

## Research article

### Documentation of Architectural Decorations Utilizing HBIM Technology: A Case Study; Brick Arc Decorations in the Domed Chamber of the Second Courtyard Mosque of Ribat Sharaf

Ali Adineh<sup>(a)</sup>, Gholamreza Kiani Deh Kiani<sup>(b)\*</sup>, Abbas Malian<sup>(c)</sup>

a. PhD in Conservation of Historical Buildings, Art University of Isfahan (m.a.adineh@gmail.com)

b. Assistant Professor, Department of Conservation of Historical Buildings, Art University of Isfahan

c. Assistant Professor, Department of Surveying, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran's Representative in CIPA (abbass.malian@gmail.com)

#### Keywords

Architectural Ornamentation, HBIM, Brick Arches, Domed Chamber, Robat Sharaf.

#### Citation

Adineh, Ali; Kiani Deh Kiani, Gholamreza; and Malian, Abbas. (2024). Documentation of Architectural Decorations Using HBIM Technology (Case Study: Brick Arch Decorations of the Dome Chamber in the Second Courtyard Mosque of Robat Sharaf). *Handicrafts of Greater Khorasan*, 2(6), 1-28.



Use your device to scan and read articles online

#### Abstract

Documenting and modeling architectural decorations sometimes are highly challenging due to their complexity. Traditional methods often require direct contact and one-to-one documentation of details, which can be a complicated and time-consuming process. While photogrammetry has facilitated this process and allowed the depiction of decorations from images, working with corrected images still involves complex procedures. This raises the question: Is there a method that allows for non-contact documentation with faster speed and more accuracy, and provides a suitable environment for drawing? HBIM (Historic Building Information Modeling) technology, based on photogrammetry and point cloud, offers an innovative method for documenting and creating intelligent 3D models of architectural decorations. These models include all the details and are even related to the construction methods of the decorations. Additionally, HBIM technology can be an effective tool for interpreting and reconstructing decorative patterns and designs. In order to implement the proposed method, brick arches with plaster decorations in the base of 8 domes of the second courtyard mosque of Robat Sharaf were studied and investigated. The modeling results showed that intelligent 3D modeling of decorations can be used for reinterpretation and reconstruction. The parametric nature of the modeled components and their intelligence allows for changes in dimensions and properties of the units as needed. This feature enables users to review virtual models before making physical alterations when it is decided to use materials of different dimensions to differentiate restoration measures, thus greatly helps in decision-making and ensuring accurate restoration choices.

DOI: <https://doi.org/10.22034/hgj.2023.399839.1010>



URL: [https://hgj.imamreza.ac.ir/article\\_209634.htm](https://hgj.imamreza.ac.ir/article_209634.htm)



©Authors retain the copyright and full publishing rights.

\* Corresponding Authors: (gh.kiani@aui.ac.ir)

## Introduction

Preserving and documenting cultural heritage as documents of past identity and culture is crucial. Since these monuments represent the history and civilization of nations and help with recognizing each society's traditions and culture. Documenting monuments is the first step towards their preservation. Although traditional documentation methods were effective, but they are often so difficult and time-consuming, and they are incomplete considering the archiving and data integration. Today, Historic Building Information Modeling (HBIM) is offered as a novel solution with which the preservice of a monument's documents in a database is possible by integrating all gathered data from documentation and preservation processes. This multi-dimensional model can link all elements of the monument together. In other words, HBIM is considered as a modeling process that besides providing a precise reliable geometric 3D model of a historical structure, is used as a base for gathering important information such as historical documents, construction patterns, construction method, materials, and descriptive details regarding conservation and the methods used in the construction of the monument. This study demonstrates the effect of applying HBIM in documenting and interpreting the decorative brick arches used in the domed chamber in the second courtyard of Ribat Sharaf Mosque, a Seljuk-era monument. The Seljuk period is significant for its transformative impact on Iranian architecture and art and due to the political stability in that period, artists created numerous monuments. The changes in architecture and related decorations in this period, have presented various monuments in case of shape, function, and the way of building. The use of plastering techniques and the combination of bricks and tiles in this period comparing to the previous ones, has more diversity and was more extensive in a way that have left a lasting influence in the subsequent periods and facilitated further improvements. Ribat

Sharaf is selected as one of the exemplary Seljuk monuments, and according to the study's purpose, the transition of brick arches from a four-sided base to an eight-sided base in the domed chamber of the second courtyard was analyzed for the purpose of introducing the modern method. Analyzing this monument required a detailed examination of brick arrangements and remaining plaster decorations for an accurate interpretation and analysis. Restorations carried out over the past 50 years have always been accompanied by the decisions of restorers, and their influence can be seen in the restoration of many of the remaining decorative parts. According to the identified capabilities of HBIM technology in the field of documentary, this experience of analysis by offering a new approach to the documentary and ornamental modeling, has been used on the brick arches of the dome of the second courtyard of the Rabat Sharaf Mosque.

