نامه معماری و شهرسازی
سال دوازدهم • شماره ۲۵ • زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷
نوع مقاله: پژوهشی
شماره صفحه ۲۵-۴۲

امکان‌سنجی پیاده‌سازی مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های مرمت ساختمان‌های تاریخی شهر تهران*

روژانو محمدزاده
کارشناس ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail: rojano94@yahoo.com

محمدحسین محمودی ساری
استادیار گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، استان تهران، شهر تهران
E-mail: mahmoudi@art.ac.ir

بهنود برمایه‌ور
استادیار گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، استان تهران، شهر تهران
E-mail: b.barmayehvar@art.ac.ir

چکیده

امروزه میراث گذشتگان بیش از پیش مورد توجه ملت‌ها واقع شده است و پروژه‌های بسیاری به منظور حفاظت از آنها اجرا می‌شود. عدم قطعیت در زمان، هزینه و محدوده را می‌توان از جمله ویژگی‌های مشترک و متمایزکننده این پروژه‌ها دانست که باعث بروز چالش‌هایی می‌شوند. یکی از جدیدترین پاسخ‌ها به این چالش‌ها، پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حوزه میراث فرهنگی است. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در قالب مجموعه‌ای از ابزارها، فرآیندها و استراتژی‌ها به‌عنوان سیستمی جهت بهبود تعاملات و مدیریت اطلاعات پروژه عمل می‌کند. در مقابل بلوغ پیاده‌سازی این مفهوم در پروژه‌های حوزه ساخت، منافع و چگونگی پیاده‌سازی آن در حوزه میراث فرهنگی، موضوعی نوین و چالش‌انگیز است. این مقاله، ضمن درنظرگرفتن مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی به‌عنوان یک نوآوری تکنولوژیک، به دنبال امکان‌سنجی و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی آن در بستر پروژه‌های مرمت ساختمان‌های تاریخی شهر تهران است. این پژوهش کاربردی است و از جمله طرح‌های تحقیقی آمیخته به شمار می‌آید. جهت گردآوری اطلاعات از سه روش مطالعه کتابخانه‌ای، مصاحبه نیمه‌ساختار یافته و پرسش‌نامه استفاده شده است. نتایج تحلیل آماری صورت‌گرفته درخصوص مدل مفهومی ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد که مؤلفه‌های موجود در سه گروه اصلی ویژگی‌های نوآورانه این مفهوم، عوامل محیطی و ویژگی‌های فردی تیم پروژه، با درجات متفاوتی بر پیاده‌سازی آن تأثیر می‌گذارند.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مرمت، ساختمان‌های تاریخی.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد روژانو محمدزاده با عنوان «امکان‌سنجی پیاده‌سازی مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های مرمت ساختمان‌های تاریخی شهر تهران» است که با راهنمایی دکتر محمدحسین محمودی ساری و مشاوره دکتر بهنود برمایه‌ور در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر انجام شده است.

مقدمه

آثار موجود در حوزه میراث فرهنگی طی گذر نسل‌ها و در پی عواملی مانند توسعه، افزایش جمعیت، مدیریت نامناسب، عوامل طبیعی، جنگ و ... دستخوش تغییر و تخریب شده‌اند. اگرچه آمار دقیقی از تعداد سالانه پروژه‌های این حوزه و سهم آنها در پروژه‌های صنعت ساخت در دسترس نیست، بر اساس شواهد موجود می‌توان گفت نتایج حاصل از پروژه‌های حفاظت، مرمت و نگهداری، در کاهش فقر، توسعه پایدار و حفظ ارزش‌های مربوط به گذشتگان تأثیری مستقیم خواهد داشت (Fund, 2010).

مدیریت پروژه‌های میراث فرهنگی همواره از جمله حوزه‌های بحث‌برانگیز بوده است و نقدهای زیادی مبنی بر تعدی از هزینه، زمان و به‌طورکلی برنامه ابتدایی به آن وارد می‌شود (Perovic, 2015; Roy, & Kalidindi, 2017). این پروژه‌ها عموماً به تعاملاتی چندرشته‌ای نیازمند هستند (Dore & Murphy, 2017). چندین متخصص و کارشناس از رشته‌های مختلف با یکدیگر همکاری می‌کنند، به تبادل و تفسیر داده‌ها می‌پردازند تا نهایتاً به آگاهی از ارزش بنا دست یابند. این اطلاعات جهت مداخلات در بنا، حفاظت، مرمت و مدیریت آن لازم و ضروری هستند. در حال حاضر در بیشتر پروژه‌ها این اطلاعات به‌صورت مجموعه‌ای از اسناد جداگانه، گزارش‌ها، کروکی‌ها، نقشه‌ها و فایل‌ها نگهداری می‌شوند که توسط متخصصان رشته‌های مختلف با استانداردها و ابزارهای مختلف تولید شده‌اند. این اطلاعات ممکن است در مکان‌های گوناگون (مخازن داده الکترونیکی، آرشیوهای فیزیکی) و در قالب‌های گوناگون (کاغذی و الکترونیکی) در دسترس باشند. همچنین وضعیت و کیفیت اطلاعات منفرد از حیث تکامل ممکن است نامشخص و مبهم باشد (Biagini *et al.*, 2016). این موضوع از چالش‌های مهم در پروژه‌های میراث فرهنگی است و پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در این بستر، یکی از پاسخ‌های اخیر به آن است.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ترکیب اطلاعات کیفی و کمّی جهت نمایش ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی، می‌تواند شبیه‌سازی‌هایی از ظاهر و عملکرد بنا ارائه دهد. همچنین می‌توان ویژگی‌های ناملموس مانند ارزش‌های میراث تاریخی را به مدل سه‌بعدی اضافه کرد. با پیاده‌سازی این مفهوم، نه‌تنها وضعیت فعلی ساختمان تاریخی نمایش داده می‌شود، بلکه این امکان ایجاد می‌شود تا طرح مرمت پیشنهادی و مداخلات احتمالی در سناریوهای مختلف مشاهده و تحلیل گردد. لازم به ذکر است که امکان شبیه‌سازی و بررسی گزینه‌های مختلف در حوزه میراث فرهنگی اهمیتی دوچندان می‌یابد زیرا در پروژه‌های تاریخی هرگونه تغییری باید با دقت فراوان و با بررسی همه جوانب انجام شود (Brusaporci *et al.*, 2018; Giudice & Osello, 2013; Historic England, 2017).

این مقاله بر آن است که به منظور امکان‌سنجی پیاده‌سازی این نوآوری تکنولوژیک به شناسایی و بررسی عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی آن در بستر مورد مطالعه بپردازد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان یک حوزه دانشی گسترده در صنعت ساخت، امروزه به کانون توجه پژوهشگران بسیاری بدل شده و در پاسخ به نیاز به یکپارچگی و بهبود ارتباطات، در برخی از پروژه‌ها پیاده‌سازی گردیده است. این مفهوم به مجموعه‌ای از استراتژی‌ها، فرآیندها و تکنولوژی‌ها اطلاق می‌گردد که روشی را برای مدیریت اطلاعات چرخه حیات پروژه ایجاد می‌کنند (Succar, 2009). این اصطلاح تعاریف بسیاری دارد و علت این گستردگی را می‌توان به کاربردهای گسترده و روبه‌رشد

نامه معماری و شهرسازی
سال دوازدهم • شماره ۲۵ • زمستان ۱۳۹۸

آن نسبت داد که مانع از انتساب یک معنی مشخص به آن می‌شود (Denis, 2015). در پژوهش‌های صورت‌گرفته در مورد این مفهوم دو رویکرد کلی وجود دارد. دسته اول پژوهش‌هایی هستند که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را از بعد فرآیندی بررسی می‌کنند و دسته دوم پژوهش‌هایی که آن را به‌عنوان یک خط‌مشی نرم‌افزاری در نظر می‌گیرند و بر جنبه‌های تکنولوژیک آن تأکید بیشتری دارند. لازم به ذکر است که در هر دو رویکرد، تأکید بر تعاملی بودن و تسهیل ارتباطات و انتقال اطلاعات از طریق آن است (Doumbouya *et al.*, 2016).

