6th National Conference on
Sustainable Architecture and City
Faculty of Architecture and Urban Planning
Shahid Rajaee University
March 2022

ششمین همایش ملی
معماری و شهر پایدار
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی
دانشگاه شهید رجایی
اسفند ۱۴۰۰

مدل سازی اطلاعات به روش BIM در حوزه میراث فرهنگی

حامد دارایی بافی[۱]، علی رنگچیان[۲]

۱ - کارشناس رسمی دادگستری ، مرمت و احیاء بناها و بافتهای تاریخی، دانشگاه تهران

۲ - مربی ، عضو هیات علمی گروه مرمت و احیاء بناها و بافتهای تاریخی، دانشگاه سمنان

Information Modeling by BIM Method in the Field of Cultural Heritage

Hamed Daraei Bafi [1], Ali Rangchian [2]

1- Official Court Expert, Restoration and Conservation of Monuments, Tehran University

2- Faculty Member of the Department of Restoration and Conservation of Monuments, Semnan University

E-mail: ali.rangchian@semnan.ac.ir *Corresponding Author: E-mail hameddaraei@gmail.com

چکیده

امروزه محبوبیت مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان یک سیستم مدیریت داده در عرصه های مهندسی و معماری در سراسر جهان در حال افزایش می باشد. سودمندی (BIM) بیش از آنکه در مراحل پس از ساخت به کار آید در مرحله طراحی دیده می شود.

توسعه مدل های سه بعدی دیجیتال قابل اعتماد که امکان برنامه ریزی و مدیریت این پروژه ها را به روشی از راه دور و غیر متمرکز می دهد در حال حاضر یک ضرورت رو به رشد است. نرم افزارهای زیادی برای انجام مدل سازی و مستندنگاری کامل از بناهای مداخله شده وجود دارد. با این حال بخش معماری ، مهندسی و ساخت و ساز استاندارد مدل سازی اطلاعات ساختمان(BIM) را در چند دهه گذشته به دلیل پیشرفت در کیفیت و قابلیت های آن اتخاذ کرده است.

مدل سازی پیچیده میراث فرهنگی از طریق نرم افزار (BIM) منجر به در نظر گرفتن مفهوم (Heritage BIM) می شود که مدل سازی عناصر معماری را با توجه به گونه شناسی هنری، تاریخی و ساختاری دنبال می کند.

به علاوه (HBIM) به عنوان یک فناوری نوظهور در نظر گرفته می شود که ما را قادر می سازد میراث ساخته شده را درک، مستندسازی ، تبلیغ و بازسازی مجازی کنیم. در این نوشتار مروری بر ادبیات موجود در مورد (HBIM) و اجرای موثر آن در مقوله میراث فرهنگی خواهیم داشت. این موضوع یکی از راهکارهایی است که امکان بهره گیری از چارچوبهای پایداری در میراث شهری و سکونتگاههای ارزشمند انسانی را میسر می سازد.

واژه های کلیدی

مدل سازی اطلاعات، میراث فرهنگی، فناوری نوظهور، مستندسازی، مدیریت پروژه

Abstract

Today, the popularity of building information modeling (BIM) as a data management system in the fields of engineering, architecture and construction is increasing worldwide. Utility (BIM) is seen more in the design and construction stages than in the post-construction stage.
The development of reliable digital 3D models that enable the planning and management of these projects in a remote and decentralized manner is now a growing necessity. There is a lot of software for complete modeling and documentation of the intervened buildings. However, the Department of Architecture, Engineering and Construction (AEC) has adopted the Building Information Modeling (BIM) standard over the past few decades to improve its quality and capabilities.
Complex modeling of cultural heritage through software (BIM) leads to the consideration of the concept (Heritage BIM), which follows the modeling of architectural elements based on artistic, historical and structural typology.
In addition, (H-BIM) is considered as an emerging technology that enables us to understand, document, promote and virtualize the built heritage. In this article, we review the existing literature in (H-BIM) and its effective implementation in the field of cultural heritage.
This is one of the solutions that makes it possible to take advantage of sustainable frameworks in urban heritage and valuable human settlements.

Keywords:
Cultural Heritage, Documentation, Emerging Technology, Information Modeling, Project Management

مقدمه

مطابق تعریف یونسکو، میراث‌فرهنگی به دو دسته کلی میراث فرهنگی ملموس و میراث فرهنگی ناملموس تقسیم می شود که با یکدیگر منعکس کننده ارزشهای جهانی هستند که باید ضمن حفظ و حراست به نسل های آینده انتقال یابند.میراث فرهنگی ملموس،به ویژه‌دارایی‌های‌غیرمنقول(آثار،محوطه‌های‌باستانی‌و غیره)، موضوع‌اصلی کاربردرویکردهای‌جدیداست اما، در بسیاری‌از بناهای‌تاریخی‌موجود کمبوداسناد و اطلاعات‌فنی قطعی وجود دارد که می توانمنجر به مدیریت‌ناکارآمدپروژه،از دست دادن زمان و افزایش‌هزینه‌ها در فرآیندهای‌نگهداری‌یا به روز رسانی شود.

بنابراین،یک مدل دیجیتالی‌سه بعدی ساختار یافته به عنوان بخشی از فرآیند بهبود حفاظت ازمیراث معماری، یک نیاز فوری است. علاوه بر این، مدل سه بعدی دیجیتال باید به یک مرجع حیاتی برای درک و نظارت بر اسناد تبدیل شود، که این مهم می تواندبا سازماندهی یکمنبع داده (گرافیک‌و نشانه ها) برای کمک به پروژه‌های‌حفاظت،مرمت و بازسازی‌ایجاد گردد.(Acierno, 2017 : 124)

فناوریهای اسکن سه بعدی و فتوگرامتری‌خصوصا برای تسریع جمع آوری داده های مکانی از ساختمانهای موجود بسیار مفید هستند به ویژه اسکنرهای‌لیزری، بازتولیدهندسی دقیقی از اجسام سه بعدی را در مدت زمانی کوتاه،در قالب میلیون ها نقطه، با مختصات‌هندسی (X، Y، Z) ارائه می دهند. علاوه‌بر این، اطلاعات‌رنگ را می توان با استفاده‌از دوربین های‌کالیبره‌شده داخلی یا خارجی گنجاندیا ترسیم کرد یک سری مراحل،مانند تمیز کردن و فیلتر کردن "نویز" ابر نقطه،قبل از استفاده‌از ابر نقطه خام مورد نیاز است،بنابراین‌یک ابر جهانی نهایی به دست می آید که هدف آن حفظ پیچیدگی‌اصلی میراث مستنداست.

