مهندسی عمران شریف، (تابستان ۱۴۰۲)
دوره‌ی ۳۹، شماره‌ی ۲، صص. ۶۹-۸۰، (پژوهشی)

Original Article

تحلیل موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌های خصوصی صنعت ساخت ایران

حمیدرضا اطهاری نیکوروان * **(دانشجوی دکتری)**
محمود گلابچی (استاد)
دانشکده‌ی معماری، دانشگاه تهران

مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BIM)، ابزاری کلیدی برای مدیران است. جدید بودن BIM در ایران و جهان باعث شده است که موانعی در به کارگیری آن وجود داشته باشد. هدف پژوهش حاضر، بررسی موانع مذکور در ایران است. در ابتدا با استفاده از مرور ادبیات، ۲۷ مانع در سطح بین‌المللی شناسایی و در ۴ گروه سازمانی ـ فرهنگی، قراردادی، قانونی و فنی دسته‌بندی شده‌اند. سپس با مطالعه‌ی موردی ۲۸ شرکت کارفرمایی، مشاوره و پیمانکاری، ۱۷ مانع به کارگیری BIM در ایران تحلیل و شناسایی شده‌اند. برای گردآوری داده‌ها، از بررسی اسناد، شرکت در جلسات، مصاحبه‌ی نیمه‌ساختاریافته و مشاهده‌ی مستقیم استفاده شده است. پس از کدگذاری داده‌ها در نرم‌افزار N-Vivo، یافته‌ها با نظر خبرگان گروه‌بندی شده‌اند. ۱۰ مورد از موانع بازار ایران با ادبیات مشابهت داشت. در مقابل، ۷ مانع جدید نیز شناسایی شد: عدم انجام وظایف توسط سایرین، انتظار دستمزد بالای متخصصان BIM، عدم انطباق باBEP، ارزش کم مشوق‌ها/جرائم، دشواری سنجش پیشرفت خدمات BIM، نبود محیط اشتراک داده‌ی کارآمد و مشکلات پهنای باند. انتظار می‌رود شناسایی موانع ذکر شده، سبب بهبود استقرار BIM در پروژه‌ها شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی اطلاعات ساخت، موانع، مطالعه‌ی موردی.

hamidathari@ut.ac.ir
golabchi@ut.ir

۱. مقدمه

صنعت ساختمان، سهم مهمی در سرمایه‌گذاری و تولید ناخالص داخلی کشورها دارد. و همچنین سهم بزرگی از مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌یی دارد.[۱] این صنعت در اروپا معمولاً ۱۰٪ تولید ناخالص داخلی را تشکیل می‌دهد و ۲۰ میلیون شاغل دارد.[۲] در کل جهان، صنعت ساختمان ۶٪ تولید ناخالص داخلی را شامل می‌شود.[۳] در ایران، معمولاً حدود ۲۰٪ شاغلان در صنعت ساختمان فعالیت دارند[۴] و این صنعت همواره از مهمترین حوزه‌های سرمایه‌گذاری در چند دهه‌ی گذشته بوده است.[۵] با این حال، صنعت ساختمان از بازدهی بسیار پایین رنج می‌برد و حجم بالایی از تولید دی‌اکسیدکربن، اتلاف منابع و آلودگی محیط‌زیست توسط صنعت ساختمان انجام می‌شود.[۶] لذا هرگونه افزایش بهره‌وری در صنعت ساخت، اثر قابل ملاحظه‌یی در اقتصاد کلان کشورها، رفع فقر و همچنین بهبود وضع محیط‌زیست دارد.[۷] با وجود این، اغلب مراجع معتبر مهندسی ساختمان اتفاق نظر دارند که بازدهی صنعت ساخت از سایر صنایع پایین‌تر است[۶،۸و۹] و از چندپارچگی[۱] و دوباره‌کاری‌های فراوان رنج می‌برد.[۱۰]

رویکردها، سیستم‌ها و ابزارهای متعددی برای بهبود بازدهی صنعت ساخت به خدمت گرفته شده است، که از مهم‌ترین آنها می‌توان به فنّاوری اطلاعات اشاره کرد.[۱۰] هر چند صنعت ساختمان به عنوان یکی ازکم‌بهره‌ترین بخش‌های اقتصادی از بُعد بهره‌گیری از فنّاوری اطلاعات شناخته شده است؛[۱۱] در ۱/۵ دهه‌ی گذشته، یکی از مؤثرترین مظاهر فنّاوری اطلاعات در صنعت ساختمان، مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BIM) [۲] است، که انتظار می‌رود بهره‌وری صنعت ساخت را به میزان قابل توجهی افزایش و هزینه‌های آن را کاهش دهد.[۱۲] مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BIM) را انقلاب جدید صنعت ساختمان می‌نامند[۶] و نقش محوری در یک‌پارچگی صنعت ساخت ـ که از چندپارچگی رنج می‌برد ـ دارد.[۱۳] نگرش‌ها به BIM طیف گسترده‌یی دارد: از نگرش‌های فقط تکنولوژیک تا نگرش‌های اجتماعی - فنی[۳]، که آن را یک سیستم اطلاعاتی تعریف می‌کند که «افراد و اطلاعات را وا می‌دارد با یکدیگر به طرز اثربخش و کارا از طریق فنّاوری و فرایندهای تعریف شده همکاری کنند».[۱۴] در یک بیان جامع می‌توان گفت مدل‌سازی اطلاعات ساخت،

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۴۰۱/۷/۱۹، اصلاحیه ۱۴۰۱/۹/۱، پذیرش ۱۴۰۱/۹/۲۲.
DOI:10.24200/J30.2022.61059.3146

استناد به این مقاله:
اطهاری نیکوروان، حمیدرضا و گلابچی، محمود، ۱۴۰۲. تحلیل موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌های خصوصی صنعت ساخت ایران. مهندسی عمران شریف، ۳۹(۲)، صص. ۶۹-۸۰.

«یک بازنمایی دیجیتال از خصوصیات فیزیکی و عملکردی یک ساختمان است. یک مدل اطلاعات ساختمان، یک منبع دانشی مشترک حاوی اطلاعات درباره‌ی یک ساختمان است که پایگاه قابل اعتمادی را برای تصمیم‌سازی در طول دوره‌ی حیات آن ساختمان فراهم می‌کند».[۱۵] انتظار می‌رود با استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌های صنعت ساختمان، بهبود قابل توجهی در عملکرد مدیران پروژه و راندمان نیروی کار، مصالح و انرژی ایجاد شود.[۱۶ و ۱۷] اما عملاً موانعی بر سر راه استقرار این سیستم و ابزار وجود دارد که مانع از تحقق مزایای فوق‌الذکر می‌شود. لذا ضروری است که در مورد موانع مذکور، پژوهش صورت گیرد و مرتفع شود. در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی جهت استقرار و بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌های ایران صورت گرفته است؛ اما به نظر می‌رسد موانعی در این راستا وجود دارد. هدف پژوهش حاضر، شناخت موانع موجود در جهت بهره‌مندی از مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌های صنعت ساخت ایران است. با بررسی پیشینه‌ی پژوهش مشخص شد چنین پژوهشی در نقاط متعدد جهان انجام شده است.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