کمیته ملی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آمریکا این مفهوم را تحت عنوان «نمایش دیجیتال ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی هر سازه» معرفی می‌کند. بر اساس این استاندارد، با پیاده‌سازی این مفهوم، تمامی اطلاعات چرخه حیات پروژه در یک محیط داده مشترک ذخیره می‌گردد (Eynon, 2016) و زمینه‌ای قابل اطمینان برای تصمیم‌سازی‌ها ایجاد می‌شود (NBIM US Committee, 2007).

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی

امروزه پروژه‌های مرمتی بسیاری در بخش میراث فرهنگی اجرا می‌شوند و به‌عنوان یک اهرم اقتصادی- اجتماعی عمل می‌کنند. طی سال‌های اخیر در حوزه نظری مربوط به این پروژه‌ها، همواره ساخت و استفاده از مدل‌های سه‌بعدی دیجیتال که از راه دور و غیرمتمرکز به برنامه‌ریزی و مدیریت کمک می‌کنند، یکی از موضوعات مورد توجه پژوهشگران بوده است (López *et al.*, 2018). علی‌رغم اینکه نرم‌افزارها و ابزارهای بسیاری برای مستندنگاری و ایجاد این مدل‌های سه‌بعدی وجود دارند، تعداد قابل‌توجهی از پژوهش‌ها بر امکان‌سنجی کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مفهومی برخاسته از صنعت ساخت متمرکز شده‌اند.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی عبارت است از پیاده‌سازی مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بستر پروژه‌های میراث فرهنگی که عنوان مدل‌سازی اطلاعات میراث نیز به آن اطلاق می‌شود. مورفی این مفهوم را سیستمی نوین برای مدل‌سازی سازه‌های تاریخی معرفی می‌کند که ورای اطلاعات فیزیکی، اطلاعاتی بیشتر مانند شیوه ساخت، جنس مواد، دوره‌های تاریخی و ... را به هر جزء از مدل مربوط می‌کند (Murphy *et al.*, 2009). سایگی و رموندینو مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی را یک پارادایم جدید و شیوه ارائه می‌دانند که به دلیل چالش‌ها و نیازهای پروژه‌های میراث فرهنگی از بعد مدیریتی مورد توجه قرار گرفته است. براساس مقاله مشترک این دو پژوهشگر، این مفهوم رویکردی یکپارچه را برای بازنمایی ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی ساختمان ارائه می‌دهد و در این مسیر از ابزارهایی مناسب برای تولید مدل‌های سه‌بعدی استفاده می‌شود (Saygi & Remondino, 2013). گزارش سالانه بنیاد تاریخی انگلستان در سال ۲۰۱۷ (Historic England, 2017)، پژوهش اخیر انجمن مرمتی کوتک (COTAC, 2016)، و بسیاری از مقالات دیگر در این حوزه، مدیریت دانش و تبادل اطلاعات را به‌عنوان اصلی‌ترین کاربرد این مفهوم عنوان کرده‌اند.

برونو و فاتیگوس معتقدند کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حوزه میراث فرهنگی تنها به مدیریت دانش و تبادل اطلاعات محدود نمی‌شود و ارزیابی وضع موجود ساختمان یکی از کاربردهای دیگر این مفهوم است (Bruno & Fatigus, 2017). به عبارت دیگر با تکیه بر داده‌های دقیق به‌دست‌آمده از روش‌هایی مانند اسکن لیزری و فتوگرامتری (به‌عنوان روش‌های اصلی جمع‌آوری داده در رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی) می‌توان از وضع موجود بنای تاریخی درک درستی داشت و

درخصوص موضوعاتی مانند حدود و شیوه مداخله در بنا تصمیمات لازم را گرفت. گراسیا و همکاران در پژوهشی به این نتیجه رسیده‌اند که مجموعه اطلاعات گرافیکی و غیرگرافیکی که در قالب مدل مرکزی اطلاعاتی ساختمان به اشتراک گذاشته می‌شوند، مدیریت را در مراحل بعدی پروژه یعنی مداخلات، اجرا، نگهداری و عرضه به جامعه آسان‌تر می‌کنند. به‌عبارتی می‌توان گفت رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی جهت دستیابی به هدف اصلی پروژه‌های این حوزه یعنی مدیریت حفاظت از میراث فرهنگی است (García-Valldecabres *et al.*, 2016).

درخصوص چگونگی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی، به‌طور کلی می‌توان گفت این فرآیند با آنچه در مورد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان صورت می‌پذیرد متفاوت است و آن را به حوزه دانشی متفاوتی تبدیل کرده است که به‌طور خلاصه شامل گام‌های زیر می‌شود:

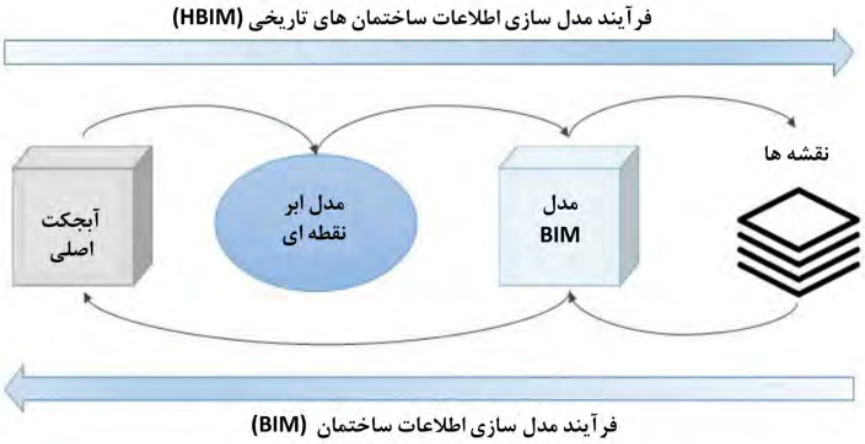
- گام اول: جمع‌آوری داده‌ها که از روش‌های گوناگون (تماسی و غیر تماسی) قابل انجام است و با توجه به زمان، هزینه، شرایط جوی، وجود نیروی متخصص و غیره متناسب با پروژه انتخاب می‌گردد. اسکن لیزری زمینی و فوتوگرامتری دو روش رایج در جمع‌آوری داده است (Oreni, 2013). شکل ۱ نمایی از جمع‌آوری داده با دستگاه اسکنر لیزری است.

شکل ۱. جمع‌آوری داده به روش اسکن لیزری

منبع: López et al., 2018

- گام دوم: پردازش داده‌ها. داده‌های خام جمع‌آوری‌شده در مرحله قبل به پردازشی نیاز دارند تا بتوان از آنها در مدل سه‌بعدی اتوکد و مدل‌های اطلاعات ساختمان استفاده کرد. برخی از بخش‌های بنا با یک‌بار اسکن و تصویربرداری مشخص نمی‌شوند و در این مرحله، نقاط دیگری را برای تصویربرداری دوباره و دقیق‌تر انتخاب می‌کنیم. همچنین در روش فتوگرامتری، تبدیل عکس‌های دوبعدی جمع‌آوری‌شده به مدل سه‌بعدی ابر نقطه، نیازمند پردازشی است که در این مرحله صورت می‌پذیرد.
- گام سوم: ناحیه‌بندی. در این مرحله، داده‌های ابر نقطه‌ای جمع‌آوری‌شده به مدل‌های سه‌بعدی و یا مؤلفه‌های پارامتریک تبدیل می‌شوند که به فعالیت این مرحله، ناحیه بندی و یا تشخیص ابر نقطه‌ها گفته می‌شود. طی سال‌های اخیر، در جمع‌آوری داده پیشرفت‌هایی حاصل شده است و بخش بزرگی از این مرحله به‌صورت خودکار و بسیار سریع انجام می‌شود. این در حالی است که در مرحله مدل‌سازی سه‌بعدی، هنوز بسیاری از فعالیت‌ها دستی و با صرف زمان زیادی انجام می‌گیرد (Bregianni, 2013).