ابرهای‌نقطه پردازش شده را می توان در بسترهای‌مدل سازی‌اطلاعات‌ساختمان(BIM) که در سالهای اخیر به عنوان یک الگوی جدید برای طراحی، ومستندسازی‌دیجیتال‌پذیرفته‌شده است، جهت مدیریت‌دارایی های موجود به ویژه بناهای‌تاریخی، ادغام‌کرد. (Akbarnezhad, 2017 : 138)

در حال حاضر بسترهای(BIM) زیادی‌وجود دارد که توسط متخصصان‌برای‌انجام‌مدل سازی،تجسم مجازی‌و مدیریت‌دانش یکپارچه و افزایشی‌میراث معماری‌استفاده‌می شود. با این حال، توجه به این نکته حائز اهمیت است که کتابخانه هاو ابزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان‌بر طراحی‌و ساخت‌ساختمانهای جدید با اشیاء‌ساده،منظم و استانداردتمرکز دارند (Bryde, 2013 : 976)

به همین دلیل، بازسازی‌مجازی و دقیق میراث تاریخی‌فرهنگی،برخی از محدودیت های‌بسترهای(BIM) مانند در دسترس نبودن کتابخانه های‌اشیاء پارامتریک‌تاریخی‌و نبودابزاری‌برای‌مدیریت‌اشکال‌پیچیده،نامنظم‌و نامطمئن‌که از ابرهای‌نقطه ای‌به دست می آیندرا آشکار کرده‌است.

این کتابخانه های‌جدید(H-BIM)، که به عنوان یک افزونه‌برای(BIM) در چارچوب‌کلی «میراث هوشمند» کار می کنند،به فرآیندهای طراحی، بازسازی،مدیریت‌و نگهداری‌میراث معماری‌اجازه‌می دهند تا در بقیه چرخه زندگی خود سریعتراست ساده تر، واضح تر و شفاف تر شوند (McArthur, 2015 : 1107)

نکته قابل توجه تاکید بر چشم انداز(BIM) به عنوان روشی است که می تواند در طی تمام مراحل یک پروژه ساختمانی‌به کار رود. همچنین‌استفاده‌از مدل سه بعدی‌پیش نیازاین روش‌است. فناوری(BIM) به طور ویژه‌بر استفاده‌از مدل‌های‌سه بعدی‌تمرکز می کند که اغلب با قیمت کم، نقش و بستر مهمی برای‌همکاری در مرحله‌تولید و استفاده‌از آن را ایجاد می نماید. دربریتانیا،مؤسسه استاندارد این کشوردر حال تدوین‌و ارتقاء‌مجموعه‌ای‌از استانداردها برای تضمین کیفیت داده‌های‌دیجیتال‌است، و مؤسسه معماران آمریکابا هدف افزایش‌آگاهی‌از مسائل‌مربوط به قابلیت‌همکاری‌از طریق BuildingSMART Alliance، برای «به اشتراک‌گذاری‌و تبادل اطلاعات‌از طریق راه‌حل‌های‌فناوری یکپارچه» ، صرفنظر از اینکه پروژه در چه مرحله ای استجایی برای نقش‌مشارکت‌کنندهدر چرخه‌عمر دارایی‌در نظر گرفته‌است. (Standard Form of Agreement, 1997 : 53)

بنابراین،مزایای(BIM) به طور کلی شامل کاهش هزینه ها و خطاها،افزایش کارایی در برنامه ریزی و ساخت، همکاری در طراحی و درک و مدیریت کارآمدتر تسهیلات است. پذیرش موفقیت‌آمیز و گسترده(BIM) پس از ساخت، تا حدی به دلیل مسائل مربوط به قابلیت همکاری و استانداردهای داده‌های دیجیتال،و نحوه برخورد آنها با داده ها و سیستم‌های مدیریت دارایی‌های موجود و از طرفی هم به دلیل مهارت های متفاوت و قدیمی‌که به طور سنتی در دسترس یک مدیراست، دست نیافتنی است و این نیاز به یک تغییر فرهنگی دارد. اگربه کارگیری(BIM) برای ساختمان های تمام شده دشوار باشد، آنگاه یک لایه پیچیدگی اضافی زمانی آشکار می‌شود که همان سیستم‌ها به صورت گذشته نگر در ساختمان‌های موجود قدیمی‌تر و تاریخی (معمولاً دون داده‌های دیجیتال بومی) اعمال شوند،، زیرا بسیاری از اطلاعات بهصورت«آنالوگ متولد شده» یا حتی ابتدایی هستند،اطلاعاتی در مورد ساختارها و خدماتی که برای ایجاد یک مجموعه‌داده جامع و مفید مورد نیاز است.(114 : 2017, Bryan)

شناخت و تعریف مدلسازی اطلاعات ساختمان (HBIM)

HBIM (با عنوان مدل سازی اطلاعات ساختمان تاریخی) برای اولین بار در سال ۲۰۰۹ و به عنوان راهکاری جدید که در آن اشیاء پارامتری تعاملی نشان دهنده عناصر معماری از داده های تاریخی ساخته می شوند، تعریف‌شد. این عناصر (از جمله جزئیات در پشت سطح اسکن) به طور دقیق بر روی یک ابر نقطه یا بررسی مبتنی بر تصویر نگاشت می شوند (311 : 2009, Murphy)

این اصطلاح از آن زمان به بعد گسترش یافت تا به طور کلی تمامی محیط های میراث را شامل شود و امروزه مجموعه‌پیچیده تری از ارزش های تاریخی و زیبایی شناختی و مشارکت ذینفعان و رشته های متعدد را به رسمیت بشناسد

میراث فرهنگی دارای ارزش اجتماعی برای افراد و جوامع است، اما تفاوتهای ملی و منطقه ای در ارزیابی وضعیت و ارزش آن پررنگ است. به عنوان مثال مفهوم میراث در اروپای شمالی وسیع تر از ایتالیااست، به این معنی که ایده ای گسترده‌است که به عنوان نقطه مرجع اجتماعی و کمک به هویت محلی فرآیندهای طولانی توسعه تاریخی را ثبت و بیان میکند. میراث فرهنگی در انگلستان به‌عنوان "تمام منابع موروثی که مردم به دلایلی فراتر از فایده صرف ارزش گذاری می کنند" تعریف شده است. (71 : 2008, Drury)

این تعریف فراتر از ویژگی های کالبدی است و حتی ساختمان هایی که از نظر معماری فاقد ارزش ویژه ای می باشند حتی دیگر پابرجا نیستند،می توانند به دلیل داشتن نقش تاریخی در جامعه در گذشته به عنوان میراث شناخته شوند

از آنجایی که یک بنای واجد ارزشهای میراث،نوعی متمایز از ساختمانهای موجود است که شامل فعالیت‌های مدیریت تسهیلات می‌شود،به نظر می رسد(HBIM) همان پتانسیل اجرای(BIM) را برای کل چرخه عمر ساختمان دارد، اما همچنان مسائل حل نشده‌ای را نیز شامل می گرددیک ساختمان میراثی،فاقد مجموعه پیچیده ای از داده هااست که بتواند تاریخ ساخت، نگهداری و بازسازی تمام یا بخشی از سازه و خدمات را در خود داشته باشددر بسیاری از موارد نیز اطلاعات موجود برای ارائه مبنایی چنین مجموعه‌داده هایی کافی نیست. علاوه بر این، ماهیت متمایز ساختمان های میراث فرهنگی به عنوان منابع فرهنگی و اجتماعی این سؤال را مطرح می کند که چه داده‌هایی برای ساختمان مفید، مرتبط و مهم هستند تا نیازهای طیف گسترده‌ای از ذینفعان را برآورده کنند، یا کدام یک از آن ذینفعان باید از بررسی حذف شوند. علاوه بر مالکان، ساکنان و مدیران تأسیسات یک ساختمان معمولی، سهامداران دیگری مانند بازدیدکنندگان مورخان، محققان، دانشجویان،سازمان های میراث فرهنگی،دولت و جامعه محلی نیز وجود دارند در موارد مداخله در ساختمان،معماران و مهندسان ممکن است با نقشه برداران،باستان شناسان،متولیان حفاظت و دانشگاهیان همکاری کنند