مزایا و منافع و کاربردهای متعددی برای مدل‌سازی اطلاعات ساخت در طول کمتر از دو دهه‌ی گذشته که این ابزار به خدمت گرفته شده است، شناسایی شده است[۱۸] و در سال‌های اخیر، استفاده از آن در پروژه‌های عمومی و خصوصی در بسیاری کشورها الزامی بوده است.[۱۹] با وجود منافع متعدد، در عین حال به کارگیری سیستم BIM، عاری از موانع و مشکلات نبوده است.[۱۲ و ۲۰] پژوهش‌های متأخری سعی در شناخت موانع مذکور انجام شده است؛[۱۹، ۲۱ و ۲۲] ولی با این حال، تلاش‌های قابل قبولی برای شناخت موانع پیاده‌سازی BIM درکشورهای در حال توسعه انجام نشده است.[۲۳] گزارش‌هایی وجود دارد که برخی پیمانکاران عمومی (GC)[۴]، با هدف غلبه بر موانع اشاره شده، خدمات مدل‌سازی اطلاعات ساخت را برون‌سپاری می‌کنند. از نگاه ایشان، هزینه‌ی استخدام یا آموزش پرسنل ماهر و زمانی که صرف توسعه‌ی مدل می‌شود، از موانع به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساخت است.[۲۴] نهادهای مرجع در حوزه‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساخت نیز در گزارش‌های سالانه‌ی خود موانع به کارگیری آن را بر شمرده‌اند.[۲۵] برخی از مطالعات انجام شده در جهت شناخت موانع به بازه‌ی خاصی از چرخه‌ی حیات ساختمان ـ مثلاً دوران بهره‌برداری ـ پرداخته‌اند. دوردیف[۵] و همکارانش (۲۰۲۲)،[۲۶] به موانعی همچون: نامناسب بودن قراردادهای موجود برای استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساخت، عدم حمایت مدیریت ارشد، هزینه‌ی بالای آموزش و مشکلات کیفیت اطلاعات به عنوان موانع استفاده از BIM در فاز بهره‌برداری اشاره کرده‌اند. برخی دیگر فقط از منظر خاصی - به طور مثال فقط از منظر پیمانکاران ـ به مسئله نگاه کرده‌اند. تن تن[۶] و همکارانش (۲۰۱۹)،[۲۱] موانع موجود بر سر راه پیاده‌سازی BIM در صنعت ساخت کشور چین را در ۵ دسته‌ی اصلی: فنی، مدیریتی، محیطی، مالی و قانونی دسته‌بندی کرده‌اند. ایشان با به کارگیری مرور ادبیات نظام‌مند[۷]، جمعاً ۲۰ مانع بر سر راه پیاده‌سازی BIM در پروژه‌هایِ کشور چین را در ادبیات پیشین شناسایی کرده‌اند. در مطالعه‌ی دیگری در کشور چین، ما[۸] و همکارانش (۲۰۲۰)،[۲۷] موانع شناسایی شده، مانند: عدم قابلیت همکاری نرم‌افزارها، نیاز به سرمایه‌گذاری اضافی در BIM، کمبود پرسنل فنی، کمبود دانش و تجربه‌ی پیاده‌سازی BIM و نبود قوانین و مقررات مرتبط را رتبه‌بندی کرده‌اند. بناوی (۲۰۱۵)،[۷] نیز ۱۰ مورد از موانع به کارگیری BIM در صنعت ساخت در عربستان سعودی را جمع‌بندی کرده است، که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: آماده نبودن بازار، هزینه‌ی بالای آموزش و موانع قانونی متعدد. در پژوهشی دیگر، موانع پیاده‌سازی BIM را از بُعد سازمانی و از منظر بلوغ BIM سنجیده و موانع را در سطوح راهبردی و مدیریت ارشد، دپارتمان فنّاوری اطلاعات، مدیران پروژه و مدیران میانی و تیم پروژه سطح‌بندی کرده‌اند.[۱۲] در سطح مدیریت ارشد، مهمترین کاستی که موجب عدم حمایت مدیریت ارشد از به کارگیری BIM می‌شود، نبود شواهد کافی از مزایا و منافع BIM است. از دید ایشان، با توجه به این‌که مدیران به دنبال مشروعیت بخشیدن به تخصیص منابع خود برای اجرای BIM هستند، فقدان شواهد در مورد مزایای BIM، تمایل مدیریت را برای تخصیص منابع به منظور به کارگیری BIM محدود می‌کند. همچنین از نقطه‌نظر آنها، که از جنبه‌ی سازمانی به موضوع پرداخته‌اند، عامل بازدارنده‌ی مهم دیگر را می‌توان به عنوان تأثیر انگیزه، دانش و مهارت افراد و فرهنگ سازمانی بر پیاده‌سازی و استفاده از BIM خلاصه کرد. به بیان دیگر، صنعت ساخت دارای فرهنگ سازمانی غیرحمایتی است که مانع اجرای BIM در آن می‌شود. چنین فرهنگ سازمانی، اغلب با فقدان هدف‌گذاری و جهت‌گیری تیمی شناخته می‌شود. اولانرجو[۹] و همکارانش (۲۰۲۰)،[۳] موانع استقرار BIM در نیجریه را بررسی و رتبه‌بندی کرده و دریافته‌اند که: دانش کم در مورد BIM، نبود سیاست‌های حاکمیتی و هزینه‌ی بالای به کارگیری آن، مهم‌ترین موانع در برابر استفاده از BIM است. معرفت و همکاران (۲۰۱۹)،[۲۸] موانع به کارگیری BIM در زمینه‌ی ایمنی ساخت‌وساز را در نبود پرسنل تعلیم‌یافته، ناکافی بودن زیرساخت‌های اجتماعی و نبود راهنما و حمایت دولتی جمع‌بندی کرده‌اند. ممون[۱۰] و همکارانش (۲۰۱۴)،[۲۲] موانع موجود در جهت به کارگیری BIM را در پروژه‌های مالزی بررسی کرده و سه عامل کمبود پرسنل ماهر، عدم آگاهی از فنّاوری و نبود کتابخانه‌یی از اشیاء مورد استفاده در BIM را مهم‌ترین عوامل دانسته‌اند. چان[۱۱] و همکاران (۲۰۱۹)،[۲۹] نیز در بررسی موانع موجود در بازار صنعت ساخت هنگ کنگ، ۱۲ عامل بازدارنده را شناسایی کرده‌اند، که در رأس آنها، موانع فرهنگی ـ به ویژه مقاومت در برابر تغییر ـ ساختار سازمانی که جایگاهی برای BIM ندارد و عدم کفایت همکاری درونی[۱۲] نرم‌افزارهای رایانه‌یی قرار دارند. به مشکل همکاری درونی نرم‌افزارها مکرراً درگزارش‌ها و مطالعات مختلف اشاره شده است،[۶، ۲۹ و ۳۰] تا حدی که بسیاری معتقدند مشکل اخیر، مهم‌ترین مانع استفاده‌ی گسترده از BIM در صنعت ساخت است.[۱۴] در مطالعه‌ی دیگری در هنگ کنگ که فقط از منظر طراحان به موانع پرداخته است، کمبود پرسنل ماهر، دانش و استانداردها، مهم‌ترین موانع شناخته شده‌اند.[۳۱] چان (۲۰۱۴)، نیز موانع موجود در پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساخت در مصر را ۸ مورد شناسایی کرده است، که به ترتیب موارد: کمبود آگاهی و دانش، مقاومت در برابر تغییر، عدم نیاز از سوی کارفرما و کمبود قوانین مرتبط، مهم‌ترین عوامل بوده‌اند.[۲۳] همچنین در کشور برزیل، به مشکلاتی مانند: درک نادرست از مفهوم BIM، کمبود پرسنل ماهر و مقاومت در برابر به‌روزرسانی فرایندهای کاری انطباق با BIM اشاره شده است.[۳۲]

در مجموع، همچنان که نگرش‌ها به BIM از دیدگاه‌های فقط فنی تا دیدگاه‌های مدیریتی و سازمانی را در بر می‌گیرد، موانعی نیز که در ادبیات ذکر شده‌اند، از موانع صرفاً فنی تا موانع سازمانی ـ فرهنگی را شامل می‌شوند. در پژوهش حاضر، پس از بررسی ۱۵۳ مانع ذکر شده در ادبیات و حذف موارد مشابه، در نهایت ۲۷ مانع یکتا در ۴ دسته‌ی سازمانی ـ فرهنگی، قراردادی، فنی و قانونی دسته‌بندی شده‌اند. موانع سازمانی ـ فرهنگی بیشترین فراوانی را در ادبیات داشته‌اند و جمعاً ۱۲ مانع در حوزه‌ی ادبیات شناسایی شده است. پرتکرارترین مانع در ادبیات ـ یعنی درک نادرست/ناآگاهی یا ابهام در منافع BIM ـ نیز در دسته‌ی ادبیات قرار داشته است. در دسته‌ی موانع فنی، در دسترس نبودن/گران بودن فنّاوری مرتبط چه نرم‌افزار و

جدول ۱. موانع مدل‌سازی اطلاعات ساخت شناسایی شده در ادبیات پژوهش.

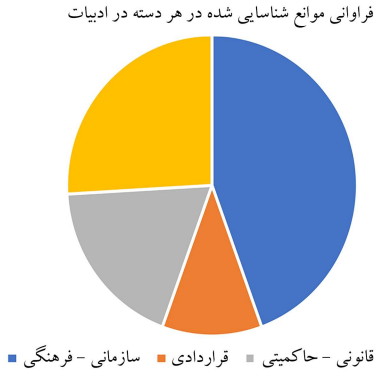
کد	دسته‌بندی	مانع	مرجع
م.ا.سا.۱	سازمانی ـ فرهنگی	عدم حمایت مدیریت ارشد	[۱۹، ۲۶ و ۲۷]
م.ا.سا.۲		عدم حمایت ذی‌نفعان کلیدی	[۳]
م.ا.سا.۳		نبود آموزش یا هزینه و زمان بالای آموزش	[۳، ۶، ۲۱، ۲۲، ۲۶-۲۸، ۳۱ و ۳۲]
م.ا.سا.۴		هزینه بالای پیاده سازی در سازمان	[۳، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۷ و ۲۹]
م.ا.سا.۵		کمبود پرسنل ماهر یا با تجربه	[۱۹، ۲۲، ۲۳، ۲۶-۲۹، ۳۱ و ۳۲]
م.ا.سا.۶		مقاومت در برابر تغییر	[۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸ و ۳۲]
م.ا.سا.۷		مشکلات فرایندی و جایگاه سازمانی	[۱۹،۲۱، ۲۲، ۲۶، ۲۷ و ۳۱]
م.ا.سا.۸		عدم تمایل به اشتراک داده‌ها	[۳ و ۲۱]
م.ا.سا.۹		عدم تمایل به کارگروهی	[۳، ۲۱ و ۳۱]
م.ا.سا.۱۰		درک نادرست/ناآگاهی یا ابهام در منافع BIM	[۳، ۱۹، ۲۱-۲۳، ۲۶-۲۸، ۳۱ و ۳۲]
م.ا.سا.۱۱		نبود پیمانکاران جزء آشنا با BIM	[۲۹، ۳۱ و ۳۲]
م.ا.سا.۱۲		نبود انگیزه	[۲۳ و ۲۷]
م.ا.قر.۱۳	قراردادی	نبود درخواست، الزام یا مشوق از سوی کارفرما	[۳، ۲۱، ۲۳، ۲۷-۲۹ و ۳۲]
م.ا.قر.۱۴		نبود فرمت قراردادی استاندارد	[۳، ۱۹، ۲۱، ۲۶، ۲۷ و ۲۹]
م.ا.قر.۱۵		نبود مکانیزم حل اختلاف	[۱۹ و ۲۱]
م.ا.قا.۱۶	قانونی	عدم وجود استانداردهای BIM	[۳، ۱۹، ۲۱، ۲۸، ۲۹، ۳۱ و۳۲]
م.ا.قا.۱۷		نبود الزام قانونی در بهره‌گیری از BIM	[۱۹، ۲۳، ۲۶ و ۲۷]
م.ا.قا.۱۸		مشکلات مالکیت معنوی	[۳، ۱۹، ۲۱، ۲۹ و ۳۲]
م.ا.قا.۱۹		عدم حمایت دولت و سیاست گذاران	[۳، ۱۹، ۲۶، ۲۸ و ۲۹]
م.ا.قا.۲۰		عدم وجود بیمه پوشش دهنده به کارگیری BIM	[۱۹، ۲۱ و ۲۹]
م.ا.فن.۲۱	فنی	در دسترس نبودن/گران بودن فناوری مربوطه (نرم‌افزار و سخت‌افزار)	[۳، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۶، ۲۷، ۲۹ و ۳۲]
م.ا.فن.۲۲		عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها	[۳، ۱۹، ۲۶- ۲۹ و ۳۱]
م.ا.فن.۲۳		نبود کتابخانه اشیاء پارامتریک	[۲۱ و ۲۲]
م.ا.فن.۲۴		زمان‌بر و هزینه‌بر بودن توسعه مدل	[۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۷ و ۳۲]
م.ا.فن.۲۵		تحقیق و توسعه ناکافی	[۲۱ و ۲۶]
م.ا.فن.۲۶		مشکلات کیفیت اطلاعات/خطاها و ضعف‌های نرم‌افزارهای BIM	[۱۹، ۲۶ و ۲۷]
م.ا.فن.۲۷		ریسک و به ویژه ریسک امنیت اطلاعات	[۱۹-۲۷ و ۳۱]

چه سخت‌افزار، بیشترین تکرار را در ادبیات داشته‌اند.

