فناوری HBIM، راهکار نوآورانه برای مدل‌سازی و حفاظت از میراث فرهنگی

شایان حجت‌پناه[۱]، بیرا وفائی‌بانه[۲]، احسان فرصتکار*[۳]

۱. دانشجوی دکترای عمران، مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، shayan.hojatpanah@ut.ac.ir

۲. دانشجوی دکترای عمران، مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد تبریز، تبریز، ایران، birawafaei@gmail.com

۳. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مهر البرز، تهران، ایران، Forsatkar@mehralborz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۳۱

چکیده فارسی

میراث فرهنگی به‌عنوان گروهی از منابع به ارث رسیده از گذشته تعریف شده است که مردم، مستقل از مالکیت، آن را به‌عنوان بازتاب ارزش‌ها، اعتقادات، دانش و سنت‌های در حال تکامل خود می‌شناسند. با توجه به ضعف روش‌های سنتی، امروزه با پیشرفت علم، استفاده از فناوری‌های جدید ازجمله مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در جهت مرمت و بهسازی ابنیه تاریخی راهکاری نوین تلقی می‌شود. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به دلیل ارائه اطلاعات غنی برای اجزای ساختمان، منجر به تصمیم‌گیری بهینه جهت ترمیم و بهسازی ساختمان و کاهش در زمان و هزینه ترمیم و بهسازی می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی چگونگی پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی و شناسایی چالش‌های موجود است که این مسئله را به‌صورت کمّی و به روش توصیفی-تحلیلی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای تبیین می‌کند. متأسفانه در ایران از این فناوری به‌طور ناقص استفاده می‌شود و نمی‌تواند عملکرد مؤثری در پروژه‌های مرمت میراث داشته باشد؛ درنتیجه با اجرای کامل و مرحله‌به‌مرحله مدل‌سازی اطلاعات ابنیه تاریخی در شش گام، (گام اول ارزیابی شرایط ساختمان، گام دوم ساخت و نمایش مدل سه‌بعدی، گام سوم طبقه‌بندی اطلاعات، گام چهارم غنی‌سازی معنایی مدل سه‌بعدی، گام پنجم تبادل و به اشتراک‌گذاری اطلاعات ساختمان‌های تاریخی و گام ششم نرم‌افزارهای مورد استفاده در مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی میراث یا بناهای تاریخی) و همچنین با اتخاذ اقدامات مشخصی که در این پژوهش پیشنهاد شده است، می‌توان در جهت رفع چالش‌ها و مشکلات موجود اقدام کرد و از مزایای متعدد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های میراث ازجمله درک بهتر مداخلات معماری و سازه‌ای جهت انتخاب مطلوب‌ترین روش حفظ و بازسازی بنای تاریخی بهره برد.

واژگان کلیدی

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مدل‌سازی اطلاعات ابنیه تاریخی (HBIM)، مستندنگاری، مرمت و بهسازی، بناهای تاریخی.

* استادیار گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مهر البرز، تهران، ایران، Forsatkar@mehralborz.ac.ir، ORCID: 0000-0003-2090-7059

HBIM technology, an innovative solution for modeling and protecting cultural heritage

Shayan Hojatpanah[a], Bira Wafaei Baneh[b], Ehsan Forsatkar[c*]

[a] PhD candidate in civil engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, shayan.hojatpanah@ut.ac.ir
[b] PhD candidate in civil engineering, Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran, birawafaei@gmail.com
[c] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tehran, Iran, Forsatkar@mehralborz.ac.ir

Abstract

Cultural heritage is defined as a group of resources inherited from the past that people, independent of ownership, recognize as reflecting their evolving values, beliefs, knowledge, and traditions. Due to the weakness of traditional methods, nowadays with the progress of science, the use of new technologies, including building information modeling, is considered a new solution for the restoration and improvement of historical buildings. Building information modeling, due to the provision of rich information for building components, leads to optimal decision-making for building repair and improvement and reduction in the time and cost of repair and improvement. The purpose of this research is to investigate how to implement information modeling of historical buildings and identify existing challenges, which explains this problem quantitatively and in a descriptive-analytical way using library studies. Unfortunately, in Iran, this technology is incompletely used and cannot perform effectively in heritage restoration projects; As a result, with the complete and step-by-step implementation of historical building information modeling in six steps, (the first step is the assessment of building conditions, the second step is the construction and presentation of a 3D model, the third step is the classification of information, the fourth step is the semantic enrichment of the 3D model, the fifth step is the exchange and sharing of historical building information. , the sixth step of the software used in the modeling of heritage building information or historical buildings) and also by taking specific measures that are proposed in this research, it is possible to solve the existing challenges and problems and from the many advantages of information modeling of heritage buildings, including a better understanding of interventions Architecture and structure were used to choose the best way to preserve and restore the historical building.

Keywords

Building Information Modeling (BIM), Historical Building Information Modeling (HBIM), Documenting, Restoration and Improvement, Historical Buildings.

Article history:
Received: 08/04/02024
Revised: 09/05/2024
Accepted: 20/05/2024

۱. مقدمه

ایران به‌عنوان کشـوری که دارای تمدن کهن است، میراث‌دار بناهای ارزشمند تاریخی باستانی فراوانی می‌باشد؛ وجود چندین هزار آثار تاریخی در اسـتان‌های مختلف کشـور که تعدادی جزء آثار ثبت‌شده در فهرست میراث جهانی یونسکو هستند ایران را در رتبه یازدهم جهان قرار داده اسـت. نگهداری از بناهای ارزشـمند تاریخی که نشـانگر مسـیر رشـد و تعالی تمدن بشـری است، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشـد و هر کشـوری تلاش می‌کند با به‌کارگیری روش‌های مختلف در جهت مرمت و بهسـازی این‌گونه بناها اقدام کند؛ و از تخریب ابنیه تاریخی و میراث فرهنگی خود جلوگیری کند[۱]. روش‌های سـنتی بازسـازی و تعمیر سـاختمان‌های تاریخی بسیار زمان‌بر بوده و به‌سـختی کارآمد هسـتند[۲]. این خود سبب شده که در سال‌های اخیر نیاز به رویکردهای جدید، جهت رسیدن به سطح کیفی بالا در کارهای حفاظت و مرمت ساختمان‌های تاریخی و مستندسازی آنها در کشور احساس شود[۳]. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، به‌عنوان یک الگوی جدید طراحی و مدیریت دیجیتال، پتانسـیل خوبی را برای فرایند بازسـازی نشـان داده اسـت. در دهه اخیر، بهره‌برداری از امکانات بیم برای بناهای تاریخی تحت عنوان مدل‌سـازی اطلاعات سـاختمان تاریخی موردتوجه و اسـتفاده قرارگرفته اسـت[۴]. برای تسـهیل در نیل به اهداف مدیریتی بناهای تاریخی، ازجمله حفظ و مرمت آنها، لزوم اسـتفاده از این تکنولوژی در کشـور ما ضروری به نظر می‌رسد. این روش یک رویکرد نوآورانه بیم، درزمینه میراث فرهنگی است که می‌تواند مزیت‌هایی را جهت مستندسازی و مدیریت مؤثر یک سـاختمان تاریخی فراهم کند[۵]. به علت اینکه بیم جهت مرمت بناهای تاریخی در کشـور به‌طور کامل اجرا نمی‌شـود، کارشناسان و دست‌اندرکاران مرمت بناهای تاریخی در کشور تجربه عملی و آگاهی لازم از اثر به‌کارگیری بیم در افزایش دقت بازسازی سـاختمان تاریخی ندارند. به‌کارگیری بیم و اجرای کامل آن، سبب افزایش میزان تسلط بر پروژه، شناسایی مشکلات، افزایش بهره‌وری نیروی انسـانی، بهبود مدیریت قراردادها و همچنین مدیریت بهینه پروژه می‌گردد[۶]. این پژوهش به‌صـورت جامع به نحوه اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی و بررسی چالش‌های موجود می‌پردازد. خلاصه‌ای از تحقیقات مشابه در جدول شماره ۱ اشاره شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از تحقیقات مشابه