به نظر می‌رسد استفاده‌از (BIM) در ساختمان های‌میراثی فرصتی‌برای بسیج یک رویکرد فعالانه به منظورمدیریت‌و حفاظت‌از کالبد ساخته شده وارزش اجتماعی‌آن باشد (BIM) می تواندمجموعه ای‌از اطلاعات‌مفید در حوزه‌وظایف‌مدیریتی‌مانند نظارت‌بر وضعیت موجود،تعمیر و نگهداری‌پیشگیرانه‌و بازسازی،و همچنین‌مدیریت‌بازدید کنندگان و برنامه ریزی‌ایمنی‌و ایمنی مربوطه راارائه‌دهد به علاوه‌این مدل اطلاعات‌می تواندمنبعی‌برای بسیاری‌از ذینفعان‌علاقمندبه ارزش های تاریخی و اجتماعی ساختمان های هدف و نیز حمایت‌از مطالعات‌بیشتر باشد با این حال، ابعاد مفیداین ظرفیت‌تا حد زیادی‌مجهول‌است زیرا "استفاده‌موثر از (BIM) در زمینه های میراثی بسیارپیچیده تراز ساخت و سازهای‌جدیداست و در عین حال مزایای آن‌کمتر آشکار است" (19 : 2017, Brookes)

تاکنون،اکثر تحقیقات مرتبط با حوزه(HBIM)، بر چالش‌های‌فنی تولیدمدل‌های‌سه بعدی دقیق متمرکز شده‌اند

به طور خاص، بیشتر مشارکت های‌علمی موردتجزیه و تحلیل در این حوزه،ترکیبی‌از فناوری های‌جدید جمع آوری داده (اسکنر لیزری و فتوگرامتری) درپسترهای(BIM) دستیابی‌به مدل‌سازی‌مجازی و پارامتریک‌میراث معماری‌را توصیف می کنند با این حال، تنها تعداد کمی از اسناد به اتوماسیون‌فرآیند مهندسی معکوس،با یا بدون (BIM)، و همچنین فرآیندهای‌قابلیت همکاری،مدیریت، مستندسازی‌و نگهداری‌ساختمان "همانطورکه هست" می‌پردازند

در این نوشتار، عملکرد و اجزای(HBIM) نشان داده شده است. سپس رویکردهای‌نقشه برداری،کسب و پردازش داده های هندسی ساختمان‌موردتجزیه‌و تحلیل قرار گرفته است.برخی‌از جنبه های‌مربوط‌به مدل سازی‌هندسی‌سه بعدی‌با استفاده‌از ابرهای‌نقطه ای تشریح شده است.علاوه‌بر این، عملکردهاو ابزارهای‌موجوددر (BIM) به اختصار توضیح‌داده شده است. پس از ارائه پیشینه کلی در مورد مدل سازی مجازی ساختمان های‌موجود،بر تکامل و اجرای(HBIM) در فرآیندهای‌مستندسازی،مدیریت‌و مدل‌سازی‌میراث معماری تمرکز گردیده است و در پایان مسائل و محدودیت هایی‌را که در جریان تجزیه و تحلیل یافت شد مورد بحث قرار گرفته، همچنین‌نتیجه گیری این تحقیق تشریح‌شده است.

ضبط و پردازش داده ها از طریق شناسایی ویژگی های کلیدی (HBIM)

انقلاب تکنولوژیکی‌که در چند دهه اخیر اتفاق افتاده‌فناوری های‌جدیدی‌را با خود به ارمغان‌آورده‌است که تکنیک های‌توپوگرافی جمع آوری‌داده های‌مکانی‌را برای تولیدمدلهای اطلاعات‌ساخت و ساز دقیق بهبود و سرعت بخشیده‌است. دو مورد از این تکنیک تاثیرگذار عبارتند:از فتوگرامتری‌و اسکن لیزری‌زمینی(TLS).

۱ - فتوگرامتری

فتوگرامتری‌یک تکنیک اندازه گیری‌سه بعدی دقیق و بدون تماس است که با استفاده ازچندین تصویر با کیفیت بالا که‌امکان جمع آوری داده های معنایی‌و مکانی یک ساختمان‌یا شی را تسریع می کند به دست می آیدفتوگرامتری‌تکنیکی مبتنی بر مثلث بندی است که در آن خطوط دید دوربینهایی که در چندین مکان قرار دارند در یک نقطه مشترک‌از جسم به هم متصل می شوند نتایج به‌دست‌آمده‌از عکاسی، تصاویر یا مدل‌هایی‌از سطوح مثلثی و بافت‌دارهستند به گفته گرسن مایر، پردازش پس از بازسازی‌عکاسی را می توان‌به عنوان نقطه ضعف بزرگ‌این روش درنظر گرفت چرا که‌فرآیندی‌است منجر به‌صرف زمانی طولانی و تلاشی مضاعف -به منظور تصحیح خطاهای عکاسی می گردد به خصوص‌زمانی که بافت شی ضعیف و شکل آن بسیار پیچیده‌است.

علاوه بر این، برای استفاده‌از تصاویر به‌عنوان مدل‌های دوبعدی یا سه‌بعدی با دقت بالا، فرآیندهای تلاقی نقاط مشخصه و مقیاس‌پذیری باید ابتدا برای هر تصویر به‌دست‌آمده اعمال شود و بعداً با اندازه‌گیری‌های توپوگرافی یا تجربی دقیق ترکیب شود. (Grussenmeyer, 2008 : 216)

اگرچه توسعه فعلی هوش محاسباتی اجازه اتوماسیون کامل را نمی دهد، ترکیب فتوگرامتری با بینایی کامپیوتری (که اساساً الگوریتم های ساختار حرکت (SfM) را شامل می شود) شروع به ارائه نتایج دقیق در مدل سازی سه بعدی در میراث فرهنگی کرده است. دسترسی رایگان و آنلاین به انبوهی از عکس های با کیفیت در حال تبدیل شدن به یک روش غیرقابل‌مقایسه سریع، ارزان و واقعی برای ثبت واقعیت برای بازتولید مصنوعات و ساختمان هاست. به همین دلیل است که تعداد فزاینده ای از ابزارهای نرم افزاری به راحتی یافت می‌شوند تا مدل های سه بعدی از عکس ها را تا حد امکان به صورت خودکار بازسازی کنند