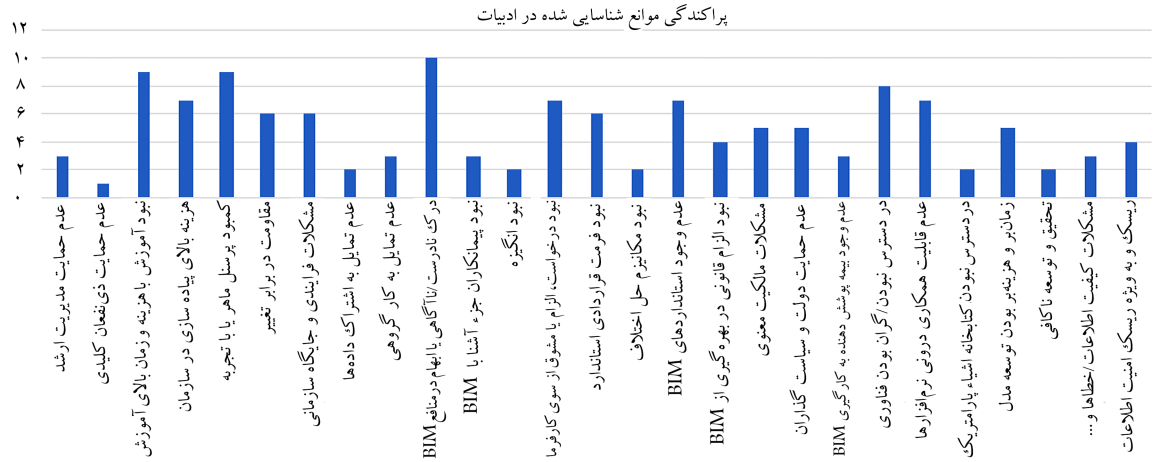
در جدول ۱، جمع‌بندی موانع شناسایی شده در ادبیات موضوع ارائه شده است. آنچه که در جدول ۱ به آن اشاره شده است، به عنوان کدهای اولیه‌ی پژوهش شناخته شده‌اند. همچنین کدهای دارای هم‌پوشانی ذیل یک کد واحد گردآوری شده‌اند. موانع ادبیات نیز به اختصار کد م.ا. نام گرفته‌اند.

فراوانی موانع شناسایی شده در ادبیات موضوع در دسته‌بندی چهارگانه در شکل ۱ و همچنین نمودار پراکندگی تکرار موانع در ادبیات موضوع در شکل ۲ مشاهده می‌شوند.

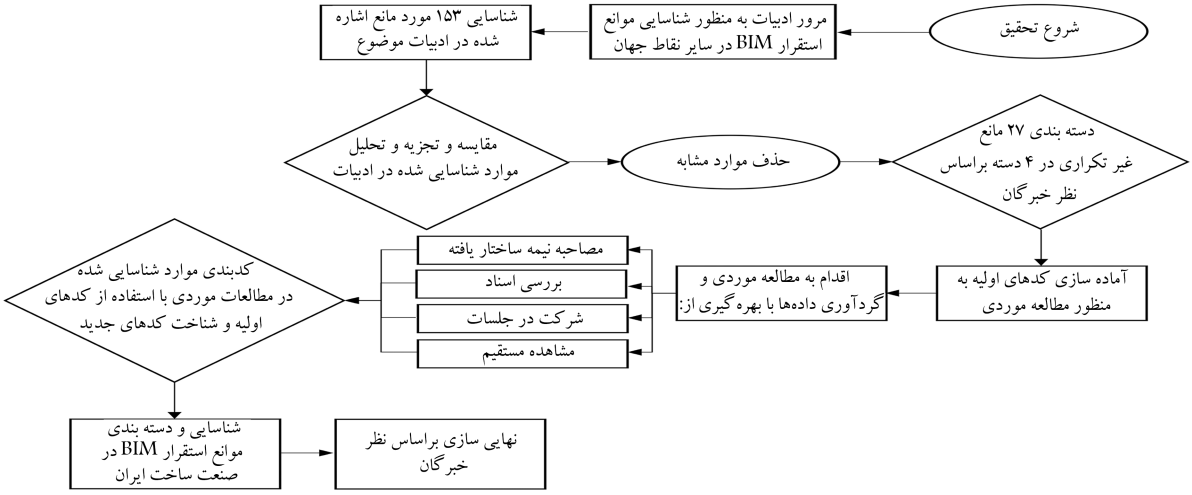
سؤال پژوهش حاضر، عبارت از «شناخت موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BIM) به طور ویژه در پروژه‌های خصوصی صنعت ساختمان ایران» است. پیش از انجام پژوهش انتظار می‌رفت برخی از موانعی که در پژوهش حاضر شناسایی شده‌اند، با برخی موارد از جدول ۱ مشابهت داشته باشند. در عین حال خارج از انتظار نبود که برخی موانع متفاوت نیز شناسایی شوند.



شکل ۱. نمودار فراوانی موانع شناسایی شده در هر یک از دسته‌های سازمانی ـ فرهنگی، قراردادی، قانونی ـ حاکمیتی و فنی.



شکل ۲. پراکندگی موانع شناسایی شده در ادبیات موضوع. بیشترین تکرار در ادبیات «درک نادرست/ناآگاهی یا ابهام در منافع BIM» و کمترین تکرار «عدم‌حمایت ذی‌نفعان کلیدی» بوده است.



شکل ۳. ساختار کلی پژوهش.

۳. روش‌شناسی پژوهش

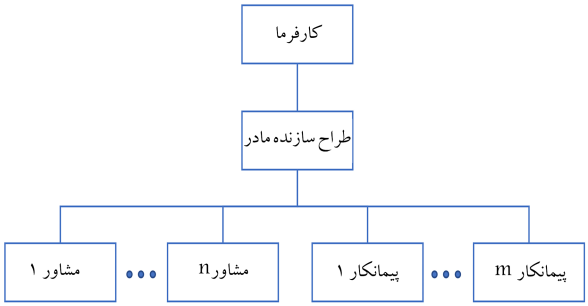
برای انجام پژوهش حاضر، ابتدا به مرور ادبیات و شناخت موانع یاد شده در ادبیات در سایر نقاط جهان پرداخته شده است، که جمع‌بندی آن در جدول ۱ ارائه شده است. سپس پژوهشگران برای شناخت موانع مذکور در بستر پروژه‌های ساخت و ساز ایران، دست به مطالعات موردی زده‌اند. مطالعه‌ی موردی از بنیادی‌ترین روش‌های پژوهش کیفی است، که موضوع مورد بررسی را در بستر خود ارزیابی می‌کند و ابزار مناسبی برای کشف مسئله و نظریه‌پردازی است. یین[۱۳] (۱۹۸۱)،[۳۳] مطالعه‌ی موردی را «یک تحقیق عملی که یک پدیده‌ی معاصر را در زمینه‌ی زندگی واقعی آن بررسی می‌کند و به موقعیتی می‌پردازد که در آن مرزهای بین پدیده و زمینه به وضوح مشهود نیست» می‌داند. این راهبرد پژوهشی «شامل نوعی بررسی تفصیلی (همراه با داده‌های اطلاعاتی در یک دوره‌ی زمانی) از یک یا چند سازمان یا از گروه‌های درون‌سازمانی که با هدف ارائه‌ی تحلیلی از زمینه و فرایندهای دخیل در پدیده‌ی مورد بررسی انجام می‌شود» است.[۳۴] چنین روش پژوهشی، ایده‌آل موضوع پژوهش حاضر است. مراحل یک مطالعه‌ی موردی به این شرح است:[۳۵]

۱. بیان مسئله و انتخاب مورد؛
۲. بررسی پیشینه‌ی پژوهش و برنامه‌ریزی برای انجام عملیات میدانی؛
۳. گردآوری داده‌ها و سازمان‌دهی آنها؛
۴. تدوین گزارش پژوهش.

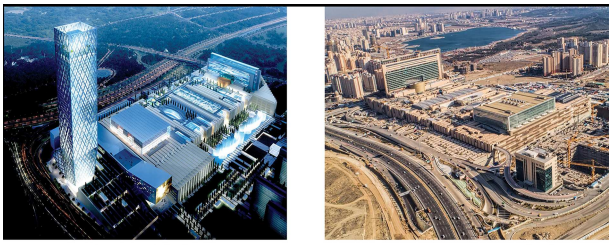
در شکل ۳، ساختار کلی پژوهش مشاهده می‌شود:

۱.۳. مورد مطالعه

در مطالعه‌ی موردی باید شرایط و ویژگی‌های مورد تحت مطالعه تبیین شود.[۳۵] پیچیدگی انجام پژوهش حاضر با توجه به جدید بودن حوزه‌ی BIM، محدود بودن پروژه‌ها و سازمان‌هایی بود که بتوان بر آنها تمرکز کرد و مطالعه‌ی موردی انجام داد. نمونه‌هایی که برای پژوهش حاضر مطالعه شده‌اند، مجموعه‌یی از سازمان‌های درگیر ـ اعم از کارفرما، مشاوره و پیمانکار ـ بوده‌اند، که در طراحی، تدارکات و ساخت پروژه‌هایشان از خدمات مدل‌سازی اطلاعات ساخت استفاده کرده‌اند. همچنین موارد مطالعه به میزان کافی گسترده و پیچیده بوده است؛ لذا، کارکرد



شکل ۴. نمودار ساختار سازمانی عوامل پروژه.



الف) در حین اجرا؛ ب) طراحی پروژه.

شکل ۵. تصاویری از مگاپروژه‌ی مورد مطالعه.

BIM در همه‌ی زمینه‌های تخصصی آن قابل بررسی است. بر این اساس، سازمان‌ها و شرکت‌های فعال در ابرپروژه‌ی[14] توسعه‌ی غربی ایران‌مال (IMWE)[15] مطالعه شده است، که مختصری از مشخصات آن در ادامه ذکر شده است. ضروری است مطالعه‌ی موردی به میزان کافی بزرگ باشد، تا بتوان به مقابله‌ی داده‌ها و مقایسه‌ی یافته‌ها پرداخت.[۳۴] موارد تحت مطالعه‌ی پژوهش حاضر، حائز چنین ویژگی بوده و طی یک قرارداد طرح و ساخت به یک شرکت طراح سازنده‌ی[16] مادر واگذار شده است. با توجه به اسناد، مگاپروژه‌ی مذکور به ۳ زیرپروژه[17] تقسیم شده و ساختار سازمانی عوامل پروژه مطابق شکل ۴ بوده است.