نام نویسنده و سال انتشار	عنوان مقاله	شرح نتایج
Biagini et al, 2016	Towards the BIM implementation for historical building restoration sites	در این پژوهش با اسـتفاده از اسـکن لیزری، مدل‌سازی پارامتریک ساختمان‌های تاریخی انجام داده‌اند و سپس با استفاده از ابزارهای BIM، مراحل مختلف را شبیه‌سازی و برنامه‌ریزی کرده‌اند.
Eastman et al, 2018	BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers	این کتاب شـامل معرفی BIM و تکنولوژی‌های پشتیبان آن، مزایا و هزینه‌های پیاده‌سازی BIM، نقش و تغییرات مختلف در صنعت سـاختمان، مطالعات موردی و ابزارهای BIM، و تأثیرات BIM بر آینده صنعت ساختمان است.
Moyano et al, 2022	Systematic approach to generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in architectural restoration project	این مقاله یک روش سـیسـتماتیک برای تولید مدل‌سازی اطلاعات سـاختمان تاریخی (HBIM) در پروژه‌های بازسـازی معماری را معرفی می‌کند. همچنین به یک مطالعه موردی اشاره‌کرده است.
Martinelli et al, 2022	Methodology for an HBIM workflow focused on the representation of construction systems of built heritage	این مقاله یک روش سـیسـتماتیک برای تولید مدل‌سازی اطلاعات سـاختمـان تـاریخی (HBIM) در پروژه‌های بازسـازی معماری معرفی می‌کند. این روش شـامل پنج فاز اسـت: برنامه‌ریزی مدل، جمع‌آوری داده‌ها، نقشـه‌برداری هندسـی، سـاختار شـکسـت، و مدل‌سازی.
Cotella, 2023	From 3D point clouds to HBIM: Application of Artificial Intelligence in Cultural Heritage	این مقاله یک روش سـیسـتماتیک برای تولید مدل‌سازی اطلاعات سـاختمان تاریخی (HBIM) با اسـتفاده از هوش مصـنوعی (AI) معرفی می‌کند. این روش از یادگیری ماشـین (ML) و یادگیری عمیق (DL) بهره می‌برد.
Santagati et al, 2021	HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)	این مقاله یک روش برای تولید مدل‌سـازی اطلاعات سـاختمان تاریخی (HBIM) برای مطالعه تاریخ معماری و وضعیت حفاظتی. کلیسای سنت یوحنا معمار در نیکوزیا، قبرس را معرفی می‌کند.

۲. روش‌ها

روش‌های تحقیق به‌عنوان راهنمای جست‌وجوهای علمی برای دستیابی به واقعیت، بر مبنای هدف و شیوه گردآوری داده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. روش‌های تحقیق بر مبنای هدف عبارت‌اند از ۱- تحقیقات بنیادی؛ ۲- تحقیقات کاربردی؛ ۳- تحقیقات توسعه‌ای[۷]. به‌این‌ترتیب با توجه به تعاریف و با توجه این‌که هدف از انجام تحقیق، بررسی نحوه اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی و بررسی چالش‌های موجود است، بنابراین این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای محسوب می‌شود. روش گردآوری داده‌های این پژوهش مطالعات کتابخانه‌ای است. روش کتابخانه‌ای در تمام تحقیقات علمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بعضی از آنها موضوع تحقیق از نظر روش، از آغاز تا انتها متکی بر یافته‌های تحقیق کتابخانه‌ای است. در تحقیقاتی که ماهیت کتابخانه‌ای ندارند نیز محققان ناگزیر از کاربرد روش کتابخانه‌ای در تحقیق خود هستند. منظور از مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعاتی است که موضوعات مورد مطالعه در اختیار و دسترس محقق قرار نداشته و غالباً مربوط به گذشته‌ای دور یا نزدیک می‌شود. به همین دلیل غالباً اصطلاح مطالعات کتابخانه‌ای را مترادف با مطالعات تاریخی به‌کار می‌برند. منظور از روش مشاهده‌ای یا میدانی فقط دیدن نیست بلکه روشی است که با حواس پنج‌گانه کار می‌کند. مشاهده نمونه‌ای که محقق را به مقصود می‌رساند یکی از روش‌های جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد که پژوهشگر طی آن به ثبت و ضبط اطلاعات مربوط می‌پردازد[۸]. بنابراین نگارندگان تحقیق با مطالعه بیش از ۱۰۰ مقاله به روزِ زبان انگلیسی و ISI Level و همچنین مقالات و رفرنس‌های معتبر داخلی و درنهایت گزینش ۳۸ مورد از آنها به‌عنوان مرجع به خروجی‌های موردنظر این پژوهش دست یافته‌اند که در بخش‌های پیش‌رو قابل مشاهده است.

روش تحلیل داده‌ها، روشی است که محقق برای استخراج اطلاعات مفید و معنادار از داده‌های جمع‌آوری‌شده استفاده می‌کند. روش تحلیل داده‌ها باید با نوع داده‌ها و هدف پژوهش سازگار باشد. تحلیل داده کیفی، روشی است که با استفاده از داده‌های غیرعددی مانند متن، صدا، تصویر و غیره، به دنبال درک معنا، الگو، روابط و مفاهیم موجود در داده‌ها است. تحلیل داده کیفی، برخلاف تحلیل داده کمی، بر اساس قواعد و فرمول‌های ثابت و مشخص نیست، بلکه بر اساس تفسیر و تجزیه‌وتحلیل محقق انجام می‌شود. تحلیل داده کیفی، می‌تواند برای بررسی پدیده‌ها، توصیف تجربیات، ارزیابی نظرات و احساسات، تولید نظریه‌ها و ارائه توصیه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش از تحلیل کیفی برای بررسی موضوعات مورد مطالعه استفاده شده است.

۳. نتایج

۳-۱. ضرورت اقدام در جهت مرمت و بهسازی ابنیه تاریخی

امروزه اهمیت حفظ و صیانت بناهای تاریخی از منظر تاریخی و فرهنگی و همچنین از نگاه رشد و توسعه صنعت گردشگری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای اشتغال‌زایی و توسعه پایدار در کشور بر کسی پوشیده نیست. ایران به‌عنوان یکی از کهن‌ترین تمدن‌های جهان، پیش و پس از اسلام شاهد پدید آمدن شاهکارهای معماری و مهندسی بوده است که بخشی از این میراث گران‌قدر با وجود لرزه‌خیز بودن فلات ایران و رخداد زمین‌لرزه‌های ویرانگر همچنان پابرجاست[۹]. استحکام‌بخشی و تقویت سازه‌ها، یکی از قدم‌های اساسی برای کاهش خسارات است. به‌عنوان مثال برای کاهش خسارات ناشی از زلزله که بخشی جداناپذیر از حوادث طبیعی است، به برنامه‌ریزی‌های بنیادین نیاز است[۱]. بنابراین علاوه بر لزوم انجام مطالعات و اقدامات لازم در جهت شروع مقاوم‌سازی بناهای تاریخی، ابتدا مستندنگاری دقیق این بناهای در معرض خطر برای تضمین امکان بهسازی و مرمت این آثار در صورت بروز آسیب‌های احتمالی ازجمله تخریب در اثر زمین‌لرزه‌ها امری ضروری است[۹]. مرمت بناهای دارای ارزش فرهنگی ـــ هنری و تاریخی، از دیدگاه پویا و پیشرو، حد اعلای توفیق خود را در آن می‌یابند که در عین کوشش در صیانت و حفاظت آنچه می‌باید در کالبد بنا بر جای بماند، آخرین حد بهره‌گیری از موجودیت جامع بنا را از دیدگاه فرهنگ جهانی و با رعایت مختصات محلی ـ بومی، برای آنان که امروز می‌زیند و یا بعدها می‌آیند، فراهم آورد. باززنده‌سازی معماری هرگاه این‌گونه که گفته شد صورت گرفته باشد، همراه با اندیشه و تعهد فرهنگی ـــ اجتماعی وابسته به آن، در حد بالای قوسی قرار دارد که مداخله در وضع بنا به خاطر تثبیت جمیع ارزش‌ها را می‌نمایاند و دیروز بنا را به فردای آن پیوند می‌دهد[۱۰].

