafari Fesharaki

Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran

Mehrdad Hemasian Ettefagh

Instructor, Construction Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Ivanki University, Tehran, Iran.

*Corresponding author's email address: mehrgostar.esf@gmail.com

How to cite this article:

Malihe Zoghi, Mohamad Jafari Fesharaki, Mehرداد Hemasian Ettefagh, Modeling the effect of building information modeling (BIM) in reducing rework in construction projects using structural equations method, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2024, 8(2): 67-75.

Abstract

Rework is one of the management problems in construction projects, which leads to numerous consequences of time, cost and quality of the project. Today, it is clear that reducing rework using new methods such as modeling the impact of building information modeling (BIM) can lead to improving the productivity of the construction industry. The use of the structural equation research method to influence the relationship between variables in this research showed that identifying errors and recording them at the right time and place can lead to a reduction in rework in project implementation. According to the results of the research, it was found that building more complete and comprehensive models by considering different effective variables can lead to better decision making and policies of managers in projects. One of the most important ways to reduce errors and rework is to use building information modeling. BIM can help contractors to reduce errors and omissions in construction methods by increasing more internal coordination between project execution teams and promoting effective coordination and collaboration between professionals from different fields (owners, architects, engineers, contractors and facility managers).

Keywords

Building information modeling, rework in construction projects, errors created in the construction industry, project productivity, structural equation modeling

مدل سازی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دوباره کاری در پروژه های عمرانی با استفاده از روش معادلات ساختاری

ملیحه ذوقی

کارشناسی ارشد، مهندسی مدیریت ساخت، دانشکده عمران، مؤسسه آموزش عالی آل طه تهران، ایران.

محمد جعفری فشارکی

استاد، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران، مؤسسه آموزش عالی آل طه تهران، ایران.

مehرداد حمصیان اتفاق*

مربی، مهندسی مدیریت ساخت، دانشکده عمران، دانشگاه ایوانکی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۱

ارجاع به مقاله:

ملیحه ذوقی، محمد جعفری فشارکی، مهرداد حمصیان اتفاق، مدل سازی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دوباره کاری در پروژه های عمرانی با استفاده از روش معادلات ساختاری، مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۴۰۲، ۸ (۲): ۶۷-۷۵.

چکیده

دوباره کاری، یکی از مشکلات مدیریتی موجود در پروژه های عمرانی است که منجر به عواقب متعدد زمانی و هزینه و کیفیت پروژه می گردد. امروزه مشخص شده است که کاهش دوباره کاری با استفاده روش های نوین مانند مدل سازی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (بیم)، می تواند منجر به بهبود بهره وری صنعت ساخت گردد. استفاده از روش تحقیق معادلات ساختاری جهت تأثیر ارتباط بین متغیرها، در این پژوهش نشان داد که شناسایی خطاها و ثبت و ضبط آنها در زمان و مکان مناسب می تواند منجر به کاهش دوباره کاری ها در اجرای پروژه می گردد. جهت بررسی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دوباره کاری در پروژه های عمرانی از روش مدل سازی معادلات ساختاری جهت شناسایی ارتباط بین متغیرهای اصلی استفاده شده است. طبق نتایج پژوهش مشخص شد که ساخت مدل های کامل تر و جامع تر با در نظر گرفتن متغیرهای مختلف مؤثر می تواند باعث تصمیم گیری و سیاست های بهتر مدیران در پروژه ها گردد. بیم یکی از مهم ترین راهکارهای کاهش خطا و دوباره کاری ها، استفاده از ابزارهای مدیریتی مانند مدل سازی اطلاعات ساختمان است. تشخیص خودکار خطاها و حذفیات لازم در فعالیت های پروژه و ثبت و ضبط آنها در زمان مناسب جهت کاهش دوباره کاری از جمله عواملی است که با استفاده از بیم، این موارد امکان پذیر خواهد بود. مدل سازی اطلاعات ساختمان، با افزایش هماهنگی داخلی بیشتر بین اکیپ های اجرایی پروژه و ارتقای هماهنگی و همکاری مؤثر بین متخصصان رشته های مختلف (مالکان، معماران، مهندسان، پیمانکاران و مدیران تأسیسات)، می تواند به پیمانکاران کمک نماید تا اشتباهات و قصورات خود را در روش های ساخت وساز، کاهش دهند. بیم، با افزایش هماهنگی داخلی بیشتر بین اکیپ های اجرایی پروژه و ارتقای هماهنگی و همکاری مؤثر بین متخصصان رشته های مختلف (مالکان، معماران، مهندسان، پیمانکاران و مدیران تأسیسات)، می تواند به پیمانکاران کمک نماید تا اشتباهات و قصورات خود را در روش های ساخت وساز کاهش دهند.

کلمات کلیدی

مدل سازی اطلاعات ساختمان، دوباره کاری در پروژه های عمرانی، خطاهای ایجاد شده در صنعت ساخت، بهره وری پروژه، مدل سازی معادلات ساختاری



8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



مدل سازی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دوباره کاری در پروژه های عمرانی با استفاده از روش معادلات ساختاری