## Materials /Methods

In this study, a field survey was initially conducted on the multiple brick arches in Ribat Sharaf to determine the brick layout pattern. Subsequently, the brick arches of the second courtyard mosque were modeled using HBIM technology. Therefore, photogrammetry operations were carried out using a DJI MAVIC 2 PRO drone equipped with a 10 mm camera. The 3D photogrammetry model was produced with Agisoft Metashape software and then transferred to Autodesk Revit 2022. First, the main outlines of the design were drawn, and the types of bricks used in the decorations were identified. Each brick was modeled as a Family, and a library of these components was created. After completing the model, the researcher tried to reconstruct the model precisely by identifying the remnants of the plaster decorative layer on the bricks.

## Discussion and Findings

The examination of Ribat Sharaf apses revealed that this monument has eleven spaces which are covered by domes with brick arches transitioning from a four-sided to an eight-sided base that besides

turning the base into a circle, has been decorated too. Also, all brick arches, except for those in the domed chamber of the second courtyard mosque, used only brick arrangements for decoration, while the domed chamber arches of the second courtyard mosque on the top of the bricks used a decorative plaster layer as the last cover layer. The study documented the brick patterns of ten domed spaces, including diagrams and sectional views in order to gather more information.

The conducted comparative study is documented in tables with the results presented. In these tables, in addition to drawing the arrangement of the arches and their positions, a section of the space is also presented. After reviewing and receiving the results of the study of the brick arrangement of the arches of the ten domed spaces, the dome of the Second Courtyard Mosque, which is the sample under investigation in this study, was studied and reconstructed using HBIM technology. After determining the general outline of the area, the modeling of the brick network of the arches begins. Due to the variety of bricks used in the decorations, a library of building components was created to be used in the final modeling phase. The combination of bricks and plaster in Ribat Sharaf created diverse and beautiful patterns. To construct brick arches, the building components were first examined for diversity and modeled as the smallest structural units. After examining the structure, the variety of bricks used were drawn and modeled as a family. By creating a library of bricks and modeling them, the desired area was reconstructed. One of the important features of using Revit software for modeling was its intelligence and numerous features after creating a 3D model, for extracting information such as material estimation, presenting the model with real materials, producing 2D and 3D maps, and using a visual programming language to call up information and attach information to each unit.

## Conclusions

Architectural decorations, especially in the Razi style, are considered as significant aesthetic features. This study focuses on the interpretation and reconstruction of the brick arch decorations in the domed chamber of the second courtyard mosque of Ribat Sharaf Mosque using HBIM technology, which offers intelligent 3D modeling. One of HBIM's key features is the ability to estimate materials which can be highly effective in various stages of construction and restoration. This method uses cameras for non-contact measurement, aiding in the monitoring of the surface and condition of the decorations. The intelligence of the modeled components allows for dimensional and property changes before implementation.

## Acknowledgment

Special thanks to Engineer Mehdi Boromand and Engineer Asghar Boromand for their assistance with field surveys. And many thanks to Professor Jose Luis Lerma Garcia from the Polytechnic University of Valencia and the GiFLE group (Research in Photogrammetry and Laser Scanning) for providing the software platform and effective assistance in carrying out the project.

## مقاله پژوهشی

### مستندسازی تزیینات وابسته به معماری با بهره‌گیری از فناوری HBIM (مطالعه موردی: تزیینات تاق‌نماهای آجری

#### گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف)<sup>۱</sup>

علی آدینه (الف)، غلامرضا کیانی ده کیانی (ب)\*، عباس مالیان (پ)

(الف) دانش‌آموخته دکتری، گروه مرمت ابنیه تاریخی، دانشگاه هنر، اصفهان، ایران (m.a.adineh@gmail.com)

(ب) استادیار، گروه مرمت ابنیه تاریخی، دانشگاه هنر، اصفهان، ایران

(پ) استادیار، گروه نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (abbass.malian@gmail.com)