مستندسازی و مستندنگاری آثار فرهنگی بخش بسیار مهمی از نقش ما در نگهداری از آنها به شمار می‌رود. تهیه نقشه از محوطه‌های تاریخی به درک صحیح از محوطه، نحوه مدیریت و استفاده لذت‌بخش از آن کمک می‌کند. مستندسازی و مستندنگاری از این آثار به‌مثابه رویکردی منطقی، علاوه بر تهیه اسناد مربوط به این آثار برای آیندگان، زمینه مناسبی را نیز برای بازشناسی و قرائت

تاریخ و فرهنگ گذشته در اختیار محققان قرار می‌دهد. همچنین این گزارش‌ها برای کسانی که قصد هرگونه مداخله با هدف حفاظت از این آثار را داشته باشند، به‌مثابه اسنادی ارزشمند به‌شمار می‌رود. به‌طور خلاصه مستندسازی برای موارد زیر ضروری است:

- به دست آوردن اطلاعات در مورد تاریخ ساختمان؛
- انتقال میراث فرهنگی به نسل بعدی؛
- بهبود برنامه‌ریزی برای زنده نگه‌داشتن ساختمان با عملکرد بخشی به روش معاصر؛
- دریافت اطلاعات صحیح برای برنامه‌های آینده؛
- تعیین ضعف و مشکلات در ساختمان‌ها و سایت‌های تاریخی[۱۱].

مرمت تاریخی، روش پیشنهادشده بلترامی است که «استناد به مدارک و شواهد به‌منظور برگشت دادن شکل بنا به‌صورت اولیه آن» خواه بعد از خراب شدن و فروریختن بناها در اثر جنگ یا زلزله و خواه پس از گذشت زمان و تأثیرهای ناشی از فرسودگی و آسیب‌پذیری بنا، مبدأ بررسی و اتخاذ هر تصمیم به شمار می‌آید؛ «شکل‌گیری مجدد بنا نیز، دقیقاً با پیروی از نقشه‌های به‌دست‌آمده یعنی برابر با شکل و ترکیب اولیه بنا خواهد بود.» جمع‌آوری اسناد تاریخی و تهیه نقشه کامل بناهای مهم شهرها و به وجود آوردن بایگانی معماری عمومی یا «کاداست»، از کارهایی است که در رابطه با کاربرد روش «مرمت تاریخی» و اعتقاد به اهمیت موجودیت مدارک جهت مداخله در فضای ساخته‌شده، به وی نسبت داده می‌شود [۱۰].

۳-۲. بررسی روش‌های معمول مدل‌سازی

۱. دستی سنتی

برداشت‌های قدیمی و سنتی معمولاً شامل اسناد دوبعدی مانند پلان، مقطع، نما و عکس‌هایند. این روش‌ها وقت‌گیر هستند و به علت تماس‌های فیزیکی با اثر موجب تخریب می‌شوند و محدودیت‌های زیادی دارند[۱۲]. ضعف‌های متعدد روش‌های سنتی مستندنگاری ازجمله هزینه بالا، زمان‌بر بودن، عدم امکان ثبت تمامی داده‌های مربوط به اثر، ناتوانی در برابر فرم‌های پیچیده، منحنی و پرجزئیات، نیاز به برداشت مجدد در صورت تعریف مسئله جدید، تخریب اثر به علت تماس مستقیم فیزیکی، عدم توانایی خروجی‌های دوبعدی در درک کامل اثر، حجم زیاد خروجی‌ها، سختی ذخیره و اشتراک‌گذاری این روش‌ها ناتوان از ثبت تمامی داده‌ها هستند[۱۳]. به‌طور مثال برای درک عمیق بنا یک فرد مجبور به شبیه‌سازی سه‌بعدی آن در ذهن خود است. گاه متخصصان برای نشان دادن سه‌بعدی بنا مجبور به ساخت ماکت آن می‌شوند[۱۲].

۲. برنامه‌های CAD

از دهه ۱۹۸۰ میلادی به بعد با ابداع کامپیوترها، استفاده از برنامه‌های CAD در دفاتر مهندسی رواج یافت. با این ابزار ترسیم، اصلاح و انتقال نقشه‌ها بسیار راحت شد، سرعت کار نسبت به روش‌های دستی بالا رفته و ترسیم اشکال پیچیده و سه‌بعدی وارد مرحله جدیدی شدند. توانایی‌های CAD نسبت به روش‌های دستی عالی بود[۱۴]. در این روش نحوه رسیدن به ایده اولیه به‌صورت تقریباً اتفاقی و بر اساس سطح دانش تیم طراح و اطلاعاتی که در اختیار طراح قرارگرفته، شکل گرفته است؛ به‌عبارت‌دیگر ممکن است با تغییر تیم و یا اشتباه کوچک و جزئی در اطلاعات تیم ارائه‌کننده فاز مطالعاتی، طرح نهایی به‌کلی متفاوت از طرح اولیه شود[۱۵].

۳. بررسی فناوری‌های جدید

امروزه فناوری‌ها در مستندنگاری به‌شدت توسعه یافته‌اند و روش‌های مستندسازی را از دوبعدی به سه‌بعدی تغییر داده‌اند[۱۱]. در تمام شاخه‌های میراث فرهنگی (معماری، باستان‌شناسی و غیره)، نقشه‌برداری و مستندنگاری سه‌بعدی یک نیاز ضروری برای گروهی از فعالیت‌ها مانند مستندسازی و انواع تحلیل‌ها (تحلیل آماری، بازسازی‌های تاریخی و غیره) است[۱۶]. همچنین آرشیو رقومی از مدل‌های سه‌بعدی باکیفیت نیز باعث پیشرفت زیادی در زمینه مستندنگاری شده است زیرا بایگانی رقومی بادوام و غیرقابل تغییر است و می‌تواند به‌عنوان مرجع برای نظارت بر تخریب و بازسازی آثار استفاده شود[۱۷]. یکی از هیجان‌انگیزترین پیشرفت‌های اخیر در این زمینه، معرفی تکنولوژی «مدل‌سازی اطلاعات ساختمان» یا به‌اختصار BIM است[۱۸].

۴. بحث

۴-۱. بررسی روش‌های نوین مرمت و بهسازی ابنیه تاریخی با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM

آغاز مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به ابتکار عمل گروهی از معماران ایالات‌متحده برمی‌گردد که تصمیم گرفتند علاوه بر اینکه راهی برای به نمایش گذاشتن ایده‌ها و طرح‌های خود پیدا کنند، بتوانند این ایده‌ها را با دیگران به اشتراک بگذارند و طرح خود را با مهندسان سازه و تأسیسات و همچنین سازندگان چنان همسو کنند که به بیشترین راندمان، یعنی حد بالای کیفیت و حد پایین هزینه و زمان دست پیدا کنند[۱۹]. استفاده و پیاده‌سازی آن در پروژه‌ها در بیست سال اخیر فراگیر شده است. با توجه به قابلیت‌های این روش، استفاده از این تکنولوژی به‌شدت در حال گسترش است[۲۰]. احتیاج به مطالعات گسترده اولیه، بررسی مزایا و معایب و... در زمینه به‌کارگیری این سیستم‌ها، برای کشورهای درحال‌توسعه همچون ایران بسیار حائز اهمیت است. حال آنکه این سیستم حتی به‌طور کامل در ایران شناخته‌نشده و لزوم به‌کارگیری آن در پروژه‌های عمرانی هنوز درک نشده است[۲۱]. در صنعت مهندسی، معماری و ساخت‌وساز، سوءتعبیری به وجود آمده است که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تنها یک نرم‌افزار است، گرچه بخش نرم‌افزاری قسمت مهمی از آن است اما مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک ابزار کاربردی به‌حساب می‌آید. بایستی توجه داشت آنچه BIM انجام می‌دهد متفاوت است با آنچه که مجموعه‌ای از نرم‌افزارها انجام می‌دهند[۲۱]. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان درواقع یک مدل چندبعدی شبیه‌سازی‌شده مربوط به هندسه ساختمان، اطلاعات جغرافیایی و مقدار تمامی اجزای ساختمان و ارتباط آن‌ها با یکدیگر است[۲۲]. این موضوع یک تغییر جدید در شیوه طراحی و مستندسازی در صنعت ساختمان است که اطلاعاتی درباره کلیت ساختمان به ما می‌دهد و اسنادی کامل و جمع شده را در یک پایگاه داده در اختیار ما می‌گذارد[۲۳]. این روش باعث بهتر شدن بهره‌برداری از ساختمان می‌شود، به‌نحوی‌که ترمیم و بهسازی ساختمان‌ها را تسهیل می‌کند. بهسازی ساختمان نیازمند وجود اطلاعات کافی مربوط به اجزای سازه‌ای ساختمان می‌باشد[۲۴]. اطلاعات مهندسی جامع و دقیقی از بناهای تاریخی در جهت ترمیم و بهسازی در دست نیست. با پیشرفت علم کامپیوتر و تولید نرم‌افزارهای جدید و کارآمدتر در زمینه فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان که منجر به کاهش فرایند کاری می‌شود، می‌توان تعداد بیشتری از بناهای میراث فرهنگی را با جزئیاتی بیشتر و در مدت زمان کمتری مستندسازی کرد؛ و همچنین هزینه جمع‌آوری و ثبت اطلاعات تا حد قابل‌توجه‌ای کاهش می‌یابد[۲۵]. هرقدر اطلاعات به‌دست آمده از اجزا و شرایط ساختمان دقیق‌تر باشد، تصمیم‌های اتخاذشده برای انتخاب روش‌های ترمیم و بهسازی بهینه‌تر خواهند بود و هزینه لازم برای اجرای عملیات ترمیم و بهسازی کاهش خواهد یافت. تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، یکی از روش‌هایی است که به دلیل امکان ایجاد پایگاه داده‌ها برای ساختمان و اجزای آن و ارائه شناسنامه اطلاعاتی غنی برای آنها، امکان اتخاذ تصمیم‌های بهینه جهت ترمیم و بهسازی ساختمان و کاهش چشمگیر در زمان و هزینه ترمیم و بهسازی ساختمان‌ها را فراهم می‌کند[۲۴]. در این راستا می‌توان از شاخه‌ای از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به نام مدل‌سازی اطلاعات ابنیه میراث یا بناهای تاریخی استفاده کرد[۲۵].

یک ساختمان تاریخی محصول یک فرایند غیرصنعتی در ساخت‌وساز است و تمامی ابزارهای مدیریتی، با اهداف تجزیه‌وتحلیل، حفاظت و نگهداری را در حوزه میراث فرهنگی به‌کار می‌گیرد. ازنظر بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی میراث در سال ۲۰۰۹ ظهور پیدا کرد[۲۶]. اثربخشی بالای آن جهت ارتقا ساختمان‌های تاریخی در دنیا ثابت شده است و خروجی آن یک مدل هندسی از بنای تاریخی است که به اطلاعات چندمنظوره توصیفی مرتبط با بنای تاریخی متصل می‌شود[۲۷]. مدل اطلاعات یک بنای تاریخی، نه‌تنها ازنظر هندسه ساخت، کپی مجازی خود اثر است بلکه یک ظرفیت فکری مشخص با اطلاعات متصل در آن می‌باشد که حجم این ظرف تقریباً محدود نیست و می‌تواند به‌طور مداوم پر شود[۲۸].

بخش میراث تاریخی نه‌تنها شامل ساخت‌وساز، بلکه برنامه‌ریزی، مدیریت دارایی‌های تاریخی، نگهداری پیشگیرانه، اسناد و مدارک، تحقیقات و تحقیقات است. BIM می‌تواند از طریق همکاری دیجیتال و مدیریت اطلاعات کارآمد، ابزارهای جدیدی را برای بخش پشتیبانی کند تا از همه این فعالیت‌ها پشتیبانی کند. قابلیت‌های مدل‌سازی سه‌بعدی (هندسه) و چهاربعدی (مبتنی بر زمان) فناوری BIM برای کاربردهای تفسیر، ارائه و شبیه‌سازی میراث مفید است.

بیشتر نرم‌افزارهای مدرن BIM شامل ویژگی‌های زیر است که می‌تواند به‌ویژه در طیف وسیعی از پروژه‌های میراث تاریخی مفید باشد[۲۹]:

۱. گزینه‌های مختلف طراحی و همچنین تجزیه‌وتحلیل‌های مختلف؛

۲. تشخیص تداخل‌ها و هماهنگی مکانی بسیار دقیق همچنین جلوگیری از تداخل‌های جدید؛غ
۳. مرحله‌بندی و مدل‌سازی بعد چهارم (زمان)، برای تجزیه‌وتحلیل و توسعه ساختمان تاریخی
۴. ادغام داده‌های مختلف مانند اطلاعات تاریخی، داده‌های میراث تاریخی یا فرهنگی، عکس‌ها و نقشه‌ها، مجموعه داده‌های جغرافیایی، ژئوفیزیک و داده‌ها و تصاویر از راه دور مانند تصاویر ماهواره‌ها یا تصاویر برداشت‌شده با اسکنرهای موجود؛
۶. ادغام اطلاعات نامشهود، مانند اهمیت و ارزش‌های میراث، همراه با مؤلفه‌ها یا فضاهای خاص؛
۷. قابلیت همکاری، برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها و استفاده مجدد از آن در تیم‌های چندرشته‌ای؛
۸. پتانسیل رابط با سایر سیستم‌های سازمانی، مانند GIS، CAFM، پایگاه داده و بایگانی.

۴-۲. فرایند مدل‌سازی اطلاعات بناهای تاریخی

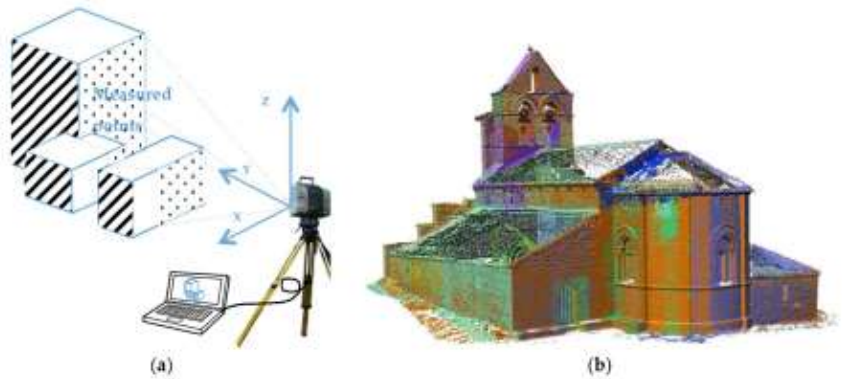
HBIM روش جدیدی است که از طریق آن می‌توان اطلاعات مختلف مرتبط با یک بنای تاریخی شامل هندسه ساخت، بافت، اشیاء تاریخی، اطلاعات مربوط به هویت تاریخی، میزان و چگونگی آسیب‌دیدگی را شناسایی و پردازش کرد و همچنین امکان ایجاد یک سیستم اطلاعات سراسری از آثار ارزشمند تاریخی برای جست‌وجوی الکترونیکی، جهت کمک به بازسازی‌های آتی آن بنا یا سایر آثار مشابه را فراهم می‌کند[۳۰]. به‌طورکلی می‌توان فرایند مدل‌سازی اطلاعات بناهای تاریخی را به ۵ مرحله یا فاز اصلی تقسیم کرد. قابل‌ذکر است که اجرای هر مرحله در رده بالاتر منوط به اجرای مراحل قبلی است[۴]. این مراحل به شرح زیر است:

۴-۲-۱. ارزیابی شرایط ساختمان

هرگونه اقدامی در جهت مقاوم‌سازی بدون تجزیه، تحلیل و محاسبات مهندسی و انجام آزمایش‌های متعدد امکان‌پذیر نیست. ارزیابی شرایط ساختمان شامل جمع‌آوری اسناد و مدارک بایگانی، بازرسی بصری و ارزیابی منتقدانه و تحلیلی، انجام تست‌های نیمه‌مخرب و غیرمخرب مانند آزمایش‌های در محل و آزمایش‌های آزمایشگاهی است[۳۱].