دوباره کاری یک مشکل فراگیر در پروژه‌های عمرانی است که بر عملکرد پروژه‌ها تأثیر منفی می‌گذارد و به یکی از رایج‌ترین دغدغه‌های صنعت و دانشگاه تبدیل شده است. رواج سریع مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بی‌م) برای کنترل دوباره کاری و هزینه و زمان ناشی از آن، مفید تلقی شده است. با این حال، تحقیقات تجربی کمی برای نشان دادن تأثیر پیاده‌سازی بی‌م بر کار مجدد در پروژه‌های ساختمانی انجام شده است [۱]. دوباره کاری، یک مشکل بومی در پروژه‌های عمرانی است که بر بهره‌وری تأثیر منفی می‌گذارد. به‌عنوان مثال، [۲] و [۳] دوباره کاری می‌تواند ناشی از عدم انطباق با الزامات تثبیت‌شده [۴] و انحراف از کیفیت موردنیاز [۵] تغییرات در محدوده یا مشخصات ذینفعان پروژه و حذفیات/خطاهای مرتکب شده توسط متخصصان پروژه، ایجاد شود [۶]. تلاش‌های پژوهشی به بررسی تأثیر منفی دوباره کاری بر عملکرد پروژه اختصاص یافته است. دوباره کاری، در حدود ۵۰٪ از زمان پروژه‌ها نقش دارد و هزینه دوباره کاری ۵٪ تا ۲۵٪ از ارزش قرارداد در پروژه را شامل می‌شود [۲]. استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بی‌م) به‌عنوان یک استراتژی برای دستیابی بهبود عملکرد پروژه در اولویت قرار گرفته است. از سال ۲۰۱۳، بی‌م برای نقشه‌های معماری و مهندسی جهت تصویب طرح ساختمان، در کشورهایی مانند سنگاپور اجباری شده است. بی‌م، منجر به کنترل بهتر فرآیند ساخت‌وساز می‌شود و هماهنگی داخلی بین اکیپ‌های اجرایی را افزایش می‌دهد. همچنین، باعث همکاری بهتر بین رشته‌های مختلف در اجرا پروژه، حل مشکل، پشتیبانی تصمیم‌گیری، مدیریت ریسک و بهبود بهره‌وری [۷] و [۸] که می‌تواند منجر به کاهش خطا در طراحی و در نتیجه دوباره کاری شود [۹]. هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه یک مدل ساختاری جهت بررسی تأثیر بی‌م در کاهش دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش معادلات ساختاری است. در ابتدا عوامل منجر به دوباره کاری شناسایی می‌شود و سپس تأثیرات بی‌م بر کاهش دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در زمینه خاورمیانه، امارات متحده عربی تلاش‌های قابل توجهی برای ادغام بی‌م در ساخت‌وساز پایدار انجام داده است و همچنین اقدامات گسترده‌ای در ادبیات موضوع در سراسر جهان بررسی شده است [۱۰]. بی‌م در حال حاضر به‌طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بخش ساخت‌وساز در جهان توسعه‌یافته عجله دارد که بی‌م را به‌عنوان کاتالیزوری برای بهبود کارایی عملیاتی، صرفه‌جویی در هزینه و کاهش هزینه‌ها، استفاده کند. با رشد چشمگیر پذیرش بی‌م در سال‌های گذشته، شرکت‌های ساختمانی بازدهی مثبت سرمایه‌گذاری با پس‌اندازهای بیشتر پیش‌بینی شده در آینده را نشان داده‌اند [۱۱]. برخی از کشورها مانند ایالات متحده، بریتانیا، آلمان، کانادا و فرانسه در اجرای بی‌م پیشرو بوده‌اند، پذیرندگان نسبتاً جدید مانند استرالیا، برزیل، ژاپن، کره و نیوزلند به‌سرعت در حال جلب توجه هستند و حتی در برخی زمینه‌ها از

کشورهای مستقرتر بهتر عمل کرده‌اند. بی‌م، یک رویکرد هوشمند در بخش ساخت‌وساز، به‌ویژه در مرحله برنامه‌ریزی است و در بسیاری از موارد و در سطوح مختلف توسط دولت‌ها در سراسر جهان استفاده می‌شود [۱۲]. بی‌م، در تمام پروژه‌های ساختمانی دولتی در بریتانیا اجباری است که نشان می‌دهد فقط شرکت‌های دارای بی‌م، واجد شرایط برای رقابت در قراردادهای دولتی هستند [۱۳]. در نتیجه تلاش‌های قوی دولت، برای اجرا و پیاده‌سازی فناوری بی‌م به‌سرعت در سراسر بریتانیا افزایش یافته است. با این حال، در ایالات متحده، بی‌م هنوز در همه ایالت‌ها اجباری نیست، اما پیش‌بینی می‌شود که در سال‌های آینده رشد قابل توجهی داشته باشد [۱۴]. بر اساس گزارش موسسه ملی استاندارد و فناوری در سال ۲۰۰۴، صنعت ساخت‌وساز سرمایه‌ای سالانه ۱۵٫۸ میلیارد دلار را به دلیل ناکارآمدی قابلیت همکاری، هدر می‌دهند. این ناکارآمدی‌ها شامل ورود مجدد و بازآفرینی اطلاعات و داده‌ها و تکرار کارکردهای تجاری است [۱۵]. با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بی‌م)، می‌توان این ناکارآمدی‌ها را برطرف کرد [۱۶]. بی‌م، رویکرد جدیدی برای طراحی، ساخت و مدیریت ساخته‌ها است که در آن از یک نمایش دیجیتالی از فرآیند ساختمان برای تسهیل تبادل و قابلیت همکاری اطلاعات در قالب دیجیتال استفاده می‌شود [۱۷]. در صنعت ساخت‌وساز، علاقه روزافزونی به استفاده از بی‌م برای مدیریت دانش و اطلاعات، هماهنگی و انسجام طراحی تا ساخت و تعمیر و نگهداری جهت مراحل بهره‌برداری از چرخه عمر ساختمان وجود دارد. بر این اساس، بسیاری از محققان و متخصصان در مورد کاربرد بالقوه و مزایای بی‌م در ساخت‌وساز توافق دارند. در کره، خدمات تدارکات عمومی دستورالعمل اصلی کاربرد بی‌م را برای پروژه‌های تأسیسات را منتشر کرده که استانداردهایی را برای کارهای مرتبط با بی‌م در مورد استفاده از داده‌های بی‌م در مراحل تعمیر و نگهداری و ساخت‌وساز را ارائه کرده است.

در سال ۲۰۱۲، برنامه بی‌م بر روی بیش از ۵۰ میلیارد پروژه که هزینه پروژه‌های ساخت‌وساز عمومی است، تحمیل شد و برای تمام پروژه‌های ساختمانی عمومی تا سال ۲۰۱۶ برنامه‌ریزی شده است [۱۸].

در این بخش به کلیاتی از پژوهش‌های انجام شده در مورد بی‌م و همچنین دوباره کاری‌های انجام شده در پروژه‌های عمرانی پرداخته شده است. در ادامه، تعدادی از مقالات به‌صورت خلاصه و به ترتیب سال انتشار جدید به قدیم، بررسی شده است.

[۱۹] در پژوهش خود، موانع استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بی‌م) در پروژه‌های ساختمانی کوچک را در صنعت ساخت‌وساز مالزی بررسی کرده است. کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بی‌م) در پروژه‌های ساختمانی برای تصمیم‌گیری مؤثر در طول چرخه عمر پروژه مفید است، زیرا بدون به خطر انداختن عملی بودن، مزایا را به حداکثر می‌رساند. صنعت ساخت‌وساز مالزی نیز مشتاق پذیرش فرهنگ بی‌م است. با این حال، موانع مختلف و ناشناخته که مانع اجرای عملی آن شده، شناسایی شده است. با توجه به این موضوع، این مطالعه موانع حیاتی برای استفاده از بی‌م در پروژه‌های ساختمانی کوچک مالزی را شناسایی و تحلیل کرد. از طریق استفاده از



8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته و یک مطالعه مقدماتی با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی^۱ (EFA)، موانع بحرانی بیم^۲ (CBBs) شناسایی شده است. بر اساس یافته‌های تحلیل عاملی اکتشافی، موانع بحرانی بیم در شرکت‌های کوچک به پنج دسته، مانع پذیرش فنی، مانع رفتاری، مانع اجرا، مانع مدیریت و مانع آموزش دیجیتال طبقه‌بندی شدند. پس از بررسی پرسشنامه، بازخورد ۲۳۵ متخصص با منافع خاص در تجارت ساخت‌وساز مالزی جمع‌آوری شد و مدل موانع بحرانی بیم در شرکت‌های کوچک با استفاده از تجزیه و تحلیل ساختارهای لحظه‌ای (AMOS) ایجاد شد. یافته‌ها نشان داد که اگرچه کارشناسان مالزی با تجربه کمی در مورد بیم آموزش دیده‌اند، موانع پذیرش فنی، موانع رفتاری، موانع مدیریتی و موانع اجرایی برای پذیرش بیم بسیار مهم هستند. یافته‌های این مطالعه به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا موانع بحرانی بیم را حذف کنند و از بیم در پروژه‌های ساخت‌وساز ساده مالزی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، صرفه‌جویی در زمان، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت و پایداری استفاده کنند.

