



نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۸

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۶

صفحات: ۱-۲۲

doi 10.52547/mmi.134.14020716

HBIM؛ فناوری نوین در مستندسازی میراث معماری بررسی

موردی؛ مسجد حیاط دوم رباط شرف*

علی آدینه** غلامرضا کیانی ده کیانی*** عباس مالیان****

چکیده

مستندسازی یک اثر معماری ارائه‌دهنده اطلاعاتی است که به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری به منظور حفاظت اثر است. مسئله اصلی، ارائه و ذخیره‌سازی اسناد برای فهم و درک شرایط موجود و روند تکامل کالبد آن است. به همین دلیل مستندسازی، ثبت و نگهداری اسناد، در نحوه حفاظت از اثر نقش تأثیرگذاری دارد. در شیوه‌های سنتی برداشت و تولید اسناد، زمان زیادی صرف می‌شد. همچنین، بایگانی مناسبی برای نگهداری و شناسایی اسناد وجود نداشت. ورود فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت BIM در صنعت ساختمان، انقلابی ایجاد کرد و امکان ساخت یک مدل دقیق مجازی از یک ساختمان را با هدف نگهداری اطلاعات ساخت در تمام طول حیات و زیست آن، فراهم نمود. بهره‌گیری از این فناوری در مستندسازی بناهای تاریخی با عنوان اختصاری HBIM معرفی شده است. امروزه سؤال این است که تا چه حد می‌توان با استفاده از فناوری HBIM، اطلاعات حاصل از مستندسازی بناهای تاریخی را مدل‌سازی، نگهداری و به‌روزرسانی کرد؟

مطالعات نشان می‌دهند فناوری HBIM، ارائه‌دهنده الگوی نوینی برای مدل‌سازی میراث معماری است که به منظور پیمایش و جمع‌آوری داده، از روبشگر لیزری زمینی و فتوگرامتری بهره می‌برد. این شیوه نوین با هدف ساخت مدل‌های هوشمند و پیوست اسناد با قابلیت به‌روزرسانی، معرفی شده است. به همین منظور فرایند مدل‌سازی از برداشت تا پیوست اطلاعات به اجزای میراث معماری که بر روی مسجد حیاط دوم رباط شرف پیاده‌سازی گردیده، تشریح شده است تا کارآمدی شیوه را به منظور تهیه مدل سه‌بعدی مجازی و دقیق از میراث معماری، نشان دهد؛ همچنین، با پیوست اسناد مطالعاتی مربوط به هر جزء، غنای مستندنگاری انجام‌شده را افزایش دهد و محیطی برای امکان‌سنجی و ساخت مدل‌های مجازی، پیش از اجرا فراهم نماید.

کلید واژگان: HBIM، مستندسازی، میراث معماری، حفاظت بناهای تاریخی، رباط شرف.

* این مقاله، برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان "تبیین اثر فناوری HBIM بر تفکر استراتژیک پیش از مداخله در ابنیه تاریخی" است که در رشته مرمت ابنیه و بافت‌های تاریخی دانشگاه هنر اصفهان به راهنمایی دکتر غلامرضا کیانی ده کیانی و دکتر عباس مالیان انجام شده است.

** دانشجوی دکتری مرمت ابنیه و بافت‌های تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، ایران.

*** استادیار، گروه مرمت ابنیه و بافت‌های تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، ایران (نویسنده مسئول).

gh.kiani@aui.ac.ir

**** استادیار، گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

مقدمه

جوامع به دنبال حفظ میراث طبیعی و فرهنگی خود هستند زیرا منابع تاریخی تنها پیوند فیزیکی آن‌ها با گذشته است. آثار تاریخی همواره در معرض فرسایش و تغییر شکل قرار دارند و چرخه زیست متوالی از آسیب دیدگی و مرمت را طی می کنند. منابع مرتبط با میراث ممکن است فیزیکی یا غیر فیزیکی باشند. (Allen et al., 2003:32-33; Respalidize et al., 2012: 25-26) به همین دلیل، حفاظت چنین آثاری، گاهی می تواند مفهومی پیچیده با دامنه وسیعی از اطلاعات باشد. مستندسازی آثار تاریخی، اولین گام در راستای حفاظت از آن هاست، اما به دلیل پیچیدگی فرایند مستندسازی این آثار با استفاده از روش های سنتی، زمان بر و دشوار است. امروزه می توان برای رفع این مسئله، از فناوری های مرتبط با این حوزه، یاری جست. (Arayici & Hamilton, 2005: 512-509).

در سال های اخیر، فناوری مدل سازی اطلاعات ساخت BIM و مدل سازی اطلاعات بناهای تاریخی یا میراثی که HBIM^۱ خوانده می شود، به دلیل کارآمدی و هم سو بودن با اهداف مدیریتی حفاظت، برای مستندسازی و مدیریت حفاظت بناهای تاریخی معرفی شده و بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. مهم ترین موضوع مطرح در این روش، مدل سازی با سطوح مختلف از جزئیات^۲ مورد نیاز است که مستندسازی را با استفاده از قابلیت پیوست کردن اطلاعات محتوایی به مدل ساخته شده، غنا می بخشد.

اولین اسنادی که از بناهای تاریخی تهیه می شود، پرونده های ثبت هستند. ولی با وجود مشخصه هایی که در طول سال ها برای تکمیل شدن این پرونده ها^۳ به آن ها افزوده شده، باز هم جزئیاتی که از ابنیه ارائه می دهند، محدود است (اندرودی، ۱۳۹۲: ۸۰-۸۹).

به علاوه، پرونده هایی که سال ها از تهیه آن ها می گذرد، گاهی در همان سطح از اطلاعات باقی مانده اند. با گذر زمان و تغییر و تحولاتی که طی سال ها ممکن است در اثر ایجاد شده باشد، یا مستندی به آن ها افزوده نشده یا اطلاعات به صورت مجزا ثبت شده اند. این مسئله همراه با بی توجهی به داشتن یک بایگانی مناسب از اسناد یک اثر تاریخی، همواره با خطر مفقودی، تهدید می شود. بنابراین این سؤال ها مطرح می شود:

- آیا روشی برای تهیه و تولید اسناد که نگهداری آن ها در یک پایگاه داده یکپارچه ممکن باشد، وجود دارد؟
- آیا می توان اسناد و اطلاعاتی را که با گذر زمان و حتی با انجام اقدامات اجرایی پس از ثبت اثر تهیه می شوند، به این پایگاه افزود؟

اطلاعات جمع آوری شده به منظور مستندسازی بناهای تاریخی را می توان در سه گروه: داده های متنی (اطلاعات بایگانی، اسناد مکتوب)، داده های تصویری (عکس ها، نقشه ها، اسناد اسکن شده) و داده های بُرداری (نقشه های اندازه گیری شده دوبعدی، بخش های مختلف و جزئیات ساختمان)، شناسایی کرد. اما اطلاعات و مستندات میراث معماری، معمولاً مرتبط با اجزای آن است که همان دیوارها، ستون ها، دهانه ها، کف، سقف و .. است. این عناصر، ممکن است در بردارنده محتوایی مانند متون توصیفی، عکس ها و متن هایی مرتبط با ویژگی های معماری و فضایی، نقاشی ها، تغییرات در طول دوره های مختلف تاریخی، ساختار و مصالح به کار رفته، زمان ساخت و حتی گزارش مداخله هایی طی دوره ساخت یا سال های بعد باشند. با ورود فناوری های جدید در صنعت ساختمان از جمله مدل سازی اطلاعات ساخت (BIM) و امکان پذیر بودن ایجاد پایگاه داده در این محیط، به استفاده از این فناوری در بناهای تاریخی نیز توجه شده است. به همین دلیل، قابلیت یکپارچه سازی و انعطاف در به روزرسانی اطلاعات با کمک فناوری HBIM که در قالب یک مدل سه بعدی همراه با شناسه ها و توضیحات مرتبط با ویژگی های هر جزء قابل ارائه است، می تواند روالی آرمانی برای تهیه اسناد ثبتی اثر با شیوه ای نوین باشد. همچنین، به نیاز مطالعاتی در راستای ثبت اسناد، پاسخ دهد.

نمونه مورد مطالعه، اثر تاریخی رباط شرف، منتسب به دوره سلجوقی، با مصالح آجر و گچ در ساختار و تزئینات آن است.^۴ از زمان شناسایی و مستندسازی آن توسط "آندره گدار" در سال ۱۳۲۰ تا شروع اقدامات اجرایی در سال ۱۳۴۸ و سپس حفاظت اثر تا امروز، اقدامات متعددی بر روی آن صورت گرفته و پیرو آن، اسناد متنوعی در چرخه زیست آن تهیه شده است. از آثار مختلفی هم دوره و مشابه^۵ این اثر ارزشمند در کتاب "آثار ایران" نام برده شده است که نشان می دهد گستره وسیعی را شامل می شود (گدار و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۴۰-۱۷۶).

۱۷۶-۲۴۰). وضعیت فعلی بنا به گونه ای است که تداوم اقدامات اجرایی حفاظت را طی بیشتر از پنجاه سال نشان می دهد. در پژوهش حاضر، مسجد حیاط دوم رباط شرف به عنوان بررسی موردی انتخاب شده است. وضعیت پیش از مرمت آن، نشان می دهد این بنا تخریب های زیادی داشته که برخی قسمت های آن مرمت و بازسازی شده است. برخی قسمت ها هم به دلیل نبود شواهد کافی به شکل کنونی تثبیت شده اند و مدل سازی آن ها با هدف ساخت بایگانی از مستندات مربوط به تجارب گذشته، انجام خواهد شد.

BIM در واقع در دهه ۱۹۷۰، تحت عنوان مدل سازی محصول ساختمانی وارد صنعت ساختمان شد (Eastman, 1975). از سال ۱۹۹۵، زمانی که اتحادیه بین المللی برای تعامل، شروع به توسعه یک قالب استاندارد برای تبادل بین نرم افزاری در بخش های مهندسی کرد، مسئله و ضرورت BIM به یک موضوع گسترده تر در صنعت تبدیل شد (Kiviniemi, 2011:125).

مدل اطلاعات ساختمان BIM توسط استانداردهای بین المللی (ISO 29481-1: 2010)، به عنوان "نمایش رقمی مشترک از ویژگی های فیزیکی و عملکردی هر شیء ساخته شده که مبنایی قابل اعتماد برای تصمیم گیری است"، تعریف شده است (Volk et al., 2014:111). طی چند سال گذشته استفاده از BIM در حوزه تاریخی به عنوان یک روش جدید برای کارهای بازسازی و باززنده سازی معرفی شده است. عناوینی چون Heritage BIM (HBIM) و Historic BIM (HBIM)، تاحدودی آن را دقیق تر توصیف می کند. تاکنون پژوهش های بسیاری برای معرفی این شیوه و شرح چگونگی توسعه آن منتشر شده است. از آن جمله، مقاله ای است که "مورفی و همکاران" (Murphy et al., 2007) در آن به مدل سازی بُرداری پارامتریک براساس روبش لیزری و بررسی مبتنی بر تصویر و همچنین، مطالعه معماری کلاسیک قرن هفدهم در دوبلین پرداخته است. آن ها توضیح می دهند بررسی لیزری فقط می تواند سطح جسم را ثبت کند و برای تشخیص جزئیات ساخت پشت سطح می توان از داده های تاریخی استفاده کرد. همچنین، هندسه شیء را یک ابرنقطه تعریف کرده اند و بیان می کنند، زمانی که ابرنقاط با داده های تصویر ترکیب می شوند، لبه ها و بافت مصالح در آن ها قابل شناسایی است. آن ها در مقاله دیگری (Murphy et al., 2009)، ترسیم جزئیات با استفاده از روبشگر لیزری را برای شناسایی روش جدید به منظور ایجاد نقشه های کامل مهندسی (سه بعدی و دوبعدی) ارائه داده اند؛ که در آن استفاده از روبشگر لیزری زمینی را همراه با دوربین های دیجیتال و برنامه های نرم افزاری ترکیب تصویر و روبش داده ها، برای ایجاد مدل هایی از ساختارهای تاریخی معرفی کرده اند. همچنین، عکاسی دیجیتال را در کنار روبش لیزری به منظور مدل سازی نمونه موردی به کار گرفته اند. "فای و همکاران" در مقاله ای (Fai et al., 2011)، نقش گسترده BIM را در تهیه اسناد و حفاظت از میراث معماری نشان داده اند. نیز، درباره آینده احتمالی BIM در زمینه تهیه اسناد حفاظت از میراث این طور پیش بینی کرده اند؛ ۱.