۴-۲-۲. ساخت و نمایش مدل سه‌بعدی

انقلاب فناوری‌ای که طی چند دهه اخیر حاصل‌شده است، فناوری‌های جدیدی را به وجود آورده است که تکنیک‌های وابسته به نقشه‌برداری و مکان‌نگاری دستیابی به داده‌های مکانی را بهبود بخشیده و سرعت بخشیده‌اند تا مدل‌های اطلاعات ساختاری دقیق تولید کنند: روش‌های فتوگرامتری و روش‌های اسکن لیزری [۳۲ و ۳۳].



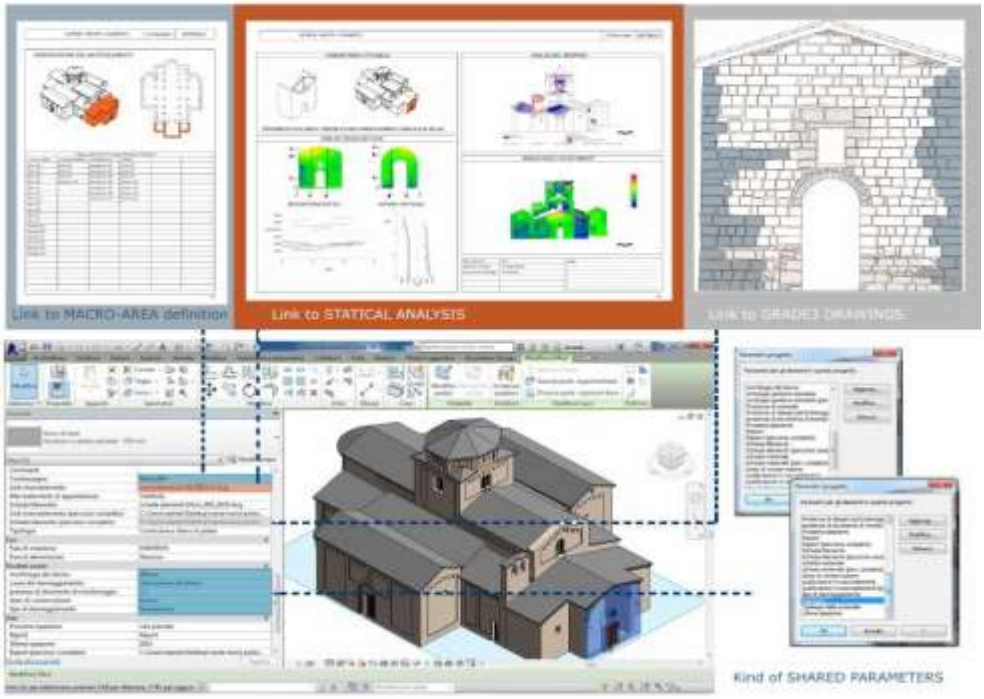
شکل ۱، (a) فرایند اسکن لیزر برای ایجاد یک ابرنقطه. (b) ابرنقطه جغرافیایی، (X، Y، Z)[۳۳]

۴-۲-۳. طبقه‌بندی اطلاعات

ارائه مدل اطلاعاتی بر مبنای هستی‌شناسی که بر تمام حوزه‌های میراث معماری و فرایند حفاظت آن متمرکز است برای پشتیبانی نمایش و مدیریت دانش فرایندهای حفاظت از میراث معماری باید از مدل مرجع مفهومی استفاده شود[۳۱ و ۴]:

۴-۲-۴. غنی‌سازی معنایی مدل سه‌بعدی

مستندسازی اطلاعات شامل داده‌های هندسی و غیرهندسی مرتبط با بنای تاریخی بر اساس ساختار هستی‌شناسی، با استفاده از مدل استاندارد داده چند مقیاسی برای نمایش دانش چندگانه و چندمنظوره و پیچیده معماری میراث است[۳۴ و ۴].



شکل ۲، مرحله غنی‌سازی داده‌ها در محیط Revit [۴]

۴-۲-۵. تبادل و به اشتراک‌گذاری اطلاعات ساختمان‌های تاریخی

ازآنجاکه هدف نهایی استفاده مجدد از داده‌های آنالیز به همراه مدل مکانی و سه‌بعدی است، برای ارائه پرس‌وجو و مرور کاربر نهایی، باید مدل و داده‌ها را با فرمت قابل‌اجرا جهت استفاده گوناگون برای کاربران متخصص و غیرمتخصص اشتراک‌گذاری کرد؛ برای انجام این مرحله در جریان کار، طراحی یک برنامه تحت وب برای استفاده در جهت مدیریت ساختمان‌های تاریخی نیاز است؛ که با اشتراک‌گذاری مدل‌های مبتنی بر یک بازنمایی ساختاریافته از ابرداده‌ها در آن، بتوان اطلاعات را از این طریق به‌صورت تعاملی مرور کرد. به‌عنوان مثال کاربران می‌توانند یک ساختمان خاص را برای بررسی انتخاب کنند و همچنین به‌کل عناصر معماری قرار گرفته در ساختمان‌های مختلف دسترسی پیدا کنند[۳۵ و ۴].

شکل ۳. نمونه مرورگر اطلاعات ساختمان‌های تاریخی[۴]

۴-۲-۶. نرم‌افزارهای مورد استفاده در مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی میراث یا بناهای تاریخی (HBIM)

مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی گاهی اوقات به‌اشتباه به‌عنوان یک بسته نرم‌افزاری خاص یا یک نوع مدل دیجیتال سه‌بعدی شناخته می‌شود. بااین‌حال، BIM فقط نسخه جدید و سه‌بعدی از CAD یا یک ابزار تجسم سه‌بعدی نیست. این برنامه بیش از برنامه‌های مدل‌سازی سه‌بعدی و مستندات دیجیتال را ارائه می‌دهد. نمایان شدن ظاهر دارایی به‌صورت دیجیتالی از طریق تکنیک‌های مدل‌سازی سه‌بعدی، مشکل کامل بودن و ثبات اطلاعات، یک نگرانی عمده و مانع کارایی در صنعت ساخت‌وساز (ازجمله حفاظت تاریخی ساختمان) را برطرف نمی‌کند. BIM یک فرایند مشارکتی با قابلیت استفاده از فناوری برای مدیریت اطلاعات هماهنگ و ساختاریافته را تشکیل می‌دهد. BIM فرایندهای جدیدی را برای طراحی و شیوه ساخت‌وساز معرفی می‌کند که می‌تواند جریان کاری سنتی طراحی و تحویل پروژه را به چالش بکشد. درعین‌حال، BIM فرصتی را برای نوسازی، افزایش بهره‌وری و ادغام بخش میراث با بقیه صنعت AECO فراهم می‌کند[۲۹ و ۳۶].

ارائه مدل اطلاعاتی بر مبنای هستی‌شناسی که بر تمام حوزه‌های میراث معماری و فرایند حفاظت آن متمرکز باشد و پشتیبانی نمایش و مدیریت دانش جهت فرایندهای حفاظت از میراث معماری، نیاز به نرم‌افزارهای مبتنی بر BIM برای کار با نقاط ابری (Point Cloud) دارد. به‌منظور شبیه‌سازی و مدیریت مدل‌ها می‌توان این نرم‌افزارها را به شکل زیر گروه‌بندی کرد[۳۷]:

۱- نرم‌افزارهایی برای مشاهده و ویرایش مانند:

Autodesk ReCap و Bentley Pointools و Cloud Computing و Geomagic و MeshLab و CloudCompare و Scalypso و Agisoft Metashape و Pix4D و غیره.