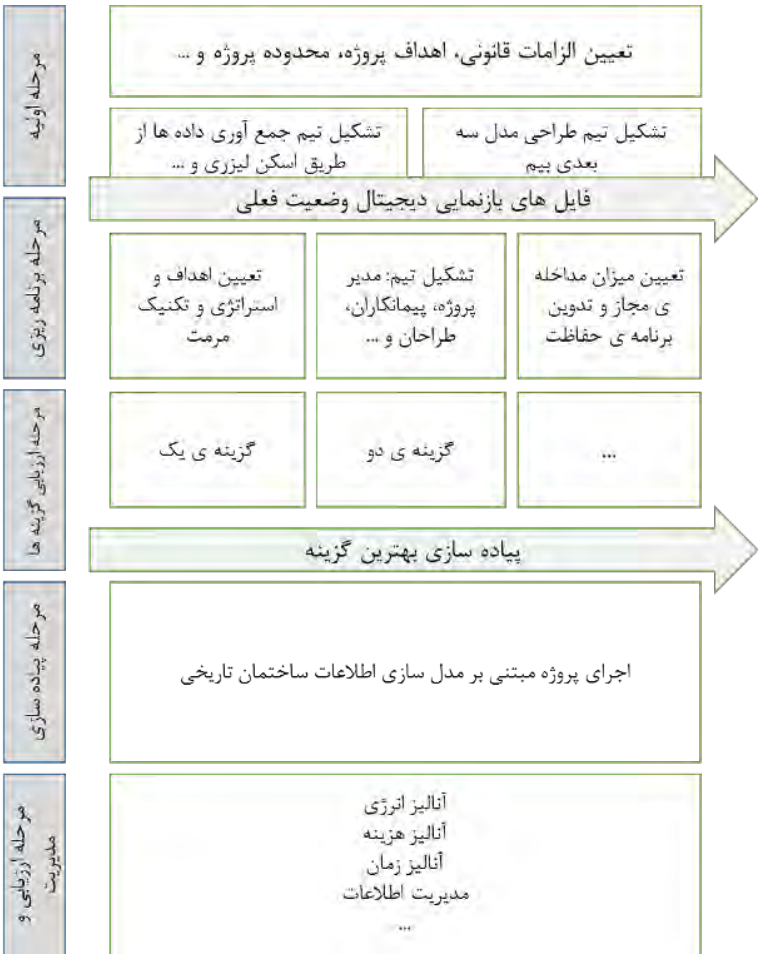
- گام چهارم: ایجاد پایگاه داده. در این گام جهت ذخیره اطلاعات مختلف مربوط به هر جز و بر پایه مدل سه‌بعدی پارامتریک ایجادشده در مرحله قبل، یک پایگاه داده فراهم می‌شود. رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی این امکان را ایجاد می‌کند تا نرم‌افزارهای مختلف به این پایگاه داده ارتباطی وصل شوند و اجزای مختلف ساختمان را مدیریت و تحلیل کنند. لازم به ذکر است که با ایجاد مدل مرکزی، مؤلفه‌های پارامتریک هوشمند، اجزای ساختمان را تشکیل می‌دهند و هرکدام از این مؤلفه‌ها حاوی اطلاعات دقیق و گسترده‌ای از آن جز هستند (Dore & Murphy, 2017; Oreni, 2013). شکل ۲ ارائه‌ای گرافیکی از تفاوت گام‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی است.



شکل ۲. تفاوت فرآیند در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی

منبع: Bregianni, 2013

در پژوهش خودیر و همکاران که به‌صورت متمرکز به فرآیند پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی پرداخته است، این فرآیند از دریچه‌ای دیگر بررسی شده و چارچوب شکل شماره ۳ به همین منظور پیشنهاد گردیده است (Khodeir *et al.*, 2016). مطابق این چارچوب، پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی در پنج مرحله محقق می‌گردد. پس از تعیین الزامات قانونی و اهداف پروژه و همچنین تشکیل تیم جمع‌آوری داده، باید با استفاده از یکی از تکنیک‌ها و ابزارهای موجود، داده‌ها جمع‌آوری گردند و وضعیت فعلی بنای تاریخی به صورت دیجیتال بازنمایی شود. در مرحله بعدی، با اشراف بر بنا و با تکیه بر اطلاعات به دست‌آمده، باید تکنیک مرمت، میزان مداخله در بنا و ... مشخص گردد و همچنین تیم طراحی پیمانکاری مرمت تشکیل شود. پس از بررسی گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه برای مرمت، اجرای پروژه آغاز می‌گردد. خودیر و همکاران معتقدند علاوه بر کاربردهای ذکر شده با پیاده‌سازی این مفهوم نوین و از طریق کاربرد نرم‌افزارهای تحلیل عملکرد، می‌توان رویکردی بهینه در ارزیابی و مدیریت پروژه‌های تاریخی ایجاد کرد.



شکل ۳. فرآیند پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی

منبع: Khodeir *et al.*, 2016

پیشینه تحقیق

در میان پژوهش‌های موجود در حوزه مدل سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی دو رویکرد کلی وجود دارد. در دسته اول که عموماً توسط پژوهشگران علوم کامپیوتر و سیستم‌های اطلاعاتی انجام شده است، به بررسی ابزارها و تکنولوژی‌هایی که مدل اطلاعاتی ساختمان تاریخی را ایجاد می‌کنند، پرداخته می‌شود (Brumana *et al.*, 2017; Gigliarelli *et al.*, 2017). در گروه دوم که با دید معماری /مدیریتی انجام شده است، عمدتاً چارچوب‌هایی برای پیاده‌سازی این مفهوم در حوزه میراث فرهنگی ارائه می‌گردد (Khodeir *et al.*, 2016). درگزارش انجمن آموزش مرمت در معماری (COTAC, 2016) و گزارش بنیاد تاریخی انگلستان درخصوص کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، چارچوب‌ها و دستورالعمل‌هایی اجرایی جهت پیاده‌سازی این مفهوم معرفی شده است (Historic England, 2017).

در پژوهش‌های موجود درخصوص امکان‌سنجی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، رویکرد برخی پژوهشگران ورای وجوه فنی و فرآیندی پیاده‌سازی این مفهوم بوده است. در این پژوهش‌ها ضمن قلمداد کردن مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان نوآوری مورد نیاز صنعت ساخت جهت بهبود ارتباطات (Poirier *et al.*, 2016)، یا یک راه‌حل تکنولوژیک نوآورانه (Succar, 2009)، با تکیه بر مدل‌ها و ساختارهای نظری حوزه پذیرش نوآوری، به شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار و چگونگی روابط این مؤلفه‌ها پرداخته شده است.

به‌طور کلی می‌توان گفت در بیشتر مدل‌ها و ساختارهای موجود در حوزه پذیرش نوآوری، تمرکز بر وجوه اجتماعی و روان‌شناختی تصمیم به اتخاذ نوآوری است و پایه اصلی آنها درک و استنباط کاربر از سودمندی و کاربرد آسان آن نوآوری است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از سه ساختار پرکاربرد در بررسی پذیرش نوآوری ذکر شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از سه ساختار پرکاربرد در حوزه بررسی پذیرش نوآوری

مدل/نظریه/چارچوب	پژوهشگر	مؤلفه‌ها	شرح
پذیرش تکنولوژی	Davis *et al*., 1989	درک سودمندی کاربرد آسان	این مدل یکی از پرکاربردترین مدل‌های پیش‌بینی رفتار فردی جهت پذیرش سیستم‌های اطلاعاتی است.
نشر نوآوری	Rogers, 1995	مزیت نسبی سازگاری پیچیدگی آزمون پذیری عینیت	در نظریه نشر نوآوری راجرز، نشر نوآوری به فرآیندی اطلاق می‌گردد که از طریق آن نوآوری از کانال‌های مشخص و طی زمان مشخص و میان اعضای یک سیستم اجتماعی تسری می‌یابد. راجرز برای نوآوری خصوصیاتی را در نظر گرفته است که بر پذیرش آن تأثیرگذار هستند.
تکنولوژی – سازمان– محیط	Tornatzky & Fleisher, 1990	عوامل تکنولوژیک عوامل مربوط به سازمان عوامل مربوط به محیط بیرونی	چارچوب تکنولوژی–سازمان–محیط یا TOE که توسط ترناتزکی و فلیشر ارائه شد، پذیرش تکنولوژی را در سطح سازمان بررسی می‌کند و مجموعه‌ای از عوامل تکنولوژیک، سازمانی و محیطی، مدل مفهومی آن را تشکیل می‌دهند.