BIM یک ابزار شبیه سازی برای ادغام معیارهای فرهنگی، اقتصادی و عملکردی حفاظت و مدیریت بناهای میراثی خواهد بود. ۲. عملکرد BIM در مقیاس های مختلف، در زمان و ترکیب مستندات ملموس و ناملموس با یک شیء پارامتریک قابل توجه است. ۳. می توان یک منبع وب برای داده های BIM در ارتباط با مواد و روش های خاص ساخت اسناد میراث، به دست آورد.

مورفی در کتابی (Murphy, 2012)، نحوه استفاده و مدل سازی توسط فناوری HBIM را برای مستندسازی آثار کلاسیک معماری از سال ۱۷۰۰ تا ۱۸۳۰ میلادی در دوبلین شرح داده است. پیرو آن، روش اولیه مورد استفاده برای ثبت سازه های تاریخی براساس روبش لیزری زمینی را که طرحی برای یک چارچوب پیمایشی است، ارائه می دهد. در این روش، یک مسیر اصلی برای پردازش، با استفاده از بستر نرم افزاری مناسب برای پیاده سازی در HBIM، توسعه داده شده است. "گاراگنانی و منفردینی" در مقاله ای (Garagnani & Manferdini, 2013)، دقت پارامتریک را برای روند مدل سازی اطلاعاتی که در حفظ میراث فرهنگی به کار می رود، شرح می دهند؛ و مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM را یک گردش کار مداوم و هماهنگ به منظور بهبود کیفیت، قابلیت اطمینان و کاهش هزینه در کل مراحل طراحی عنوان می کنند؛ و به نگرش BIM برای ذخیره اطلاعات مربوط به محتوا اشاره می کنند که می تواند با موفقیت در ساختمان های موجود به ویژه میراث فرهنگی اعمال شود.

"دور و مورفی" در مقاله دیگری (Dore & Murphy, 2014)، همبستگی لیزر روبشگر و داده های تصویری را با جزئیات تاریخی برگرفته از کتاب "الگوهای کهن معماری ساختمان های کلاسیک قرن هجدهم در ایرلند" برای تجزیه و تحلیل طرح آن ها، بررسی کرده اند. در این تحقیق، ارتباط داده های بررسی روبش لیزر با داده های تاریخی به منظور بازبانی کالبد ساختمان موجود، ضروری عنوان شده است.

"بیک" در مقاله ای (Baik, 2017)، به شرح ثبت ساختمان های میراثی در جده تاریخی و استفاده از داده های ابر نقطه در محیط HBIM می پردازد. او در این مقاله، با استفاده از الگوبرداری از مدل سازی اطلاعات ساختمان، مدل سه بعدی JHBIM را ارائه نموده است.

بیک در کتابی (Baik, 2020)، به تجزیه و تحلیل و درک قواعد جزئیات معماری حجاز با توجه به اطلاعات و منابع مرتبط پرداخته است. او با معرفی شیوه های رایج معماری حجازی و اسلامی، الگوهایی برای مدل سازی اطلاعات بنای میراثی در حجاز ارائه می دهد. همچنین، این روش را به دلیل

انطباق امکانات این فناوری با ملزومات پرونده‌های ثبتی براساس استانداردهای ثبتی میراث جهانی یونسکو، کارآمد معرفی می‌کند.

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت در فرایند HBIM، نظر به اینکه ساختمان‌های تاریخی موجود هستند و جزئیات بسیاری در کالبد اثر وجود دارد، تهیه مستندات با استفاده از روش‌های مختلف صورت می‌گیرد. این روش‌ها عمدتاً روبش لیزری و فتوگرامتری برای پیمایش‌های میدانی و مطالعه اسناد اعم از تاریخی، توصیفی و تصویری است.

مطالعات نشانگر آن است که فناوری HBIM تاکنون روندی روبه‌توسعه و تکامل را در ثبت و پیاده‌سازی داده‌ها طی کرده است. اما مسئله‌ای که در هیچ‌یک از منابع به آن پرداخته نشده، چگونگی ترسیم و مدل‌سازی و پیوست اطلاعات به اجزای مدل است. این‌گونه مدل‌سازی همراه با پیوست اسناد به اثر به‌منظور حفاظت آن، بسیار مؤثر است. حتی در صورت تصمیم به بازسازی، می‌توان از مدل مجازی ساخته‌شده برای احتمال‌های ممکن در زمینه ساخت نمونه کامل مجازی، بهره‌مند شد. بنابراین در این مقاله، سعی شده موضوعی با ویژگی یک بنای تاریخی آسیب‌دیده انتخاب شود و در محیط نرم‌افزار Revit مدل‌سازی گردد. از این طریق با کمک قابلیت‌های نرم‌افزار برای مدل‌سازی و پیوند اطلاعات ناملموس مانند تصاویر و متون تاریخی به اجزای مدل، می‌توان به ایجاد آرشیوی پیوست‌شده به هر جزء پرداخت. همچنین می‌توان در مراحل آتی مدل‌سازی که احتمال دارد مربوط به جزئیات ساختاری و مطالعات بیشتر هر جزء باشد، به اطلاعات این آرشیو افزود.

بنابراین در مدل‌سازی با استفاده از فناوری HBIM، کلیه اطلاعات یک بنای ساخته‌شده همانند یک راه‌حل مهندسی معکوس، قابل شناخت است؛ و براساس آن می‌توان نقشه‌های کامل مهندسی را بر مبنای داده‌های دقیق به‌دست‌آمده از پیمایش (Dore & Murphy, 2012: 369; Cheng & Jin, 2006: 843-848) تولید کرد. علاوه بر آن، می‌توان از تنوع نقشه‌ها و نمایش آن‌ها با ابزارهای موجود در نرم‌افزار بهره برد.

در ایران، طبق بررسی آرشیو اسناد سازمان میراث فرهنگی کشور، باوجود انجام روبش لیزری برای بسیاری از بناهای تاریخی، پایگاه داده‌ای درخصوص استفاده از فناوری HBIM، مشاهده نشد. همین مسئله، نشان‌دهنده عدم رواج بهره‌گیری از این فناوری در مستندسازی و ثبت و نگهداری اسناد بناهای میراثی ایران است. در نمونه مورد مطالعه، تاکنون از این فناوری استفاده نشده است. حتی اسناد و گزارش‌های

مربوط به حفاظت اثر به‌صورت پراکنده است و در پایگاهی مناسب و قابل شناسایی، ثبت نشده است.

مستندسازی میراث معماری و BIM

گسترش توجه به میراث فرهنگی به‌ویژه در دهه‌های اخیر منجر به ایجاد کمیته علمی بین‌المللی شد که همکاری حوزه‌های مختلف میراث فرهنگی، معماری، نقشه‌برداری، برنامه‌ریزی و مدیریت را نیز در بر داشت. برگزاری دومین کنگره معماران و متخصصان بناهای تاریخی ۱۹۶۴ در شهر ونیز^۶ و ایجاد شورای بین‌المللی اماکن و بناهای یادبود (ایکوموس) توسط یونسکو از جمله این اقدامات بود. اما از اولین کمیته‌های علمی ایکوموس، سیپا (CIPA)^۷ بود که در سال ۱۹۶۸ به‌صورت زیرمجموعه مشترک ایکوموس و انجمن جهانی فتوگرامتری و دورکاوی (ISPRS)^۸ تأسیس شد. هدف سیپا انتقال اطلاعات از حوزه مهندسی نقشه‌برداری و فتوگرامتری و اصولاً فراهم‌آوردن‌گان اطلاعات مکانی به حوزه کاربران اطلاعات مکانی از جمله معماری، مرمت و باستان‌شناسی بود. پس از تأسیس کمیته‌های علمی مزبور، منشورها و معاهده‌نامه‌هایی توسط این کمیته‌ها تصویب شد. متن آن‌ها نشان می‌دهد که مستندسازی مهم‌ترین وجه شناخت آثار تاریخی محسوب شده و بر آن تأکید شده است. به‌گونه‌ای که در بسیاری از آن‌ها حتی جزئیات مورد نظر به‌منظور تهیه مستندات ذکر شده است (حناچی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۵). پیشرفت‌های فناوری و ورود نرم‌افزارهای متعدد در عرصه ساخت‌وساز از موارد دیگری است که منجر به ایجاد انقلابی در تهیه و نحوه ارائه اسناد بناها شده است. از میان این فناوری‌ها می‌توان به فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت که به‌اختصار BIM گفته می‌شود، اشاره کرد. این فناوری نخست، در صنایع خودروسازی شکل گرفت و در اوایل قرن حاضر، به صنعت ساختمان وارد شد (گلابچی و همکاران، ۱۳۹۴: ۵).

BIM را می‌توان هم از منظر محدود و هم از منظر وسیع مشاهده کرد. BIM به معنای محدود تنها شامل خود مدل رقومی ساختمان و از منظر وسیع، به معنای سامانه مدیریت اطلاعات مرکزی ساخت است (Redmond et al., 2012: 175-182). این مدل از طریق سطوح مختلف شناخته می‌شود که عبارتند از:

سطح ۰ BIM: شامل مدل CAD دوبعدی بدون مدیریت اطلاعات که درواقع BIM نیست، اما اغلب یک نقطه شروع برای طراحی و تولید اطلاعات است.

سطح ۱ BIM: CAD شامل مدل CAD مدیریت‌شده در قالب اطلاعات دوبعدی و سه‌بعدی مبتنی بر مدیریت فایل

بالا، به‌عنوان گام آغازین و روش پیمایش، برای تولید داده استفاده می‌شود. اساس کار آن‌ها برداشت تصویری عوارض و تولید یک ابرمتراکم از نقاط سه‌بعدی است که پس از یکپارچه‌سازی ابرنقاط و رویه‌بندی، می‌توان مدل سه‌بعدی مجازی بنا را ساخت و اندازه‌گیری‌های لازم را بر روی این مدل سه‌بعدی انجام داد.

این فرایند به سه مرحله تقسیم شده است: ۱. جمع‌آوری داده‌ها که اولین گام برای مدل HBIM است و بررسی بناهای تاریخی و به دست آوردن داده‌ها را با استفاده از روش‌های نقشه‌برداری با کیفیت بالا و حتی روش‌های سنتی در بر می‌گیرد. ۲. دومین گام، پردازش داده‌هاست. این مرحله شامل مدل‌سازی و ایجاد یک مجموعه از اجزای ساختمان است که می‌تواند براساس اطلاعاتی باشد که حتی الگوهای معماری قدیمی را ارائه دهد. در این مرحله، داده‌های جمع‌آوری‌شده از هر روش، بررسی و به‌طور مستقل پردازش می‌شود (Baik et al., 2014:43-45; Guarnieri et al., 2006: 2-5; Murphy et al., 2013:90-94).

۳. سومین گام، ادغام داده‌هاست که مرحله آخر فرایند HBIM را در بر دارد. در آن، مجموعه داده‌های مربوطه با استفاده از سامانه BIM، اجزای تاریخی را به‌عنوان مؤلفه‌هایی تعریف می‌کنند. محصول نهایی، مجموعه‌ای از مدل‌های سه‌بعدی با جزئیات و روش‌های ساخت و ترکیب آن‌ها می‌تواند باشد (Murphy et al., 2013:92-94; Baik, 2020: 94-106; Woodward & Heesom, 2019:102-104)، (شکل ۱). روش‌های مستندنگاری بناهای تاریخی عبارتند از: برداشت‌های سنتی و تقریبی، روبشگری نوری و لیزری، نقشه‌برداری زمینی، فتوگرامتری (زمینی، هوایی، فضایی)، سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای. از میان این روش‌ها، دو فناوری: روبشگری لیزری و فتوگرامتری (روش‌های متریک)، از نظر ملاک‌های کیفی دقت،^{۱۱} درستی،^{۱۲} یکپارچگی^{۱۳} و

و ایجاد محیط مشترک داده، بدون یکپارچه‌سازی است.

سطح ۲ BIM: شامل چندین مدل؛ محیط مدیریت سه‌بعدی در زمینه‌های مختلف با استفاده از ابزار برنامه‌نویسی چهاربعدی (زمان) و پنج‌بعدی (هزینه) است.