نرم‌افزارهای این گروه قادرند ابرهای نقطه را بخوانند و آنها را تشخیص دهند و همچنین می‌تواند آنها را بسیار ساده به‌صورت خط یا سطح ایجاد کنند، بنابراین آنها مدل‌های دوبعدی یا سه‌بعدی را ارائه می‌دهند.

۲- واسط طراحی کامپیوتری مانند: Autodesk AutoCAD و Bentley MicroStation.

نرم‌افزارهای گروه دوم، به‌عنوان نرم‌افزار سنتی مشهورند، با آنها می‌توان تمام ابرهای نقطه وارد شده که به‌صورت دوبعدی یا سه‌بعدی تغییر داده شده را مشاهده کرد، چراکه این نرم‌افزار می‌توانند فرمت‌های PCD و TXT را بخوانند.

۳- نرم‌افزارهای مدل‌سازی مانند: Rhino و Autodesk 3ds Max

تمام سطوح یا خطوط در این نرم‌افزارها قادر به مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌اند؛ این نرم‌افزارها رابط بسیار قوی برای ایجاد تجسم از مدل هستند.

۴- نرم‌افزارهای BIM مانند: Autodesk Revit و ArchiCAD و Tekla و Navisworks وSolibri.

نرم‌افزارهای این گروه نرم‌افزارهایی هستند برای استفاده از مدل‌سازی ساختمان اطلاعات و یا مدیریت، بنابراین می‌توان آنها را برای بازسازی و ساخت نیز استفاده کرد و از مزایایی که پیش‌تر نیز در رابطه با BIM گفته شد بهره‌مند شد.

۴-۳. به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات بناهای تاریخی

۴-۳-۱. کشورهای پیشرو در به‌کارگیری HBIM

کشورهای ایتالیا و انگلیس از سال ۲۰۱۵، با فراهم کردن زیرساخت‌ها و بسترهای لازم مانند تهیه نرم‌افزارها و تجهیزات سخت‌افزاری، ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی، آموزش پرسنل ماهر و ایجاد فرهنگ به‌کارگیری روش‌ها و تکنولوژی‌های روز دنیا، تکنولوژی بیم را در زمینه حفاظت و باززنده‌سازی بناهای تاریخی کشورشان به‌کار گرفتند و برای رشد و تکمیل هرکدام از ۵ فاز اصلی اجرای بیم در جهت مستندسازی و به اشتراک‌گذاری اطلاعات، افزایش دقت بازسازی و ارزیابی شرایط ساختمان و استفاده مجدد از بناهای تاریخی، تا به امروز قدم‌های مؤثری برداشته‌اند. بدیهی است در کشورهایی چون ایتالیا و چین که از لحاظ ثبت تعداد بناهای تاریخی دارای رتبه‌های برتر جهانی در یونسکو هستند و همچنین در انگلستان که از کشورهای پیشرو در تدوین قوانین و پروتکل‌های مدیریت داده‌های دیجیتالی بناهای تاریخی است، به‌کارگیری بیم و توسعه مداوم آن در پروژه‌های حفاظت، بیانگر فراهم آمدن زمینه‌ها و عوامل مؤثر شناسایی‌شده به‌کارگیری بیم در این کشورها می‌باشد که مشکلات خود را در این زمینه در طول سال‌های گذشته تعدیل و یا حل کرده‌اند[۶].

۴-۳-۲. به‌کارگیری HBIM در ایران

در ایران تنها فازهای اول و دوم از پنج فاز اصلی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های میراث، انجام می‌شود؛ یعنی ارزیابی شرایط ساختمان و سپس ساخت مدل سه‌بعدی؛ که در فاز ارزیابی شرایط ساختمان تنها در جهت اخذ داده‌های هندسی و فنی بنا به‌منظور ساخت مدل سه‌بعدی از روش‌های اسکن لیزری و فتوگرامتری استفاده می‌شود و آسیب‌شناسی بنا هنوز با استفاده از روش‌های سنتی مانند بازدیدهای بصری و یا مثلاً ضربه زدن به طاق آجری توسط مرمت‌کار باتجربه انجام می‌شود؛ درنتیجه ساخت و نمایش مدل سه‌بعدی بناهای میراث در ایران عمدتاً جهت گرفتن نقشه‌های مقاطع در ارتفاعات مختلف بنا و نماها و پلان استفاده می‌شود و نه به‌منظور آسیب‌شناسی بنا.

در ایران دو عامل «زیرساخت‌ها و بسترهای لازم» و «ارزیابی شرایط ساختمان» بر عوامل مستندسازی، اشتراک‌گذاری اطلاعات و افزایش دقت بازسازی بناهای تاریخی اثرگذار هستند. در میان شاخص‌های بسترها و زیرساخت‌های لازم، «تهیه نرم‌افزارها و تجهیزات سخت‌افزاری» و در میان شاخص‌های ارزیابی شرایط ساختمان، «دستیابی به سن واقعی بنا» مهم‌ترین عامل‌ها دانسته شدند.

چون مستندسازی صرفاً محدود به ساخت و نمایش مدل سه‌بعدی است و هیچ‌گونه اطلاعات دیگری در مورد بنا به داخل تزریق نمی‌شود پس مستندسازی اطلاعات به‌طور کامل انجام‌نشده و نمی‌تواند باعث افزایش دقت کار بازسازی گردد. با اجرای ناقص مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی، بهبود عملکرد مدیریت پروژه‌های معماری میراث در کشور امکان‌پذیر نیست[۶].

۴-۴. مدل‌سازی اطلاعات بناهای تاریخی و هوش مصنوعی

در جمع‌آوری داده‌ها توسط فناوری‌های نوآورانه در زمینه میراث فرهنگی به دلیل ظرفیت دیجیتالی کردن دقیق ویژگی‌های معماری و همچنین توسعه مدل‌های اطلاعاتی مفید برای تحلیل، شبیه‌سازی و تفسیر، گسترده است. تأکید بر نقش گسترده‌تر میراث فرهنگی در جامعه در اهداف توسعه پایدار نشان داده شده است که کشورها را به تلاش برای حفاظت و نگهداری از میراث فرهنگی متعهد می‌سازد. هوش مصنوعی و HBIM دو مفهوم مرتبط با هم هستند که در زمینه میراث فرهنگی کاربرد دارند. هوش مصنوعی یک شاخه از علوم کامپیوتر است که به ساخت سیستم‌های هوشمند که می‌توانند وظایف پیچیده را انجام دهند، می‌پردازد. هوش مصنوعی می‌تواند برای تسهیل و بهبود فرایند ایجاد HBIM کمک کند. برای مثال، با استفاده از تقسیم‌بندی معنایی ابرنقاط سه‌بعدی، که یکی از روش‌های یادگیری عمیق است، می‌توان ویژگی‌های مختلف یک ساختمان را شناسایی و دسته‌بندی کرد. سپس می‌توان از این اطلاعات برای ساخت مدل‌های پارامتریک استفاده کرد که با استانداردهای BIM سازگار باشند. این روش می‌تواند زمان و هزینه طراحی را کاهش دهد و دقت و کیفیت مدل‌ها را افزایش دهد. هوش مصنوعی و HBIM نه‌تنها برای طراحی و مهندسی، بلکه برای حفاظت و مرمت میراث فرهنگی نیز مفید هستند. با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان تغییرات و خسارات احتمالی را پیش‌بینی کرد و راهکارهای مناسب را ارائه داد. همچنین می‌توان با استفاده از HBIM مستندات و اطلاعات مربوط به تاریخچه و معنای یک ساختمان را ذخیره و انتقال داد. این کار می‌تواند به ارتقا آگاهی و احترام به میراث فرهنگی کمک کند[۳۸].