#### چکیده

مستندنگاری و مدل‌سازی تزیینات وابسته به معماری به دلیل پیچیدگی گاهی فرآیند بسیار دشواری است و در روش‌های سنتی برداشت، گاهی لازم است مستندسازی به صورت یک‌به‌یک و در تماس مستقیم با اثر انجام شود و به همین دلیل، ممکن است گاهی به سختی برداشت و ترسیم شوند. هرچند این مسئله با استفاده از فتوگرامتری تسهیل یافته و امکان ترسیم تزیینات از روی تصویر فراهم شده است، اما استفاده از تصاویر تصحیح‌شده نیز، روند پیچیده‌ای به دنبال دارد. بنابراین، پرسشی مطرح می‌شود که آیا روشی وجود دارد که بدون تماس، امکان برداشت و مستندسازی را با سرعت و دقت بهتری فراهم نموده و در مرحله ترسیم، محیط مناسبی در اختیار قرار دهد؟ فناوری HBIM بر مبنای فتوگرامتری و ابرنقطه، شیوه نوینی برای مستندسازی و ساخت مدل از اجزای معماری ارائه می‌دهد که نتیجه آن، محصولی متشکل از مدل‌های سه‌بعدی هوشمند از تزیینات بوده و شامل تمام جزئیات اثر و حتی روش‌های ساخت نیز می‌تواند باشد. به علاوه، باور بر این است که فناوری HBIM می‌تواند روش مؤثری در راستای بازخوانی و بازسازی نقوش و طرح‌های تزیینی ارائه دهد. به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی، تاق‌نماهای آجری با تزیینات گچی زمینه ۸ گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و نتیجه مدل‌سازی انجام شده نشان داد که مدل‌سازی سه‌بعدی هوشمند تزیینات می‌تواند به منظور بازخوانی و بازسازی مورد استفاده قرار گیرد. پارامتریک بودن اجزای مدل شده و هوشمندی آن‌ها، امکان تغییر ابعاد و یا تغییر خصوصیات اجزا را در مواقع نیاز، به کاربر می‌دهد و این ویژگی در مواقعی که تصمیم به استفاده از مصالح با ابعاد متفاوت به منظور تمایز اقدامات مرمتی گرفته می‌شود نیز می‌تواند تغییرات را پیش از اجرا به صورت مدل مجازی ارائه داده و در روند تصمیم‌گیری‌ها و انتخاب درست، بسیار مؤثر واقع شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

شماره صفحات: ۲۸-۱

#### واژگان کلیدی

تزیینات وابسته به معماری، HBIM، تاق‌نماهای آجری، گنبدخانه، رباط شرف

#### استناد به مقاله

آدینه، علی؛ کیانی ده کیانی، غلامرضا و مالیان، عباس. (۱۴۰۳). مستندسازی تزیینات وابسته به معماری با بهره‌گیری از فناوری HBIM (مطالعه موردی: تزیینات تاق‌نماهای آجری گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف). هنرهای صنایع خراسان بزرگ، ۲(۶)، ۲۸-۱.



از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید.

DOI: <https://doi.org/10.22034/hgj.2023.399839.1010>



URL: [https://hgj.imamreza.ac.ir/article\\_209634.htm](https://hgj.imamreza.ac.ir/article_209634.htm)



©Authors retain the copyright and full publishing rights.

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول با عنوان «تبیین اثر فناوری HBIM بر تفکر استراتژیک پیش از مداخله در ابنیه تاریخی» است.

\*نویسنده مسئول مکاتبات: (gh.kiani@aui.ac.ir)