کانن تنگ و همکاران با تکیه بر مدل پذیرش تکنولوژی دیویس، به بررسی عوامل تأثیرگذار بر پذیرش نرم‌افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که متغیرهای سهولت کاربرد درک شده، آمادگی برای استفاده و رضایت کلی، بیشترین تأثیر را بر اتخاذ این مفهوم دارند (Tong *et al*., 2015). احمد و همکاران در مقاله مروری خود، با تکیه بر چارچوب تکنولوژی–سازمان–محیط، مؤلفه‌های تأثیرگذار بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را در سه گروه اصلی ویژگی‌های این مفهوم نوآورانه، ویژگی‌های محیط درونی و ویژگی‌های محیط بیرونی، بررسی کرده‌اند و چارچوب اولیه را با توجه به بستر مورد مطالعه خود بسط داده‌اند (Ahmed *et al*., 2017).

مونکو و همکاران نیز با بسط چارچوب تکنولوژی–سازمان–محیط، عوامل اصلی تأثیرگذار بر اتخاذ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را در شش دسته: تکنولوژی (هزینه تکنولوژی، نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای موردنیاز و غیره)، سازمان (آموزش، حمایت مدیریت ارشد، تحصیلات کارکنان و غیره)، محیط (فروشندگان و تولیدکنندگان نرم‌افزاری)، جامعه (اعتماد، میزان وابستگی‌های متقابل)، قابلیت همکاری (قابلیت همکاری و پشتیبانی نرم‌افزارها، دسترسی به مدل و کاربری آن، شفافیت) و قانون (محرمانه و قانونی بودن، حق مالکیت مدل، حق تکثیر، مباحث مربوط به چارچوب قراردادهای جدید پس از پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) معرفی کرده‌اند (Monko *et al*., 2017).

سپاسگزار و برنولد به منظور امکان‌سنجی پیاده‌سازی تکنولوژی‌های جدید – بالاخص مدل‌سازی اطلاعات ساختمان – مدلی را تحت عنوان مدل پذیرش تکنولوژی در صنعت ساخت ارائه داده‌اند. این دو پژوهشگر عوامل تأثیرگذار بر اتخاذ تکنولوژی‌های نوین را به پنج دسته تقسیم کردند و بر پایه مراحل سه‌گانه اتخاذ تکنولوژی (ایجاد احساس نیاز، تصمیم به ایجاد تغییر و پیاده‌سازی و اتخاذ نوآوری تکنولوژیک)، به مدلی مفهومی دست یافتند (Sepasgozar & Bernold, 2012).

درمیان تحقیقات صورت گرفته در حوزه امکان‌سنجی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی به نظر می‌رسد تاکنون هیچ پژوهش داخلی و خارجی بر شناسایی عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی آن به‌عنوان یک نوآوری نپرداخته است و از این رو پژوهش حاضر از سایر پژوهش‌های این حوزه متمایز است.
لازم به ذکر است که در میان پژوهش‌هایی که به امکان‌سنجی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته‌اند، همانگونه که ذکر شد، نمونه‌هایی وجود دارند که با تکیه بر مدل‌ها و مؤلفه‌های چارچوب‌های پذیرش نوآوری، مدل‌های مفهومی ارائه کرده‌اند و عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی این نوآوری را دسته بندی نموده‌اند. نکته‌ای که طراحی پژوهش حاضر را از این دسته متمایز می‌کند این است که پیش از رجوع به مؤلفه‌های مدل‌های پذیرش نوآوری، مصاحبه‌هایی با بخشی از جامعه آماری صورت خواهد پذیرفت و بخشی از مؤلفه‌های مدل مفهومی از تحلیل مضمونی مصاحبه‌های مذکور استخراج خواهد شد.

روش‌شناسی

این پژوهش بر مبنای پارادایم پراگماتیسم یا مکتب اصالت عمل صورت پذیرفته است. پراگماتیست‌ها معتقدند که انتخاب تنها یکی از دو پارادایم اصلی اثبات‌گرایی و تفسیرگرایی، در عمل امری غیرواقعی است (Gledson, 2017). لذا در این نوع پارادایم داده‌ها را بر مبنای اثر و نتیجه آن گردآوری می‌کنند و پژوهش را یک روش‌شناسی آمیخته هدایت می‌کند (مبینی دهکردی، ۱۳۹۰). روش‌شناسی آمیخته یا تحقیق با روش‌های ترکیبی، تحقیقی است که رهیافت‌های کمّی و کیفی را در قالب روش‌شناسی یک مطالعه واحد و یا یک مطالعه چندمرحله‌ای باهم ترکیب می‌کند (محمدپور، ۱۳۸۹).
در پژوهش حاضر، در مرحله اول از سه ابزار مطالعه کتابخانه‌ای، مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با خبرگان و مشاهده، جهت جمع‌آوری داده‌ها استفاده شد و خروجی این مرحله موجب دستیابی به درکی جامع از چالش‌های پروژه‌های مرمتی شهر تهران و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی یک نوآوری مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی شد. در جدول ۲ متغیرهای شناختی مربوط به مصاحبه‌شوندگان این پژوهش آمده است.

جدول ۲. متغیرهای شناختی مربوط به مصاحبه‌شوندگان

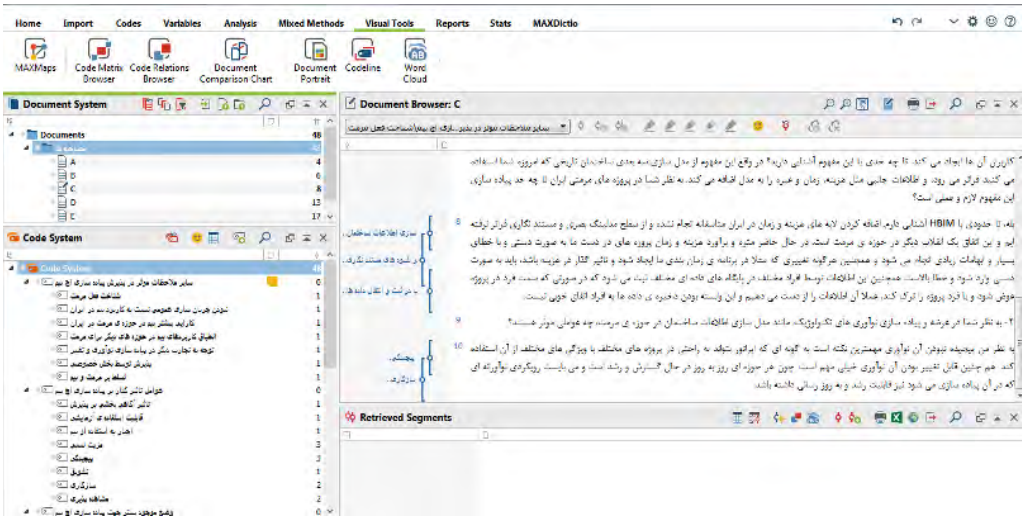
مصاحبه شونده	مدرک تحصیلی	رشته	توضیحات و نحوه ارتباط با موضوع پژوهش
الف	دکتری	مدیریت پروژه و ساخت	مدیریت کارگاه‌های مرمتی در شهر تهران
ب	دکتری	معماری	رئیس پژوهشگاه میراث فرهنگی شهر تهران
ج	دکتری	مرمت بناهای تاریخی	تجربه غنی در زمینه پروژه‌های مربوط به مرمت ابنیه و آثار
د	دکتری	مدیریت پروژه و ساخت	مدیریت کارگاه‌های مرمتی در شهر تهران
ه	کارشناسی ارشد	مرمت بناهای تاریخی	فعالیت در زمینه مرمت ساختمان‌های تاریخی

در مرحله دوم با توجه به خروجی مرحله قبل و با تکیه بر ساختار چارچوب تکنولوژی-سازمان-محیط و نظریه نشر نوآوری راجرز، مدلی مفهومی از روابط متغیرهای مؤثر بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی در پروژه‌های مرمتی شهر تهران ارائه شد. در مرحله سوم پرسش‌نامه‌ای جهت ارزیابی و برازش مدل مفهومی تدوین گردید و میان متخصصانی که بر هر دو حوزه مرمت ساختمان‌های تاریخی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تسلط داشتند، توزیع گردید. در مرحله آخر و پس از انجام

تحلیل‌های آماری و بررسی فرضیه‌های مربوط به مدل مفهومی توسط آزمون تی تک نمونه‌ای، متغیرهای نهایی شناسایی شده به‌وسیله آزمون فریدمن رتبه‌بندی شدند و هدف اصلی تحقیق محقق گردید.