[۱۰] در مقاله خود، موانع ادغام بیم و شیوه‌های پایدار در پروژه‌های ساختمانی امارات متحده عربی را با استفاده از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) شناسایی و اولویت‌بندی کرده‌اند. بخش ساخت‌وساز در تغییر شیوه‌های پایدار و پذیرش فناوری‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بیم) با موانع مهمی مواجه می‌شود. در زمینه خاورمیانه، امارات متحده عربی تلاش‌های قابل‌توجهی برای ادغام بیم در ساخت‌وساز پایدار انجام داده است که برای پیشرفت روش‌ها استفاده می‌شود و اقدامات گسترده‌ای در ادبیات موضوع در سراسر جهان به دست آمده است. با این حال، برخی از موارد در امارات متحده عربی از این هم‌افزایی اساسی بین بیم و شیوه‌های پایدار استفاده کرده‌اند، در حالی که بسیاری دیگر در حاشیه مانده‌اند و قادر به درک کامل پتانسیل بیم در ابتکارات پایدار نیستند. هدف این مقاله بررسی چالش‌ها و موانع پیش روی یکپارچه‌سازی بیم و عملکرد پایدار در صنعت ساخت‌وساز امارات است. بررسی ادبیات گسترده‌ای برای تعریف و شناسایی موانع اصلی که در طراحی استفاده می‌شوند، انجام شد. این نظرسنجی بین طرف‌های مختلف در صنعت ساخت‌وساز امارات توزیع شده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تکنیک AHP (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی) صورت گرفته است. آزمون‌های آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند و برای تشریح و اعتبارسنجی نتایج استفاده شدند. این نوع مطالعه تحلیلی در سایر کشورهای توسعه‌یافته مانند انگلستان و آمریکا انجام شده است. با این حال، چنین مطالعه‌ای در امارات انجام نشده است. یافته‌ها نشان داد که عوامل تکنولوژیکی و مالی موانع اصلی اجرای بیم در امارات هستند. یافته‌های تحقیق و طرح پیشنهادی آن، منجر به تسهیل پذیرش و ادغام بیم در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار می‌شود و به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا به مشکلات و موانع حیاتی که در این مطالعه اشاره شده است، رسیدگی کنند.

[۲۰] در مقاله خود با عنوان مدل‌سازی دینامیک شبکه‌های مشارکتی مبتنی بر پروژه برای پیاده‌سازی بیم در صنعت ساخت‌وساز در مطالعه تجربی در هنگ‌کنگ‌اند. این مطالعه با استفاده از روش مدل‌های بازیگرمحور تصادفی^۳ (SAOM) و داده‌های طولی در پروژه‌های ساخت‌وساز مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (بیم) انجام شده در هنگ‌کنگ طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷، به‌طور تجربی نحوه‌ی مدل‌سازی شبکه پروژه محور در سطح صنعت را مدل‌سازی کرده است. روابط برای پیاده‌سازی بیم در طول زمان تکامل می‌یابد و چگونه این تکامل تحت تأثیر مجموعه‌ای از میکرومکانیسم‌ها قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه و تحلیل شبکه توصیفی نشان داد که شبکه مشارکتی در طول زمان به‌طور فزاینده‌ای متراکم شد اما به‌طور مداوم با میانگین طول مسیر نسبتاً کوتاه در میان گره‌های شبکه، ضریب خوشه‌بندی بالا و ساختار هسته - پیرامون مشخص شد. نتایج تجزیه و تحلیل مدل‌های بازیگرمحور تصادفی بیشتر شواهدی را ارائه می‌دهد که تکامل ساختار شبکه کلان به‌طور قابل‌توجهی به اثر پیوست ترجیحی مبتنی بر ساختار و اثر شباهت مبتنی بر تجربه در سطح خرد مربوط می‌شود. نتایج همچنین نشان می‌دهد که اثرات متغیرهای فردی مربوط به نوع مالکیت سازمانی و تجربه بیم سازمانی به‌طور قابل‌توجهی بر پویایی شبکه مشارکتی مبتنی بر پروژه تأثیر می‌گذارد. این مطالعه نه تنها یک دیدگاه شبکه‌ای از نحوه تعامل سازمان‌های صنعتی با یکدیگر در شیوه‌های پیاده‌سازی بیم در سراسر پروژه‌ها ارائه می‌دهد، بلکه به درک عمیقی از چگونگی تکامل شبکه‌های روابط مشارکتی مبتنی بر پروژه به‌عنوان سیستم‌های انطباقی پیچیده که پویایی آن‌ها توسط مجموعه‌ای هدایت می‌شود کمک می‌کند. اثرات مبتنی بر ساختار و ویژگی که در سطح خرد عمل می‌کنند.

[۲۱] در پژوهش خود به مطالعه تطبیقی پذیرش بیم بین کره و ایالات متحده پرداخته است. تحقیقات قابل‌توجهی بر روی استانداردها و مبادلات داده‌ها در صنعت معماری، مهندسی، ساخت‌وساز و مدیریت ساخته‌ها، در چندین سال گذشته انجام شده است. محبوبیت روزافزون فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌شدت بر این تصور استوار است که می‌تواند اشتراک‌گذاری و استفاده مجدد از اطلاعات را در طول چرخه عمر پروژه تسهیل کند. اگرچه بسیاری از محققان و متخصصان در مورد کاربرد بالقوه و مزایای بیم در ساخت‌وساز توافق دارند، ولی هنوز مشخص نیست که چرا بیم اتخاذ شده است و چه عواملی اجرای بیم را بهبود می‌بخشد؛ بنابراین، پذیرش و استفاده از بیم یکی از دغدغه‌های اصلی محققان و اجراکنندگان بیم است. بیم در ایالات متحده زودتر از کره پذیرفته شد و انتظار می‌رود کاربران بیم در آمریکا، بسته به دوره استفاده طولانی‌تر، بلوغ و درک مثبت بیشتری در مورد استفاده از بیم داشته باشند. این بدان معناست که مکانیسم دستیابی به پذیرش بیم در کره با مکانیسم در ایالات متحده متفاوت است؛ بنابراین، مدل پذیرش بیم در کره با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری با ایالات متحده، مقایسه شده است. مؤلفه‌های کلیدی، از جمله مدل