۲ - تکنیک اسکن لیزری

فناوری‌های اسکن لیزری به دلیل توانایی ش در تسریع جمع‌آوری داده‌های مکانی ساختمان‌های موجود یا سطوح پیچیده، و همچنین به دلیل دقت داده‌های به‌دست‌آمده به کار گرفته شده‌اند اسکنرهای لیزری به دو دسته هوایی و زمینی تقسیم می شوند که هر یک دارای برد و دقتی است که برای استفاده ای ویژه مناسب است. بطور خاص، فناوری‌های اسکنر لیزری (TLS) از طریق پرتو لیزری کار می کنند که در جهت ناحیه‌مورد اسکن و به سمت عقب حرکت می کند و زوایا و فواصل را با دقتی از میلی‌متر تا سانتی‌متر اندازه‌گیری می کند در این زمینه، (TLS) یک بازتولید هندسی دقیق از اجسام سه بعدی را در مدتی کوتاه به صورت میلیون‌ها نقطه (ابر نقاط)، با مختصات هندسی (X،Y،Z) در یک محیط دیجیتال، با اطلاعات متریک و رادیومتریک به دست می‌آورد. علاوه بر این، سه عامل در میان سیستم‌های (TLS) برجسته هستند: مثلث‌سازی، اختلاف فاز و زمان پرواز (TOF). هر یک از اینها قادر به تولید ابرهای نقطه ای از اجسام در سیستم های (TLS) هستند با این حال، دقت و چگالی ابرهای نقطه‌ای به دست آمده بسته به نوع اسکنر انتخابی و همچنین تعداد اسکن‌های انجام شده متفاوت خواهد بود. (Dore, 2017 : 187)

در حال حاضر، (TLS) نقش بسیار مهمی در طیف وسیعی از اهداف ایفا می کند که می تواند مستقیماً به میراث فرهنگی تعمیم داده شود، از جمله پیگیری یک مداخله، تشخیص نقص، یا بازتولید مدل های موجود اما، هزینه بالای این فناوری ها، و نیاز به مدیریت تخصصی و پیش پردازش اطلاعات به دست آمده را می توان به عنوان چالش هاو یا معایب آن‌عنوان کرد باید در نظر داشت که به طور کلی نمی توان تمام اطلاعات هندسی برخی از اشیاء یا سطوح خارجی را از یک موقعیت اسکن کرد، زیرا ممکن است عناصری وجود داشته باشند که نمای اسکنر را مسدود کنند به همین دلیل لازم است اسکنر نسبت به جسم در موقعیت های مختلفی قرار گیرد داده‌های استخراج‌شده از اسکن‌های مختلف، ابرهای نقطه‌ای جزئی {(xi، yi، zi)} ایجاد می کنند، و سپس هر یک از این ابرهای نقطه‌ای ادغام می‌شوند تا یک ابر جهانی ایجاد شود که سایت را توصیف می کند این فرآیند به نام ثبت ابر نقطه ای شناخته می شود برای ثبت، همپوشانی خاصی بین مجموعه نقاط مجاور (یعنی ۲۰ تا ۳۰٪) ضروری است. در این همپوشانی، چندین نقطه پیوند مشترک یا هدف بین ابرهای نقطه باید شناسایی شوند

تراز ابرهای نقطه معمولاً با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر نزدیکترین نقطه تکراری (ICP) انجام می شود. تراز کردن اغلب توسط کاربر با نرم افزار ویرایش و پردازش داده های سه بعدی صورت می گیرد پس از آن، به منظور استفاده از ابر نقطه خام، یک سری مراحل مانند تمیز کردن و فیلتر کردن "نویز" داده های ابر نقطه صورت می پذیرد

تمیز کردن و فیلتر کردن به طور کلی به کمک کاربر،با نرم افزارهای‌مخصوص کنترل ابر نقطه (به عنوان مثال ®Polyworks) انجام می شود، زیرا تفسیر صحنه ضروری‌است (به عنوان مثال، تمیز کردن نقاط از درختان،افراد یا نقاط پرت). (Besl, P 1992, 241 :)
در روشی دیگر، مش بندی سطح چند ضلعی می تواندبه عنوان روش پردازش داده ها استفاده‌شود با این روش سطحی که از مثلث تشکیل شده است روی ابر نقطه ایجاد می شود این مش برای پر کردن حفره های‌ابر و همچنین برای نرم شدن و کاهش نقاط مدل ویرایش‌می شود پیش پردازش‌اطلاعات‌امری حیاتی در نظر گرفته می شود، زیرا تراز و اشکال زدایی ابر نقاط چیزی است که امکان ارجاع دقیق اطلاعات گرفته شده را فراهم می سازد فناوری چند وجهی به‌عنوان‌روش دیگری، می‌تواندبه منظور پردازش‌داده ها استفاده‌شود با این روش سطحی که از مثلث تشکیل شده است روی ابر نقطه ایجاد می شود این مش برای پر کردن‌حفره های‌ابر و همچنین‌برای نرم شدن و کاهش نقاط مدل ویرایش‌می شود پیش پردازش‌اطلاعات‌امری حیاتی‌است، زیرا تراز و اشکال زدایی ابر نقاط چیزی‌است که امکان‌ارجاع‌دقیق‌اطلاعات‌گرفته‌شده‌را فراهم‌می نماید(Remondino, 2006 : 275)

۳ - رویکرد ابر نقطه ای

ابرهای‌نقطه‌ای دریافت و پردازش‌شده،سطح عناصر اسکن‌شده‌را با جزئیات توصیف می‌کنند.متأسفانه،این ابرهای‌نقطه ای حاوی اطلاعات اضافی در مورد اجسامی نیستند که هندسه آنها را نشان می دهند بنابراین،برای به دست آوردن ویژگیهای هندسی، توپولوژیکی‌و معنایی،نیاز به تولید‌مدلهای هندسی سه بعدی یا اشیاء پارامتری‌است. این مدلسازی سه بعدی را می توان‌به عنوان یک فرآیند مهندسی معکوس توصیف کرد. تقسیم بندی و تشخیص ابرهای‌نقطه ای در حال حاضر مراحل اساسی برای شناسایی سطوح صحیح و تسهیل ردیابی یا مدل سازی اشیاء پارامتری‌را نشان می دهد این مراحل را می توان‌به صورت نیمه خودکار یا کاملاً خودکاراز طریق پیشرفت‌های اضافه‌شده به پلتفرم‌های (BIM) و همچنین‌الگوریتم‌های جدید تشخیص‌اشیا و تقسیم‌بندی‌ابر نقطه انجام‌داد.(Volk, 2014 : 118)