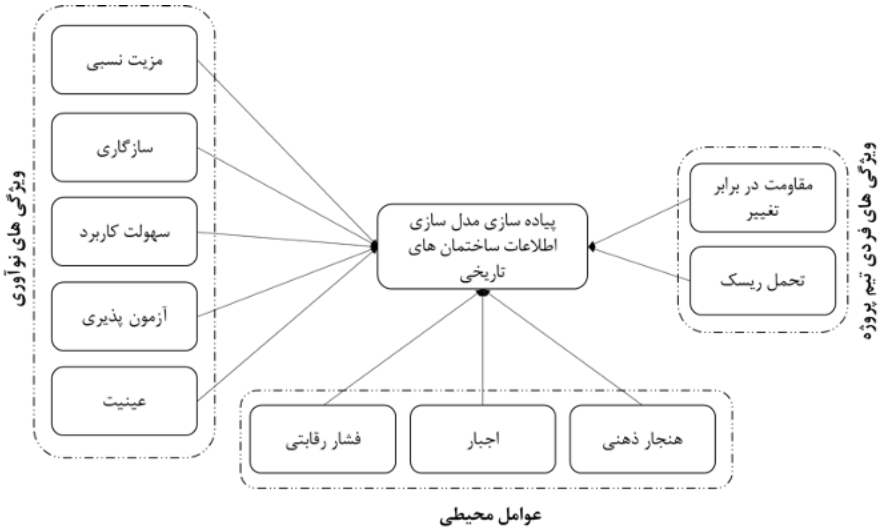
توسعه فرضیه‌ها و مدل مفهومی

جهت تدوین مدل مفهومی پژوهش و شناسایی مؤلفه‌های آن از سه منبع استفاده گردید: خروجی مصاحبه‌های انجام شده، مطالعه پژوهش‌های پیشین و تکیه بر ساختار ارائه شده در چارچوب تکنولوژی-سازمان-محیط و نظریه نشر نوآوری راجرز. شکل ۴ خروجی مرحله‌ای از پردازش کدهای استخراج شده از پنج مصاحبه نیمه‌ساختاریافته این پژوهش است که توسط نرم‌افزار مکس کیو دی‌ای انجام شده است.



شکل ۴. محیط نرم‌افزار مکس کیو دی‌ای در مرحله کدگذاری محوری مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته پژوهش

شکل ۵ مدل مفهومی اولیه را نشان می‌دهد که دارای سه فرضیه اصلی و ده فرضیه فرعی است. در جدول ۲ مشخص شده است که پژوهش‌های پیشین به کدام یک از مؤلفه‌های مدل مفهومی ارائه شده اشاره کرده‌اند. همچنین در جدول ۳ شرح مختصری از تعاریف هر یک از مؤلفه‌های مدل مفهومی ارائه شده است.



شکل ۵. مدل مفهومی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی در پروژه‌های مرمتی شهر تهران

جدول ۳ شامل مؤلفه‌های اصلی و فرعی این پژوهش است و در ستونی به نام مصاحبه، مشخص شده است کدام مؤلفه‌ها حاصل از داده‌های جمع آوری شده در بخش کیفی تحقیق هستند و در بخش توضیحات نیزمدل و یا چارچوب نظری‌ای که این مؤلفه از آن برگرفته شده است به اختصار ذکر گردیده است.

جدول ۳. مؤلفه‌های اصلی و فرعی مدل مفهومی

مؤلفه‌های اصلی	مؤلفه‌های فرعی	مصاحبه	توضیحات
تکنولوژیک Technological	مزیت نسبی	✓	–در مدل TOE، به تأثیر عوامل مربوط به تکنولوژی بر پذیرش پیاده‌سازی آن اشاره شده است. – طبق نظریه نشر نوآوری راجرز، پنج مؤلفه ویژگی‌های نوآوری بر پذیرش پیاده‌سازی آن تأثیرگذار است. – در مدل پذیرش تکنولوژی در صنعت ساخت نیز که توسط سپاسگزار ارائه‌شده، به تأثیر ویژگی‌های تکنولوژی اشاره شده است. Sepasgozar, (2018) – احمد و همکاران نیز در پژوهش خود به تأثیر ویژگی‌های BIM نسبت به تکنولوژی‌های پیشین، در پذیرش پیاده‌سازی آن اشاره کرده‌اند (Ahmed *et al.*, 2017).
	سازگاری	✓	
	پیچیدگی	✓	
	آزمون‌پذیری	✓	
	عینیت	✓	
فردی Personal	مقاومت در برابر تغییر		– تأثیر عوامل فردی در پیاده‌سازی BIM در پژوهش سوکار که یکی از منابع اصلی در حوزه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است نیز ذکر شده است (Succar, 2009). – در مدل پذیرش تکنولوژی در صنعت ساخت نیز که توسط سپاسگزار ارائه شده، به تأثیر عوامل فردی اشاره شده است (Sepasgozar, 2018). – در مدل TOE نیز، مؤلفه ویژگی‌های فردی پرسنل و اعضای سازمان، به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی نوآوری‌های تکنولوژیک عنوان‌شده است.
	تحمل ریسک		
محیطی Environmental	هنجار ذهنی	✓	– احمد و همکاران نیز در پژوهش خود به تأثیر عوامل محیطی و سه مؤلفه هنجار ذهنی، اجبار و فشار رقابتی، در پذیرش پیاده‌سازی BIM اشاره‌کرده‌اند (Ahmed *et al.*, 2017). –در مدل پذیرش تکنولوژی نوع دوم نیز، به تأثیر هنجارهای ذهنی، در پذیرش تکنولوژی اشاره شده است. – در مدل TOE نیز، به تأثیر عوامل محیطی همانند فشار رقابتی، اجبار و ... بر تصمیم به پیاده‌سازی تکنولوژی جدید در سازمان، اشاره شده است.
	اجبار	✓	
	فشار رقابتی		

جدول ۴. تعاریف مؤلفه‌های مدل مفهومی

مؤلفه‌ها	تعریف
۱. مزیت نسبی	ارزش‌های قانع‌کننده /سودمندی درک شده توسط کاربر
۲. سازگاری	میزانی که نوآوری با ارزش‌ها و فرآیندهای سازمان سازگار است / تدریجی بودن تغییرات موردنیاز برای پیاده‌سازی نوآوری
۳ پیچیدگی	کاربرد آسان درک شده توسط کاربر
۴. آزمون‌پذیری	قابلیت استفاده آزمایشی
۵. مشاهده‌پذیری	ملموس و قابل‌مشاهده بودن اثرات پیاده‌سازی نوآوری
۶. مقاومت در برابر تغییر	مقاومت /پذیرش تیم پروژه در برابر تغییر فرآیندهای فعلی و پیاده‌سازی نوآوری در پروژه
۷.تحمل ریسک	میزان پذیرش ریسک‌های وابسته به پیاده‌سازی نوآوری تکنولوژیک توسط مدیر ارشد و تیم پروژه
۸. اجبار	اجبار نهادهای بالادست، دولت و .. مبنی بر استفاده از نوآوری تکنولوژیک مذکور
۹. هنجارهای ذهنی	نگرش سایرین نسبت به نوآوری و تأثیر آن بر نیت فردی تیم پروژه برای پذیرش آن نوآوری
۱۰. فشار رقابتی	تأثیر رقبا بر نگرش تیم پروژه به استفاده از نوآوری