^۴Architecture, Engineering, Construction and Facilities Management (AEC/FM)

^۱exploratory factor analysis (EFA)

^۲critical BIM barriers (CBBs)

^۳stochastic actor-oriented models (SAOM)



8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



پذیرش بیم، از طریق بررسی ادبیات مدل پذیرش فناوری^۵ و نظریه‌های مرتبط شناسایی شدند و با مصاحبه و مطالعات آزمایشی با متخصصان صنعت ساخت‌وساز تجمیع شدند. بر اساس این مؤلفه‌ها، پرسشنامه‌های طراحی و برای کارگران در سازمان‌های ساختمانی (مانند پیمانکاران، معماران، مدیران ساخت‌وساز، مهندسان و مدیران تأسیسات) در کره و ایالات متحده ارسال شد. در مجموع ۱۶۴ پرسشنامه تکمیل شده، بازیابی شد. مدل‌سازی معادلات ساختاری برای آزمون فرضیه‌ها با استفاده از نرم‌افزار موجود تجاری انجام شد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای تحقیق در مورد زمینه سازمانی برای پذیرش بیشتر بیم در صنعت ساخت‌وساز باشد. مقایسه مکانیسم و نتایج بعدی به‌عنوان یک راهنما برای توسعه یک استراتژی پذیرش است که برای کشور کره مناسب است؛ یعنی پذیرش و همچنین نحوه پذیرش یک تکنولوژی در کشورهای مختلف با یکدیگر متفاوت است و این پذیرش بر سرعت اجرا و پیاده‌سازی و درک بهتر این تکنولوژی‌های جدید مؤثر هستند. آنچه در کشور کره انجام شده است در مورد بحث نحوه پذیرش بیم در کشورهای کره و آمریکا بوده است که با یکدیگر مقایسه شده است که چگونه بیم در ابتدا باید مورد پذیرش قرار بگیرد و موضوع ما در بررسی تأثیرات بیم بر دوباره‌کاری بوده است که توسط روش تحقیق مدل معادلات ساختاری مدل‌سازی می‌باشد. از جمله نوآوری پژوهش ما نسبت به این پژوهش، بررسی تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر میزان دوباره‌کاری و علل آن در پروژه‌های عمرانی بوده است. از طرفی مدل ساخته شده در پژوهش انجام شده ما، بر اساس زیرساخت‌ها و مشکلات موجود در کشور طراحی شده است. مطالعه موردی پژوهش ما، دو شرکت عمرانی در کشور ایران، جهت بررسی بیم و دوباره‌کاری‌ها، بوده است. آنچه در کشور کره و آمریکا بررسی شده است، در زمینه پذیرش بیم بوده است. اولین گام برای پیاده‌سازی بیم در هر کشوری، پذیرش آن در سطح عوامل پروژه بوده است. بدون پذیرش بیم قاعدتاً، ادامه اجرای و پیاده‌سازی بیم بسیار کار سختی خواهد بود.

۳- روش‌شناسی

در این فصل به بررسی روش تحقیق پژوهش جهت دستیابی به هدف اصلی پایان‌نامه، پرداخته شده است. روش تحقیق پژوهش حاضر، مدل‌سازی معادلات ساختاری می‌باشد. یکی از قوی‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل در تحقیقات علوم رفتاری و علوم اجتماعی تجزیه و تحلیل چند متغیره است. در مدل‌سازی معادلات ساختاری دو نوع متغیر به‌صورت کلی تعریف شده است: متغیرهای مشاهده‌پذیر (اشکار)، متغیرهای مکنون (پنهان). متغیرهای مکنون (پنهان)، عواملی می‌باشند که به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند و از طریق سوالات پرسشنامه (متغیرهای آشکار) سنجیده می‌شوند [۲۲]. جامعه آماری پژوهش کلیه کارشناسان و خبرگان در شرکت‌های ویما و گروه صنعتی زر، بوده است. گروه صنعتی زر در اجرای کارخانه‌های صنعتی فعالیت دارد و شرکت ویما، فعالیتش در زمینه اجرای پروژه‌های پیش‌ساختگی مثل

ساختمان‌های تجهیز کارگاهی و همچنین کانکس‌های تاشو و بازشونده و ثابت، فعال می‌باشند. نمونه آماری پژوهش، از طریق هدفمند انتخاب شد و حجم نمونه از طریق فرمول کوکران محاسبه شد. کل تعداد جامعه آماری پژوهش، ۳۳ نفر بوده است که حداقل حجم نمونه آماری طبق فرمول کوکران ۳۰ نفر به دست آمد، بنابراین، تعداد ۳۰ عدد پرسشنامه درست در مطالعه موردی مورد نظر توضیح شد. همچنین از طریق قانون ده برابر روش مدل‌سازی معادلات ساختاری، حداقل حجم نمونه طبق بیشترین مسیر ارائه شده در مدل ساختاری تعداد ۲۰ نفر محاسبه شد. جمع‌آوری اطلاعات از طریق پرسشنامه محقق ساخته انجام شد و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار PLS انجام گردید.

۳-۱- بررسی پایایی پرسشنامه

قابلیت اعتماد یکی از ویژگی‌های فنی ابزار اندازه‌گیری است. مفهوم یاد شده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسان به دست می‌دهد؛ یعنی اگر از این ابزار در فاصله زمانی کوتاه چندین بار دربار یک گروه واحد استفاده شود نتایج حاصله مشابه یا نزدیک به هم خواهد بود. از جمله تعریف‌هایی که برای قابلیت اعتماد ارائه شده است می‌توان به تعریف ایبل و فریسی اشاره کرد: همبستگی میان یک مجموعه از نمرات و مجموعه دیگری از نمرات در یک آزمون معادل که به‌صورت مستقل بر یک گروه آزمودنی به دست آمده است. با توجه به این امر معمولاً دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا +۱ (ارتباط کامل) است. ضریب قابلیت اعتماد نشانگر آن است که تا چه اندازه ابزار اندازه‌گیری ویژگی‌های باثبات آزمودنی و یا ویژگی‌های متغیر و موقتی وی را می‌سنجد. برای محاسبه ضریب قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری شیوه‌های مختلفی به کار برده می‌شود.