۴ - رویکرد مدلسازی نیمه اتوماتیک

فرآیند نیمه اتوماتیک‌توسط کاربر به شکل تنظیمات،برشها، استخراج‌و اکستروژنهای صورت های ساخته شده بر روی ابر نقطه هدایت‌می شود در اصل،این فرآیندشامل استفاده‌از ابزارهای‌نرم افزار‌طراحی‌برای پیکربندی‌دستی مجموعه‌ای از سطوح و بخش ها در مختصات هندسی Z ،Y ،X ابرهای‌نقطه است. صفحات و نماهای‌دو بعدی که مشخصات‌هندسی اشیاء اسکن شده را به تفصیل شرح می دهند،به لطف بخشها و سطوح به دست می آیند. علاوه‌بر این، سطوح و مقاطع نیز به عنوان‌نقطه شروع و پایان‌هر هندسه نشان‌داده شده استفاده‌می شود در نهایت‌این اقدامات‌ذکر شده به عنوان راهنمابرای شروع مدل‌سازی‌هندسی‌اجزای معماری‌اسکن شده مورد‌استفاده‌قرار خواهندگرفت
این فرآیند‌برای مستندسازی‌و انتشار‌اطلاعات‌مربوط به ساختمان‌های‌موجود‌ارزشمنداست. با این حال، دستیابی‌به اجرای آن یک کار دشوار و زمان بر است که به کارگران‌ماهر نیاز دارد. این‌مشکلات‌عمدتاًبه دلیل‌محدودیت‌های‌متعامداست که در بخش بزرگی‌از نرم‌افزار‌طراحی وجود دارد و تعداد‌بالای مراحل لازم برای مدل‌سازی‌پارامتریک‌هندسه‌های‌پیچیده‌موجود در ابرهای‌نقطه‌ای‌است. (Guidi, 2014 : 59)

۵ - رویکرد مدلسازی خودکار

در سالهای گذشته، چندین کار تحقیقاتی تجاری و دانشگاهی در زمینه بازسازی خودکار ساختمان‌های موجود به روش ابرهای نقطه‌ای مورد بررسی قرار داده شده است به‌ویژه در حوزه(BIM) که با مدل‌های پارامتریک خود برجسته شده‌اند

این رویکردهای تحلیل شده، کل فرآیند ابرهای نقطه‌ای را به صورت خودکار به(BIM Scan-to-BIM) تبدیل نمی کنند بنابراین، نتایج به‌دست‌آمده، مدل‌های سطحی دوبعدی و سه بعدی AutoCAD خواهند بود که همچنان باید به‌صورت دستی به مدل‌های (BIM) پارامتریک تبدیل شوند در این زمینه، با توجه به بررسیهای Volk و همکاران، تبدیل خودکار عناصر پیچیده معماری به موجودیت‌های حجمی و معنایی هنوز در مراحل اولیه است (110 : 2014, Volk)

از منظر دیگر، تحقیقاتی که توسط شرکت‌های نرم‌افزارهای تجاری انجام شده، منجر به توسعه مکمل‌ها یا راه‌حل‌های جدید برای خودکارسازی تولید هندسه‌های (BIM) از ابرهای نقطه‌ای گردیده است ®EdgeWise به عنوان یک نرم افزار مکمل مستقل برای Autodesk Revit ایجاد شد. این مکمل ابر را به سطوح یکنواخت طبقه بندی و جدا می کند متعاقباً، نرم افزار به طور خودکار به جستجوی نامزدهای نقاط بین جفت صفحات افقی مشابه می پردازد و مدل پارامتری مبتنی بر هندسه استخراج شده را ایجاد می کند. (2011, ClearEdge 3D)

®Scan-to-BIM، از IMAGINiT Technologies، همچنین به عنوان مکمل Autodesk Revit توسعه یافته است. این مکمل الگوریتمهای تشخیص و تنظیماتی را برای مدیریت ابرهای نقطه ارائه می کند که با تشخیص نقاط، به طور خودکار دیوارها یا سطوح اجسام ساده را در عناصر پارامتریک ایجاد می نماید (2 : 2017, Logothetisi)

مکمل‌های دیگری که به تقسیم‌بندی، تشخیص، پردازش و مدل‌سازی عناصر معماری روی ابرهای نقطه کمک می کنند، Kubit PointSense Buildings و Pointfuse از Arithmetica هستند

با بررسی برخی از پیشرفت‌هایی که توسط تحقیقات دانشگاهی و تجاری به دست آمده است، در نظر می گیریم که جهش مهمی به سمت مدل‌سازی خودکار ابرهای نقطه‌ای انجام شده است. با این حال، فرآیند خودکار Scan-to-BIM دارای محدودیت هایی در پیاده سازی برای مدل سازی یک ساختمان "همانطور که هست" است. یکی از این محدودیت‌ها به این دلیل است که در حال حاضر، خواندن و تفسیر داده‌های کیفی یک فضا یا شی برای انسان کاملاً طبیعی است، اما برای رایانه‌ها بسیار دشوار است، زیرا هنوز «الگوریتم‌های هوشمندی» وجود ندارد که قادر به انجام این عملکرد باشند

سایر محدودیت‌های شناسایی شده به کمبود ابزار نرم‌افزاری برای مدل‌سازی خودکار ابرهای نقطه در اشیاء پارامتری مربوط می‌شود علاوه بر این، محدودیتهای الگوریتم هاو مکمل های نرم افزاری مورد استفاده نیز یک نقطه ضعف محسوب می شود دلیل آن این است که چنین الگوریتم‌هایا مکمل‌هایی فقط برای تقسیم‌بندی و مدل‌سازی خودکار ابرهای نقطه‌ای که سطوح صاف یا هندسه‌های اولیه را نشان می‌دهند، امکان‌پذیر هستند، زیرا هنگام تلاش برای نمایش هندسه‌های پیچیده و نامنظم ساختمان‌های تاریخی، نتایج اشتباه و نادرستی ایجاد می کنند

در این زمینه، باید توجه داشت که هیچ الگوریتم یا مکملی که گردش کار «Scan-to-BIM» را خودکار کند، هنوز در جامعه AEC مورد پذیرش گسترده قرار نگرفته است. بنابراین، علیرغم اینکه فرآیند نیمه اتوماتیک کاری دشوار و زمان‌بر است، در حال حاضر موثرترین فرآیند برای پروژه‌های مستندسازی و مدل‌سازی پارامتریک میراث معماری محسوب می‌شود (670 : 2011, Giel)

BIM در حوزه میراث فرهنگی و ساختارهای تاریخی

امروزه(BIM) به طور قابل توجهی در زمینه مدیریت و مستندسازی میراث فرهنگی تکامل یافته است و اکنون می تواند در یک محیط مجازی، وضعیت حفاظتی واقعی ساختمان های تحلیل شده را نشان دهد

با این حال، روند بازسازی مجازی میراث تاریخی-فرهنگی کار آسانی نیست، زیرا اشیاء مدل سازی شامل اجزایی هستند که ویژگیها و مورفولوژیهای ناهمگون، پیچیده و نامنظم آنها در کتابخانه های نرم افزار (BIM) نشان داده نشده است. بنابراین، معرفی رویکردهای تاریخی و فنی در محیط (BIM)، و همچنین ابرهای نقطه، برای مدل سازی مولفه های پارامتری مجازی مختلف و دستیابی به یک "مدل (BIM) "همانطور که هست" از میراث معماری تحلیل شده ضروری می باشد.