یافته‌ها

در تحقیق حاضر جهت نیل به هدف اصلی و برازش مدل مفهومی طراحی شده، پرسش‌نامه‌ای تنظیم گردید و تمامی متغیرهای مورد مطالعه در آن گنجانده شد. پرسش‌نامه مذکور در بین نمونه آماری تحقیق منتشر شد. شاخص‌های توصیفی این متغیرها در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. شاخص‌های توصیفی متغیرها

مؤلفه‌های تأثیرگذار	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	نمرات	
				مینیمم	ماکسیمم
مزیت نسبی	۳۰	۴/۰۵	۰/۵۹	۳	۵
سازگاری	۳۰	۳/۴۲	۰/۸۱	۲	۵
پیچیدگی	۳۰	۴/۴۳	۰/۶۵	۳/۵	۵
آزمون‌پذیری	۳۰	۴/۰۶	۰/۴۱	۳/۵	۵
عینیت	۳۰	۳/۸۶	۰/۶۱	۲/۵۰	۵
فشار رقابتی	۳۰	۴/۱۰	۰/۶۸	۳	۵
اجبار	۳۰	۳/۶۰	۱/۱۰	۱/۵۰	۵
هنجار ذهنی	۳۰	۳/۲۸	۱/۰۳	۱/۶۷	۵
مقاومت در برابر تغییر	۳۰	۴/۲۰	۰/۷۵	۳	۵
تحمل ریسک	۳۰	۳/۹۰	۰/۸۹	۱/۵	۵
ویژگی‌های نوآوری	۳۰	۳/۹۶	۰/۲۴	۳/۳۳	۴/۲۵
عوامل محیطی	۳۰	۳/۶۶	۰/۷۳	۲/۱۷	۴/۶۱
ویژگی‌های فردی تیم پروژه	۳۰	۴/۰۵	۰/۷۳	۲/۲۵	۵

جهت بررسی مناسبت ابزار اندازه‌گیری (پرسش‌نامه) از تحلیل عاملی تأییدی (CFA)[1] با رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS)[2] به‌وسیله نرم‌افزار Smart PLS2 استفاده شده است که بر اساس تحلیل‌های صورت پذیرفته، تمامی معیارهای آلفای کرونباخ، معناداری بارهای عاملی بین سؤالات و متغیرهای مکنون، ضریب پایایی ترکیبی، AVE، روایی واگرا و همگرا و کیفیت مدل اندازه‌گیری، مناسب بودن پرسش‌نامه را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر پرسش‌نامه مورداستفاده در این پژوهش همان چیزی را می‌سنجد که مدنظر پژوهشگر است.

به منظور بررسی نوع توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنف[3] استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است، سطح معناداری آزمون برای متغیرهای ویژگی‌های نوآوری، عوامل محیطی و ویژگی‌های فردی تیم پروژه، همگی بیشتر از سطح خطای ۰/۰۵ به‌دست آمده است. لذا فرض صفر آزمون کلموگروف- اسمیرنف مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌ها با احتمال ۹۵ درصد تأیید می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که متغیرها از توزیع آماری نرمال پیروی کرده و جهت بررسی سؤالات و فرضیات تحقیق می‌توان از آزمون پارامتریک تی تک نمونه‌ای مستقل استفاده نمود.

جدول ۶. نتایج بررسی نوع توزیع داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنف

متغیرهای موردمطالعه	کلموگروف اسمیرنف		نتیجه
	آماره	سطح معناداری	
ویژگی‌های نوآوری	۰/۱۳۷	۰/۲۰	نرمال
عوامل محیطی	۰/۱۸۲	۰/۱۹۳	نرمال
ویژگی‌های فردی تیم پروژه	۰/۲۰۷	۰/۰۸۴	نرمال

پس از بررسی مناسبت ابزار اندازه‌گیری با تکنیک تحلیل عاملی تأییدی و بررسی نرمال بودن داده‌ها، به بررسی فرضیات مطرح شده پرداخته شد. نتایج تحلیل ۳۰ پرسش‌نامه موجود حاکی از آن است که هر سه فرضیه اصلی مبنی بر تأثیر معنادار ویژگی‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی، عوامل محیطی و ویژگی‌های فردی تیم پروژه بر پیاده‌سازی این مفهوم مورد تأیید واقع شده است و این مؤلفه‌ها با درجات اهمیت متفاوتی بر آن تأثیر می‌گذارند.

جدول ۷. نتایج نهایی رتبه‌بندی مؤلفه‌های اصلی مدل مفهومی

عوامل	رتبه عوامل	میانگین رتبه‌ای
ویژگی‌های نوآوری	۲	۱.۹۷
عوامل محیطی	۳	۱.۶۰
ویژگی‌های فردی تیم پروژه	۱	۲.۴۳

همچنین از میان ده فرضیه مربوط به متغیرهای فرعی، دو فرضیه هفتم و هشتم، مبنی بر تأثیر اجبار و هنجارهای ذهنی بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی رد شدند و بقیه مورد تأیید واقع

نامه معماری و شهرسازی
سال دوازدهم • شماره ۲۵ • زمستان ۱۳۹۸

گردیدند. همان‌طور که در جدول ۸ آمده است، بر اساس نتایج آزمون اولویت‌بندی فریدمن این هشت متغیر با درجات اهمیت متفاوتی بر پیاده‌سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی تأثیرگذار هستند.

جدول ۸. نتایج نهایی رتبه‌بندی مؤلفه‌های فرعی مدل مفهومی

عوامل	رتبه عوامل	میانگین رتبه‌ای
پیچیدگی	۱	۵/۷۷
مقاومت در برابر تغییر	۲	۵/۳
فشار رقابتی	۳	۴/۷۳
مزیت نسبی	۴	۴/۷
آزمون‌پذیری	۵	۴/۶۷
عینیت	۶	۴/۱
تحمل ریسک	۷	۴/۱
سازگاری	۸	۲/۶۳

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای برطرف نمودن چالش‌های موجود در پروژه‌های مرمتی شهر تهران باشد. این نتیجه‌گیری با تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها و بررسی نظرات خبرگان این حوزه در مورد این نوآوری حاصل شد و پیش‌فرض اولیه پژوهشگر مبنی بر کاربردی بودن امکان‌سنجی اتخاذ این رویکرد نوین در پروژه‌های مرمتی شهر تهران تأییدگردید. لازم به ذکر است که این نتیجه همچنین با انجام مطالعه پایلوت در اولین نمایشگاه گردشگری و میراث فرهنگی ایران مال، تصدیق شد.

با توجه به اینکه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی در بستر مورد مطالعه این پژوهش به صورت گسترده اتخاذ نشده است و عده کمی از متخصصان با آن آشنایی دارند، این مفهوم در پروژه‌های مرمتی شهر تهران به‌عنوان یک نوآوری تلقی شده است. پیاده‌سازی یک نوآوری تکنولوژیک مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تحولی بزرگ است و پذیرش آن توسط ذی‌نفعان فرآیندی چندمرحله‌ای است. راجرز معتقد است این پذیرش در پنج مرحله تحقق می‌یابد. در مرحله اول مخاطبان و ذی‌نفعان نسبت به ماهیت و کاربردهای نوآوری مذکور آگاهی پیدا می‌کنند، سپس به اتخاذ آن ترغیب می‌شوند، تصمیم می‌گیرند و در مرحله بعدی آن را در پروژه یا سازمان خود پیاده‌سازی می‌کنند. لازم به ذکر است که پس از پیاده‌سازی هر نوآوری و مشاهده نتایج، افراد تصمیم نهایی خود را مبنی بر تأیید و یا رد استفاده از آن خواهند گرفت (Rogers, 1995).