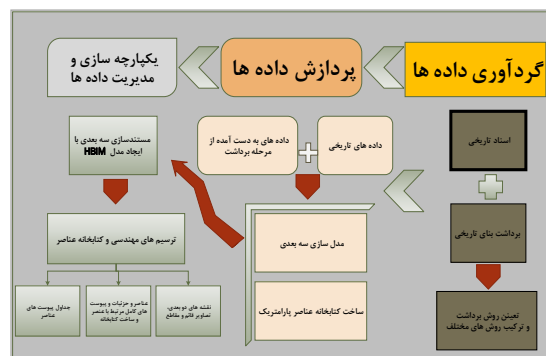
سطح ۳ BIM: شامل مدل قابلیت همکاری و یکپارچه‌سازی داده‌ها توسط استانداردهای IFC^۹ برای تبادل داده توسط یک سرور و استفاده از کتابخانه‌های استاندارد (مجموعه جزئیات موجود برای ساخت) است. این کتابخانه‌ها، شامل اشیاء و اجزای رایج در ساختمان‌سازی است که باعث افزایش تولید داده‌ها می‌شود (Megahed, 2015:135-136).

با رشد و گسترش فناوری‌ها، فرایندها و سیاست‌های مربوط به BIM شناسایی می‌شوند (Succar et al, 2012). در این زمینه، روند رشد BIM نشان‌دهنده ارائه یک راه حل تعاملی برای حرکت از سطح صفر BIM به سطوح پیشرفته‌تر مانند سطح ۲ و ۳ است که با بالا رفتن سطح این فناوری، یکپارچه‌سازی و دستیابی به داده‌های مؤثر و مدیریت کارآمد فرایند فراهم می‌شود.

امروزه مدل‌های چندبعدی ساختمان که BIM توصیف می‌شوند، بیش از آنکه ابزاری برای طراحی شناخته شوند، یک ابزار CAD هوشمند در زمینه معماری شناخته می‌شوند (Murphy et al., 2013:89-92). سامانه‌های جدید اطلاعات رقومی، امکان تولید مدل‌های چند بعدی (nD) را فراهم می‌کنند که می‌توان از آن‌ها برای عملیات پیچیده‌تر به‌ویژه هنگام برخورد با میراث تاریخی استفاده کرد (Dore & Murphy, 2012: 372-374). این توانایی گسترده، مبتنی بر مفهوم کاربردهای اطلاعات با ظرفیت بالاست که می‌تواند در یک مدل سه‌بعدی ساختمان ذخیره شود. از جمله جزئیات ساخت، مشخصه و ویژگی‌های آن، هزینه‌های مرتبط با هر جزء، سیستم‌های مرتبط با ساخت، توالی ساخت، برنامه‌های ساخت و مواردی از این دست است (Arayici & Hamilton, 2005:509-514).

روش پژوهش

امروزه مدل‌های سه‌بعدی میراث فرهنگی به‌دلیل استفاده گسترده از روش‌های نقشه‌برداری برای ثبت محوطه‌های میراث فرهنگی موضوعی بسیار جذاب شده است؛ که با وجود فناوری‌های جدید و امکان ثبت و ضبط از راه دور ساختارهای پیچیده، به روشی کارآمد و دقیق تبدیل شده است. حال آنکه با روش‌های قدیمی ثبت آثار، به‌سختی انجام می‌شد. تقریباً در همه پروژه‌های مرتبط با فناوری‌های نوین، از روبشگری لیزری زمینی (TLS)^{۱۰} و فتوگرامتری به‌دلیل سرعت و دقت



شکل ۱. فرایند نظام‌مند مدل‌سازی با فناوری HBIM (نگارندگان)

اعتمادپذیری^{۱۴}، با موضوع این پژوهش، تناسب بیشتری دارند. از این رو، در پژوهش حاضر، برای تهیه داده‌های مورد نیاز در حوزه فناوری HBIM، از روبشگر لیزری^{۱۵} GEOSLAM ZEB REVO برای روبش لیزری داخل و خارج بنا و تهیه ابرنقاط استفاده شد (شکل ۲). همچنین، برای ایجاد مدل فتوگرامتری از پهپاد DJI MAVIC 2 PRO با ارتفاع پرواز ۱۰۰ متر و مداومت پرواز ۲۰ دقیقه‌ای بهره گرفته شده است (شکل ۳). پس از تهیه داده‌های میدانی، پردازش برای تولید ابرنقطه و مدل سه‌بعدی فتوگرامتری انجام شد. سپس، داده‌های حاصل از پردازش به منظور مدل‌سازی، به نرم‌افزار Autodesk Revit 2021 داده شد. سایر اطلاعات مورد نیاز در رابطه با اثر، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و بهره‌گیری از آرشیو اسناد موجود در پایگاه ملی رباط شرف به دست آمده است. هدف از انجام این پژوهش، معرفی شیوه‌ای نوین در مستندسازی میراث معماری است. امکان بررسی و مطالعه آن با کمک فناوری HBIM و به مدد ابزارهایی که نرم‌افزار^{۱۶} مبتنی بر BIM در اختیار قرار می‌دهد، فراهم شده است (شکل ۴).

بررسی موردی: مسجد حیاط دوم رباط شرف

از محدود بناهای باقی‌مانده از دوره سلجوقی در ایران، رباط شرف است که به دلیل طرح معماری و تنوع شیوه آجرکاری و تزئینات گچی، شهرت دارد. رباط شرف نزدیک سرخس در شاه‌راه بغداد- مرو ساخته شده و متعلق به قرن ششم هجری است (پیرنیا، ۱۳۷۲: ۲۳۵). سال ساخت آن را "آندره گدار" با شواهدی که ارائه می‌دهد، ۵۰۸ ه.ق. می‌داند. گرچه کتیبه ایوان انتهایی که تنها کتیبه تاریخ‌دار آن است، سال ۵۴۹ ه.ق. را نشان می‌دهد اما آندره گدار این سال را مربوط به تعمیرات بنا به دستور همسر سلطان سنجر سلجوقی می‌داند. ضمن اینکه، تزئینات گچی که به صورت یک لایه تزئینات آجری گذشته را پوشانده است، انجام گرفته در همین زمان می‌داند

(گدار و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۲۴-۲۲۲). در پلان بنا، دو فضای خاص به شکل چهار صغه در انتهای حیاط دوم وجود دارد که همراه با دو مسجدی که هریک در یکی از حیاط‌های آن واقع شده است، ساختار کم‌نظیری از یک کاروان‌سرا را نشان می‌دهد (شکل ۵). شواهدی نیز ارائه شده است که نشان‌دهنده تفاوت زمانی ساخت دو حیاط است. وجود دو مسجد در یک بنا هم به گونه‌ای می‌تواند تفاوت نحوه بهره‌برداری از دو حیاط را نشان دهد.^{۱۸} در این اثر تاریخی، سه محراب گچ‌بری دیده می‌شود که دو محراب آن، در مسجد حیاط دوم قرار دارد. تزئینات گچی دو محراب باقی‌مانده، با بهترین کتیبه‌های گچ‌بری محراب در مساجد ایران، از لحاظ زیبایی و طرح، برابری می‌کنند (شیخی و آشوری، ۱۳۹۳: ۷۴).

با توجه به وسعت مجموعه، در این پژوهش، مسجد حیاط دوم مطالعه شده است (شکل ۶). این فضا با داشتن حیاط، رواق، گنبدخانه و دو محراب، مسجد کاملی را نشان می‌دهد. گنبدخانه آن دارای طرح گوشه‌سازی مشابه با شیوه رایج گوشه‌سازی^{۱۹} مساجد جامع دوره سلجوقی است. همچنین، آثار باقی‌مانده نشان می‌دهد، یک لایه تزئینی گچ، تزئینات آجری آن را پوشانده است. تنوع و پراکندگی نقوش مهری^{۲۰} به کاررفته در آن نیز این فضا را کاملاً از سایر فضاها متمایز کرده است و در ردیف بخش‌های مهم رباط، اعم از ورودی‌ها و ایوان انتهایی بنا، قرار می‌دهد (هم‌سطح با بخش‌های مهم رباط، اعم از ورودی‌ها و ایوان انتهایی بنا، قرار می‌دهد) (شیخی و آدینه، ۱۳۹۹: ۹۶).

پیش از مرمت، کالبد بنا آسیب‌های زیادی داشت و مسجد حیاط دوم نیز در وضعیتی مناسبی قرار نداشت. حدود نیمی از آن در زیر آوار بود و دیوار ضلع غربی، گنبد و بخشی از تاق‌نماهای زمینه ۸ گنبدخانه در ضلع جنوبی و شمالی آن همراه با گوشه‌سازی‌های تقاطع ضلع جنوبی و غربی و شمالی و غربی، تخریب شده بود (شکل ۷). بررسی‌ها نشان می‌دهند،



شکل ۳. SLAM ZEB REVO GEO (نگارندگان)



شکل ۲. DJI MAVIC 2 PRO (نگارندگان)

برای بازسازی کامل بخش‌های تخریب‌شده به صورت یک مدل مجازی ارائه داد. این روش، نیاز به اقدامات اجرایی را برای بازسازی کامل مرتفع کرده و پس از تکامل تدریجی مطالعات، امکان‌سنجی بازسازی بنا را برای متخصصان به صورت مجازی و حتی استفاده از فناوری AR^{۲۱} محقق خواهد کرد.

شرح مراحل مدل‌سازی با فناوری HBIM

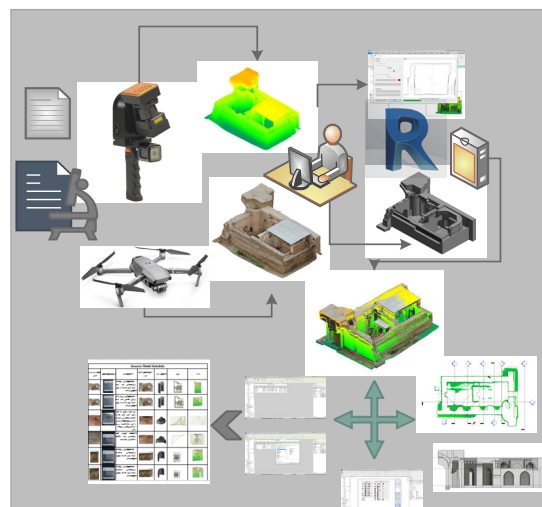
همان‌طور که در روش پژوهش شرح داده شد، پس از دریافت ابرنقاط و مدل سه‌بعدی فتوگرامتری که توسط روبشگری لیزر و تصویربرداری با پهپاد تهیه شد، فایل‌های به‌دست‌آمده به نرم‌افزار مدل‌سازی^{۲۲} داده شد (شکل ۸). در ادامه، روش مدل‌سازی مرحله‌به‌مرحله برای ساخت مدل سه‌بعدی بنا، شرح داده می‌شود.

گام اول: پس از آماده شدن ابرنقاط و مدل سه‌بعدی فتوگرامتری، مرحله Scan to HBIM آغاز می‌شود.

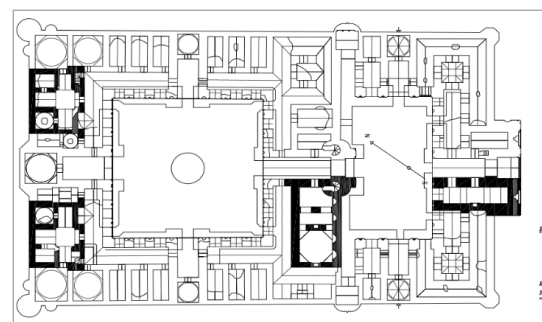
ابرنقطه و مدل سه‌بعدی فتوگرامتری به نرم‌افزار Autodesk Revit 2021 داده شده و با توجه به قابلیت تنظیم نوع نمایش در محیط نرم‌افزار، شیوه مناسب نمایش برای ترسیم، انتخاب شد (شکل ۹).