بناهای تاریخی به‌عنوان بخشی از میراث فرهنگی و هویت ملی، نیازمند حفاظت و مرمت مناسب هستند. با پیشرفت تکنولوژی، روش‌های جدیدی برای مدیریت اطلاعات و بهبود کیفیت کارهای مرمت ارائه شده‌اند. یکی از این روش‌ها مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی (HBIM) است که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف این پژوهش بررسی رویکردهای جدید، جهت رسیدن به سطح کیفی بالا در کارهای حفاظت و مرمت ساختمان‌های تاریخی بوده است؛ چالش‌های موجود مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی (HBIM)، به‌عنوان یک الگوی جدید مورد بررسی قرار گرفت، فرایند مدل‌سازی اطلاعات بناهای تاریخی در ۶ گام تدوین شد، گام اول ارزیابی شرایط ساختمان، گام دوم ساخت و نمایش مدل سه‌بعدی، گام سوم طبقه‌بندی اطلاعات، گام چهارم غنی‌سازی معنایی مدل سه‌بعدی، گام پنجم تبادل و به اشتراک‌گذاری اطلاعات ساختمان‌های تاریخی، گام ششم نرم‌افزارهای مورد استفاده در مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی میراث یا بناهای تاریخی HBIM، نکته مهم این است که این گام‌ها در تمام پروژه‌های مرمت مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باید طی شود اما الزامات و خروجی‌های هر گام بر اساس خواسته‌ها و نیازهای هر پروژه متفاوت است. سپس شرایط به‌کارگیری این تکنولوژی در کشورهای پیشرو بررسی گردید و با شرایط ایران سنجیده شد و درنهایت به هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری‌های نوآورانه اشاره گردید.

۵. جمع‌بندی

سامانه فناوری BIM در بدو ظهور تنها برای مدیریت اجرای پروژه‌های جدید استفاده می‌شد؛ اما به‌تازگی، در مستندسازی تاریخی و مدیریت حفاظت و نگهداری نیز امکان استفاده از آن میسر شده است. البته این امر همچنان نیاز به بحث‌های نظری و آزمایش‌های کاربردی به‌منظور دستیابی به مدل‌های دقیق، از بناهای تاریخی نامنظم دارد که در به‌کارگیری اقدامات جهت حفظ و نگهداری آنان بسیار ثمربخش است.

هدف از ایجاد مدل معماری، دستیابی به یک مدل سه‌بعدی اجزا محدود است که ضمن نمایش اشکال پیچیده با ویژگی المان‌های باربر سازه‌های تاریخی (مانند گنبدها و دیوارهای نامنظم و ...) قابلیت تحلیل سازه‌ای را نیز داشته باشد. مسئله مهم این است که هنوز این امکان در ابزارهای پیش‌بینی‌شده در حوزه BIM به‌صورت کامل وجود ندارد و آنها با المان‌های سه‌بعدی حجمی تعامل ندارند؛ بنابراین برای دستیابی به مدل اجزاء محدود، لازم است تا روش تبدیل مدل سه‌بعدی BIM ساخته‌شده با اهداف معماری، به مدل اجزاء محدود مشخص شود که این موضوع نیاز به خلاقیت و همچنین تسلط کامل کاربر را بر نرم‌افزارهای موجود دارد.

می‌توان با تلفیق انواع ابزارهای فناورانه در رشته‌ها و تخصص‌های مختلف از امکانات به‌دست‌آمده مختلف به‌صورت یکپارچه و هماهنگ بهره برد. تلفیق ابزارهای سامانه فناوری بیم و تحلیل سازه، بررسی رفتار یک بنای تاریخی را با در نظر گرفتن اتفاقات و تغییرات روی‌داده در آن، در طول تاریخ امکان‌پذیر می‌سازد. ایجاد مدل اطلاعاتی در کنار مطالعه رفتار سازه‌ای بناهای میراث فرهنگی در طول تاریخ و مطابقت آن با شرایط حال حاضر، ضمن فراهم آوردن امکان برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی برنامه ترمیم و نگهداری این بناها، یک دارایی اطلاعاتی از این بناها را که حاوی انواع اطلاعات هندسی، فنی، معماری و تاریخی است، برای بهره‌برداران از آنها فراهم می‌کند. این کار می‌تواند در طول سالیان متمادی مورد استفاده قرار گیرد.

می‌توان اهمیت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های تاریخی را در سه دسته زیر خلاصه کرد:

۱) روش جدیدی است که از طریق آن می‌توان اطلاعات مختلف مرتبط با یک بنای تاریخی شامل: هندسه ساخت، بافت، اشیاء تاریخی، اطلاعات مربوط به هویت تاریخی، میزان و چگونگی آسیب‌دیدگی را شناسایی و پردازش کرد. همچنین به‌کارگیری بیم در بناهای باستانی سبب صرفه‌جویی در زمان و هزینه باکیفیت بالای کار مرمت و بازسازی، تحلیل ریسک، افزایش ایمنی عمومی و درک بهتر مداخلات معماری و سازه‌ای جهت انتخاب بهترین روش حفظ و بازسازی بنای تاریخی می‌شود.

۲) دستیابی به فرصت‌های جدید نظارت و تحقیق، در بخش‌های مختلف ازجمله تکمیل انرژی برای ساختمان‌های تاریخی که با تغییر کاربری یا بدون تغییر کاربری در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳) امکان ایجاد یک سیستم اطلاعات سراسری از آثار ارزشمند تاریخی برای جست‌وجوی الکترونیکی، جهت اشاعه فرهنگ و تمدن کشورها و کمک به بازسازی‌های آتی آن بنا یا سایر آثار مشابه، درواقع ایجاد یک کتابخانه از اطلاعات ساختمان‌های میراث فرهنگی کشورها و شناسنامه الکترونیکی آثار سبب دستیابی متخصصان و غیرمتخصصان به اهداف گوناگون مرتبط با بنای باستانی مانند اهداف آموزشی و تحقیقی و همچنین اهداف گردشگری جهت توسعه اقتصاد پایدار می‌شود.

یادآور می‌شود که در ایران به علت دارا بودن تعداد زیادی ابنیه تاریخی که اکثراً ثبت ملی و جهانی هستند، لزوم اقدامات در جهت نگهداری و مرمت این میراث ضروری به نظر می‌رسد. به علت ضعف‌ها و ناکارآمدی روش‌های سنتی، کشورهای پیشرفته روش‌های جدید و موفقی ازجمله BIM را در پروژه‌های حفاظت به‌کار گرفته‌اند و مشکلات خود در این زمینه را طی سال‌های گذشته تعدیل و یا حل کرده‌اند؛ اما در ایران هنوز از روش‌های سنتی برای مرمت و بهسازی ابنیه تاریخی استفاده می‌شود. هرچند که در مواردی استفاده از فناوری BIM به‌صورت ناقص انجام می‌گیرد. با توجه به چالش‌های موجود که با مطالعه مراحل اجرای کامل HBIM و بررسی به‌کارگیری آن در ایران در این مقاله مشخص شد می‌توان مهم‌ترین راه‌های حل این مشکلات را اقدام به فرهنگ‌سازی ذینفعان، تدوین قوانین مرتبط با اجرای بیم، آموزش کامل مراحل بیم و از همه مهم‌تر لزوم تغییر رویکرد مدیرانی پیشنهاد کرد که به علت هزینه بالای اولیه اجرای پروژه با بیم ازجمله خرید تجهیزات و لایسنس نرم‌افزارهای لازم، برگزاری جلسات آموزشی و کارگاهی جهت تربیت نیروی ماهر و نبود سرمایه‌گذاری‌های مالی در جریان کاری بیم، تمایلی به منظور به‌کارگیری بیم در پروژه‌های مرمت ندارند و ترجیح می‌دهند از روش‌های سنتی مرمت که ازلحاظ روند کار سال‌ها آن را انجام داده‌اند، استفاده کنند؛ و این به سیاست‌گذاری‌های دولت بستگی دارد که چگونه می‌خواهد در این حوزه به سازمان میراث کمک کند.