جدول ۱ محاسبه پایایی ترکیبی در PLS

متغیرها	ضریب پایایی ترکیبی
تأثیرات و راهکارهای بیم	۰/۸۸۷
خطاها	۰/۷۵۹
دوباره‌کاری‌ها	۰/۹۰۱

۳-۲- بررسی روایی پرسشنامه

طبق شکل ۱، در تحلیل عاملی تأییدی، متغیرهای بارهای عاملی کمتر از ۰/۴ حذف شده و سپس مدل نهایی بعد از هر بار حذف هر متغیر، بررسی شده است. در مدل نهایی ایجاد شده، تمام متغیرها دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۴ می‌باشند و بار عاملی مناسبی دارند. از این رو متغیرهای با بار عاملی بالاتر طبق شکل بالا، باقی می‌مانند. در این خروجی، ماتریس ضرایب تأثیر استاندارد متغیرهای مستقل بر وابسته در مدل به نمایش داده می‌شود. مقدار این ضریب بین +۱ تا -۱ در نوسان است. ضریب مسیر استاندارد بین تأثیرات و راهکارهای بیم با خطا دارای ضریب مسیر ۰/۶۷۷ است و ضریب مسیر استاندارد بین خطاها و دوباره‌کاری، ۰/۵۷۷ می‌باشد.

^۵Technology Acceptance Model (TAM)

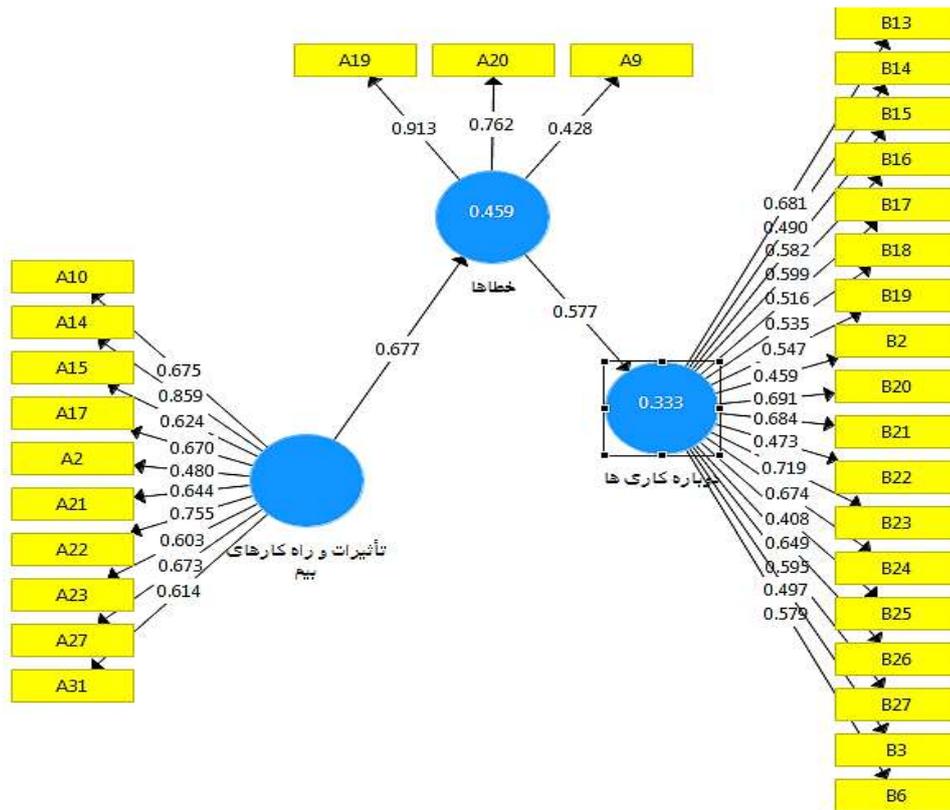


8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی





شکل ۱ خروجی ضرایب مسیر در مدل ساختاری پژوهش

۴- یافته‌ها

در این بخش به بررسی خروجی ضرایب مسیر برای ارتباط بین متغیرهای پنهان در حالت معناداری پرداخته شده است. برای بررسی سنجش رابطه بین متغیرهای پنهان در مدل، آزمون آماره t استفاده می‌شود. این آماره، شدت رابطه را نشان نمی‌دهد و میزان معناداری رابطه را جهت رد یا تأیید فرضیات پژوهش، نمایش می‌دهد. چنانچه سطح اطمینان ۹۵ درصد را در نظر بگیریم، مقادیر آماره آزمون بایستی از $1/96$ بیشتر باشد تا بتوان فرضیات پژوهش را تأیید کرد. در جدول ۲، مدل ساختاری نهایی جهت بررسی معناداری استخراج شده است و در این مدل، فرضیه‌های پژوهش مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. طبق جدول، میزان معناداری $0/000$ می‌باشد که نشانگر ارتباط بین متغیر می‌باشد.

۴-۱- بررسی و ارزیابی فرضیه‌های اصلی پژوهش

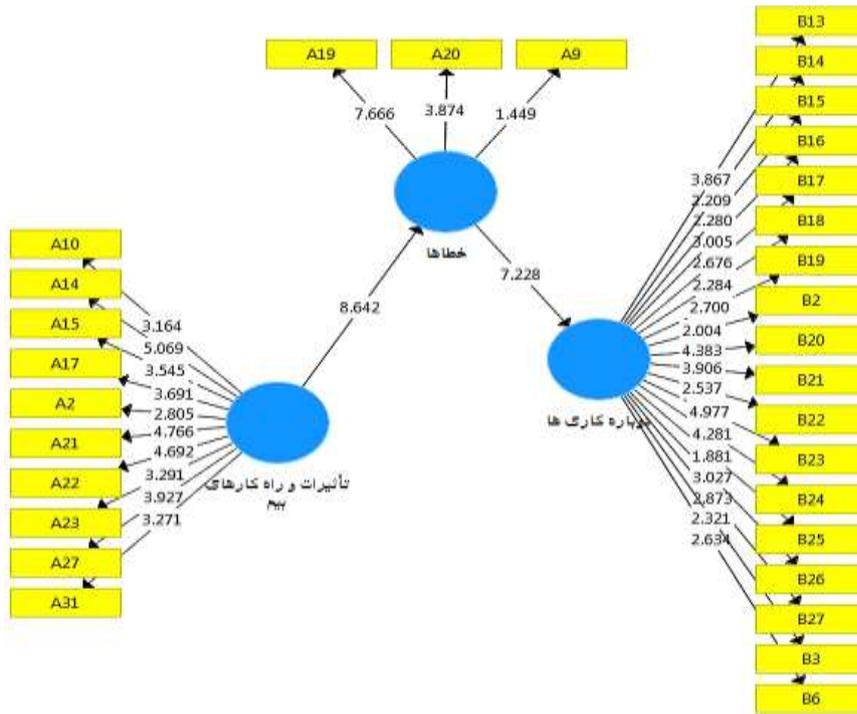
فرضیه‌های پژوهش، در قالب دو سناریو مختلف در سه فرضیه کلی پرداخته شده است:

فرضیه اول: بین تأثیرات و راهکارهای بیم و خطاها در پروژه‌های عمرانی رابطه آماری معناداری وجود دارد (سناریو اول).
طبق خروجی ضرایب مسیر کلی، ضرایب کلی ارتباط بین تأثیرات و راهکارهای بیم و خطاها در پروژه‌های عمرانی، دارای مقادیر آزمون t ، $8/642$ می‌باشد که بیشتر از عدد $1/96$ است، یعنی نشان می‌دهد که تأثیرات و راهکارهای بیم به صورت کلی بر خطاهای ایجاد شده در پروژه‌های عمرانی مؤثر است. از این رو این فرضیه تأیید می‌شود.