گام دوم: برای ترسیم، با توجه به پیچیدگی بناهای تاریخی و قائم نبودن زوایه‌ها و دیوارها و تخریب‌های موجود، روش‌های معمول ترسیم در محیط Revit، کارساز نبود. به همین دلیل، نیاز به تهیه اسنادی بود که با توجه به پیچیدگی بنا، آن را قابل ترسیم نماید. از این‌رو، تولید اسناد تصویری قائم از ابرنقاط راهگشا بود. از طریق دو روش، می‌توان به این اسناد دست پیدا کرد. روش اول، می‌توان خروجی تصویر قائم از Revit گرفت که کیفیت تصویر و محدوده آن باید تنظیم شود تا نتایج قابل استفاده و مناسبی به دست آورد. روش دوم، استفاده از افزونه As-Built در نرم‌افزار Revit و خروجی گرفتن تصاویر قائم^{۲۳} است (شکل ۱۰ و جدول ۱). با مقایسه تصاویر به‌دست‌آمده از هر دو روش، می‌توان نتیجه گرفت هر دو روش مؤثر و قابل استفاده می‌باشند. خروجی‌های افزونه As-Built که با همین هدف به نرم‌افزار

مرمت‌های صورت گرفته بر مبنای مطالعه اثر به‌منظور بازگرداندن هویت مسجد، تا حد امکان انجام شده و بخش‌هایی از اثر بازسازی و بخش‌هایی هم به دلیل نبود شواهد کافی تثبیت شده‌اند. مستندسازی با روش پیشنهادی که در ادامه شرح داده خواهد شد، امکانی را فراهم می‌کند که با مدل‌سازی، اطلاعات مرتبط با هر جزء، ضمیمه مدل می‌شود و می‌توان به‌مرور زمان، منابع مطالعاتی را کامل کرد. پس از رسیدن به نتایج مورد نظر با استفاده از مدل‌سازی، می‌توان راه‌حل‌هایی



شکل ۴. فرایند پژوهش از برداشت تا مدل‌سازی در HBIM (نگارندگان، ۴۰۱)



شکل ۵. پلان رباط شرف و نمایش مجموعه‌ها و محدوده مورد مطالعه (بازترسیم نگارندگان، ۱۳۹۴)



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۶. تصاویر هوایی: الف. رباط شرف، ب. حیاط دوم مجموعه رباط شرف، ج. مسجد حیاط دوم رباط شرف (تصاویر پهپاد: نگارندگان، ۱۴۰۰)

گام چهارم: شروع مدل سازی و ترسیم در محیط Revit است. این مرحله، به دلیل وجود بخش‌های تخریبی در بنا، با روش‌های معمول قابل ترسیم است و باید در آن به نکاتی توجه شود تا بتواند فرایند ترسیم را کامل کند. در ابتدا عناصری از بنا که امکان پارامتریک شدن داشتند و در محیط Family^{۲۴} می‌بایست ترسیم شوند، مشخص و تفکیک شدند و به محیط ترسیم در قالب Family هدایت شدند. در صورت تکراری بودن

افزوده شده، اسناد کاربردی را برای ترسیم خطوط کلی در اختیار قرار می‌دهند و خروجی‌های Revit برای ترسیم جزئیات مناسب‌اند.

گام سوم: با توجه به جزئیات موضوع در سطوح مختلف ارتفاعی، به منظور مدل سازی، علاوه بر استفاده از تصاویر قائم، می‌بایست ترازها یا سطح ارتفاعی مربوط به جزئیات ترسیم، مشخص شوند (جدول ۲).

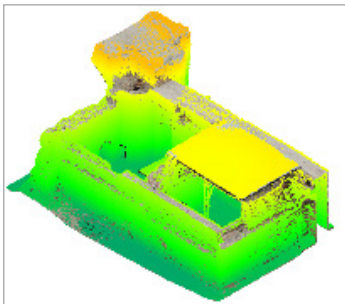


(ب)

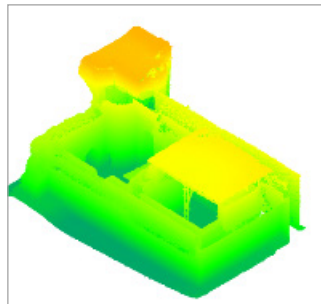


(الف)

شکل ۷. تصاویر قدیمی وضعیت مسجد: الف. سال ۱۳۴۸، ب. سال ۱۳۵۲ (تصاویر قدیمی رباط شرف، ۱۳۹۴)



(ج)

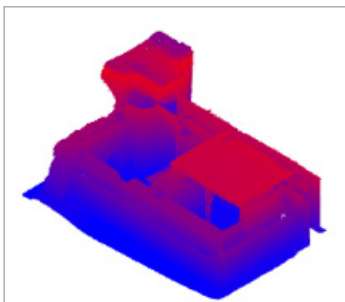


(ب)

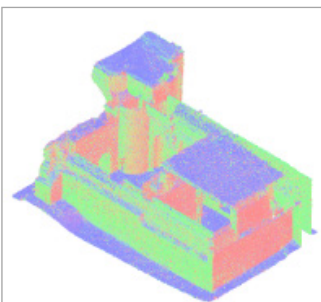


(الف)

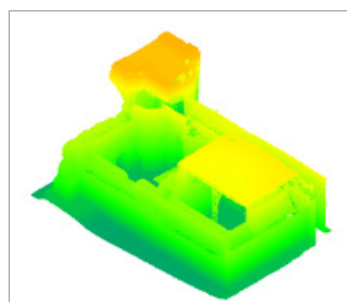
شکل ۸: الف. مدل فتوگرامتری، ب. ابر نقاط حاصل از روبش لیزری، ج. تطبیق ابر نقاط و مدل فتوگرامتری (نگارندگان)



(ج)



(ب)

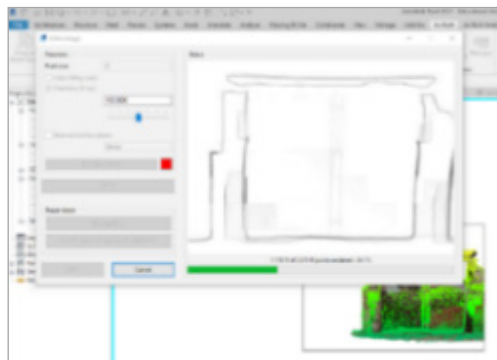


(الف)

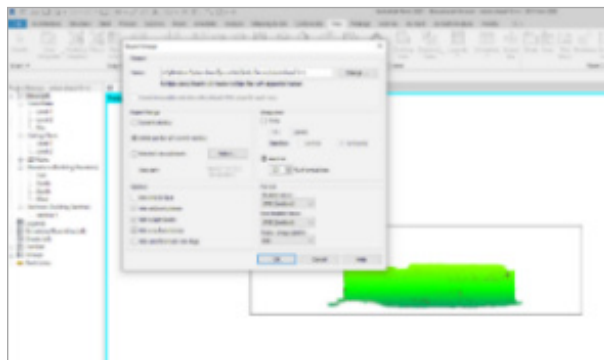
شکل ۹. سه نمونه از نمایش ابر نقاط در محیط نرم افزار Revit: الف. RGB، ب. Normal، ج. Elevation (نگارندگان)

ترسیم اضافه کرد. چهار عنصر معماری با این قابلیت در مسجد یافت شد که در قالب Family قابل ترسیم بودند ولی به دلیل

عناصر در بنا پس از مدل سازی آن می توان به هر تعداد که لازم است برای تکمیل ترسیم، عناصر را بارگیری و به محیط



(ب)



(الف)

شکل ۱۰. خروجی تصاویر قائم: الف. تصاویر قائم (orthophoto) با خروجی گرفتن از نرم افزار Revit، ب. تصاویر قائم (orthophoto) با استفاده از افزونه As-Built نرم افزار Revit (نگارندگان)

جدول ۱. خروجی تصاویر قائم از نرم افزار Revit و استفاده از افزونه As-Built نرم افزار Revit

تصاویر قائم خروجی افزونه as-built	تصاویر قائم خروجی رویت از مدل فتوگرامتری	تصاویر قائم خروجی رویت از ابر نقاط

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

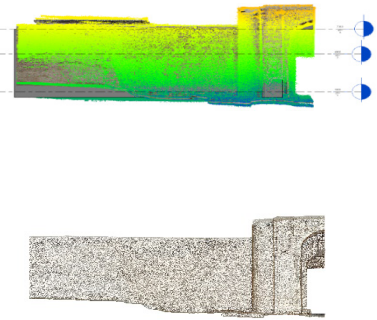
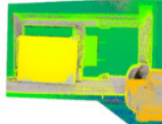
تعلق نداشتن به هیچ یک از دسته های خاص تعریف شده در رویت، با حالت Generic Model ترسیم شدند. با توجه به پیچیدگی و وجود تخریب در بناهایی مانند مسجد رباط شرف و به دلیل عدم مشابهت برخی قطعات، ترسیم با ساخت Family امکان پذیر نبود. به همین دلیل، اکثر بخش ها با کمک دستور Component و از طریق Model in Place قابلیت ترسیم پیدا کردند. از این رو در این مدل سازی، دسته بندی اجزای بنا به دو دسته کلی Generic Model برای مدل هایی که در محیط Family ترسیم شدند و Wall برای مواردی که با Model in Place مدل شدند، صورت گرفت تا هر یک از عناصر زیرمجموعه ای از این دو دسته باشند. بنابراین برای عناصری که در محیط Family و قالب Generic Model ترسیم می شوند، می توان تصاویر قائم تهیه شده از پلان و نما را وارد محیط ترسیم و مدل را پارامتریک، ترسیم کرد (شکل ۱۱).

برای مدل هایی که می بایست با Model in Place ترسیم شوند، ابتدا باید دسته مورد نظر را Wall انتخاب کرد و سپس وارد محیط ترسیم شد. گاهی به دلیل نبود محیط مناسب برای ترسیم، می توان از برش مناسب محدوده مورد نظر بهره گرفت (شکل ۱۲).

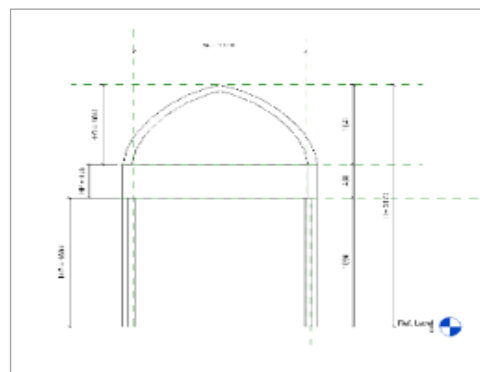
پس از ترسیم و مدل سازی کامل اثر، مدل سه بعدی، بستر قرارگیری قابل انطباق با ابرنقطه و مدل سه بعدی فتوگرامتری می شوند (شکل ۱۳).

مانند نرم افزارهای دیگر مدل ساز سه بعدی، قابلیت نمایش به حالات مختلف در Revit نیز امکان پذیر است. پس از ترسیم کامل مدل، می توان از ابزارهای موجود در نرم افزار برای نمایش و ارائه مدل به حالت های مختلف بهره برد. نکته قابل ذکر در این مرحله، مربوط به تنوع دیدها و نمایش جزئیات و بخش های دلخواه است. این قابلیت در ویژگی های پنجره properties مشاهده می شود که در آن گزینه section box

جدول ۲. تعیین ترازهای ارتفاعی برای ترسیم پلان با توجه به جزئیات متفاوت بنا

نمایش سطح ترازهای ترسیمی در نما	سطح تراز	نمایش پلان در سطوح مختلف
	سطح ارتفاعی ۱،۲ متر	
	سطح ۴،۹ متر	
	دید سایت پلان بنا	

(نگارندگان، ۱۴۰۱)



(ب)



(الف)

شکل ۱۱. نمونه ترسیم پارامتریک: الف. تصویر قائم برای ترسیم جزئیات، ب. ترسیم در محیط Family و قالب Generic Model (نگارندگان، ۱۴۰۱)

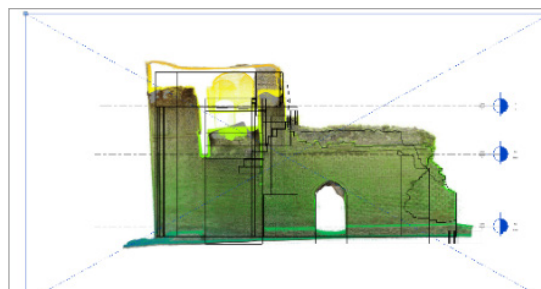
با توجه به جزئیات مختلف بناها، در صورت نیاز به بررسی هر بخش، می‌توان برش‌های متعددی با استفاده از ترسیم خط برش روی پلان در موقعیت مورد نظر ایجاد و در بخش برش‌ها، نقشه مقطع مورد نظر را مشاهده کرد. همچنین، با استفاده از قابلیت انتخاب حالت نمایش، اسناد را با شرایط مورد نظر بررسی کرد (شکل ۱۴، جدول ۴).