در زیرمجموعه‌ی شرکت طراح سازنده‌ی مادر، ۸۶ مشاور و پیمانکار محلی و بین‌المللی مشغول به فعالیت و تمرکز پژوهش بر سازمان‌ها بوده است. اجرا به صورت طرح و ساخت همزمان[18] از سال ۱۳۹۵ آغاز شده و زیربنای اولیه‌ی پروژه بالغ بر ۸۰۰/۰۰۰ مترمربع در زمینی به مساحت ۴ هکتار بوده است. مطالعه‌ی حاضر بر پروژه‌ی مذکور از تاریخ شروع آن آغاز شده و شامل بررسی کارکرد مدل‌سازی اطلاعات ساخت در فازهای طراحی، تدارکات و اجرا بوده است. مطابق گزارش‌های کنترل پروژه در اوج کاری پروژه، اجرا در سه شیفت انجام می‌شد و در شیفت‌های روزانه تا ۱۰۰۰ نفر در هر شیفت مشغول بوده‌اند. شرکت طراح ـ سازنده‌ی مادر طبق قرارداد با کارفرما مکلف بود از مدل‌سازی اطلاعات ساخت استفاده کند. سرعت بالای اجرای پروژه و هم‌زمانی طراحی با اجرای آن، چالشی از منظر مدل‌سازی اطلاعات ساخت بوده است؛ زیرا از طرفی، نیاز به ابزار BIM را بیشتر می‌کرده و از طرفی، فرصت کافی برای ارائه‌ی خروجی‌ها را نمی‌داده است. نقشه‌ی راه پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BEP)[19] توسط طراح سازنده‌ی مادر تهیه شده بود. اغلب عوامل مؤظف بودند برای انجام امور محوله، از نقشه‌ی راه تدوین شده (BEP) استفاده کنند. در موارد تحت مطالعه، الزام به استفاده از BIM وجود داشته و به عبارتی مانع «م.ا.قر.۱۳. نبود درخواست، الزام یا مشوق از سوی کارفرما» مطرح نبوده است. تصاویری از پروژه در شکل ۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۲. تنوع و تعداد اسناد مورد بررسی در مطالعات موردی.

ردیف	نوع سند	تعداد
۱	قرارداد	۱۲ سند
۲	گزارش‌های هفتگی و ماهانه	۲۰۰< سند
۳	نامه‌ها و اعلامیه‌های فنی	۱۰۰< سند
۴	شرکت در جلسات	۱۰۰< ساعت
۵	سایر اسناد	۴۰< سند

۲.۳. گردآوری داده‌ها

مطالعه‌ی موردی یک راهبرد پژوهشی است که در آن از روش‌های متعددی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، برای گردآوری داده‌ها از بررسی اسناد، شرکت در جلسات، مصاحبه‌ی نیمه ساختاریافته و مشاهده‌ی مستقیم استفاده شده است. روش نمونه‌گیری برای انجام مصاحبه‌ها، نمونه‌گیری کیفی یا هدفمند بوده است، که در آن می‌توان از افراد، رویدادها و موقعیت‌ها نمونه‌برداری کرد و پژوهشگر با افراد دارای اطلاعات و آگاهی کافی و مناسب در مورد موضوع مورد بررسی یا برخی از ابعاد آن، ارتباط برقرار می‌کند تا اطلاعات مورد نیاز را جمع‌آوری کند و مصاحبه را تا زمانی ادامه می‌دهد که داده‌ها به اشباع برسند. در مجموع، در پژوهش حاضر ۱۴ مصاحبه انجام شده است. علاوه بر مصاحبه، مستندهای پروژه، شامل: گزارش‌های هفتگی، ماهانه و موردی، برخی قراردادها و صورت جلسات مرتبط نیز بررسی و مطالعه شده‌اند. در جدول ۲، تنوع اسناد مورد بررسی در مطالعات موردی و در جدول ۳، سابقه‌ی کار و جایگاه سازمانی مصاحبه‌شوندگان ارائه شده‌اند.

۳.۳. تحلیل داده‌ها

برای کدگذاری یافته‌ها، رویکرد قیاسی اتخاذ شده است، که در آن با تمرکز بر روی موضوعاتی که در ادبیات موجود مهم شناخته شده‌اند، یک چارچوب از پیش تعریف شده ازکدها قبل از شروع کدگذاری داده‌ها ایجاد می‌شود. این رویکرد به ویژه اگر هدف مطالعه، تعمیم تحلیلی برخی مطالعات موردی باشد، یک رویکرد مفید است.[۳۶] بر این اساس، آنچه در ادبیات جمع‌بندی شده بود و در جدول ۱ به آنها اشاره شده است، به عنوان کدهای اولیه شناخته شده‌اند. جدول ۱، در حکم چارچوب کدگذاری اولیه به پژوهشگران و مصاحبه‌شوندگان برای پیشبرد پژوهش کمک می‌کند.[۳۷] درگام بعد و پس از انجام مصاحبه‌ها و بررسی اسناد مرتبط با موضوع پژوهش، با رویکرد تحلیل توصیفی[20] اقدام به کدگذاری داده‌ها در نرم‌افزار انویو[21] شده است. سپس کدهای به دست آمده از مطالعه‌ی موردی با کدهای ارائه شده در ادبیات پژوهش مقایسه و با رویکرد کدگذاری الگو[22] دسته‌بندی شده‌اند.

۴.۳. اعتبارسنجی داده‌ها

گام نخست در اطمینان از اعتبار یافته‌های پژوهش‌های موردی، مربوط به فاز جمع‌آوری داده است. بهره‌گیری از نقاط داده‌ی متعدد[23] منجر به یافته‌هایی می‌شود که قابل آزمایش و دقیق هستند.[۳۸ و ۳۹] ابزار دیگر مثلث‌بندی[24] در فاز جمع‌آوری داده‌ها، استفاده از روش‌های مختلف گردآوری داده است.[۴۰] در پژوهش حاضر، از هر دو روش ذکر شده ـ یعنی بهره‌گیری از نقاط داده‌ی متعدد و گردآوری داده‌ها از روش‌های مختلف ـ برای مثلث‌بندی در فاز جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است.

از بُعد اعتبار بیرونی مطالعات موردی، پژوهشگران معتقدند باید از منطق تکرار

جدول ۳. جایگاه سازمانی و سابقه‌ی کار مصاحبه‌شوندگان.

مصاحبه‌شونده	جایگاه سازمانی (نوع سازمان)	سابقه‌ی کار
م ع ۱	مدیر عامل (پیمانکار)	۱۸ سال
م ع ۲	مدیر عامل (مشاور)	۱۵ سال
م پ ۱	مدیر پروژه (پیمانکار)	۱۷ سال
م پ ۲	مدیر پروژه (مشاور)	۱۶ سال
م م ۱	مدیر مدل‌سازی اطلاعات ساخت [۱] (طراح سازنده‌ی مادر)	۱۴ سال
م م ۲	مدیر مدل‌سازی اطلاعات ساخت (مشاور)	۷ سال
م ف ۱	مدیر فنی (پیمانکار)	۱۸ سال
م ف ۲	مدیر فنی (پیمانکار)	۱۲ سال
م ا ۱	مدیر اجرایی (طراح سازنده‌ی مادر)	۳۶ سال
م د ۱	مدیر دفتر مدیریت پروژه [۲] (طراح سازنده‌ی مادر)	۷ سال
ه م ۱	هماهنگ‌کننده‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساخت (پیمانکار)	۵ سال
س م ۱	سرپرست مدل‌سازی (مشاور)	۱۲ سال
س م ۲	سرپرست مدل‌سازی (پیمانکار)	۶ سال
ک م ۱	کارشناس مدل‌سازی اطلاعات ساخت (مشاور)	۴ سال

۱. BIM Manager
۲. PMO

در نوشتار بین[25] (۲۰۰۹)[۲۰] و تأیید همکاران پژوهشی[26]،[۳۴] بهره برد. در پژوهش حاضر، داده‌های ورودی و یافته‌ها، مکرراً توسط پژوهشگران و شرکت‌کنندگان ارزیابی شدند و به جهت کسب تأیید همکاران پژوهشی، یافته‌ها به خبرگان و برخی افرادی که پیشتر در مصاحبه‌ها شرکت کرده بودند، عرضه شد تا بررسی و تأیید شوند.

۴. یافته‌های پژوهش

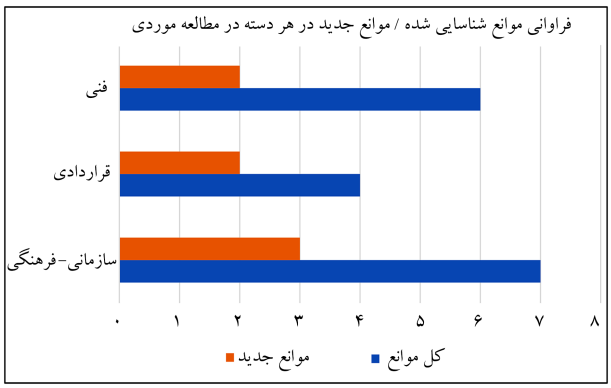
موانع شناسایی شده در پژوهش موردی، یافته‌های نهایی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهند. موانع مذکور با کمک خبرگان در همان دسته‌بندی به دست آمده از ادبیات قرار گرفته‌اند. در مجموع، ۱۷ مانع در راستای بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساخت شناسایی شده است. در جدول ۴، موانع شناسایی شده در پژوهش حاضر و دسته‌بندی آنها ارائه شده است. برخی از موانع شناسایی شده در پژوهش حاضر با آنچه پیشتر در مرور ادبیات جمع‌بندی شده بود، دارای شباهت‌هایی بوده و البته، تفاوت‌هایی نیز وجود داشته است که در ادامه، به تفصیل بیان شده‌اند. موانع یافت شده در مطالعه‌ی موردی به صورت م.م. کدگذاری شده‌اند.

موانعی که در مطالعه‌ی حاضر به دست آمده‌اند، بعضاً شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با آنچه در ادبیات ذکر شده بود، داشته‌اند. یک تمایز بنیادین این است که دسته‌ی موانع قانونی در مطالعات موردی ما وجود نداشته است، زیرا پروژه‌ها و سازمان‌های مورد مطالعه خصوصی بوده و الزام کارفرما به استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساخت وجود داشته است.