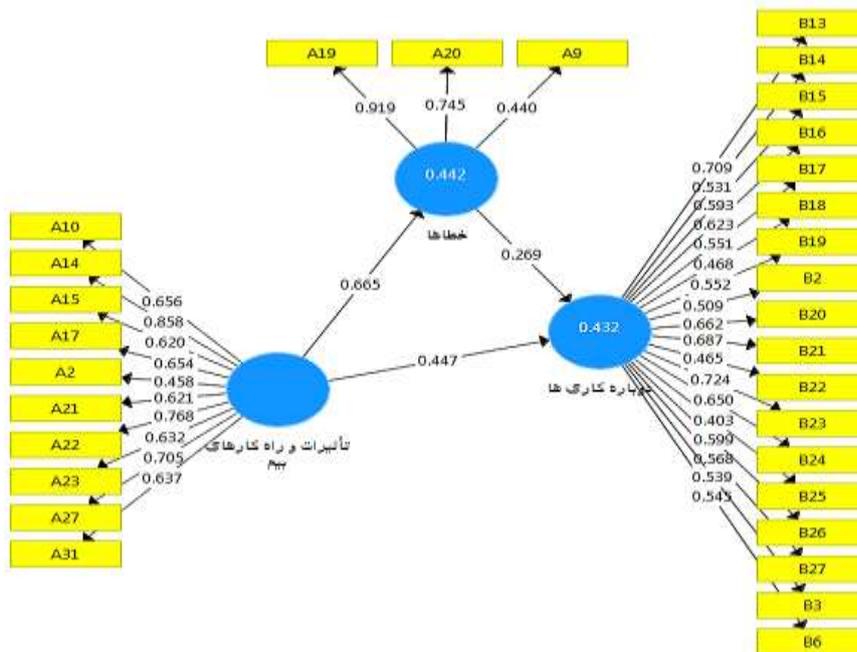
فرضیه دوم: بین خطاهای ایجاد شده و دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی رابطه آماری معناداری وجود دارد. (سناریو اول).
طبق خروجی ضرایب مسیر کلی، ضرایب کلی ارتباط بین خطاهای ایجاد شده و دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی، دارای مقادیر آزمون t ، $7/228$ می‌باشد که بیشتر از عدد $1/96$ است، یعنی نشان می‌دهد که خطاهای ایجاد شده به صورت کلی بر دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی مؤثر می‌باشند می‌شوند. از این رو این فرضیه تأیید می‌شود.

جدول ۲ بررسی میزان معناداری بین متغیرهای پنهان در سناریو اول

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	T Statistics (O...	P Values
تأثیرات و راه کارهای بیم -> خطاها	0.677	0.722	8.642	0.000
خطاها -> دوباره کاری ها	0.577	0.675	7.228	0.000



شکل ۲ محاسبه میزان معناداری ضرایب مسیر



شکل ۳ مدل ساختاری نهایی طبق سناریو دوم

بیم بر دوباره کاری تأثیر گذاشت و اول می‌بایست خطاهای ایجاد شده را کنترل نمود.

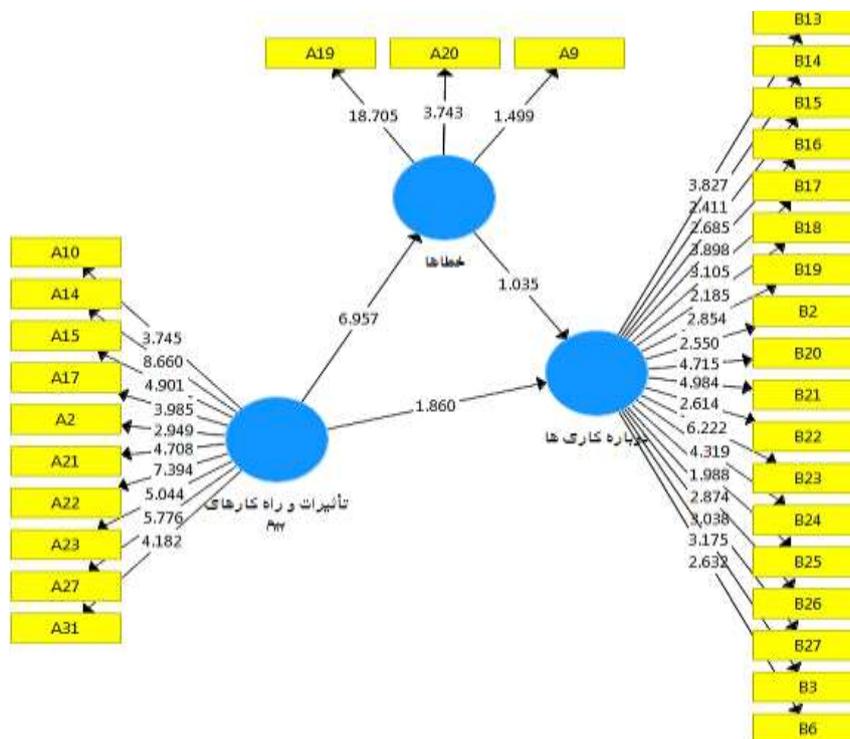
۲-۴- بررسی مدل با سناریو دوم (ارتباط سه متغیر)

بررسی مدل در صورت ارتباط مستقیم بین تأثیرات و راهکارهای بیم بر دوباره کاری، نشان داد که تنها رابطه بین تأثیرات و راهکارهای بیم معنادار بوده است.