گام پنجم: افزودن جزئیات، اطلاعات و ویژگی‌هایی است که برای هر جزء باید به همان جزء پیوند داده شوند تا تبدیل به یک کتابخانه از اسناد مدل شوند. بدین منظور، عناصری که با لکه‌گذاری در شکل ۱۵ نشان داده شده‌اند، با توجه به ماهیت ترسیمی و با استفاده از قابلیت ویرایش ویژگی‌های هر عنصر در قسمت Properties آن، برای افزودن اطلاعات و فراخوانی به یکی از دو دسته کلی که شرح آن داده شد، مرتبط گشت. با هر عنصر و با توجه به مطالعات و شناختی که از اجزای معماری این بنا حاصل شده، پارامترهای ثابتی تعریف شده است؛ تا این پارامترها در بخش ویژگی‌های عنصر ظاهر شوند و بتوان اطلاعات هر عنصر را به آن‌ها پیوست کرد. بنابراین مدل سه‌بعدی با عناصری که می‌توان پارامترهای ثابتی را به‌عنوان ویژگی‌های شناختی برای آن تعریف کرد، حاصل می‌شود. ماهیت این ویژگی‌ها می‌تواند متن، تصویر، آدرس‌هایی به‌صورت URL، توضیحات یا حتی کدهایی باشد که با توجه به طبقه‌بندی اطلاعات مرتبط با جزء، می‌توان به آن نسبت داد. همچنین، با توجه به ماهیت تعریف‌شده پارامترهای ثابت ذکر شده، بر آن منطبق کرد.

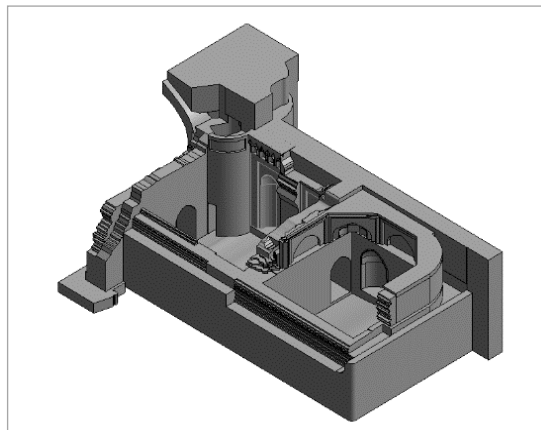
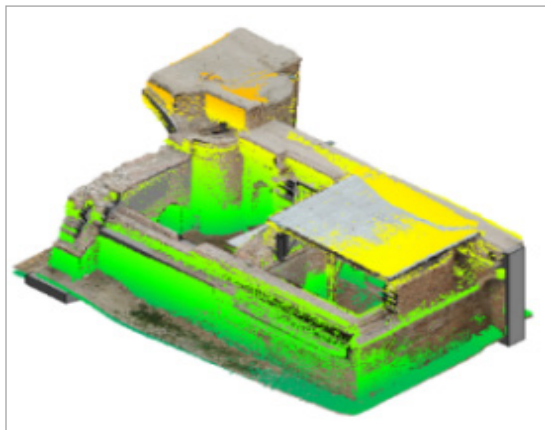
پس از تعریف ویژگی‌های هر جزء، می‌توان از تمام ویژگی‌ها در قالب جداولی هم به‌شکل نوشتاری و هم با ارائه تصاویر خروجی گرفت. در نتیجه، هم اطلاعات هر عنصر به آن پیوست شده، هم قابل ویرایش و به‌روزرسانی است. بدین ترتیب می‌توان

در صورت فعال شدن با در اختیار قرار دادن ابزارهایی روی مدل ساخته‌شده، امکان نمایش حجم را به‌صورت برش خورده به کاربر می‌دهد. این ویژگی به‌منظور ارائه حجم برای مواقعی که نمایش جزئیات مد نظر است و حجم کلی مانع دید این بخش‌هاست، مؤثر و کارآمد خواهد بود (جدول ۳).

پس از ایجاد مدل، تولید اسناد متعددی از اثر امکان‌پذیر است. با اینکه مدل‌سازی یک‌بار انجام می‌شود، مستنداتی که از این مدل می‌توان تهیه کرد، بی‌شمار و بدون نیاز به زمان برای ترسیم بوده و ارائه تمامی بخش‌های مدل را چه در جزئیات و چه در کلیات، در بر می‌گیرد. به‌علاوه امکان نمایش حالات مختلف نیز از جمله امکاناتی است که نرم‌افزار آن را فراهم می‌کند. به همین دلیل است که عدم نیاز به زمان برای تهیه این اسناد، از نقاط قوت مدل‌سازی در این نرم‌افزار بیان می‌شود. به‌علاوه، در صورت نیاز به تغییر در مدل سه‌بعدی، پس از انجام تغییرات بلافاصله کلیه اسناد به‌روز شده و تغییر در تمام آن‌ها اعمال می‌شود. این قابلیت نیز پاسخ مناسبی برای تهیه اسناد متعدد و به‌روز کردن اسناد، در صورت تغییر است.



شکل ۱۲. نمونه تصویر قائم در یک برش انتخابی برای ترسیم جزئیات اثر با دستور Model in Place (نگارندگان، ۱۴۰۱)



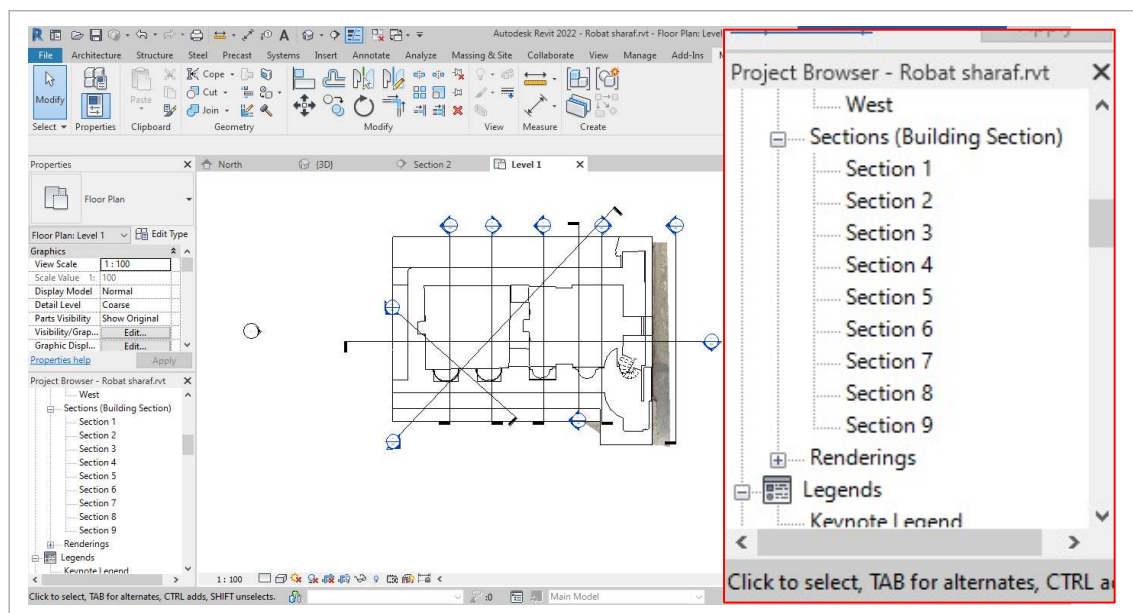
(الف) (ب)

شکل ۱۳. نمایش مدل نهایی: الف. مدل سه‌بعدی در محیط رؤیت، ب. تطبیق مدل ساخته با مدل فتوگرامتری و ابرنقاط (نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۳. حالت‌های نمایش مدل در محیط نرم‌افزار و استفاده از Section box برای ایجاد برش‌های مختلف سه‌بعدی

حالت نمایش	حجم کامل مدل شده	استفاده از Section box			
Shaded					
Consistent color					
Wire frame					
Hidden line					
Realistic					
Render					

(نگارندگان)



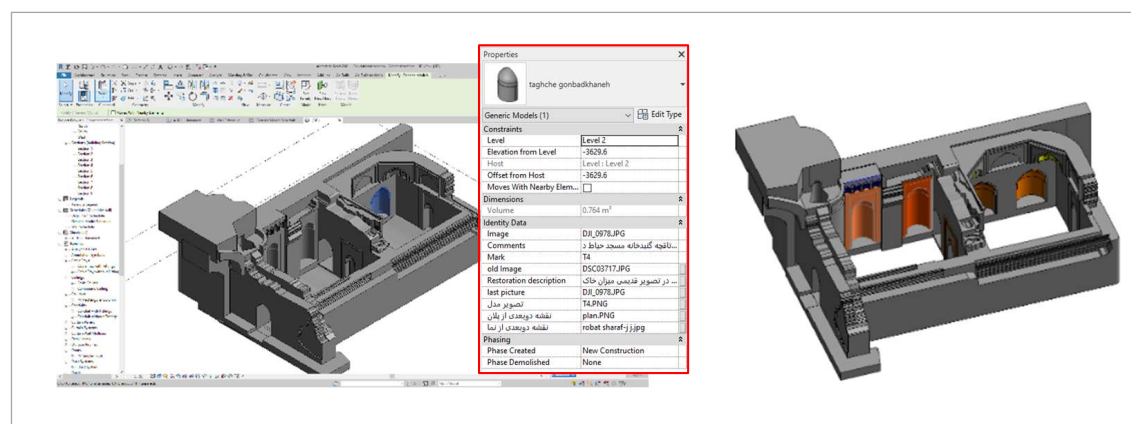
شکل ۱۴. امکان ایجاد تعدد خطوط برش (نگارندگان، ۱۴۰۲)

به‌عنوان مثال برای پایش اثر می‌توان عکس‌های مختلف و توضیحات مرتبط با آن‌ها را که هر سال تهیه می‌شوند، به فهرست اضافه کرد و در این مدل ذخیره کرد و در صورت نیاز به بررسی، با رجوع به این پایگاه، اسناد را فراخوانی کرد (شکل ۱۶، جدول‌های ۵ و ۶). از این نکته نباید صرف نظر کرد که با طبقه‌بندی مناسب و اصولی اطلاعات اثر می‌توان

جدول ۴. حالت‌های مختلف نمایش برش‌های ایجادشده روی پلان در نرم‌افزار Revit

نمایش مقاطع در نرم‌افزار Revit				
موقعیت خط برش روی پلان				
حالت نمایش	Section 1	Section 2	Section 5	Section 9
Shaded				
Consistent color				
Wire frame				
Hidden line				
Realistic				

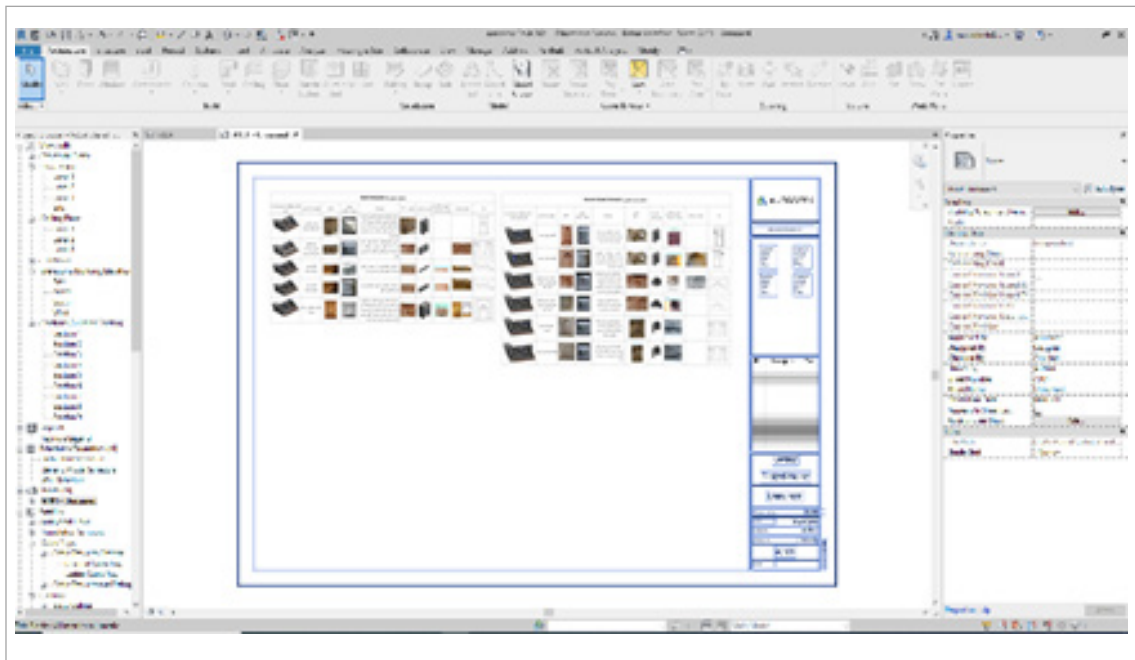
(نگارندگان، ۱۴۰۲)



(ب)

(الف)

شکل ۱۵. جزئیات معماری و تعریف پارامترها: الف. عناصر انتخابی برای افزودن مشخصه‌ها و ویژگی‌ها، ب. تعریف پارامترهای ثابت برای هر جزء در بخش مختص به پارامترهای مورد نظر (نگارندگان، ۱۴۰۱)