فراوانی موانع شناسایی شده در مطالعات موردی در شکل ۶ مشاهده می‌شود.

۱.۴. موانع سازمانی ـ فرهنگی

در حوزه‌ی موانع سازمانی ـ فرهنگی، ۷ مانع شناسایی شده است: عدم حمایت مدیریت ارشد، مقاومت در برابر تغییر، عدم تمایل به اشتراک داده‌ها، عدم استفاده‌ی برخی پیمانکاران جزء از BIM، نبود فرایندهای کاری کارآمد درباره‌ی تولید و گردش



شکل ۶. تعداد موانع شناسایی شده و تعداد موانع جدید در هر دسته در مطالعه‌ی موردی.

اطلاعات، انتظار دستمزد بالای متخصصان BIM و عدم انطباق با نقشه‌ی راه مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BEP) همان‌طور که موانع سازمانی در ادبیات با ۱۲ مورد بیش از سایر دسته‌ها بوده است، در مطالعه‌ی موردی نیز موانع این دسته با ۷ مورد بیش از سایر دسته‌ها بوده است.

- **عدم حمایت مدیریت ارشد:** این مانع به خصوص در شرکت‌های کوچک (همچون برخی شرکت‌های با پایه‌های ۴ و ۵) مشهود بوده است. بعضاً مشاهده شده است که مدیران ارشد سازمان‌های بزرگ، از استقرار این ابزار مدرن حمایت می‌کردند. به نظر می‌رسد عدم حمایت مدیران ارشد سازمان‌های کوچک از BIM، به تبعاتی بر می‌گردد که استقرار این سیستم بر فرایندهای کاری و پرسنل موجود ایشان داشت. به عبارت دیگر، با توجه به کوچکی سازمان، امکان نهادینه کردن این سیستم جدید را درون سازمان نداشتند. این مانع پیشتر در ادبیات اشاره شده بود (م.ا.سا.۱. عدم حمایت مدیریت ارشد).
- **مقاومت در برابر تغییر:** به ویژه از آن منظر جالب توجه بود که برخی افراد کلیدی که با تجربه‌ی بالا نیز محسوب می‌شدند؛ از طرفی، سابقه‌ی طولانی در

جدول ۴. موانع شناسایی شده در برابر استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساخت در بخش خصوصی صنعت ساخت ایران.

کد	دسته‌بندی	مانع	شرح	مانع مشابه در ادبیات
م.م.سا.۱		عدم حمایت مدیریت ارشد	عدم حمایت مدیریت ارشد در سازمان‌ها و شرکت‌های کوچک مشاهده می‌شد و به نوعی با تبعاتی که استقرار BIM در آن سازمان یا شرکت ایجاد می‌نمود مرتبط بود.	م.ا.سا.۱. عدم حمایت مدیریت ارشد
م.م.سا.۲		مقاومت در برابر تغییر	با وجود امکان و الزام استفاده از BIM، مقاومت در برابر آن مشهود بود؛ به ویژه از جانب افرادی که در گذشته تجربه طولانی در انجام پروژه‌ها بدون بهره گیری از BIM داشتند.	م.ا.سا.۶. مقاومت در برابر تغییر
م.م.سا.۳	سازمانی - فرهنگی	عدم تمایل به اشتراک داده‌ها	عدم تمایل به اشتراک داده‌ها به جهت ارزش رقابتی آن یا آثار منفی‌یی که بر منافع فرد/گروه/شرکت منتشر کننده داشته است. تلقی دانش فنی اختصاصی از اطلاعات و نگرانی از آشکار شدن عیوب کار از دلایل عدم تمایل به اشتراک داده‌ها بوده است.	م.ا.سا.۸. عدم تمایل به اشتراک داده‌ها
م.م.سا.۴		عدم انجام وظایف تعیین شده در حوزه‌ی BIM توسط سایرین	عدم انجام وظایف توسط برخی عوامل به ویژه پیمانکاران جزء، بخشی از استقرار BIM در پروژه را تحت‌الشعاع قرار می‌داد و مهم این‌که سایرین را نیز از عمل به وظایف خویش باز می‌داشت. به ویژه از آن جهت که ضروری بود بخشی از مدل پروژه توسط ایشان تولید شود و خروجی اطلاعاتی ایشان ورودی سایرین بود.	-
م.م.سا.۵		نبود فرایندهای کاری [۱] کارآمد تولید و گردش اطلاعات	علاوه بر جایگاه سازمانی، فرایندهای کاری نیز برای بهره‌گیری از BIM ضروریست. فرایندهای تعریف شده BIM در سازمان‌ها بعضاً پاسخگو نبود، یا دائماً در حال تغییر بود، یا با سایر فرایندهای تثبیت شده سازمان تداخل داشته است.	م.ا.سا.۷. مشکلات فرایندی و جایگاه سازمانی
م.م.سا.۶		انتظار دستمزد بالای متخصصان BIM	با توجه به جدید بودن مفاهیم مدل‌سازی اطلاعات ساخت، پرسنل ماهر در این حوزه مطالبه دستمزد بیشتری در مقایسه با سایر پرسنل و اشل دستمزدی شرکت داشتند. این موضوع پیامدهای منفی بر روی سایر شئونات کاری شرکت‌ها داشته است.	-
م.م.سا.۷		عدم انطباق با نقشه‌ی راه مدل‌سازی اطلاعات ساخت BEF	برخی عوامل پروژه بدون توجه به نقشه راه و الزامات مدل‌سازی اقدام به تهیه مدل و انجام وظایف محوله می‌نمودند که سبب می‌شد مدل آماده شده کارکرد لازم را نداشته باشد.	-
م.م.قر.۸		نبود چارچوب استاندارد قراردادی برای خدمات BIM	نبود چنین چارچوبی کار تدوین قراردادهای مبتنی بر BIM را طولانی و پیچیده می‌کرد. در مواردی نبود چنین چارچوبی عملاً منجر به حذف BIM از قراردادها می‌شد.	م.ا.قر.۱۴. نبود فرمت قراردادی استاندارد
م.م.قر.۹	قراردادی	ارزش کم مشوق‌ها/جرائم در ازای انجام دادن/ندادن وظایف حوزه‌ی BIM	در مواردی هزینه به خدمت گرفتن BIM توسط عامل بیشتر از جرائم قراردادی بود و از آن صرف نظر می‌شد.	-
م.م.قر.۱۰		دشواری سنجش پیشرفت کار در شرح خدمات BIM	سنجش پیشرفت خدمات حوزه BIM به ویژه به جهت کیفی بودن، دشوار و زمان‌بر بود.	-
م.م.قر.۱۱		فقدان مرجع بازرسی و داوری پیرامون دعاوی حوزه‌ی BIM	بعضاً برداشت‌های متفاوتی از تکالیف قراردادی حوزه BIM بین عوامل وجود داشت و مرجعی برای رسیدگی به اختلاف‌ها وجود نداشت	م.ا.قر.۱۵. نبود مکانیزم حل اختلاف

ادامه‌ی جدول ۴.

م.م.فن.۱۲		نبود محیط اشتراک داده کارآمد (CDE)[۲]	نبود چنین زیرساختی، عملاً تبادل اطلاعات بر پایه یک مدل و یک مرکز اطلاعاتی مشترک را به چالش می‌کشید.	-
م.م.فن.۱۳		عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها	با توجه به رواج نرم‌افزارهای تجاری متعدد در حوزه BIM، تبادل اطلاعات آنها ضروری است. با این حال، تبادل اطلاعات بعضاً منجر به فروکاستن برخی داده‌ها می‌شد.	م.ا.فن.۲۳. عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها
م.م.فن.۱۴	فنی	نبود کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک	چنین گنجینه‌یی از المان‌های آماده برای سرعت بیشتر و هزینه‌ی کمتر مدل‌سازی ضروری است. نبود آن و در نتیجه صرف زمان و هزینه بیشتر، بعضاً کارآمدی BIM را کاهش می‌داد.	م.ا.فن.۲۳. نبود کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک
م.م.فن.۱۵		محدودیت‌های فنی در نرم‌افزارهای BIM	نرم افزارهای BIM هنوز فاصله زیادی تا کارکرد مطلوب دارند. کاربران حرفه‌یی، با بهره گیری از کدنویسی‌های اختصاصی، افزونه‌ها و رابط برنامه‌نویسی کاربردی سعی می‌کردند بر محدودیت‌های نرم‌افزارها غلبه کنند. گرچه همواره صرفه ندارد.	م.ا.فن.۲۶. مشکلات کیفیت اطلاعات/خطاها و ضعف‌های نرم‌افزارهای BIM
م..فن.۱۶		صرف زمان بیشتر برای توسعه‌ی مدل در مقایسه با روش‌های سنتی	در مواقعی نیاز اطلاعاتی مدیران برای تصمیم‌سازی، از غیر طریق مدل‌سازی اطلاعات ساخت سریع تر به دست می‌آمد. به ویژه اگر مدل‌سازی صرفاً یک هدف (مثلاً فقط متره یا فقط تجمیع نقشه‌ها) بود.	م.ا.فن.۲۴. زمان‌بر و هزینه‌بر بودن توسعه‌ی مدل
م.م.فن.۱۷		مشکلات پهنای باند	با توجه به محدودیت اتصال اینترنتی، دسترسی به مرکز اطلاعات پروژه از سایر محل‌های جغرافیایی ـ به ویژه برای شرکت‌های خارجی ـ بر بستر اینترنت دشوار بود.	-

۱. Workflow

۲. Common Data Environment

اجرای پروژه‌ها بدون بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساخت را داشتند و از طرف دیگر، با توجه به عدم تسلط بر BIM، در برابر پیاده‌سازی ابزاری که بر آن تسلط نداشتند و تغییر روش‌های اجرای پروژه، مقاومت می‌کردند. این مانع پیشتر نیز در ادبیات مفصلاً اشاره شده است (م.ا.سا.۶. مقاومت در برابر تغییر).