طراحی پارامتریک عناصر ساختمان از ابر نقطه یک فرآیند دستی زمان بر و مستعد خطا است، زیرا در حال حاضر هیچ فرآیند اتوماسیون یا نرم افزاری وجود ندارد که بتواند تغییر مستقیم از ابر نقطه ای به مدل های کامل (BIM) را تضمین کند بنابراین، پس از ایجاد مدل های مجازی سه بعدی، کتابخانه های عناصر پارامتریک باید تحت مفهوم H-BIM تولید شوند

حال در عمل، تخصصی ترین سامانه های (BIM)، که می توانند برای انجام مدل سازی، نگهداری یا بازسازی میراث معماری مورد استفاده قرار گیرند، به سه مجموعه ابزار مختلف طبقه بندی می شوند:

- 3D Modelers: ابزارهایی برای طراحی مدل های پارامتریک جامد، قادر به مدل سازی یک ساختمان واقعی به صورت مجازی
- نمایشگرهای سه بعدی: ابزارهای نمایش فضایی برای مدل ها.
- آنالایزرها ابزارهایی که برای تجزیه و تحلیل مدل های سه بعدی، عموماً با استفاده از پلتفرم های خارجی به BIM استفاده می شوند

علاوه بر این، ابزارهای BIM بسته به استفاده قانونی حاکم بر هر نرم افزار به دو دسته تجاری، رایگان و متن باز طبقه بندی می شوند بخش های زیر به بررسی برخی از نرم افزارهای نماینده BIM برای میراث فرهنگی می پردازد

۱- مدل سازهای سه بعدی

الف. ArchiCAD Graphisoft: این برنامه یک پلتفرم BIM است، بنابراین به کاربران اجازه می دهد با اشیا کار کنند و آنها را با داده های پارامتریک مدل کنند علاوه بر این، استفاده از زبان اسکریپت نویسی منبع باز Geometric Description Language (GDL) امکان ایجاد هر نوع شی و ذخیره این اشیاء در کتابخانه های داخلی برنامه را فراهم می کند، لذا امکان استفاده مجدد یا اصلاح آنها را در آینده فراهم می نماید این پلتفرم می تواند فایل های DWG، DXF و SketchUp را وارد و صادر کند همچنین از طریق استفاده از IFC، قابلیت همکاری با دیگر پلتفرم های BIM را فراهم می کند. ArchiCAD به دلیل استفاده قانونی از آن به عنوان یک پلت فرم تجاری BIM در نظر گرفته می شود (2 : 2017, Murphy)

ب. Tekla Structures: این پلت فرم تجاری BIM برای طراحی دقیق، برش، ساخت و مونتاژ انواع سازه ها برای ساخت و ساز استفاده می شود مدلهای سه بعدی با پیچیدگی بالا را می توان در زمان واقعی ایجاد و مدیریت کرد. علاوه بر این، این نرم افزار یک راه حل باز است که می تواند مدلها را از سایر برنامه های BIM با استفاده از IFC وارد کند، بنابراین از استانداردسازی و قابلیت همکاری پشتیبانی می کند همچنین فایل های DWG، CFI، DGN، DXF، CIS/2، DTSV و SDNF را پشتیبانی می کند.

ج. سیستم بنتلی: این یک پلت فرم تجاری BIM است که به چندین ماژول تقسیم می شود این پلت فرم برای رسیدگی به تمام جنبه های صنعت AEC استفاده می شود پلتفرم بنتلی شامل مجموعه‌ای از برنامه‌ها و خدمات مبتنی بر پلتفرم باز است که راه حل هایی را برای کل چرخه عمر زیرساخت ارائه می کند این پلتفرم قادر است فایل های IFC، DWG، DGN، Dxf و PDF را به هم پیوند دهد علاوه بر این، می تواند فایل های ابر نقطه ای را باز کرده و دستکاری کند.

د. Revit Autodesk: این نرم افزار یک پلت فرم BIM کارآمد برای مدل سازی دقیق سطوح منظم و نامنظم و همچنین ناهنجاری های هندسی عناصر مختلف است. این نرم افزار رفتار پارامتری در حال تغییری دارد که به ساخت سریع و تبدیل عناصر به مدل سه بعدی کمک می کند علاوه بر این، این پلت فرم اسناد ساخت و ساز را با سطح بالایی از کیفیت و انعطاف پذیری تولید می کند پلتفرم Revit از طریق استفاده از فایل های IFC، قابلیت همکاری بین برنامه های نرم افزاری مختلف را فراهم می کند علاوه بر این، می تواند فایل های DWG، DGN، Dxf، Sat و SKP را پیوند دهد و همچنین ابزار مفیدی برای باز کردن و دستکاری ابرهای نقطه‌ای است که به صورت فایل های txt، RCP. یا rcs ذخیره می شوند علاوه بر این، پلت فرم Revit به کاربران اجازه می دهد تا توابع یا افزونه های جدیدی را از رابط برنامه نویسی برنامه (API)، زبانهای برنامه نویسی که می توانند برای ایجاد افزونه های نوشته شده در C++، C# و Python استفاده شوند، اضافه کنند Autodesk Revit به دلیل استفاده قانونی از آن به عنوان یک پلت فرم تجاری BIM در نظر گرفته می شود
(2 : 2017, Autodesk Navisworks)

۲- نمایشگرهای سه بعدی

ه. Tekla BIMsight: این یک برنامه رایگان BIM است که به عنوان ابزاری برای برقراری ارتباط و همکاری در پروژه های ساختمانی استفاده میشود. این برنامه به شرکت کنندگان پروژه اجازه می دهد تا مدل کامل را تجسم کنند، خطر سقوط را کنترل کنند، و مشکلات درج را شناسایی و حل کنند همچنین اجازه می دهد تا اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از همان پلت فرم BIM به اشتراک گذاشته شود Tekla BIMsight با سایر پلتفرم های BIM سازگار است زیرا از فایلهای IFC پشتیبانی می کند

و. Navisworks Freedom: این ابزار امکان هماهنگی، شبیه سازی و بهینه سازی برنامه نویسی سازنده را فراهم می کند Navisworks Freedom همچنین می تواند تغییرات ساختمان را در طول زمان توصیف کند و اجازه می دهد تا کل ساختمان را بازبینی کند ایجاد مدل-های چند رشته ای شامل انواع اطلاعات، نمونه های اولیه و طرح های دیجیتال با استفاده از این نرم افزار امکان پذیر است. همه این مهارتها را می توان در یک مدل پروژه یکپارچه ترکیب کرد و در فایل های NWD منتشر کرد. علاوه بر این، Navisworks Freedom یک ابزار رایگان است که قابلیت همکاری با سایر پلتفرم ها را بر روی فایل های IFC فراهم میکند.