شکل ۱۶. نمایش خروجی جداول مشخصات پیوست‌شده عناصر در محیط نرم‌افزار (نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۵. اطلاعات و عناصر مرتبط با دسته مدل عمومی

جدول مدل عمومی (Generic Model Schedule)									
نما	تصویر از جزئیات	تصویر در گزارش ۷۰-۷۱ (۲۴)	مدل سه بعدی عنصر	تصاویر ۱۴۰۰	توضیحات	تصاویر ۱۳۲۸-۱۳۵۲	تصاویر	موقعیت قرار گیری	نمایش موقعیت روی مدل سه بعدی کامل مسجد
					بخش از تاقچه پس از آوار برداری بازسازی شده است و بخشی تثبیت شده است.			تاقچه روانی مسجد	
					دارای تزئینات متفاوتی نسبت به تاقچه دیگر است. پس از آواربرداری بازسازی و تثبیت شده است.			تاقچه حیاط مسجد	
					تنها گوشه سازی سالم باقی مانده از گذشته که مرمت و تثبیت شده است. جزئیات ساختاری آن نسبت به گذشته دستخوش تغییر شده است.			گوشه سازی نقاط ضلع جنوبی و شرقی گنبد خانه	
					تزئینات گچی این گوشه سازی تخریب شده اما کلیت ساختاری آن سالم است.			گوشه سازی نقاط ضلع شمالی و شرقی گنبد خانه	
					در تصویر قدیمی میزان خاک برداری مشخص شده است. آجرها از این قسمت به پایین تعویض شده‌اند.			تاقچه گنبدخانه مسجد	
					تاقچه های این بخش فاقد تزئینات بوده و فقط یک لایه گچی ساده روی آن را پوشانده است.			تاقچه گنبدخانه مسجد	

(نگارندگان، ۱۴۰۲)

کدهایی به اسناد اختصاص داد و بایگانی اسناد را با ورود کدها به لیست مشخصات عنصر، تعریف کرد. این گونه طبقه‌بندی، شرایط مناسبی به منظور دستیابی به اسناد مرتبط با اجزای اثر ایجاد می‌کند.

جدول ۶. اطلاعات و اسناد عناصر مربوط به دسته دیواره‌ها

جدول دیواره ها (Wall Schedule)									
نما	تصاویر جزئیات	تصویر در گزارش دهه ۷۰ (۷۷ و ۷۴)	مدل سه بعدی	تصاویر ۱۴۰۰	توضیحات	تصاویر ۱۳۵۲ ۱۳۴۸	تصاویر	موقعیت قرار گیری	نمایش موقعیت روی مدل سه بعدی
					بخش کوچکی از نمایای گچبری محراب در تصاویر قدیمی مشاهده می‌شود که در تصاویر فعلی بخشی از بین رفته است و آجر چینی های محراب نیز بازسازی شده است.			محراب واقع در گنبدخانه مسجد	
					یکی از تاق‌نماهای سالم باقی مانده است که نقوش مهری مختلف را در تزئینات این بخش مسجد را نشان می‌دهد.			تاق‌نماهای آجری زمینه ۸ گنبدخانه مسجد	
					تزئینات قطار بندی با شیوه پتگین و تزئینات گچی نقش بسته روی آن.			قطار بندی حیاط مسجد	
					تزئینات پتگانه به صورت قطار بندی با آجر ولایه‌ای از گچ.			قطار بندی حیاط مسجد	
					تزئینات بخش پایین محراب به کلی از بین رفته و پس از آوار برداری فقط آجر چینی دیوار محراب قابل باز سازی بوده، اما در حال حاضر تزئینات گچی باقی مانده از محراب تثبیت شده است.			محراب واقع در رواق مسجد	

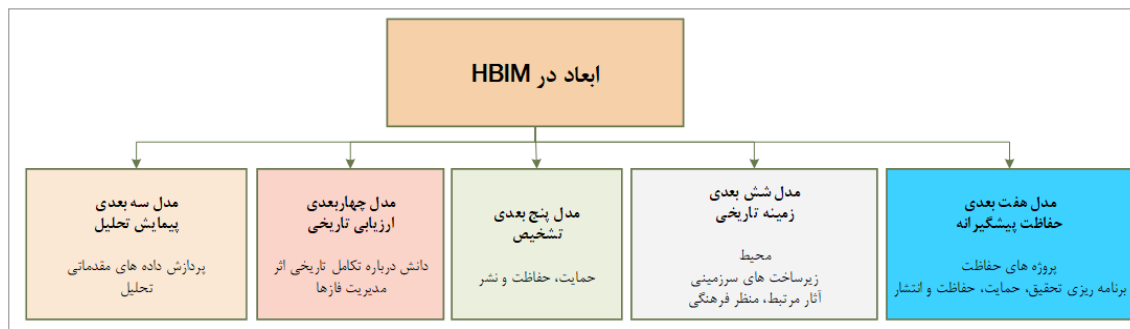
(نگارندگان، ۱۴۰۲)

بحث و نتیجه‌گیری

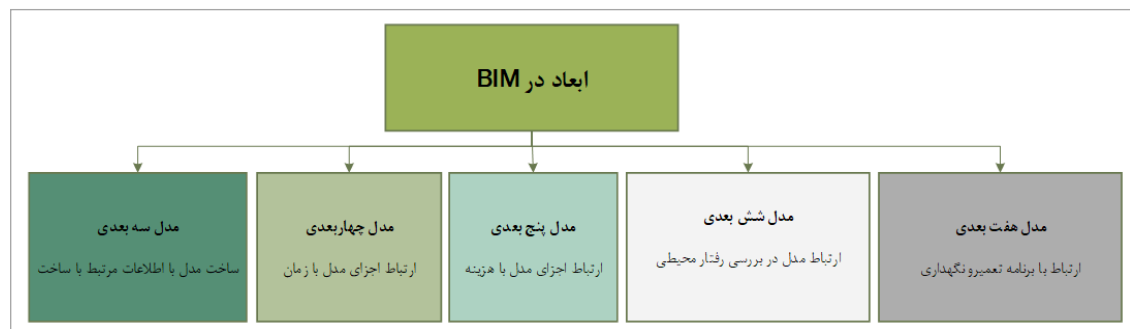
بخش مهمی از مسئله شناخت یک اثر، کاملاً مرتبط با کالبد فیزیکی آن است. شناخت کالبد یک میراث معماری، بررسی دقیق طرح آن و شناسایی الگوهای ساخت و اجزای تشکیل‌دهنده اثر معماری از جمله سازه و تزئینات را در بردارد. نتیجه چنین مطالعاتی بالطبع، منجر به دست یافتن به اطلاعات پایه‌ای بسیار مهمی شامل بخش‌های تخریب‌شده و آسیب‌دیده، دوره‌های ساخت و تغییراتی در طول زمان خواهد شد. علاوه بر این‌ها، شناخت بنا مطالعه شرایط اجتماعی، فرهنگی و سیاسی زمان ساخت یا پس از آن را نیز در بر می‌گیرد. بنابراین لازم است به‌منظور شناخت یک اثر تاریخی، ابعاد گوناگونی برای مستندسازی مد نظر قرار گیرد. بررسی فرایند مدل‌سازی با بهره‌گیری از فناوری HBIM، دستیابی به هدف اصلی تهیه اسناد آثار میراثی را در تطابق با ابعاد و سطوح دانش تعریف‌شده برای این فناوری نشان می‌دهد (شکل ۱۷) که می‌توان آن را تاحدی متفاوت از فرایند مدل‌سازی در فناوری BIM دانست (شکل ۱۸).

امروزه ساخت یک مدل رقومی هوشمند برای ساختمان‌ها به‌عنوان بستر نگهداری کلیه اطلاعات ساخت همان فرایند مدل‌سازی با استفاده از فناوری BIM است، ضروری می‌باشد. انتظار می‌رود این کار در سال‌های پیش‌رو، گسترش یابد و برای تمام ساختمان‌ها الزامی گردد. در بحث حفاظت بناهای تاریخی نیز با توجه به اهمیتی که میراث معماری دارد، تولید اسناد دقیق به دلیل جزئیات فراوان، همراه با اسنادی که با هدف حفاظت اثر به آن پیوست می‌شود، بیانگر فرایند مدل‌سازی با استفاده از HBIM است. تأثیر آن را طی یک فرایند برنامه‌ریزی شده بدین صورت می‌توان دریافت که اثر تاریخی هم به‌صورت کالبدی و هم از نظر داده‌های توصیفی، مستند شده‌اند و به‌مرور زمان نقشه‌ها، اطلاعات و اسناد، امکان ثبت و افزوده شدن خواهند داشت. بدین ترتیب هم برای انجام مطالعات، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها، اطلاعات کافی در اختیار حفاظت‌گران قرار می‌گیرد، هم در مواردی که

آثار با ارزش تاریخی بر اثر عواملی مانند زلزله یا سیل و مواردی مشابه تخریب شوند، مطالعه به منظور بازسازی آن‌ها با مراجعه به مستندات، امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین با توجه به مفهوم و شیوه‌های متفاوت فرایندهای BIM و HBIM در زمینه مدل‌سازی و بررسی اطلاعات، تفاوت مراحل مدل‌سازی با استفاده از این دو فرایند به اختصار در جدول ۷ ارائه شده است.



شکل ۱۷. ابعاد در HBIM (Castellano-rom & Pinto-puerto, 2019: 6)



شکل ۱۸. ابعاد در BIM (نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۷. فرایند مدل‌سازی با استفاده از فناوری BIM و HBIM

BIM مدل‌سازی با فناوری	HBIM مدل‌سازی با فناوری
پروژه هنوز ساخته نشده و در دست طراحی است.	پروژه ساخته شده وجود دارد. به همین دلیل، مدل‌سازی برای ساختمانی که ساخته شده، انجام می‌شود.
ساختمان قبل از ساخته شدن براساس طرح، مدل می‌شود.	ماهیت آن به گونه‌ای است که لایه‌های اطلاعاتی دارد و لازم است برای ساخت مدل روی هم قرار گیرند.
مدل‌سازی با اجزای هوشمند و دارای اطلاعات ساخته می‌شود.	پیمایش به صورت میدانی برای جمع‌آوری داده انجام می‌شود و حضور در محل ساختمان را در پی دارد.
در آلتیه، طراحی و مدل می‌شود.	ساختمان وضع موجود قابل مدل شدن است که ممکن است برخی قسمت‌ها مانند سازه یا لایه‌های ساختاری قابل شناسایی نباشند.
با توجه به مدل‌سازی پیش از ساخت، ساختار به طور کامل شناخته شده و قابل بررسی است.	مدل‌سازی ساختمان با تمام اجزای قابل برداشت انجام می‌شود و برای تکمیل مدل، مطالعات منابع تاریخی نیز لازم است.
به دلیل مدل‌سازی قبل از ساخت می‌توان امکانات، تسهیلات و تأسیسات را نیز مدیریت کرد.	یک مدل دقیق از آنچه هست و یک ساختار شبیه‌سازی شده با ارائه و نمایش از آنچه ساخته شده است، تهیه می‌شود.
امکان کنترل تطابق ساخت با مدل ساخته شده وجود دارد.	
امکان آزمایش و شبیه‌سازی یک ساختار که هنوز ساخته نشده است، وجود دارد.	
ارائه و نمایش ساختمان به عنوان طرحی که قرار است باشد.	