درنهایت با توجه به ضرورت و اهمیت موضوع چهار عنوان از پیشنهادات آتی به شرح زیر است:

- ارزیابی اثربخشی HBIM در افزایش کیفیت و کاهش هزینه و زمان پروژه‌های مرمت ساختمان‌های تاریخی؛
- ارائه یک چارچوب نظری و عملی برای تبدیل مدل سه‌بعدی BIM به مدل اجزاء محدود برای تحلیل سازه‌ای ساختمان‌های تاریخی؛
- ایجاد یک سیستم اطلاعاتی مبتنی بر BIM برای مدیریت و نگهداری ساختمان‌های تاریخی؛
- مشارکت اجتماعی در حفاظت میراث شهری با استفاده از HBIM.

منابع

[1] B. Wafaei Baneh, K. Wafaei Baneh, "Investigating methods of strengthening and improving cultural heritage structures", The second national conference on documenting natural and cultural heritage, Tehran, Shahid Rajaei University, 2017 (in Persian).

[2] C. Biagini, P. Capone, V. Donato, N. Facchini, "Towards the BIM implementation for historical building restoration sites", automation in construction, Vol 71, 2016.

[3] M. Alizadeh, "Restoration and maintenance of cultural heritage buildings with BIM technology system (Masgra Castle)", Bimana specialized media, 2016 (in Persian).

[4] R. Quattrini, R. Pierdicca, Ch. Morbidoni, "Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high-qualitymodels using the semantic-web", Journal of Cultural Heritage, Vol 28, 2017.

[5] A. Baik, "From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House – case study" , Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Vol 4, 2017.

[6] S. Bahrgardniko, A. Monirabbasi, M. Hemasian Etefagh, "Using BIM technology and its challenges in the restoration of historical monuments in the current conditions of Iran", the 14th International Project Management Conference, Tehran, 2017 (in Persian).

[7] R.K. Yin, "A case study', Cultural Research Office Publications, 1999 (in Persian).

[8] Gh. Khaki, "Research method in management", Reflection Scientific Publishing Center, 2002 (in Persian).

[9] Sh. Pourbiranvand, "Documenting historical monuments at risk of earthquake: studies from Iran and the world", the second national documenting of natural and cultural heritage, Tehran, Shahid Rajaei University, 2017 (in Persian).

[10] M. Flamaki, "Revitalization of historical buildings and cities", 13th edition, Tehran University Press, 2017 (in Persian).

[11] M. Yilmaz, M. Yakar, S.A. Gulec, O.N. Dulgerler, "Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage", Journal of Cultural Heritage, Vol 8, 2007.

[12] M. Scherer, "About the synthesis of different methods in surveying", XVIII International Symposium of CIPA, Potsdam, Germany, 2002.

[13] E. Amiri Azar, E. Androudi, M. Saadat Serasht, B. Soltani Gordfarmarzi, "Documenting the fronts of historical houses in Oudlajan neighborhood of Tehran using short-range photogrammetry method: providing a solution to remove the limitations of removing reflective tiled coverings", 2nd National Conference Natural and cultural heritage documentary, Tehran, Shahid Rajaei University, 2017 (in Persian).

[14] R. Nafspour, "Building Information Modeling", Consulting Engineer Quarterly, No. 53, Autumn 2019 (in Persian).

[15] M. Golabchi, A.R. Golabchi, E. Noorzaei, K. Qaroni Jafari, "Building Information Modeling", Tehran: Tehran University Press, 2017 (in Persian).

[16] I. Aicardi, F. Chiabrando, A.M. Lingua, F. Noardo, "Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach". Journal of Cultural Heritage, Vol 32, 2018.

[17] M. Pieraccini, G. Guidi, C. Atzeni, "3D digitizing of cultural heritage", Journal of Cultural Heritage, Vol 2, 2001.

[18] Ch. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, Gh. Lee, "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers", First published July 2018.

[19] B. Becerik-Gerber, "The Perceived Value of Building Information Modeling in the U.S Building Industry", Journal of Information Technology in Construction, volume 15, 2010.

[20] D. Andrews, J. Bedford, B. Blake, P. Bryan, T. Cromwell, R. Lea, "Measured and Drawn; Techniques and practice for the metric survey of historic buildings", English Heritage, London, Published 1 January 2010.

[21] Sh. Hojatpanah,M. Mahoud, M. Mohseni, Sh. Hojatpanah, "Review of the role and application of BIM building information modeling in the management of construction projects", the first international conference on architecture, civil engineering and urban planning, Paris, 2017 (in Persian).

[22] H. Ebrahimi, E. Shakri, "Investigating the role of using BIM building information modeling technology to achieve sustainable architecture", International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban

Development, Tabriz Islamic Azad University, 2019 (in Persian).
[23] E. Krygiel, B. Nies, "Green BIM: successful sustainable design with building information modeling", Wiley Publishing, Canada, First published 31 August 2010.
[24] S.M. Ghamkhar, "Application of building information modeling technology to reduce the time and cost of repairing and improving buildings", the second national crisis management conference, Tehran, 2013 (in Persian).
[25] N. Zare, A. Hosseini, "Investigating the effect of the implementation potential of building information modeling (BIM) technology on improving the performance of cultural heritage documentation", 8th National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Babol, 2018 (in Persian).
[26] S. Bruno, F. Fatiguso, "Building conditions assessment of built heritage in historic building information Modeling", International Journal of Sustainable Development and Planning، Vol. 13, 2018.
[27] J. Moyano, E. Carreño, J.E. Nieto-Julián, I. Gil-Arizón, S. Bruno, "Systematic approach to generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in architectural restoration project", Automation in Construction, Vol 143, 2022.
[28] S. Bruno, M. De Fino, F. Fatiguso, "Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management", Automation in Construction, Vol 86, 2018
[29] S. Antonopoulou, P. Bryan, "BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model", Historic England, Published 20 July 2017.
[30] X. Yang, P. Grussenmeyer, M. Koehl, H. Macher, A. Murtiyoso, T. Landes, "Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques", Journal of Cultural Heritage, Vol 46, 2020.
[31] M. Aciernoa, S. Cursib, D. Simeoneb, D. Fiorania, "Architectural heritage knowledge modelling: An ontology-basedframework for conservation process", Journal of Cultural Heritage, Vol 24, 2017.
[32] C. Biagini, P. Capone, V. Donato, N. Facchini, "Towards the BIM implementation for historical building restoration sites", Automation in Construction, Vol 71, 2016.
[33] F.J. López, P.M. Lerones, J. Llamas, J. Gómez-García-Bermejo, E. Zalama, "A Review of Heritage Building Information Modelling (H-BIM)", Multimodal Technologies and Interaction, 2018.
[34] F. Noardo, "Architectural heritage semantic 1D documentation in multi-scalestandard maps", Journal of Cultural Heritage, Vol 32, 2018.
[35] L. Martinelli, F. Calcerano, E. Gigliarelli, "Methodology for an HBIM workflow focused on the representation of construction systems of built heritage", Journal of Cultural Heritage, Vol 55, 2022.
[36] C. Santagati, D. Papacharalambous, G. Sanfilippo, N. Bakirtzis, C. Laurini, S. Hermon, "HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)", Journal of Archaeological Science: Reports, Vol 36, 2021.
[37] Sh. Hojatpanah, M. Vali Yousefi, M. Mahoud, V. Mohammadi Khoshbakht, "Study on the construction stages, modeling and implementation of the building using point cloud and photogrammetry methods in BIM (case study: Pars Tower, Tehran)", 3rd conference International Applied Research in Structural Engineering and Construction Management, Sharif University, 2018 (in Persian).
[38] V.A. Cotella, "From 3D point clouds to HBIM: Application of Artificial Intelligence in Cultural Heritage", Automation in Construction, Vol 152, 2023.