- **عدم تمایل به اشتراک داده‌ها:** در برخی شرکت‌ها با وجود فراهم بودن زیرساخت‌های تبادل اطلاعات و با وجود پرسنل ماهر در زمینه‌ی تبادل اطلاعات، یکی از موانع مهم در برابر گردش اطلاعات بین عوامل پروژه، ارزش رقابتی اطلاعات است. در مواقعی مشاهده شده است که برخی افراد/گروه‌ها/شرکت‌ها، به جهت برخی منافع یا بهره‌گیری‌های آتی، مانع ارائه‌ی اطلاعات حوزه‌ی تحت امر خود در بستر مدل‌سازی اطلاعات ساخت می‌شدند. در یک مورد، شرکتی معتقد بود اطلاعات محصولاتش، دانش فنی اختصاصی خودش است و نباید آن را با سایرین به اشتراک گذارد و از ارائه‌ی آن بر بستر BIM امتناع می‌کرد. در مورد دیگری، به جهت خطاهای اجرایی، پیمانکار از ارائه‌ی مدل مانند ساخت، سر باز می‌زد. این مانع پیشتر در ادبیات نیز اشاره شده است (م.ا.سا.۸. عدم تمایل به اشتراک داده‌ها).
- **عدم انجام وظایف تعیین شده در حوزه‌ی BIM توسط سایرین:** کارکرد مهم BIM، تأمین بستر یک‌پارچگی پروژه است. بنابراین، در صورتی که برخی عوامل پروژه از ارائه‌ی اطلاعات و ادای سهم خود در تأمین یک‌پارچگی خودداری کنند، سایر عواملی که در چارچوب وظایف خود در ارائه‌ی اطلاعات و تأمین یک‌پارچگی اقدام می‌کنند، نیز نمی‌توانند از مدل‌سازی اطلاعات ساخت بهره‌ی لازم را ببرند. با وجود پذیرش عمومی منافع BIM بین عوامل پروژه، با توجه به گستردگی عوامل و افراد درگیر در پروژه که پیشتر آمار آن ذکر شده است، برخی از عوامل و به ویژه پیمانکاران جزء، وظایف خود را در این حوزه انجام نمی‌دادند. این مانع از این جهت جالب توجه است که عدم انجام وظایف توسط ایشان، سایرین را نیز هم در انجام وظایف و هم در بهره‌گیری از منافع BIM دچار اختلال می‌کرد. چه این‌که پیمانکاران مذکور بعضاً وظایف مهمی در تولید اطلاعات مورد استفاده توسط سایرین داشتند و خروجی وظایف ایشان در حوزه‌ی BIM، ورودی دیگران بود. این موضوع نشان داد آگاهی و انجام وظایف حوزه‌ی BIM توسط مدیران سازمان‌های بالادستی برای استقرار جامع آن در پروژه کفایت نمی‌کند. بلکه باید همه‌ی عوامل مطابق با نقشه‌ی راه تدوین شده، وظایف خود را به درستی انجام دهند. این مانع شبیه «م.ا.سا.۱۱. نبود پیمانکاران جزء آشنا با BIM» است. با این تفاوت مهم که صرف‌نظر از آشنایی یا عدم آشنایی پیمانکاران جزء نسبت به مدل‌سازی اطلاعات ساخت، عدم انجام وظایف توسط برخی، در عملکرد سایرین نیز اثر می‌گذاشت. لذا این مانع در ادبیات قبلاً به این شکل اشاره نشده است.
- **نبود فرایندهای کاری کارآمد درباره‌ی تولید و گردش اطلاعات:** هر چند در نمونه‌های موردمطالعه، مطابق نقشه‌ی راه BIM، فرایندهای کاری به طور مکتوب تعریف و ابلاغ شده بود، این فرایندها کاملاً جواب‌گوی همه‌ی رخدادهای پروژه

ـ به ویژه در رخدادهای غیرمعمول و نادر ـ نبودند و مشاهده شد افراد مسئول در حوزه‌ی اطلاعات و مدل‌سازی اطلاعات ساخت، در برخی مواقع نسبت به چگونگی روال‌های کاری و گردش اطلاعات دچار ابهام می‌شدند. این موضوع از این نظر که تجربه‌ی کافی از پروژه‌هایی که مدل‌سازی اطلاعات ساخت را به خدمت گرفته‌اند وجود ندارد، قابل درک بود. فرایندهای تعریف شده‌ی BIM در سازمان‌ها، بعضاً پاسخگو نبود، یا بیش از حد در حال تغییر بود، یا با سایر فرایندهای تثبیت شده‌ی سازمان تداخل داشت. این مانع پیشتر در ادبیات نیز اشاره شده بود (م.ا.سا.۷. مشکلات فرایندی و جایگاه سازمانی).

- **انتظار دستمزد بالای متخصصان BIM:** هیچ‌کدام از افراد مورد مصاحبه و یا اسناد مورد بررسی، اشاره‌یی به «م.ا.۵. کمبود پرسنل ماهر در حوزه‌ی BIM» نداشته‌اند. در عوض، برخی مدیران از این گلایه‌مند بودند که دستمزد پرسنل BIM بالاتر از سایر پرسنل همترازشان از نظر تحصیلات و سابقه بوده و نظام دستمزدی شرکت‌ها را به چالش کشیده است. مسئله‌ی حاضر با توجه به جدید بودن تخصص BIM قابل درک است. هر چند موانع هزینه‌یی در ادبیات وجود داشته است (م.ا.سا.۴. هزینه‌ی بالای پیاده‌سازی در سازمان و م.ا.فن.۲۴. زمان‌بر و هزینه‌بر بودن توسعه‌ی مدل)، اما مانع اشاره شده پیشتر در ادبیات بدین شکل اشاره نشده بود.

- **عدم انطباق با نقشه‌ی راه مدل‌سازی اطلاعات ساخت (BEP):** برخی عوامل پروژه بدون توجه به نقشه‌ی راه و الزامات مدل‌سازی اقدام به تهیه‌ی مدل و انجام وظایف شان می‌کردند، که سبب می‌شد مدل آماده شده کارکرد لازم را نداشته باشد. بعضاً ایشان درک کمینه‌یی از BIM ـ در حد سه‌بُعدی‌سازی ـ داشتند و عدم تبعیت از BEP پروژه مانع از تحقق برخی کارکردهای BIM می‌شد. هر چند این مانع شبیه «م.ا.سا.۱۰. درک نادرست/ناآگاهی یا ابهام در منافع BIM» بود، اما تفاوت مهمی داشت. این‌جا موضوع ابهام در کلیات یا کارآمدی مدل‌سازی اطلاعات ساخت نیست، بلکه عدم انطباق با الزامات مدل‌سازی است. همچنین گرچه مانع اشاره شده سبب ناکارآمدی مدل و عدم امکان استخراج اطلاعات لازم از آن می‌شد، اما نباید آن را با «م.ا.فن.۲۶. مشکلات کیفیت اطلاعات/خطاها و ضعف‌های نرم‌افزارهای BIM» برابر دانست. در م.ا.فن.۲۶، نرم‌افزار مورد استفاده به جهت کاستی‌های ذاتی خود مانع بهره‌گیری درست از BIM می‌شود، اما در مانع مذکور مشکل از نرم‌افزار نیست، بلکه موضوع عدم رعایت الزامات در حین مدل‌سازی است. مانع کنونی، پیشتر در ادبیات اشاره نشده بود.

برخی موانع شناسایی شده در ادبیات در دسته‌ی موانع سازمانی در مطالعه‌های موردی مشاهده نشده است. به طور مثال، «م.ا.سا.۳. نبود آموزش یا هزینه و زمان بالای آموزش» در موارد مطالعه گزارش نشده است. زیرا سازمان‌های مورد مطالعه بیشتر به دنبال جذب نیروهای جدید آشنا به مباحث BIM بوده و کمتر آموزش این مباحث به نیروهای فعلی خود را دنبال کرده‌اند. در مواردی هم که موضوع آموزش سازمانی دانش BIM مطرح بود، شکایتی از گرانی این خدمت گزارش نشده است؛ یا در موضوع آگهی‌های جذب پرسنل ماهر در BIM، مدیران از تعداد داوطلبان راضی بودند و کمبودی از پرسنل ماهر (م.ا.سا.۵.) احساس نمی‌شد. در مجموع، هم از ادبیات موضوع و هم از مطالعات موردی چنین بر می‌آمد که دسته‌ی موانع سازمانی ـ فرهنگی، گسترده‌ترین موانع بر سر راه استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساخت در صنعت ساختمان است.

۲.۴. موانع قراردادی

در بخش حاضر، نیز ۴ مانع شناسایی شده است. نکته‌ی مهم در حوزه‌ی موانع قراردادی، این است که در بسیاری از قراردادهای مورد مطالعه، پیوست شرح خدمات BIM وجود داشته است. با این حال، نبود چارچوب استاندارد قراردادی برای خدمات مدل‌سازی اطلاعات ساخت، ارزش کم مشوق‌ها/جرائم در ازاء انجام دادن/ندادن وظایف حوزه‌ی BIM، دشواری سنجش پیشرفت کار در شرح خدمات BIM و فقدان مرجع رسیدگی و داوری پیرامون دعاوی احتمالی حوزه‌ی BIM، موانع شناسایی شده در حوزه‌ی موانع قراردادی بوده‌اند. پیشتر در ادبیات موضوع، سه مانع قراردادی شناسایی شده‌اند که در این بین «م.ا.قر.۱۳. نبود درخواست، الزام یا مشوق از سوی کارفرما» با توجه به این‌که در پژوهش حاضر، پروژه‌های خصوصی مورد مطالعه بوده‌اند، وجود نداشته است. بلکه چنین درخواستی، الزام و مشوق‌هایی از جانب کارفرما تعریف شده بود. دو مانع دیگر اشاره شده در ادبیات به همراه دو مانع جدید در مطالعات موردی مشاهده شده است، که در ادامه تشریح شده‌اند:

- **نبود چارچوب استاندارد قراردادی برای خدمات BIM:** نبود چارچوب ذکر شده، تدوین پیوست شرح خدمات BIM قراردادها را دشوار و شخصی[۲۷] می‌ساخت و چالش‌هایی را بر سر راه پذیرش پیوست‌های BIM ایجاد می‌کرد. مشاهده شد در مواردی از پیوست‌های پیشنهاد شده توسط مؤسسه‌ی معماران آمریکایی (AIA) [۲۸] همچون AIA E۲۰۳-۲۰۱۳ و AIA G ۲۰۲-۲۰۱۳ در قراردادها ـ به ویژه قراردادهای مشاوران خارجی ـ استفاده می‌شود. با این حال، به ویژه مدیران بخش قراردادی شرکت‌ها، نبود چنین پیوستی در سیستم قراردادهای کشور را از موانع استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌ها می‌دانستند. مانع ذکر شده در ادبیات نیز شناسایی شده است (م.ا.قر.۱۴. نبود فرمت قراردادی استاندارد).
- **ارزش کم مشوق‌ها/جرائم در ازاء انجام دادن/ندادن وظایف حوزه‌ی BIM:** این مانع سبب می‌شد که در بعضی موارد، عوامل پروژه از منافع قراردادی و ریالی‌شان به ازاء اجرای BIM بگذرند و وظایف محوله را انجام ندهند. مشاهده شد برخی از عوامل با وجود تکالیف قراردادی و امکان عمل به تعهدات مرتبط، چنین رویکردی را در پیش می‌گرفتند. مانع ذکر شده، پیشتر در ادبیات مشاهده نشده بود.
- **دشواری سنجش پیشرفت کار در شرح خدمات BIM:** چنین مشکلی باعث بروز اختلاف در سنجش کارهای انجام شده و کارهای باقی‌مانده می‌شود. خروجی‌های قراردادی مدل‌سازی اطلاعات ساخت، هم کمّی و هم کیفی هستند و این موضوع دشواری سنجش را بیشتر می‌کند. این مانع پیشتر در ادبیات مشاهده نشده بود.
- **فقدان مرجع رسیدگی و داوری پیرامون دعاوی حوزه‌ی BIM:** هر چند مفهوم سطح توسعه (LOD) [۲۹] کمک می‌کند برنامه‌ی تفصیلی برای تولید و گردش اطلاعات در پروژه تدوین شود و پس از آن نیز مبنای سنجش پیشرفت مدل‌ها باشد،[۴۱ و ۴۲] در عمل تعاریف ارائه شده برای هر سطح از جزئیات امکان تفسیر دارد و مشاهده شد بعضاً طرفین قرارداد در تعبیر و تفسیر آن، درک متفاوتی دارند. در مواردی که طرفین دچار ادعا و اختلاف در وظایف قراردادی می‌شوند، مرجعی برای رسیدگی به این دعاوی وجود ندارد و بعضاً وظایف حوزه‌ی BIM پس از رسیدن به اختلاف دیگر ادامه نمی‌یابد. این مانع در ادبیات نیز شناسایی شده بود (م.ا.قر.۱۵. نبود مکانیزم حل اختلاف).

۳.۴. موانع فنی

با توجه به استقرار گسترده‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساخت در بین عوامل پروژه، مشکلات فنی ملاحظه شده در بخش حاضر، حالت پیشرفته داشته است. در دسته‌ی موانع فنی، ۶ مانع، شامل: نبود محیط اشتراک داده‌ی کارآمد، عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها، نبود کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک، محدودیت‌های فنی در نرم‌افزارهای BIM، صرف زمان بیشتر برای توسعه‌ی مدل در مقایسه با روش‌های سنتی و مشکلات پهنای باند شناسایی شده است. از بین موانع فنی تبیین شده در ادبیات «م.ا.فن.۲۶. در دسترس نبودن/گران بودن فنّاوری مرتبط (نرم‌افزار و سخت‌افزار)» در مطالعات موردی وجود نداشته است، که با توجه به تفاوت قیمت نرم‌افزارها در ایران با سایر کشورها قابل درک است. همچنین «م.ا.فن.۲۵. پژوهش و توسعه‌ی ناکافی» و «م.ا.فن.۲۷. ریسک و به ویژه ریسک امنیت اطلاعات»، در مطالعات موردی گزارش نشده است.

- **نبود محیط اشتراک داده‌ی کارآمد:** محیط اشتراک داده، «یک مرجع توافق شده برای جمع‌آوری، مدیریت و انتشار اطلاعات از طریق فرایندهای مدیریت شده» است.[۴۳] محیط اشتراک داده باید شامل قابلیت مدیریت پایگاه داده[۳۰] برای مدیریت فایل‌ها و فراداده‌ها[۳۱] و قابلیت صدور اعلامیه‌ی‌فنی[۳۲] به‌روزرسانی برای اعضاء تیم و حفظ ویرایش‌ها و نسخه‌های قبلی فایل‌ها باشد.[۱۵] نمونه‌هایی از محیط‌های اشتراک داده توسط شرکت‌های مختلف عرضه شده است. اما مشاهده شد این نمونه‌ها اشکالاتی دارند و هنوز با کارکرد مطلوب فاصله دارند. با بررسی تجارب سایر کشورها مشاهده شد مشکلاتی در استفاده از محیط اشتراک داده در سایر کشورها و پروژه‌ها نیز گزارش شده است.[۲۵]
- **عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها:** هر چند مبتنی بر نقشه‌ی راه به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه، نرم‌افزارهای تجاری مورد استفاده از پیش تعیین شده بود و در نتیجه در بین نرم‌افزارهای استفاده شده، یک‌دستی وجود داشت تا از تأثیر این مانع بکاهد، با این حال نمونه‌های متعددی از ضعف تبادل اطلاعات میان نرم‌افزارها کماکان قابل مشاهده بود که سبب تأخیر در زمان مدل‌سازی و بهره‌گیری از منافع آن می‌گشت. مکرراً گزارش می‌شد در تبادل مدل و داده‌ها بین نرم افزارهای تجاری برخی اطلاعات فروکاسته می‌شد. این مشکل در نسخه‌های بالاتر نرم‌افزارها کمتر گزارش شده است. این مانع در ادبیات نیز اشاره شده بود (م.ا.فن.۲۳. عدم قابلیت همکاری درونی نرم‌افزارها).
- **نبود کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک:** کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک که باید شامل اشیاء استفاده شده در پروژه باشد، درکاهش زمان و هزینه‌ی بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساخت بسیار مؤثر است. با توجه به جدید بودن BIM در سراسر دنیا، چنین گنجینه‌یی از المان‌های استفاده شده هنوز به میزان لازم توسعه نیافته است. هر چند گزارش‌هایی از این کار در ایران و جهان وجود دارد. این مانع در ادبیات اشاره شده بود (م.ا.فن.۲۳. نبود کتابخانه‌ی اشیاء پارامتریک).
- **محدودیت‌های فنی در نرم‌افزارهای BIM:** نرم‌افزارهای BIM، هنوز فاصله‌ی زیادی تا کارکرد مطلوب دارند و کاربران با محدودیت‌هایی برای خواسته‌های خود مواجه‌اند. مهم‌ترین پیامد محدودیت‌های مذکور، افزایش زمان پاسخ به نیازهای اطلاعاتی پروژه است. در طول مدت مطالعات پژوهش حاضر مشاهده شد که نسخه‌های جدیدتر نرم‌افزارها شامل به‌روزرسانی و ارتقاء بوده‌اند، تا ضعف‌های مذکور مرتفع شود. در مطالعات موردی مشاهده شد کاربران حرفه‌یی، با بهره‌گیری از کدنویسی‌های اختصاصی، افزونه‌ها[۳۳] و رابط برنامه‌نویسی کاربردی (API)[۳۴] سعی می‌کردند بر محدودیت‌های نرم‌افزارها غلبه کنند. امکان استفاده از افزونه و API برآمده از این قابلیت بنیادین است که نرم‌افزارهای BIM، به جای ذخیره‌ی اطلاعات در قالب خطوط و ترسیم، اطلاعات را در قالب پایگاه داده ذخیره می‌کنند و اجازه می‌دهند کاربران با کدنویسی، داده‌های ذخیره شده را به دلخواه مدیریت کنند. قابلیت ذکر شده از اثر محدودیت‌های نرم‌افزارها می‌کاهد. این مانع در ادبیات نیز اشاره شده بود (م.ا.فن.۲۶. مشکلات کیفیت اطلاعات/خطاها و ضعف‌های نرم‌افزارهای BIM).
- **صرف زمان بیشتر برای توسعه‌ی مدل در مقایسه با روش‌های سنتی:** این مانع مربوط به مواقعی بود که توسعه‌ی مدل برای پاسخ به برخی نیازهای اطلاعاتی مستلزم صرف زمان و هزینه‌ی بیشتری در مقایسه با روش‌های سنتی بود. در چنین مواقعی مشاهده شد به وضوح افراد با کنار گذاشتن BIM، از روش‌های سنتی برای پاسخ به درخواست‌های اطلاعاتی پروژه استفاده می‌کردند. مانع حاضر به نوعی ضعف نرم‌افزارهای مبتنی بر BIM در ارائه‌ی سریع خدمات اطلاعاتی مورد نیاز پروژه‌ها نیز است. نکته‌ی مهم در این باره، این است که مانع ذکر شده به ویژه زمانی خود را نشان می‌داد که مدل‌سازی فقط برای یک منظور خاص (مثلاً متره کردن به تنهایی، یا فقط کنترل برخوردها) انجام می‌شد. به عبارت دیگر، از آن‌جا که مدل‌سازی مستلزم صرف زمان و هزینه است، هنگامی فایده‌مند است که هم‌زمان چند کاربرد مختلف BIM هدف‌گذاری شود. این مانع به نحوی در ادبیات پیشین به آن اشاره شده بود (م.ا.فن.۲۴. زمان‌بر و هزینه‌بر بودن توسعه‌ی مدل).
- **مشکلات پهنای باند:** با توجه به ضرورت نگهداری اطلاعات در یک CDE متمرکز و حجم بالای فایل‌های متداول، دسترسی به آن خارج از محل پروژه نیاز به پهنای باند بالا دارد. برخی شرکت‌های بین‌المللی ارائه‌دهنده‌ی نرم‌افزارهای مهندسی ساختمان، فضای ابری CDE نیز ارائه می‌کنند، اما نگرانی از قطع دسترسی‌های احتمالی و همچنین مشکلات پهنای باند، شرکت‌ها را متمایل به استفاده از سرورهای داخلی می‌سازد. در مواردی مشکلات پهنای باند بهره‌گیری از اطلاعات مشترک و مدل را دچار وقفه می‌کرد. این مشکل به ویژه در تعامل با مشاورین خارجی بیشتر بوده است. به این مانع در ادبیات اشاره نشده بود.