ز. SketchUp: این یک نرم افزار مدل سازی CAD تجاری است که به عنوان یک برنامه طراحی گرافیکی و مدل سازی سه بعدی استفاده می شود SketchUP به دلیل سادگی و دقت ابزارهای مدلسازی آن به طور گسترده توسط جامعه معماران، مهندسان و طراحان مورد استفاده قرار میگیرد. این نرم افزار به عنوان یک پلت فرم BIM در نظر گرفته نمیشود، اما به دلیل پشتیبانی از پسوندهای(BIM SketchUpBIM)، ProfileBuilder، Skalp و غیره و فایلهای IFC، قابلیت همکاری با سایر پلتفرم ها را فراهم می کند

۳- آنالایزرها

ح. Ecotect Analysis: این نرم افزار تجاری امکان ایجاد، تجسم و شبیه سازی پروژه های ساختمانی از نظر کارآمدی انرژی با کارایی بالا را می دهد علاوه بر این، Ecotect به معماران و طراحان اجازه می دهد تا به راحتی به صورت سه بعدی کار کنند و از تمام ابزارهای لازم برای یک ساختمان کارآمد و پایدار استفاده کنند نرم افزار Ecotect Analysis همچنین با Autodesk® Revit سازگار است

نسخه‌های جدید Autodesk Revit® عملکردهای مشابهی را در ابزارهای خانواده خود ادغام می کنند متأسفانه، Autodesk در سال ۲۰۱۵ ارائه Ecotect Analysis را متوقف کرد

ط. DAYSIM: این نرم افزار رایگان و متن باز است که وظیفه آنالیز و محاسبه میزان دسترسی به نور طبیعی و استفاده از انرژی روشنایی در پروژه های ساختمان مجازی را بر عهده دارد این یک موتور شبیه‌سازی است که از یک سری زیربرنامه‌های دستوری که به زبان «C» نوشته شده‌اند، تشکیل شده است. علاوه بر این، DAYSIM با فایل های Ecotect، Rhinoceros و SketchUP سازگار است.

ی. Energy Plus: این برنامه شبیه سازی انرژی به متخصصان AEC اجازه می دهد تا مصرف انرژی برای گرمایش، سرمایش، تهویه، روشنایی و غیره یک ساختمان کامل را مدل کنند علاوه بر این، EnergyPlusTM یک نرم افزار متن باز است که امکان تبادل اطلاعات با ابزارهای دیگر را فراهم می کند

ماهیت متمایز BIM در ساختارهای میراث فرهنگی

از آنجا که یک بنای ارزشمند تاریخی نوعی متمایز از ساختمانهای موجود است که شامل فعالیت‌های مدیریت تسهیلات می‌شود، به نظر می‌رسد HBIM همان پتانسیل اجرای BIM را برای کل چرخه عمر ساختمان دارد، گر چه هنوز مسائل حل نشده‌ای در مورد آن وجود دارد علاوه بر مسائلی که برای یک ساختمان جدید وجود دارد یک بنای ارزشمند در محدوده میراث فرهنگی فاقد مجموعه پیچیده ای از داده هااست که بتواند تاریخ ساخت، نگهداری و بازسازی تمام یا بخشی از سازه و خدمات را در برگیرد در بسیاری از موارد اطلاعات موجود برای ارائه مبنایی برای چنین مجموعه داده ای کافی نیست علاوه بر این، ماهیت متمایز ساختمان های میراث فرهنگی به عنوان منابع فرهنگی و اجتماعی این سؤال را مطرح می کند که چه داده‌هایی برای ساختمان مفید، مرتبط و مهم هستند تا نیازهای طیف گسترده‌ای از ذینفعان را برآورده کنند، یا کدام یک از آن ذینفعان باید از بررسی حذف شوند. افزون بر مالکان، ساکنان و مدیران تأسیسات یک ساختمان معمولی، سهامداران دیگری مانند بازدیدکنندگان مورخان، محققان، دانشجویان، سازمان های متولی، دولت محلی و جامعه محلی نیز وجود دارند در موارد مداخله در ساختمان نیز، معماران و مهندسان ممکن است با نقشه برداران، باستان شناسان، متولیان حفاظت و دانشگاهیان همکاری کنند

به نظر می‌رسد استفاده از BIM در ساختمان های میراثی فرصتی برای بسیج یک رویکرد فعالانه به منظور مدیریت و حفاظت از کالبد ساخته شده وارزش اجتماعی آن باشد BIM می تواند مجموعه‌ای از اطلاعات مفید برای وظایف مدیر مانند نظارت بر وضعیت، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، تعمیر و بازسازی، و همچنین برای مدیریت بازدیدکنندگان و برنامه‌ریزی امنیتی و ایمنی مربوطه ارائه دهد علاوه بر این، مدل اطلاعات می تواند منبعی برای بسیاری یا همه ذینفعان علاقه مند به ارزش تاریخی و اجتماعی ساختمانهای تاریخی و همچنین حمایت از مطالعات بیشتر باشد با این حال، این پتانسیل تا حد زیادی واهی است زیرا "استفاده موثر از BIM در زمینه های میراثی بسیار پیچیده تر از ساخت و سازهای جدید است و در عین حال مزایای آن کمتر آشکار است". تا به امروز، اکثر تحقیقات اخیر به جای بررسی کاربرد گسترده تر HBIM و حل برخی از مسائل راحت تر که در بالا توضیح داده شد، بر چالش های فنی تولید مدل های سه بعدی دقیق متمرکز شده‌اند (19 : 2017, Brookes)

نتیجه‌گیری

در این نوشتار مروری بر مستندسازی و مدل‌سازی دقیق میراث معماری ارائه شد. و تمرکز بر ارائه جایگزین های‌مختلف برای درک نحوه استفاده‌از پلتفرم های BIM قبل از شروع یک پروژه بازسازی میراث معماری(به جای مقایسه پلت فرم های مختلف BIM) قرار گرفته‌است.

برنامه ریزی و مدیریت پروژه های‌حفاظتی و مرمتی را میتوان با دسترسی به مدل مجازی یک اثر تاریخی بهبود بخشید و می توان از اسکنرهای‌لیزری سه بعدی و فتوگرامتری‌همراه با تجزیه و تحلیل کتابشناختی‌تاریخی،برای ثبت هندسه و هویت ساختمان‌های‌مورد تجزیه و تحلیل استفاده کرد متأسفانه، پیچیدگی و بی‌نظمی شکل‌های مشخص‌کننده‌ساختمان‌های‌تاریخی، و فقدان الگوریتم‌های هوشمند برای خودکارسازی‌کامل مدل‌سازی‌مجازی از ابرهای‌نقطه‌ای،فرآیند سازنده‌مولفه‌های‌پارامتری‌را به فرآیندی‌زمان‌بر تبدیل می‌کند با این حال، رویکردهای‌بررسی‌شده‌در حال حاضر نشان می‌دهند که ترکیب‌ابزارهای‌BIM با ابزارهای‌GIS و نرم‌افزارهای‌کمکی راه‌حلی مؤثر برای مدیریت و مدل‌سازی داده‌های گرافیکی(ابر نقطه‌ای) و معنایی (اطلاعات تاریخی سازند) به روش نیمه خودکار است. این موضوع امکان‌پذیر است زیرا این پلتفرم‌ها و ابزارها،از طریق ساختار داده مشترک IFC، امکان تعامل اطلاعات و ارتباطات‌بین بازیگران‌مختلف را که در فرآیندهای‌بازسازی،یا نگهداری‌میراث‌معماری‌دخیل هستند،می دهد