فرضیه سوم: بین تأثیرات و راهکارهای بیم و دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی رابطه آماری معناداری وجود دارد (سناریو دوم). طبق خروجی ضرایب مسیر کلی، ضرایب کلی ارتباط تأثیرات و راهکارهای بیم بر دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی، در سناریو دوم، دارای مقادیر آزمون t ، $1/1860$ می‌باشد که کمتر از عدد $1/96$ است، یعنی نشان می‌دهد تأثیرات و راهکارهای بیم منجر بر دوباره کاری در پروژه‌های عمرانی نمی‌شوند. از این رو این فرضیه تأیید نمی‌شود. این نشان می‌دهد که نمی‌توان به‌صورت مستقیم با تأثیرات و راهکارهای

جدول ۳ بررسی میزان معناداری بین متغیرهای پنهان در سناریو دوم

	Original Sampl...	Sample Mean (...	Standard Devia...	T Statistics (O...	P Values
...تأثیرات و راه کارهای بیم -> خطا	0.665	0.694	0.106	6.294	0.000
...تأثیرات و راه کارهای بیم -> دوباره	0.447	0.494	0.249	1.795	0.073
خطاها -> دوباره کاری ها	0.269	0.265	0.284	0.947	0.344



شکل ۴ محاسبه میزان معناداری ضرایب مسیر (سناریو دوم)

است [۲۵]. طبق جدول رابطه بین تأثیرات و راهکارهای بیم با خطاها و دوباره کاری، رابطه قوی و متوسط بوده است. به همین دلیل از سناریو دوم برای مدل نهایی پژوهش استفاده شد.

جدول ۵ محاسبه معیار اندازه اثر

	خطاها	تأثیرات و راه کارهای بیم
تأثیرات و راه کارهای بیم	0.196	0.791
خطاها		
دوباره کاری ها		0.071

۴-۵- برازش مدل از طریق معیار SRMR

در ارزیابی کیفیت مدل، مقدار SRMR، برای سنجش میزان تناسب وضعیت معرف‌های یک متغیر و نیز وضعیت روابط بین متغیرهای مختلف از این روش استفاده می‌شود. تناسب مناسب مقدار این معیار ۰/۱ و بالاتر می‌باشد. مقدار این معیار هرچه قدر کوچک‌تر باشد، تناسب مدل مطلوب‌تر است [۲۴].

۳-۴- بررسی شاخص برازش مدل R²

این ضریب تعیین بیانگر واریانس تبیین شده‌ی یک متغیر بیرونی توسط متغیر درونی است. هینسلر و چن، مقدار استاندارد ضریب تعیین را، ۰/۱۹ ضعیف، ۰/۳۳ متوسط و ۰/۶۷ قوی ارزیابی کرده‌اند [۲۳] و [۲۴]. بنابراین ضریب تعیین متغیرهای پنهان درون‌زای مسیر در این پژوهش، دارای سطح خوب و مورد قبول می‌باشند.

جدول ۴ محاسبه ضریب تعیین متغیرهای درون‌زای مدل

	R Square	R Square Adjusted
خطاها	0.442	0.422
دوباره کاری ها	0.432	0.389

۴-۴- بررسی شاخص برازش مدل f²

معیار اندازه اثر، برای تعیین شدت رابطه میان متغیرهای پنهان می‌باشد. به کمک این معیار می‌توان میزان اندازه اثر یک متغیر برون‌زا را بر روی یک متغیر درون‌زا در مدل ساختاری، اندازه‌گیری نمود. کوهن، برای این معیار، سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ را به ترتیب به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی معرفی نموده

۶-۴- برآزش کلی مدل معادلات ساختاری^۶

شاخص نیکویی برآزش، معیاری برای سنجش عملکرد کلی مدل می‌باشد و یکی از معتبرترین آزمون‌های نیکویی برآزش است. سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ به ترتیب به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای شاخص نیکویی برآزش می‌باشند. در ادامه به محاسبه این آزمون پرداخته شده است.

$$\begin{aligned} &= \text{GOF} \\ &= \sqrt{\text{Commuality} * R^2} \\ &= \text{AVE} * R^2 \\ &= \sqrt{.531 * 0/422} \\ &= 0/307 \end{aligned}$$

شاخص نیکویی برآزش، برابر با ۰/307 محاسبه شد که نشانگر برآزش قوی مدل می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به مشکلات ناشی از دوباره‌کاری و خطاهای ایجاد شده در پروژه‌های عمرانی، در این پژوهش، دو مدل را در دو سناریو مختلف با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد بررسی قرار دادیم. طبق نتایج به دست آمده، مشخص شد که تأثیرات و راهکارهای بیم بر خطاها و دوباره‌کاری‌ها، رابطه معنادار داشت. اما چیزی که جالب بود، این بود که با اضافه کردن رابطه تأثیرات با دوباره‌کاری، مشخص شد که تأثیرات و راهکارهای بیم به‌صورت مستقیم بر دوباره‌کاری تأثیر نمی‌گذارد و در سناریو دوم، با اضافه کردن رابطه، حتی رابطه خطا و دوباره‌کاری نیز تحت تأثیر این ارتباط قرار گرفت و میزان معناداری خطا و دوباره‌کاری نیز از حالت معناداری که در سناریو اول برقرار بود، خارج شد. یافته‌های نشان می‌دهد که در بعضی از مواقع اضافه کردن یک رابطه، می‌تواند روابط دیگر را نیز تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی ممکن است در این بین، عامل‌های مؤثر دیگری نیز مؤثر باشند که در این پژوهش در نظر گرفته نشده است. عامل‌های احتمالی مانند نیروی انسانی، تصمیم‌گیری مدیران، قوانین حاکم بر پروژه‌ها، نحوه برقراری ایمنی در پروژه، نیز می‌تواند از عوامل مؤثر بر خطا و دوباره‌کاری باشد که در مدل این پژوهش بررسی نشد.

علی‌رغم نظر بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در این حوزه که تأثیرات و راهکارهای بیم بر دوباره‌کاری‌ها تأثیر می‌گذارد، در این پژوهش به این نتیجه رسیدیم که تأثیرات و راهکارهای بیم در ابتدا بر خطاهای ایجاد شده در کارگاه، مؤثر می‌باشند. همچنین، طبق جدول زیر، تأثیرات و راهکارهای بیم به‌صورت غیرمستقیم بر دوباره‌کاری تأثیر می‌گذارد. به‌طور مثال، می‌بایست در ابتدا با راهکارهای بیم، فاکتورهای منجر به خطاهای مختلف از جمله خطاهای ایجاد شده در طراحی را کاهش داده تا بتوانیم در ادامه دوباره‌کاری‌های ایجاد شده را تقلیل دهیم. یکی از راهکارهای کاربردی برای کاهش خطاها، تشخیص خودکار خطاها و حذفیات لازم در فعالیت‌های پروژه و ثبت و ضبط آن‌ها در زمان مناسب است

که با استفاده از بیم، این موارد امکان‌پذیر خواهد بود. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، با افزایش هماهنگی داخلی بیشتر بین اکیپ‌های اجرایی پروژه و ارتقای هماهنگی و همکاری مؤثر بین متخصصان رشته‌های مختلف (مالکان، معماران، مهندسان، پیمانکاران و مدیران تأسیسات)، می‌تواند به پیمانکاران کمک نماید تا اشتباهات و قصورات خود را در روش‌های ساخت‌وساز، کاهش دهند. به دلیل این که با همکاری بهتر بین رشته‌های مختلف در اجرای پروژه، می‌توان بهره‌وری پروژه را نیز بهبود بخشید.