۵. نتیجه‌گیری

مدل‌سازی اطلاعات ساخت به عنوان یک سیستم اطلاعاتی در صنعت ساختمان، که وضعیت موجود و ایده‌آل پروژه را تبیین می‌کند، ابزار مهمی برای تصمیم‌سازی مدیران صنعت ساخت است. با توجه به جدید بودن سیستم مذکور در اجرای پروژه‌ها و کُندی حوزه‌ی مهندسی ساختمان در پذیرش ابزارهای جدید، موانعی در پیاده‌سازی آن در پروژه‌ها وجود دارد. با مطالعه‌ی ادبیات و با عنایت به جدول ۱ مشخص شد که موانع اخیر در جوامع مختلف یکسان نیستند. لذا برای شناخت موانع در جامعه‌ی ایران، به یک پژوهش کیفی نیاز بود. پژوهش حاضر، به مثابه‌ی یک پژوهش کیفی دست اول، موانع استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساخت را به متخصصان حوزه‌ی مدیریت پروژه‌های ساختمانی کشور ایران معرفی می‌کند. نکته‌ی مهم این است که پژوهشگران در پژوهش حاضر به دنبال یافتن موانع جدید و خاص در بخش خصوصی صنعت ساخت ایران بودند و به همین منظور دست به یک پژوهش کیفی زدند. لذا، نبود آن دسته از موانع که در ادبیات مورد اشاره قرار داشته‌اند، اما در مطالعات موردی وجود

نداشته‌اند، به این معنا نیست که آن دسته از موانع لزوماً در صنعت ساخت ایران هیچ جایگاهی ندارند. در نتیجه، در پژوهش حاضر، ۱۷ مانع در برابر استقرار BIM در بخش خصوصی صنعت ساخت ایران شناسایی شده است، که ۷ مورد از آن پیشتر در ادبیات ذکر نشده بود.

در بُعد صنعت، شناسایی موانع، گام بنیادین برای رفع آن و بیشینه‌سازی منافع مدل‌سازی اطلاعات ساخت در پروژه‌هاست. در بُعد آکادمیک، بر پایه‌ی پژوهش حاضر می‌توان پژوهش‌های کمّی دیگری را ترتیب داد تا گستره‌ی اثر هر یک از موانع ذکر شده را در پروژه‌های صنعت ساخت کشور سنجید. در مواردی که مشابهت‌هایی بین موانع شناسایی شده در ایران با سایر کشورها وجود دارد، می‌توان انتظار داشت راهکارهای مشابهی برای غلبه بر موانع با آنچه در سایر نقاط جهان پیشنهاد شده است، به کار آید. در هر حال، راه‌حل‌های غلبه بر موانع اشاره شده، خود می‌تواند موضوع پژوهش مستقلی باشد.

پانوشت‌ها

1. Fragmentation
2. Building Information Modelling
3. Socio-Technical
4. General Contractor
5. Durdyev
6. Tan Tan
7. Systematic Literature Review
8. Ma
9. Olanrewaju
10. Memon
11. Chan
12. Insufficient Interoperability
13. Yin
14. Mega-Project
15. Iran Mall West Expansion (IMWE)
16. Designe-Builder
17. Sub-Project
18. Fast Trac
19. BIM Execution Plan (BEP)
20. Descriptive Analysis
21. NVivo
22. Pattern Coding
23. Multiple Date-Point
24. Triangulation
25. Yin
26. Peer Debriefing
27. Subjective
28. American Institute of Architects (AIA)
29. Level of Development (LOD)
30. Database
31. Meta-Data
32. Transmittal
33. Plug-In
34. Application Programming Interface

منابع (References)

1. Santos, R., Costa, A.A. and Grilo, A. "Bibliometric analysis and review of building information modelling literature published between 2005 and 2015", *Autom. Constr.*, **80**, pp. 118-136 (2017).
2. "Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises", *European Commission*, Brussel (2012).
3. Olanrewaju, O.I., Chileshe, N., Babarinde, S.A. and et al. "Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry", *Eng. Constr. Archit. Manag.*, **27**(10), pp. 2931-2958 (2020).
4. https://www.irna.ir/news/82701496 (Jun 2022).
5. Shahabadi, A. and Ganji, M. "Analysis of factors affecting investment in housing and construction in Iran", *Development Economics and Planning*, **3**(1), pp. 1-21 (2014).
6. Lee, A., Betts, M., Aouad, Gh. and et al. "Developing a vision for an nD modelling tool", *Autom. Constr.*, **20**(2), p. 1051 (Dec 2017).
7. Banawi, A. "Barriers to implement building information modeling (BIM) in public projects in Saudi Arabia", *Adv. Intell. Syst. Comput.*, **600**, pp. 119-125 (2018).
8. Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G.K. and et al. "Design management in the building process - A review of current literature", *Procedia Econ. Financ.*, **21**, pp. 120-127 (Jan 2015).
9. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and et al. "BIM Handbook", 2^{nd} ed. Hoboken, New Jersey, *John Wiley & Sons Inc.* (2011).
10. Lee, S.K. and Yu, J.H. "Success model of project management information system in construction", *Autom. Constr.*, **25**, pp. 82-93 (2012).
11. Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J. and et al. "Reinventing construction: A route to higher productivity", *McKinsey Global Institiute* (2017).
12. Siebelink, S., Voordijk, H., Endedijk, M. and et al. "Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity", *Front. Eng. Manag.*, **8**(2), pp. 236-257 (2021).
13. Chen, K., Lu, W., Peng, Y. and et al. "Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework", *Int. J. Proj. Manag.*, **33**(6), pp. 1405-1416 (2015).
14. Oesterreich, T.D. and Teuteberg, F. "Behind the scenes: understanding the socio-technical barriers to BIM adoption through the theoretical lens of information systems research", *Technol. Forecast. Soc. Change*, **146**, pp. 413-431 (Jan 2019).

15. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. and et al. "BIM handbook A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers", *Wiely Publ* (2018).

16. Barlish, K. and Sullivan, K. "How to measure the benefits of BIM - A case study approach", *Autom. Constr.*, **24**, pp. 149-159 (2012).

17. Succar, B. "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders", *Autom. Constr.*, **18**(3), pp. 357-375 (2009).

18. Issa, R.R.A. and Olbina, S. "Building information modeling applications and practices", *American Society of Civil Engineers* (2015).

19. Zhou, Y., Yang, Y. and Bin Yang, J. "Barriers to BIM implementation strategies in China", *Eng. Constr. Archit. Manag.*, **26**(3), pp. 554-574 (2019).

20. Olanrewaju, O.I., Kineber, A.F., Chileshe, N. and et al. "Modelling the relationship between building information modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle", *Build. Environ.*, **207**(PB), p. 108556 (2022).

21. Tan, T., Chen, K., Xue, F. and et al. "Barriers to building information modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach", *J. Clean. Prod.*, **219**, pp. 949-959 (2019).

22. Memon, A.H., Rahman, I.A., Memon, I. and et al. "BIM in malaysian construction industry: status, advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level", *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, **8**(5), pp. 606-614 (2014).

23. Marzouk, M., Elsaay, H. and Othman, A.A.E. "Analysing BIM implementation in the Egyptian construction industry", *Eng. Constr. Archit. Manag* (2021).

24. Fountain, J. and Langar, S. "Building information modeling (BIM) outsourcing among general contractors", *Autom. Constr.*, **95**, pp. 107-117 (2018).

25. NBS, "National BIM report 2019", *Natl. BIM Rep. 2019 Defin. Ind. Updat.*, pp. 1-28 (2019).

26. Durdyev, S., Ashour, M., Connelly, S. and et al. "Barriers to the implementation of building information modelling (BIM) for facility management", *J. Build. Eng.*, **46**, p. 103736, (Nov 2022).

27. Ma, X.D., Darko, A., Chan, A.P.C. and et al. "An empirical analysis of barriers to building information modelling (BIM) implementation in construction projects: evidence from the Chinese context", *Int. J. Constr. Manag.*, **22**(1), pp. 1-9 (2020).

28. Marefat, A., Toosi, H. and Mahmoudi Hasankhanlo, R. "A BIM approach for construction safety: Applications, barriers and solutions", *Eng. Constr. Archit. Manag.*, **26**(9), pp. 1855-1877 (2019).

29. Chan, D.W.M., Olawumi, T.O. and Ho, A.M.L. "Perceived benefits of and barriers to building information modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong", *J. Build. Eng.*, **25**, p. 100764 (2019).

30. Ku, K. and Taiebat, M. "BIM experiences and expectations: The constructors' perspective", *Int. J. Constr. Educ. Res.*, **7**(3), pp. 175-197 (2011).

31. Chan, C.T.W. "Barriers of implementing BIM in construction industry from the designers' perspective: A Hong Kong experience", *ISSN J. Syst. Manag. Sci. J. Syst. Manag. Sci.*, **4**(2), pp. 1816-6075 (2014).

32. Arrotéia, A.V., Freitas, R.C. and Melhado, S.B. "Barriers to BIM adoption in Brazil", *Front. Built Environ.*, **7**, pp. 1-12, (March 2021).

33. Yin, R.K. "The case study crisis: Some answers", *J. Mark. Res.*, **26**(1), pp. 199-208 (1981).

34. Danaee Fard, H., Alvani, S.M. and Azar, A. "Qualitative research methodology in management, domrehensive Approch", *Saffar Press*, **276** Tehran, Iran (In Persian) (1391/2013).

35. Bazargan, A. "An introduction to qualitative and mixed methods", *Didar Press*, pp. 75-76, Tehran, Iran (In Persian) (1392/2014).

36. Hashimov, E. "Qualitative data analysis: A methods sourcebook and the coding manual for qualitative researchers", *Tech. Commun. Q.*, **24**(1), pp. 109-112 (Jan 2015).

37. Skjott Linneberg, M. and Korsgaard, S. "Coding qualitative data: A synthesis guiding the novice", *Qual. Res. J.*, **19**(3), pp. 259-270 (2019).

38. Eisenhardt, K.M. and Graebner, M.E. "Theory building from cases: opportunities and challenges", *Acad. Manag. J.*, **50**(1), pp. 25-32 (2007).

39. Bazely, P. "Qualitative data analysis with NVivo", London: *Sage Publication Inc.* (2007).

40. Yin, R.K. "Case study research: design and methods", 4^{th} *ed. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publication Inc.* (2009).

41. Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B. and et al. "Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models", *Autom. Constr.*, **20**(5), pp. 601-609 (Aug 2011).

42. 42. Biljecki, F., Ledoux, H. and Stoter, J. "An improved LOD specification for 3D building models", *Comput. Environ. Urban Syst.*, **59**, pp. 25-37 (2016).

43. "ISO - ISO/DIS 19650-3 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — part 3: operational phase of a", [Online] Available: https://www.iso.org/standard/75109.html. (Nov 2019).