علاوه بر این، شایان ذکر است که اجزای معماری‌مدل‌سازی‌شده به لطف روش‌شناسی‌پیشنهادی،بخشی از کتابخانه‌های‌پارامتریک H-BIM خواهندبود اجزای این کتابخانه‌ممکن است به دلیل انعطاف‌پذیری با سایر بناهای تاریخی‌متعلق به همان دوره و سبک معماری سازگارشود به همین دلیل، اجزای مدل سازی شده باید اطلاعات واقعی در مورد اسناد گرافیکی، گونه شناسی و ویژگی های سازنده اصلی دوره ساخت و ساز که ساختمان به آن تعلق دارد، را داشته باشد علاوه بر این، مدل‌های مجازی H-BIM می‌توانندبرای تولید خودکاراسنادفنی مورد استفاده‌قرار گیرند که به تفسیر عناصر مختلف ساخت و ساز و همچنین موارد گمشده کمک می کند این اجزا همچنین‌می توانندبرای انجام تحلیل های‌ساختاری،انرژی،نورانی‌و زمانی مورد استفاده‌قرار گیرند

افزایش‌استفاده‌از کتابخانه های‌H-BIM سودمندی‌آنها را با تسهیل تبادل بین رشته ای اشیاء/داده های معنایی‌و مکانی بین متخصصان رشته های مختلف در زمینه میراث معماری نشان داده است. با این وجود، فقدان کتابخانه های‌بین المللی‌H-BIM، تفاوت و تنوع بین دوره های‌مختلف‌معماری،و همکاری‌ناکافی‌بین المللی،استفاده‌بالقوه‌از H-BIM را محدود کرده‌است.

این بررسی نشان داده است که هنوز کارهای‌زیادی برای انجام دادن در این حوزه وجود دارد، جایی که باید تحقیق و توسعه بیشتری برای رسیدگی به پیشرفت مداوم پلتفرم‌های‌BIM و ارتباط آنها با میراث معماری انجام شود برای مثال، تحقیقات آینده می‌تواند بر توسعه پلاگین‌های‌مفید برای ایجاد انواع مختلف آرایه‌های‌عناصر تمرکز کند برای انجام این کار، می‌توان از کیت‌های توسعه نرم‌افزار مربوطه(SDK) برای برنامه‌ریزی‌مستقیم BIM API استفاده کرد، یا از ابزارهایی(مانند نرم‌افزار متن‌باز Dynamo® Autodesk) که این فرآیندرا تسهیل می کنند،بهره برد.در نتیجه دنیای دیجیتالی‌را که محققان در آن گسترش می‌دهند یا کارشناسان‌در زمینه AEC می توانند‌در هر زمان،هر مکان و با هر وسیله‌ای در مورد میراث‌معماری‌تعامل داشته‌باشند

علاوه بر این، سایر رویکردهای‌واقع گرایانه‌به آینده میراث معماری نیاز به ایجاد الگوریتم‌های تشخیص شکل برای خودکارسازی بازسازی‌پارامتریک‌کل ساختمان‌ها، مستقیماًاز استفاده‌از ابرهای‌نقطه‌ای و اجتناب‌از کارهای‌معمولی که اغلب فرآیندهای‌وقت گیر هستند،خواهدبود در این زمینه، یکی دیگر از جنبه های مهم نیاز به ایجاد یک کتابخانه‌H-BIM جهانی و بدون دسترسی است که حاوی تمام اطلاعات‌مفید برای معماران،طراحان،باستان‌شناسان،مورخان،مهندسان،و محافظان‌میراث‌معماری‌است.

فهرست منابع :

Acierno, M.; Cursi, S.; Simeone, D.; Fiorani, D. (2017), Architectural heritage knowledge modelling: An ontology-based framework for conservation process. J. Cult. Heritage, 24, 124–133.

Akbarnezhad, A.; Ong, K.C.G.; Chandra, L.R. (2014), Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. Autom. Constr. 37, 131–144.

American Institute of Architects: Document B141. (1997), Standard Form of Agreement between Owner and Architect with Standard Form of Architect's Services. AIA, Washington DC

Autodesk Navisworks. Navisworks Knowledge Network. Available online: https://knowledge.autodesk. com/support/navisworks-products (accessed on 3 February 2017)

Besl, P.J.; McKay, N.D. A (1992), method for registration of 3-D shapes. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 14, 239–256
Brookes, C.: The application of building information modelling (BIM) within a heritage science context. Discovery Innovation and Science in the Historic Environment. Historic England Research Project Report no. 7351 (2017). ISSN2398-3841

Brookes, C.: The application of building information modelling (BIM) within a heritage science context. Discovery Innovation and Science in the Historic Environment. Historic England Research Project Report no. 7351 (2017). ISSN2398-3841

Bryan, P., Antonopoulou, S. (2017) : BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model. Historic England, Swindon

Bryde, D.; Broquetas, M (2013), Volm, J.M. The project benefits of building information modelling (BIM). Int. J. Proj. Manag. 31, 971–980.

ClearEdge 3D (2011) EdgeWise Plant Suite|ClearEdge 3D. Available online: http://www.clearedge3d.com/ products/edgewise-plant-suite/ (accessed on 11 February 2018).

Dore, C.; Murphy, M. (2017) Current State of the Art Historic Building Information Modelling. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., 42, 185–192.

Drury, P., McPherson, A. (2008): Conservation Principles, Policies and Guidance. For the Sustainable Management of the Historic Environment. English Heritage, London

Giel, B.; Issa, R.R.A. Using laser scanning to access the accuracy of as-built BIM. In Proceedings of the International Workshop on Computing in Civil Engineering, Miami, FL, USA, 19–22 June 2011; pp. 665–672

Grussenmeyer, P.; Landes, T.; Voegtle, T.; Ringle, K. Comparison methods of terrestrial laser scanning, photogrammetry and tacheommetry data for recording of cultural heritage buildings. In Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, China, 3–11 July 2008; pp. 213–218.

Guidi, G.; Russo, M.; Angheleddu, D. (2014), 3D survey and virtual reconstruction of archeological sites. Digit. Appl. Archaeol. Cult. Heritage, 1, 55–69.

Logothetis, S.; Karachaliou, E.; Stylianidis, E. From OSS CAD to BIM for cultural heritage digital representation. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. In Proceedings of the 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Nafplio, Greece, 1–3 March 2017

McArthur, J.J. A building information management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability. Procedia Eng. 2015, 118, 1104–1111.

Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S.(2009): Historic building information modelling (HBIM). Struct. Surv. 27(4), 311–327

Murphy, M.; McGovern, E.; Pavia, S. (2011), Historic building information modelling-adding intelligence to laser and image based surveys. ISPRS Int Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.

Remondino, F.; El-Hakim, S.F. Image-Based 3D Modelling: A Review. Photogramm. Rec. J. 2006, 21, 269–291.

Volk, R.; Stengel, J.; Schultmann, F. (2014), Building information modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Autom. Constr 38, 109–127