با توجه به مصاحبه‌های انجام شده در این پژوهش، به نظر می‌رسد ذی نفعان بستر مورد مطالعه در مرحله یک و دو پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی باشند. راجرز و بسیاری از پژوهشگران دیگر معتقدند برای گذر از این دو مرحله و پیاده‌سازی نوآوری، عوامل مختلفی وجود دارند که این فرآیند را تسریع می‌نمایند. در مقابل این متغیرها و عوامل، موانعی وجود دارند که مانع پذیرش و پیاده‌سازی نوآوری خواهند شد.

در این پژوهش پس از انجام مصاحبه‌ها، مطالعه ادبیات موضوع و بررسی رویکرد مقالات و تحقیقات

دیگر در شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مدلی مفهومی با تکیه بر ساختار کلی چارچوب تکنولوژی-سازمان-محیط و نظریه نشر نوآوری راجرز تدوین شد. جهت بررسی فرضیه‌های این مدل مفهومی و رتبه‌بندی متغیرهای معرفی شده در آن، تعداد ۳۰ پرسش‌نامه در میان خبرگان و متخصصین پروژه‌های مرمتی – با گزینش افرادی که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آشنایی داشته باشند و در مرمت متخصص باشند – توزیع گردید.

نتایج تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها نشان می‌دهد که هر سه فرضیه اصلی مدل مبنی بر تأثیرگذاری ویژگی‌های نوآوری، عوامل محیطی و ویژگی‌های فردی تیم پروژه بر پیاده‌سازی این مفهوم، تأیید می‌گردد. همچنین تأثیر سه مؤلفه اصلی بر پذیرش پیاده‌سازی متفاوت است و ویژگی‌های فردی تیم پروژه بیشترین تأثیر و عوامل محیطی کمترین تأثیر را دارند.

در بررسی فرضیات فرعی مدل مفهومی ارائه شده، دو فرضیه هفتم و هشتم، مبنی بر تأثیر اجبار و هنجارهای ذهنی بر پیاده‌سازی این مفهوم رد شدند و باقی فرضیات مورد تأیید واقع گردیدند. لازم به ذکر است که یکی از مصاحبه‌شوندگان نیز به عدم تأثیر اجبار بر پذیرش پیاده‌سازی اشاره کرده بود.

طبق نتایج رتبه‌بندی متغیرهای فرعی، پیچیدگی که از متغیرهای مربوط به فرضیه اصلی اول است در رتبه اول قرار دارد، لذا می‌توان اینگونه استنباط کرد که کاربرد آسان، تغییرات تدریجی در فرآیندهای فعلی و یا به عبارتی پیچیده نبودن پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، از نظر جامعه نمونه این پژوهش بیشترین تأثیر را بر پذیرش پیاده‌سازی آن خواهد داشت.

متغیر بعدی که از گروه متغیرهای ویژگی‌های فردی تیم پروژه است، مقاومت افراد در برابر تغییر است. تأثیر این متغیر در پژوهش‌های افرادی مانند احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2017) نیز ذکر شده بود، همچنین گزارش‌های شرکت‌های ارائه‌دهنده نرم‌افزار نیز بر تأثیر بسزای مقاومت افراد در برابر تغییر وضع موجود تأکید کرده‌اند. لازم به ذکر است که این متغیر در پژوهش بیکر و همکاران نیز به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر پذیرش نوآوری توسط سازمان‌ها معرفی شده بود (Backer *et al.*, 1989).

فشار رقابتی متغیری است که از عوامل محیطی تأثیرگذار بر پیاده‌سازی این مفهوم بوده و در رتبه سوم قرار گرفته است. تأثیر رقبا بر نگرش افراد در پذیرش نوآوری در پژوهش‌های افرادی چون آلیسون و آرایاچی (Arayici, 2008; Allison, 2010) به‌عنوان یکی از محرک‌های پذیرش ذکر شده بود و این دو پژوهشگر نیز معتقدند امروزه تسلط بر این مفهوم و ابزارهای وابسته به آن نوعی مزیت رقابتی به شمار می‌آید.

مزیت نسبی از گروه متغیرهای ویژگی‌های نوآوری در جایگاه چهارم این رتبه‌بندی قرار گرفته است. راجرز مزیت نسبی را در قالب ارزشهای قانع‌کننده نوآوری برای کاربر تعریف می‌کند (Rogers, 1995). همچنین دیویس در مدل پذیرش تکنولوژی خود مزیت نسبی را تحت عنوان سودمندی درک شده به کار می‌برد و معتقد است این متغیر و متغیر سهولت کاربرد-پیچیده نبودن، دو عامل اصلی تأثیرگذار بر پذیرش هر نوآوری تکنولوژیک هستند (Davis *et al.*, 1989).

متغیر بعدی تأیید شده در این رتبه‌بندی آزمون‌پذیری است که در جایگاه پنجم قرار گرفته است. این متغیر یکی از مؤلفه‌های نظریه نشر نوآوری راجرز بوده است و تحت عنوان قابلیت استفاده آزمایشی معرفی شده است.

عینیت و یا ملموس بودن و مشاهده‌پذیر بودن منافع حاصل از پیاده‌سازی در جایگاه ششم این رتبه‌بندی قرار گرفته است و یکی از متغیرهای مربوط به ویژگی‌های نوآوری است. به این عامل توسط مصاحبه‌شوندگان نیز اشاره شد و آنها معتقد بودند اگر به طریقی به منافع عینی اتخاذ این رویکرد نوین

آگاهی پیدا کنند، روند پذیرش آن تسریع خواهد یافت. همچنین یکی از مصاحبه‌شوندگان در این زمینه تأکید کرد که معضل اصلی فقدان نمونه موردی موفق در این حوزه است.
تحمل ریسک‌های ناشی از پیاده‌سازی و ایجاد این تحول بزرگ در سازمان/پروژه، در جایگاه هفتم این رتبه‌بندی قرار دارد. این متغیر که مربوط به ویژگی‌های فردی تیم پروژه است، یکی از مؤلفه‌های معرفی‌شده در چارچوب تکنولوژی-سازمان-محیط است و توسط سپاسگزار و برنولد نیز به‌عنوان یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان معرفی شده است (Sepasgozar & Bernold, 2012).
آخرین و کم‌اهمیت‌ترین متغیر در این رتبه‌بندی مربوط به سازگاری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی با فرآیندهای فعلی و ارزش‌های متداول پروژه است. این متغیر یکی از مؤلفه‌های نظریه نشر نوآوری راجرز است و در پژوهش‌های افراد بسیاری به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر پذیرش نوآوری معرفی شده است. دنیل گلاو در پژوهش خود در مورد امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم پرمیس در حوزه میراث فرهنگی دیجیتال نیز نتیجه‌ای مشابه پژوهش حاضر گرفته است و عامل سازگاری را کم‌اهمیت‌ترین عامل می‌داند (Gelaw, 2009).

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور امکان‌سنجی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی در پروژه‌های مرمتی شهر تهران صورت پذیرفت و در پی یافتن عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی این نوآوری تکنولوژیک بود. اتخاذ رویکردی آمیخته در این پژوهش موجب شد تا علاوه بر بهره‌گیری از ابزارهای کیفی – مصاحبه – در جمع‌آوری داده، مدل مفهومی و نتیجه پژوهش توسط ابزارهای کمّی – پرسش‌نامه – مورد بررسی قرار گیرد.
بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش به‌طور خلاصه می‌توان گفت قابلیت‌ها و کاربردهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی می‌تواند پاسخی برای حل چالش‌های پروژه‌های مرمتی شهر تهران باشد و با ایجاد یک بستر یکپارچه و پایگاه داده مرکزی، می‌توان تبادل اطلاعات، تعاملات، مستندنگاری و به‌طور کلی دانش عمومی نسبت به وضع بنای تاریخی را افزایش داد.
همچنین جهت ارتقای سطح بلوغ پیاده‌سازی این مفهوم در تهران و گسترش اتخاذ این نوآوری تکنولوژیک، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- آموزش گسترده درخصوص کاربردها و قابلیت‌های این نوآوری در بهبود عملکرد پروژه به مجریان و متخصصین حوزه میراث فرهنگی و عینی‌سازی منافع عمومی این رویکرد
- اقدام در جهت تدوین استانداردهای پیاده‌سازی (مانند نمونه مشابه ارائه شده توسط بنیاد تاریخی انگلستان) و شفاف‌سازی فرآیند پیاده‌سازی
- ایجاد محیط رقابتی توسط سازمان میراث فرهنگی – به‌عنوان یکی از کارفرمایان اصلی این پروژه‌ها – و تشویق مجریانی که در زمینه پیاده‌سازی این مفهوم فعالیت می‌کنند
- تعامل و مشارکت پژوهشگران حوزه مرمت و مدیریت پروژه جهت بومی‌سازی وجوه فنی و مدیریتی پیاده‌سازی این مفهوم

لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر جامعه آماری آن دسته از متخصصان و مجریان حوزه پروژه‌های مرمتی شهر تهران بودند که با مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آشنایی قبلی داشتند. این محدودیت

موجب کاهش حجم نمونه شد که همین موضوع تعمیم‌پذیری نتایج را نیز محدود می‌نماید. همچنین در این پژوهش امکان‌سنجی پیاده‌سازی این مفهوم تنها در سطح فردی صورت پذیرفته است و عوامل شناسایی شده نهایی، متغیرهایی هستند که بر پذیرش پیاده‌سازی این نوآوری توسط افراد مؤثر هستند. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی در این حوزه، این دسته از محدودیت‌ها حذف یا کم‌اثر گردند.

پی‌نوشت‌ها

1. Confirmatory Factor Analysis
2. Partial Least Squares
3. Kolmogorov – Smirnov

فهرست منابع

- مبینی دهکردی، علی (۱۳۹۰). معرفی طرح‌ها و مدل‌ها در روش تحقیق آمیخته، *فصلنامه راهبرد*، ۶۰، ۲۱۷-۲۳۴.
- محمدپور، احمد (۱۳۸۹). طرح‌های تحقیق با روش‌های ترکیبی: اصول پارادایمی و روش‌های فنی. *مطالعات اجتماعی ایران*، ۴ (۲)، ۸۱-۱۰۷.

- Ahmed, A. L., Kawalek, J. P., Kassem, M. (2017). A Comprehensive Identification and Categorization of Drivers, Factors, and Determinants for BIM Adoption: A Systematic Literature Review. *Computing in Civil Engineering,* 220– 227.
- Allison, H. (2010). *10 Reasons Why Project Managers Should Champion 5D BIM software.* VICO Software. [Online] Available at: http://www.vicosoftware.com/vico-blogs/guestblogger/tabid/88454/bid/27701/10-Reasons-Why-Project-Managers-Should-Champion-5D-BIMSoftware.aspx.
- Arayici, Y. (2008). Towards Building Information Modelling for Existing Structures. *Structural Survey,* 26(3), 210–222.
- Backer T. E., Liberman R. P., Kuehnel T. G. (1986). Dissemination and Adoption of Innovative Psychosocial Interventions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology,* 54(1), 111–118.
- Biagini, C., Pietro, C., Donato, V., & Facchini, N. (2016). Towards the BIM implementation for historical building restoration sites. *Automation in Construction,* 71, 74–86.
- Bregianni, A. (2013). *BIM Development for Cultural Heritage Management.* National Technical University of Athens.
- Brumana, R., Torre, S., Oreni, D., Previtali, M., Cantini, L., Barazzetti, L., Franchi, A., & Banfi, F. (2017). HBIM Challenge among the Paradigm of Complexity, Tools and Preservation: The Basilica Di Collemaggio 8 Years after Earthaquake, *the International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science.* Volume XLII-2/W5, 97-104.
- Bruno S., & Fatigus F. (2017). Building Conditions Assessment of Built Heritage in Historic Building Information Modeling. *International Journal of sustainable development planning,* 13 (1), 36–48.
- Brusaporci, S., Maiezza, P., & Tata, A. (2018). A Framework for Architectural Heritage HBIM Semantization and Development. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2, 179-184.

- COTAC (2016). *COTAC BIM4C Integrating Report Part 1: Ingval Maxwell.*
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science,* 35 (8), 982–1003.
- Denis, F. (2015). *The Guide to BIM. ADEB–VBA, Brussel.*
- *Dore, C., & Murp*hy, M. (2017). Current State of the Art Historic Building Information Modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XLII–2/W5, 185–192.
- Doumbouya, L., Gao, G., & Guan, C. (2016). Adoption of the Building Information Modeling (BIM) For Construction Project Effectiveness: The Review of BIM Benefits. *American Journal of Civil Engineering and Architecture,* 4(3), 74–79.
- Eynon, J. (2016). *Constructions Managers BIM Handbook*. UK: Willey Blackwell.
- Fund, Global Heritage. (2010). *Saving Our Vanishing Heritage*. USA.
- García–Valldecabres, J., Pellicer Armiñana, E., & Jordán Palomar, I., (2016). BIM scientific literature review for existing buildings and theoretical method: proposal for heritage data management using HBIM. Construction Research Congress, 31 May. 1–2 Jun. San Juan de Puerto Rico, ASCE Library, 2228–2238.
- Gelaw A. (2010). Exploration of adoption of preservation metadata in cultural heritage institutions: Case of PREMIS. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology,* 47, 1–8.
- Gigliarelli, E., Calcerano, F., & Cessari, L. (2017). Heritage BIM, Numerical Simulation and Decision Support Systems: An Integrated Approach for Historical Buildings Retrofit. *Energy Procedia,* 133, 135–144.
- Giudice, M. D., & Osello, A. (2013). *BIM for Cultural Heritage. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XL (September), 225–229.
- Gledson, B. (2017). *Innovation Diffusion within the UK Construction Sector: A Study of the Adoption of 4D BIM.* Doctoral Thesis, North Umbria University.
- Historic England (2017). BIM for Heritage: *Developing a Historic Building Information Model.* Swindon. Historic England, UK.
- Khodeir, L. M., DaliaAly, B., & ShaimaaTarek, C., (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences,* 34, 258–270.
- López, F., Lerones, P., Llams, J., Bermejo, J., & Zalama, E., (2018). A Review of Heritage Building Information Modeling (H–BIM). *Multimodal Technologies and Interaction,* 2(2), 21.
- Monko, R. J., Berryman, C., & Friedland, C. (2017). Investigation of Factors and Sub–Factors Influencing Inter Organizational Building Information Modeling Adoption. *International Journal of Construction Engineering and Management,* 6(4), 160–167
- Murphy, M., Mcgovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic Building Information Modelling (HBIM). *Struct. Surv,* 27, 311–327.
- NBIM US Committee, (2007). National Building Information Strandard Version 1– Part 1: Overview, Principles and Methodologies. Washington DC: National Institute of Building Siences.
- Oreni, D. (2013). *From 3D Content Models to HBIM for Conservation and Management of Built*

Heritage. International Conference on Computational Science and Its Applications. Ho Chi Minh City, Vietnam.

- Perovic, M. (2015). *Overcoming the Challanges of Bulding Heritage Projects: Improvments to Time, Scope and Cost Performance*. Queensland University of Technology.
- Poirier, E., Forgues, D., & Staub-French, S. (2016). Collaboration through Innovation: Implications for Expertise in the AEC Sector. *Construction Management and Economics,* 34(11), 1-21.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations.* New York: Free Press.
- Roy, D., & Kalidindi, S. N. (2017). Critical Challenges in Management of Heritage Conservation Projects in India. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development,* 7(3), 18-21.
- Saygi. G., & Remondino. F. (2013). Management of architectural heritage information in BIM and GIS: state of the art and future perspectives. *International journal of Heritage in the digital era,* 2(4), 695-713.
- Sepasgozar, S. M. E., & Bernold, L. E. (2012). *Factors Influencing the Decision of Technology Adoption in Construction.* International Conference on Sustainable Design, Engineering, and Construction, Texas, United States.
- Succar, B. (2009). Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. *Automation in Construction,* 18 (3), 357–375.
- Tong, C., Wong, A., & Lee, W. (2015). Barriers to Software Adoption: a study of building information modelling (BIM) technology in the Hong Kong construction industry. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research*, 2(4), 19-31.
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The processes of technological innovation.* Lexington, MA: Lexington Books, USA.