## مقدمه

ثبت و نگهداری میراث فرهنگی به‌عنوان آثاری از هویت و فرهنگ گذشته به این دلیل که نمایانگر تاریخ و تمدن کشورها بوده و به فهم سنت و فرهنگ هر جامعه‌ای کمک می‌کنند، ضرورت دارد. مستندسازی آثار به‌عنوان نخستین گام در راستای حفاظت مطرح می‌شود. با وجود اینکه روش‌های سنتی به‌منظور مستندسازی مؤثر بوده، اما بسیار سخت و زمان‌بر انجام می‌شود و درعین‌حال، فاقد بایگانی مناسب و یکپارچگی اطلاعات جهت نگهداری هستند (Hanachi et al., 2015:9-40). امروزه، مدل‌سازی اطلاعات ساخت میراث معماری راه‌حلی نوین ارائه می‌کند تا بتوان از طریق ادغام همه اطلاعات جمع شده از فعالیت‌های مرتبط با مستندسازی و حتی فرآیندهای حفاظت، مستندات اثر را در یک پایگاه نگهداری کرده و از آن بهره‌گرفت (Fai et al., 2011:7) که این مدل با عنوان 'HBIM' معرفی شده است، مدلی چندبعدی که همه اجزای اثر می‌تواند به آن ارتباط داده شود. به‌بیان دیگر، HBIM می‌تواند به‌عنوان یک فرایند مدل‌سازی در نظر گرفته شود که علاوه بر ایجاد مدل سه‌بعدی هندسی دقیق و قابل‌اطمینان برای ساختار تاریخی، به‌عنوان پایگاهی برای جمع‌آوری اطلاعات مهم مانند اسناد تاریخی، یافتن الگوها، شیوه ساخت، مواد و مصالح و جزئیات توصیفی در زمینه حفاظت و شیوه‌های به‌کاررفته در ساخت اثر، استفاده شود. در پژوهش حاضر، کاربرد مؤثر HBIM به‌منظور مستندسازی و بازخوانی تزیینات به‌کاررفته در تاق‌نماهای آجری گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف که بنایی سلجوقی است، ارائه می‌شود.

دوره سلجوقی از مهم‌ترین ادوار تحول در معماری و هنر ایران زمین محسوب می‌شود و به دلیل آرامش و ثبات سیاسی فراهم شده در این دوره، آثار بسیاری توسط هنرمندان این عصر خلق شده است (Kiani, 1997: 54). تغییرات این دوره در حیطه معماری و تزیینات وابسته، شکل، کارکرد و نحوه اجرا، آثار متفاوتی را عرضه می‌کند (Hatam, 2000: 13-15). بهره‌گیری از تکنیک‌های مختلف گچ‌بری و تلفیق آجر و کاشی در این دوره نسبت به ادوار قبل، تنوع و

گسترده‌گی بیشتری را نشان می‌دهد (Katli & Hambly, 1997:19-21)، به‌گونه‌ای که تأثیر و تداوم آن در ادوار بعد نیز باقی‌مانده و زمینه را برای پیشرفت آن‌ها فراهم نموده است (Shekofteh et al., 2015:85). با این‌حال، از آجرکاری عصر سلجوقی به‌عنوان دوره‌ای دربردارنده ابداع و تمایز نسبت به دوران بعد، در متون یاد شده است. با توجه به غنای تزیینات آجری در دوره سلجوقی، رباط شرف به‌عنوان یک اثر بی‌بدیل از این دوره انتخاب شده (Adineh, 2019b:14 & Godar et al., 2008:190-215) توجه به هدف پژوهش، بازخوانی تاق‌نماهای آجری در مرحله تبدیل زمینه ۴ (بشن) به ۸ (چپیره) در گنبدخانه مسجد حیاط دوم، برای معرفی روش نوین موردبررسی و پژوهش قرارگرفته است.

خوانش این اثر نیاز به بررسی جزء‌به‌جزء در چیدمان آجر و تزیینات گچی باقی‌مانده آن دارد تا قابل ارزیابی و تحلیل گردد. نباید از نظر دور داشت که به‌واسطه مرمت‌های صورت گرفته طی بیش از ۵۰ سال که از شروع اقدامات اجرایی اثر می‌گذرد، همواره خوانش آن توسط مرمتگران تصمیم‌گیر انجام شده و اثر آن در بازسازی بسیاری از بخش‌های باقی‌مانده تزیینات، قابل‌مشاهده است و نشان می‌دهد سعی شده، آنچه باقی‌مانده به بهترین نحو به نمایش گذاشته شود (Daneshdoost, 1981:5-26). با این‌وجود، مستنداتی مبنی بر تصمیمات و یا طرح‌هایی که منجر به این نوع بازخوانی و بازسازی‌ها شده، به‌درستی ثبت نشده است تا به‌عنوان تجربیات حاصل از نحوه مرمت این اثر ارزشمند، مورد مطالعه و استفاده قرار گیرد (Andaroodi, 2013). به همین دلیل، با توجه به قابلیت‌های شناسایی شده از فناوری HBIM در حوزه مستندسازی (Faltynova et al., 2016; Garagnani et al., 2013) سعی شده این تجربه خوانش، با ارائه روش نوین در مستندسازی و مدل‌سازی تزیینات بر روی تاق‌نماهای آجری گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف، پیاده‌سازی گردد (Dore & Murphy, 2014).