با توجه به وابستگی بین هر یک از فعالیت‌های عمرانی و همچنین پیچیده بودن هر یک از آن‌ها، اشتباه و خطای ایجاد شده در هر یک از آن‌ها، بر فعالیت‌های وابسته بعدی خود، اثر می‌گذارد. از طرفی دیگر، تشخیص خطا در زمان مناسب نیز دارای اهمیت ویژه‌ای است. به دلیل این که بسیاری از خطاهای ایجاد شده اگر در زمان مناسب خود شناسایی و رفع نگردند، با ادامه یافتن فعالیت‌های بعدی، میزان دوباره‌کاری‌های بیشتری را برای ما ایجاد می‌کنند. در این صورت، زمان و هزینه تکمیل پروژه، به‌مراتب بیشتر خواهد شد. ابزارهایی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و روش تحقیق‌های مدیریتی مانند روش مدل‌سازی معادلات ساختاری می‌توانند در کاهش میزان خطا و سپس دوباره‌کاری تأثیرات زیادی ایجاد نمایند. مدیران و پیمانکاران پروژه، می‌توانند با آموزش‌های بیشتر مدیریتی، وضعیت پروژه‌های خود را بهبود ببخشند. بیم می‌تواند با حل بهتر مسائل و مشکل‌ها در اجرای پروژه، کنترل بهتری در فرآیندهای ساخت‌وساز برای پیمانکاران ایجاد نماید. ساخت مدل و ارائه سناریو برای انتخاب‌های موجود یکی از راهکارهای برون‌رفت از این مسائل مدیریتی در پروژه‌های عمرانی می‌باشد.

۶- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی 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] Hwang, Bon-Gang, M.ASCE; Xiaojing Zhao, A.M.ASCE; and Kay Wei Yang, Effect of BIM on Rework in Construction Projects in Singapore: Status Quo, Magnitude, Impact, and Strategies, DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001600. © 2019 American Society of Civil Engineers, 2019.
- [2] Forcada, N., M. Gangoellis, M. Casals, and M. Macarulla. "Factors affecting rework costs in construction." J. Constr. Eng. Manage. 143 (8): 04017032. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001324](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001324), 2017.
- [3] Hwang, B. G., and S. Yang, "Rework and schedule performance: A profile of incidence, impact, causes and solutions." Eng. Constr. Archit. Manage. 21 (2): 190-205. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2012-0101>, 2014.
- [4] Burati, J. L., Jr., J. J. Farrington, and W. B. Ledbetter, "Causes of quality deviations in design and construction." J. Constr. Eng. Manage. 118 (1): 34-49. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1992\)118:1\(34\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1992)118:1(34)), 1992.

- [16] Mendez, R. "The building information model in facilities management." Master's dissertation, Worcester Polytechnic Univ., Worcester, U.K, 2006.
- [17] Eastman, C., Teicholz, P., Rafael, S., and Kathleen, L. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor, Wiley, NJ, 2008.
- [18] Lee, Seulki; and Jungho Yu, M.ASCE, Comparative Study of BIM Acceptance between Korea and the United States, Journal of Construction Engineering and Management, © ASCE, ISSN 0733-9364, 2015.
- [19] Waqar, Ahsan, Abdul Hannan Qureshi and Wesam Salah Alaloul, Barriers to Building Information Modeling (BIM) Deployment in Small Construction Projects: Malaysian Construction Industry, Barriers to Building Information Modeling (BIM) Deployment in Small Construction Projects: Malaysian Construction Industry, Malaysian Construction Industry, Sustainability, 2023, 15, 2477. <https://doi.org/10.3390/su15032477>, 2023.
- [20] Li, Xiaoying, Heng Li, Dongping Cao, Yixuan Tang, Xiaochun Luo, and Guangbin Wang, Modeling Dynamics of Project-Based Collaborative Networks for BIM Implementation in the Construction Industry: Empirical Study in Hong Kong, Journal of Construction Engineering and Management, © ASCE, ISSN 0733-9364, 2019.
- [21] Seulki Lee, Ph.D.1; and Jungho Yu, M.ASCE2, Comparative Study of BIM Acceptance between Korea and the United States, Journal of Construction Engineering and Management, © ASCE, ISSN 0733-9364, 2016.
- [22] Ghiathund, Modeling Structural Equations with SmartPLS, 2018. Allameh Tabatabai University Publication [In Persian].
- [23] Chin, w. 1998. The partial least squares approach for structural equation modeling.
- [24] Hensler, J., dijkstra, T. K., Sarstedt, M., ringle, c, common beliefs and reality about partial least squares. organizational research methods, 17(2). 182-209, 2014.
- [25] Cohen, j. statistical power analysis for the behavioral sciences, 1988.
- [5] Hwang, B. G., X. Zhao, Y. See, and Y. Zhong. "Addressing risks in green retrofit projects: The case of Singapore." Project Manage. J. 46 (4): 76-89. <https://doi.org/10.1002/pmj.21512>, 2015.
- [6] Hwang, B. G., and S. Yang. "Rework and schedule performance: A profile of incidence, impact, causes and solutions." Eng. Constr. Archit. Manage. 21 (2): 190-205. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2012-0101>, 2014.
- [7] Eastman, C., P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- [8] Volk, R., J. Stengel, and F. Schultmann. "Building information modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs." Automat. Constr. 38: 109-127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>, 2014.
- [9] Porwal, A., and K. N. Hewage. "Building information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects." Automat. Constr. 31: 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>, 2013.
- [10] Moeilak Lama S.M Abu, Dania Abuhalimeh, Yara Mattar, Salwa Beheiry. 2022. Barriers to Integrating BIM and Sustainable Practices in UAE Construction Projects: Analytic Hierarchical Process Approach, Proceedings of the 5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Rome, Italy, July 26-28, 2022.
- [11] Mohamed, I., The implementation of BIM in the New Alamein City-Egypt. Business & IT, VIII, <https://doi.org/10.14311/bit.2018.01.04>, 2018.
- [12] Charef, R., Emmitt, S., Alaka, H., & Fouchal, F, Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview. Journal of Building Engineering, 25, 100777. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100777>. 2019.
- [13] Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S, BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. Automation in construction, vol. 36, pp. 145-151, 2013.
- [14] Wong, A. K., Wong, F. K., & Nadeem, A, Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States. Construction innovation. 2011.
- [15] Newton, R. S, "Inadequate interoperability in construction wastes 415.8 billion annually." AEC, 2004.



8 (2) , 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



محل سازی تأثیر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دوباره کاری در پروژه های عمرانی با استفاده از روش معادلات ساختاری

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/>)