(نگارندگان، ۱۴۰۲)

به استناد کنوانسیون ونیز که ایران نیز آن را امضا کرده و متعهد به اجرای آن است، شکل و وضعیت واقعی بناهای تاریخی باید برحسب ملاک‌های علمی و فنی، بی‌کم و کاست مستند شوند. انجام هرگونه عملیات اصولی درخصوص بازیابی، مرمت، باززنده‌سازی، پژوهش و تحلیل بناهای تاریخی تنها در صورت اندازه‌گیری و مستندنگاری کامل امکان‌پذیر است. هرگونه تصرف و تغییر در بناهای تاریخی پیش از مستندنگاری علمی و شناخت کامل اثر ممنوع است و در صورت انجام باید بی‌درنگ متوقف شود. با داشتن اطلاعات درست مکانی است که می‌توان نگهداری هوشمندانه بناهای تاریخی و مدیریت دانش بنیان میراث فرهنگی را به‌طور کارآمد تضمین کرد. به همین دلیل است که در زمینه شناخت، مستندنگاری، حفاظت، مدیریت، برنامه‌ریزی و پایش و انجام فرایند ثبت آثار، علوم مکانی و فنون موجود در این حوزه، ازجمله روبشگر لیزری و فتوگرامتری، کاربرد وسیعی دارند. روبشگر لیزری به دلیل سادگی روش و عدم نیاز به طراحی شبکه پیچیده برداشت نقاط، منجر به فراهم شدن امکان برداشت بیرون و درون ساختمان بدون نیاز به تماس با اثر شده است و در مدت کوتاهی، نقاط بسیاری را با تراکم بسیار برداشت می‌کند. هرچند این حجم وسیع در مرحله پردازش ممکن است زمان‌بر باشد اما سرعت و دقت موجود در این روش هنگام برداشت، استفاده از آن را توجیه می‌نماید. فتوگرامتری هوایی و برد کوتاه هم ازجمله تکنیک‌های کارآمدی است که به‌منظور تهیه نقشه بناهای تاریخی در مقیاس و دقت دلخواه استفاده می‌شود و باوجود برخی محدودیت‌ها در انجام عملیات عکس‌برداری به‌واسطه پیچیدگی بناهای تاریخی، باز هم در تهیه اسناد میراثی، بسیار کاربرد دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، استفاده از فناوری HBIM برای یک پروژه حفاظتی به دلیل استفاده از روبش لیزری و فتوگرامتری، اسناد دقیق و قابل اعتمادی تهیه می‌کند و با تکمیل مطالعات هر اثر به‌مرور زمان، فهرستی از مراحل توسعه و تجارب را ارائه می‌دهد. البته، معایبی هم دارد که به‌صورت خلاصه در جدول ۸، مزایا و معایب بهره‌گیری از این فناوری ارائه شده است.

جدول ۸. مزایا و معایب بهره‌گیری از فناوری HBIM

مزایای فناوری HBIM	معایب فناوری HBIM
برداشت دقیق با استفاده از روبشگر لیزری و فتوگرامتری	گران و پرهزینه بودن تجهیزاتی چون روبشگر لیزری
قابل اعتماد بودن اطلاعات تولیدشده به‌واسطه برداشت یک‌به‌یک	
فراهم کردن محیط یکپارچه نگهداری اطلاعات از پیمایش تا پیوست اطلاعات	زمان‌بر بودن پردازش داده‌های برداشت‌شده
امکان پیوست و افزودن اطلاعات با ماهیت‌های متفاوت و مرتبط به اثر ازجمله اسناد و نقشه‌های قدیمی، تصاویر قبل و پس از اقدامات اجرایی، متن‌ها و گزارش‌ها	قابل برداشت نبودن برخی از بخش‌های ساختمان مانند سازه و ساختار دیوارها به دلیل قرار گرفتن در پشت پوشش نهایی
امکان فازبندی هنگام مدل‌سازی، امکان نمایش دوره‌های مختلف زمانی بر روی یک مدل و امکان نمایش هر فاز به‌صورت مجزا	
ترسیم مدل سه‌بعدی دقیق به‌منظور تفسیر درست وضع موجود و استفاده از آن برای تصمیم‌گیری آتی حفاظت	بالا بودن سطح جزئیات مدل HBIM و زمان‌بر شدن ساخت مدل با توجه به مدل‌سازی مطابق با سطح جزئیات مورد نظر
امکان استفاده از تصاویر قائم، به‌منظور درک بافت، توده و شکل یک میراث معماری	
فراهم شدن امکان مدل‌سازی پارامتریک	
امکان افزودن تدریجی اطلاعات و مدل‌سازی با قابلیت به‌روزرسانی به‌عنوان مؤثرترین ویژگی این فناوری برای مدیریت و تصمیم‌گیری	نیاز به مدل‌ساز حرفه‌ای برای دستیابی به مدل ایدئال دارای ویژگی‌های مورد نیاز
فراهم شدن امکان پایش مستمر به‌واسطه استفاده از تکنیک‌های فناوری HBIM	نیاز به فراهم شدن یک پایگاه مدیریت اطلاعات. این فرایند پیچیده است و به متخصصین در زمینه طبقه‌بندی و مدیریت اطلاعات نیاز دارد.
برای حفاظت و نگهداری و مدیریت	
فراهم شدن امکان برآورد هزینه‌ها و حجم مصالح در صورت افزایش سطح جزئیات مدل	
فراهم شدن امکان مدل‌سازی عملیات اجرایی و مدیریت پروژه پیش از شروع عملیات	

(نگارندگان، ۱۴۰۲)

همان طور که شرح داده شد، می توان اطلاعات با ماهیت های مختلف را با تعریف دسته بندی مناسب هر طیف به عنوان جزئیات فراتر از مدل برای آن، تعریف و به آن پیوست کرد. بنابراین هر جزء، یک مدل هوشمند بوده و علاوه بر ابعاد و اندازه، مشخصه های توصیفی دیگری را می تواند به همراه داشته باشد. در ابنیه تاریخی، این مسئله به دلیل ثبت تجربه ها و تصمیم های مرتبط با عملیات اجرایی حفاظت، می تواند کاربرد مؤثری داشته باشد. البته روند مطلوب آن است که اسناد، طبقه بندی شده و به صورت کدهای قابل شناسایی وارد جداول شوند. این شیوه نیز مطالعات دیگری را در حوزه طبقه بندی و مدیریت اطلاعات در بر خواهد داشت. اما نکته مهم این است که این مسئله در صورت تحقق می تواند مانع پراکندگی و مفقودی اسناد مرتبط با اثر باشد که تاکنون در روند بایگانی اسناد بسیاری از ابنیه تاریخی، رخ داده است. ایجاد کتابخانه های متعددی که با استفاده از این فناوری تهیه می شوند، می توانند آرشیوی از جزئیات معماری آثار مربوط به دوره های مشابه را ارائه دهند. با کمک آن ها می توان به منظور شناخت یا تصمیم گیری درباره اقدامات مرتبط با حفاظت آثار تاریخی، از پایگاه های اطلاعاتی حاوی مستندات تهیه شده، بهره گرفت.

از دیگر نکات مطرح در این شیوه برای بناهای تاریخی، فراهم شدن محیطی است که طرح های حفاظت یا بازسازی را در ترکیب با فناوری های رقومی مانند AR^{۲۵}، می توان پیش از ساخت در دنیای واقعی تصور کرد. بنابراین با توجه به اینکه چون مدل سه بعدی ساخته شده در محیطی است که می توان از فناوری AR استفاده کرد، در صورت ارائه طرح های بازسازی اثر، از طریق گوشی همراه که در برابر ساختمان قرار می گیرد، به صورت مجازی، مدل سه بعدی بازسازی قابل درک است. این فناوری رقومی در بناهای تاریخی که دچار تخریب شده و امکان بازسازی در دنیای واقعی را ندارند، مؤثر خواهد بود.

بنابر آنچه بیان شد، فناوری HBIM شیوه ای نوین را در ثبت و مستندسازی آثار معرفی می کند. دقت تولید اسناد و امکان پیوست اطلاعات مختلف به آن، بیانگر کارآمدی این فناوری در ثبت و حفاظت از آثار تاریخی است. در پژوهش صورت گرفته، تشریح گام به گام مراحل مدل سازی و استفاده از این شیوه به منظور گسترش بهره گیری از آن، در کشور انجام شده است تا بتواند روند روبه رشد و مؤثری در تولید، نگهداری و ارائه اسناد ابنیه تاریخی ارائه دهد.

پی نوشت

1. Historic / Heritage Building Information Modeling
2. Level of Details (LOD)
۳. مطالعه نحوه تهیه اسناد مرتبط با پرونده های ثبت آثار ملی معماری نشان می دهد صفات ارائه شده در شناسنامه های ثبت آثار ملی، در طول زمان کامل تر شده و سه خصوصیت اصلی: نام، مکان، دوره تاریخی بنا در این فهرست ها ثابت مانده اند. اما بندهایی برای شرح اسناد و مدارک اثر شامل: نقشه جغرافیایی، عکس، مقاله یا کتاب، نقشه های معماری شامل: پلان، نما و مقطع، وضعیت حریم اثر، شرح وضعیت مالکیت (وقفی، دولتی یا خصوصی) و شرایط مالک و رضایت وی و مشخصات اداری دیگر، باگذشت زمان به لیست این پرونده ها اضافه شده است. نکته قابل توجه در این شناسنامه ها تفاوت در دقت برداشت توسط کارشناسان ثبت بوده که منجر به ایجاد تفاوت هایی در نحوه ارائه و دقت در تهیه اسناد پرونده های ثبت شده است (اندرودی، ۱۳۹۲: ۸۱).
۴. برای مطالعه بیشتر رجوع شود به: آدینه، علی (۱۳۹۶). رباط شرف، حفاظت از منزلگاهی هزارساله در جاده ابریشم و آدینه، ششمین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه سازان مسکن و ساختمان استان تهران. و همچنین، علی و ولی بیگ، نیما (۱۴۰۲). مطالعه مقایسه ای تزئینات موجود در مقبره ارسلان جاذب، میل ایاز، رباط ماهی و رباط شرف در گستره کالبدی، نشریه هنرهای صناعی خراسان، دوره ۴۱ (۴): ۶۴-۴۳.
۵. بررسی و مقایسه جزئیات تزئینی اثر تاریخی رباط شرف در ترکیب با سه اثر: رباط ماهی، مقبره ارسلان جاذب و میل ایاز نیز بهره گیری از تجارب تزئینی آثار مختلف را در این اثر آشکار می کند (آدینه و ولی بیگ، ۱۴۰۲: ۶۱).
6. International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (Venice Charter 1964), International Charters for Conservation and Restoration, International Council on Monuments and Sites.
7. Comite International de la Photogrammetrie; English: International committee of Architectural photogrammetry
8. ISPRS: International Symposium of Photogrammetry and Remote Sensing

9. IFC (Industry Foundation Classes)

یک استاندارد جهانی است که برای توصیف، اشتراک و تبادل اطلاعات در صنایع ساختمانی است.

10. Terrestrial Laser Scan

11. Precision

12. Accuracy

13. Integrity

14. Reliability

15. GEOSLAM ZEB REVO

یک کمپانی انگلیسی- استرالیایی است که در سال ۲۰۱۲ تأسیس شد و روبشگرهای دستی لیزری به نام های ZEB و REVO را روانه بازار کرد. سامانه اخیر این کمپانی REVO ZEB در دو نسخه با دوربین CAM و آر تی RT نیز ارائه شده است که همگی قابلیت برداشت ۴۳۲۰۰ نقطه را در ثانیه برای مدت ۴ ساعت متوالی دارند. REVO ZEB نسبت به نسخه اولیه آن ZEB1 دارای سرعت برداشت نقاط تا ۵،۲ برابر و همگونی بهتر نقاط نمونه برداری است (نقیبی راد و همکاران، ۱۴۰۳: ۱۴۱).

۱۶. انواع مختلفی از نرم افزارها مبتنی بر BIM در بازار مهندسی وجود دارند که دو مورد از مهم ترین آن ها و Autodesk BIM Revit و ArchiCAD Graphisoft است.

۱۷. برای مطالعه بیشتر رجوع شود به: آدینه، علی (۱۳۹۶). رباط شرف، حفاظت از منزلگاهی هزارساله در جاده ابریشم. ششمین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه سازان مسکن و ساختمان استان تهران.

۱۸. البته دلایل دیگری نیز جهت استفاده و حتی ساخت دو حیاط رباط ذکر شده است. برای مطالعه بیشتر رجوع شود به مقاله اشاره شده در پی نوشت ۱۷.

۱۹. ترمبه پتکانه.

۲۰. برای مطالعه بیشتر رجوع شود به: شیخی، علیرضا و آدینه، علی (۱۳۹۹). نقوش مهری و تویی های گچی ته آجری در تزیینات رباط شرف. هنرهای زیبا، هنرهای تجسمی، دوره ۲۵ (۱): ۸۷-۹۸.

۲۱. فناوری AR متکی به استفاده از تلفن همراه، لنزهای تماس چشمی، عینک، صفحه نمایش و دوربین است. این فناوری با محیط واقعی اطراف تعامل دارد و از طریق دستگاه های هوشمندی که مجهز به دوربین (برای جمع آوری اطلاعات محیط اطراف) و حسگرهای بسیار حساس (برای تجزیه و تحلیل محیط واقعی) هستند، کار می کند. در فناوری AR به دستگاه خاصی نیاز نیست و کافی است دستگاه دیجیتال (موبایل و تبلت) از این فناوری پشتیبانی کند.

۲۲. فایل های پردازش شده با پسوند rcp یا res از طریق تب Insert به محیط نرم افزار وارد می شوند.

23. Ortho-photo

۲۴. بستر Revit دسته بندی و سلسله مراتب مشخص شده ای دارد که از قبل در نرم افزار تعریف شده و قابل تغییر نیست. هریک از عناصر مختلف، بخشی از یک خانواده هستند. منظور از خانواده (Family)، مجموعه عناصری است که ظاهر و رفتار یکسانی دارند اما از نظر جزئیات مثلاً ابعاد و اندازه، متریا و ... ممکن است، تفاوت داشته باشند.

۲۵. فناوری AR در ترکیب با مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و نرم افزار پیشرفته مدل سازی سه بعدی، به گونه ای است که کاربر می تواند ساختمان را در محیط واقعی خود، در مقیاس واقعی، قبل از ساخته شدن ببیند. فناوری AR متکی به استفاده از تلفن همراه، لنزهای تماس چشمی، عینک، صفحه نمایش و دوربین است. این فناوری با محیط واقعی اطراف تعامل دارد و از طریق دستگاه های هوشمندی که مجهز به دوربین (برای جمع آوری اطلاعات محیط اطراف) و حسگرهای بسیار حساس (برای تجزیه و تحلیل محیط واقعی) هستند، کار می کند. AR ترکیبی عالی از دنیای دیجیتال و دنیای واقعی برای ایجاد محیطی مصنوعی است که هدف آن شبیه سازی محیط واقعی در دنیای دیجیتال است.

فهرست منابع

- آدینه، علی (۱۳۹۸). تکنولوژی مدلسازی اطلاعات ساختمان تاریخی؛ ابزاری کارآمد درحفاظت از آثار تاریخی HBIM:Historic Building Information Modeling، ششمین کنگره ملی عمران معماری و توسعه شهری، کد مقاله: DOI ICSAU06_0201، تهران.

- آدینه، علی (۱۳۹۸). رباط شرف؛ حفاظت از منزلگاهی هزارساله در جاده ابریشم. ششمین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه سازان مسکن و ساختمان استان تهران، تهران. <https://civilica.com/doc/927806>

- آدینه، علی و ولی بیگ، نیما (۱۴۰۲). مطالعه مقایسه‌ای تزئینات موجود در مقبره ارسلان جاذب، میل ایاز، رباط ماهی و رباط شرف در گستره کالبدی. نشریه هنرهای صناعی خراسان، دوره ۱ (۴): ۶۴-۴۳.
- اندرودی، الهام (۱۳۹۲). مستندسازی دانش بنیان میراث معماری در ایران. نشریه معماری و شهرسازی هنرهای زیبا، دوره ۱۸ (۱): ۷۹-۹۰.
- پیرنیا، محمدکریم (۱۳۷۲)، آشنایی با معماری اسلامی ایران. غلامحسین معماریان، تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- حناچی، پیروز؛ محمودکلایه، سعید و غلام‌نژاد، محمد (۱۳۹۴). اصول و روش‌های مستندسازی و مستندنگاری بناها و محوطه‌های تاریخی. چاپ اول، تهران: دانشگاه تهران.
- شیخی، علیرضا و آشوری، محمدتقی (۱۳۹۳). تداوم نقش مایه‌های ساسانی در تحلیل سه اثر گچ‌بری دوره سلجوقی (مطالعه موردی: محراب‌های رباط شرف و مسجد گنبد سنگان). نامه هنرهای تجسمی و کاربردی، ۷ (۱۳): ۸۰-۶۱.
- شیخی، علیرضا و آدینه، علی (۱۳۹۹). نقوش مهری و توپی‌های گچی ته‌آجری در تزئینات رباط شرف. هنرهای زیبا، هنرهای تجسمی، دوره ۲۵ (۱): ۸۷-۹۸.
- فیض‌اله بیگی، آرزو (۱۳۹۴). کاربرد علوم ژئوماتیک در خلق، ثبت، مستندسازی و حفاظت از میراث تاریخی و فرهنگی. همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- گذار، آندره؛ گذار، یدا؛ سیرو، ماکسیم و همکاران (۱۳۸۷). آثار ایران (۱-۲). ترجمه ابوالحسن سروقد مقدم، چاپ پنجم، مشهد: بنیاد پژوهش‌های آستان قدس رضوی.
- گلابچی، محمود؛ گلابچی، علیرضا؛ نورزایی، عصمت‌الله و قارونی جعفری، کبری (۱۳۹۴). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM. تهران: دانشگاه تهران.
- مالیان، عباس و ذوالفقاری، محمود (۱۳۷۸)، نقشه‌برداری بناهای تاریخی به روش فتوگرامتری برد کوتاه. همایش ملی ژئوماتیک، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.
- نقیبی راد، سیدعلی؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر؛ فاتحی، پرویز؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سعادت‌سرشت، محمد و برومند، مهدی (۱۴۰۳). ارزیابی روش قطعه‌بندی مبتنی بر Octree در جداسازی ابرنقاط زمینی در داده‌های لیزر اسکنر دستی. مجله جنگل ایران، ۱۶ (۱): ۱۳۷-۱۵۵.
- تصاویر قدیمی و نقشه‌های تفصیلی رباط شرف (۱۳۹۴). آرشیو اسناد پایگاه ملی رباط شرف.
- Allen, P. Stamos, I, Troccoli, A, Smith, B, Leordeanu, M. & Hsu, Y. (2003). 3D Modeling of Historic Sites Using Range and Image Data. *Proceedings of the International Conference on Robotics and Animation (ICRA), Tapei*, 145-150.
- Arayici, Y. & Hamilton, A. (2005). Modeling 3D Scanned Data to Visualize the Built Environment. Information Visualisation, *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualisation (IV'05), London, UK*. 509-514.
- Arayici, Y. (2008). Towards Building Information Modelling for Existing Structures. *Structural Survey*, 26(3), 210 - 222.
- Baik, A.; Alitany, A.; Boehm, J.; and Robson, S. (2014). Jeddah Historical Building Information Modelling "JHBIM" -Object Library, *ISPRS Ann. Photogrammetry and. Remote Sensing. Spatial Inf. II-5*, 41-47.
- Baik, A. (2016). Documentation of the Nasif Historical House, in historical Jeddah, Saudi Arabia, using terrestrial laser scanning and image survey methods, *Proceedings of the Eighth Saudi Students Conference in the UK. World Scientific*, 767-780.
- Baik, A. (2017). From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House – case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 1-18.



- Baik, A.H. (2020). **Heritage Building Information Modelling for Implementing UNESCO Procedures: Challenges, Potentialities, and Issues** (1st ed.). Routledge.
- Cheng, X.J. & Jin, W. (2006). Study on reverse engineering of historical architecture based on 3D laser scanner. *In Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 843.
- Donath, D. (2008). Bauaufnahme und Planung im Bestand - Grundlagen, Verfahren, Darstellung, Beispiele, Wiesbaden.
- Dore, C. & Murphy, M. (2012). Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. *18th International conference on virtual systems and multimedia*, 369-376.
- Dore, C. & Murphy, M. (2014). Semi-automatic generation of as-built BIM façade geometry from laser and image data. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 19(2), 20-46.
- Eastman, C. M. (1975). The use of computers instead of drawings in building design. *AIA Journal*, 63(3), 46-50.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Wiley Publishing.
- Fai, S; Graham, K., Duckworth, T, Wood, N. & Attar, R. (2011). Building information modelling and heritage documentation. In Proceedings of the 23rd International Symposium, International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA), Czech Republic, 12-16.
- Faltýnová, M.; Matoušková, E, Šedina, J. & Pavelka; K. (2016). Building façade documentation using laser scanning and photogrammetry and data implementation into BIM. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.
- Garagnani, S; & Manferdini, A. M. (2013). Parametric accuracy: building information modeling process applied to the cultural heritage preservation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5(1), 87-92.
- Guarnieri, A.; Remondino, F. & Vettore, A. (2006). Digital Photogrammetry and TLS Data Fusion Applied to Cultural Heritage 3D Modeling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVI, part 5. ISPRS Commission V Symposium, Dresden, Germany.
- Kiviniemi, A. (2012). Open BIM Learning Xchange. SOBE, University of Salford. Koo, B. & Fischer, M. (2000). Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(4), 251-60.
- Leite, F; Akcamete, A, Akinci, B, Atasoy, G. & Kiziltas, S. (2011). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 20(5), 601-609
- Megahed, N. A. (2015). Towards a theoretical framework for HBIM approach in historic preservation and management. *Archnet-IJAR*, 9(3): 130-147.
- Murphy, M. (2012). Historic Building Information Modelling (HBIM). For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830. *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*, April, 233-273.

- Murphy, M.; McGovern, E. & Pavia, S. (2007), Parametric vector modelling of laser and image surveys of 17th century classical architecture in Dublin, *The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*, 27-29.
- Murphy, M.; McGovern, E. & Pavia, S. (2009), Historic building information modelling (HBIM), *Structural Survey*, 27(4), 311-327.
- Murphy, M.; McGovern, E. & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling-Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89-102.
- Redmond, A; Hore, M. & Alshawi, R. West. (2012). Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM, *Autom. Constr*, 24, 175-183.
- Respalidiza, A.; Wachowicz, M. & Vazquez Hoehne, A. (2012). Exploring Cultural Heritage Resources in a 3d Collaborative Environment. *Proceedings of the 7th International Conference on 3D Geoinformation*, Québec, Canada, 25-28.
- Rua, H. & Gil, A. (2014). Automation in Heritage –Parametric and Associative Design Strategies to Model Inaccessible Monuments: The Case Study of Eighteenth Century Lisbon Águas Livres Aqueduct. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 1(3-4), 82-91.
- Succar, B.; Sher, W. & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: five metrics, *Archit. Eng. Des. Manage.* 8, 120-142.
- Thomsen, C; Darrington, J, Dunne, D. & Lichtig, W. (2010). Managing Integrated Project Delivery. White paper, https://cmaanet.org/files/shared/ng-Integrated-Project-Delivery-11-19-09__2_.pdf, Access Date, 12/05/2015
- Volk, R.; Stengel, J. & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings — Literature Review and Future Needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
- Watson, A. (2011). Digital buildings-challenges and opportunities, *Adv. Eng. Inform*, 25(4) 573-581.
- Woodward, A. & Heesom, D. (2019). Implementing HBIM on conservation heritage projects Lesson from renovation case studies, *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(1), 96 - 114.





Received: 2022/10/30

Accepted: 2023/10/08

HBIM; A New Technology in Documenting Architectural Heritage Case Study; The Second Courtyard Mosque of Ribat-i Sharaf*

Ali Adineh** Gholamreza Kiani Dehkiani*** Abbas Malyan****

Abstract

Documenting an architectural work provides information that serves as a basis for decision-making regarding the preservation of the work. The main issue is the presentation and storage of documents for understanding the existing conditions and the evolutionary process of its physical structure. Therefore, documentation, recording, and preservation of documents play an influential role in how the work is preserved. In traditional methods of surveying and producing documents, a lot of time was spent. Also, there was no proper archive for storing and identifying documents. The introduction of Building Information Modeling (BIM) technology in the construction industry created a revolution and made it possible to build an accurate virtual model of a building with the aim of storing construction information throughout its entire life cycle. The use of this technology in documenting historical buildings has been introduced with the acronym HBIM. Today, the question is to what extent can the information obtained from documenting historical buildings be modeled, stored, and updated using HBIM technology? Studies show that HBIM technology provides a new model for modeling architectural heritage, which utilizes terrestrial laser scanning and photogrammetry for surveying and data collection. This new method has been introduced with the aim of creating intelligent models and attaching documents with update capabilities. For this purpose, the modeling process from surveying to attaching information to the components of architectural heritage, which has been implemented on the Second Courtyard Mosque of Ribat-i Sharaf, has been described to demonstrate the efficiency of the method for preparing an accurate virtual 3D model of architectural heritage; also, by attaching study documents related to each component, it increases the richness of the documentation performed and provides an environment for feasibility studies and building virtual models before execution.

Keywords: HBIM, Documentation, Architectural Heritage, Preservation of Historical Buildings, Ribat-i Sharaf.

* This article is derived from the first author's doctoral dissertation titled "Explaining the Effect of HBIM Technology on Strategic Thinking Before Intervention in Historic Buildings," which was conducted in the field of Conservation of Historic Buildings and Contexts at the Art University of Isfahan under the supervision of Dr. Gholamreza Kiani Dehkiani and Dr. Abbas Malyan.

** PhD Candidate in Conservation of Historic Buildings and Contexts, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Iran.

*** Assistant Professor, Department of Conservation of Historic Buildings and Contexts, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Iran (Corresponding Author). *gh.kiani@aii.ac.ir*

**** Assistant Professor, Department of Surveying Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.