## پیشینه پژوهش

با توجه به مطالعات صورت گرفته در منابع مکتوب اخیر در زمینه بررسی و مستندسازی تزیینات آجری به‌ویژه در دوره سلجوقی، چندین مقاله به مشاهده می‌شود که از جمله آن‌ها، مقاله‌ای است که آزاد (2014)، سه مناره از مناره‌های سلجوقی را جهت مقایسه تزیینات آجری به دلیل داشتن کتیبه تاریخ‌دار، انتخاب و آن‌ها را از نظر عملکرد، فرم و تزیینات مورد بررسی قرار داده است. صالحی کاخکی در مقاله دیگری (Salehi Kakhki et al, 2014) به شناخت ویژگی‌های معماری و کتیبه‌های دوره سلجوقی گنبد تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان پرداخته و تزیینات آجری و کتیبه‌های به‌کاررفته در گنبد را شرح داده و موقعیت آن‌ها را با ارجاع به تصاویر روی پلان و برش گنبد، ارائه داده است. شکفته و همکاران در مقاله‌ای (2015) تزیینات آجری سلجوقیان را از لحاظ فن و تنوع طرح با هدف معرفی تزیینات، شناسایی انواع چیدمان‌ها، شناسایی رگ‌چین‌های شاخص و تداوم آن در دوره‌های خوارزمشاهی و ایلخانی مورد مطالعه قرار داده‌اند. شیخی و آدینه در مقاله‌ای (2020) با مطالعه نقوش مهری موجود در رباط شرف، آن‌ها را مستند و تحلیل نموده و به قواعدی جهت استفاده از آن‌ها دست‌یافته که قابلیت تعمیم این قواعد در فضاهای مختلف رباط شرف بررسی شده است. در مقاله دیگری (Adineh & Vali Beig, 2023) نیز جزئیات تزیینی اثر تاریخی رباط شرف در ترکیب با سه اثر رباط ماهی، مقبره ارسلان جاذب و میل ایاز شناسایی و تحلیل شده و به شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود در تزیینات این آثار اشاره گردیده است، اما در این منابع، به‌منظور تهیه مستند تزیینات، روشی ارائه نشده و هدف اصلی، بررسی و مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای بوده است. مقالات بسیاری در زمینه استفاده از فناوری HBIM به‌منظور حفاظت از ابنیه تاریخی ارائه شده است، اما به لحاظ بهره‌گیری از این روش برای خوانش و بازسازی تزیینات، وفایی بانه و همکاران (Wafaei Baneh et al.,

2021) در مقاله‌ای با استفاده از این فناوری به بازخوانی الگوی هندسی نقش‌های مناره چولی در کردستان عراق پرداخته و آن را با کمک فناوری HBIM بازسازی و علاوه بر آن، اطلاعاتی از حفاظت هر یک از تزیینات به مدل ساخته‌شده پیوست نموده‌اند. در این پژوهش پیاده‌سازی یک نقش دو بعدی روی مدل سه‌بعدی و پیوست اسناد مرتبط با اثر، به‌خوبی تشریح شده است. در پژوهش حاضر، علاوه بر استفاده از این شیوه در مستندسازی، به مدل‌سازی سه‌بعدی اجزای ساخت یک تزیین پرداخته‌شده و با توجه به ویژگی‌های این فناوری در مدل‌سازی از جمله امکان برآورد مصالح، تهیه اسناد مختلف از مدل، اختصاص مصالح جهت نمایش نهایی، بهره‌گیری از این شیوه را در مستندسازی تزیینات وابسته به معماری، توسعه می‌دهد. باور بر این است که این فناوری می‌تواند ابزاری مؤثر در راستای بازخوانی و بازسازی نقوش و طرح‌های تزیینی و حتی شیوه ساخت آن‌ها ارائه دهد. از سویی، با توجه به وجود مشابَهت‌های تزیینات ابنیه تاریخی در یک یا چند دوره، می‌توان ادعان داشت، مطالعات مستندسازی و مدل‌سازی اجزای یک اثر، کتابخانه‌ای را فراهم خواهد آورد که می‌تواند قابلیت تعمیم به بناهای تاریخی متعدد در گستره وسیعی از بناهای تاریخی هم‌دوره در ایران و یا حتی خارج از مرزها را داشته باشد.

## روش پژوهش

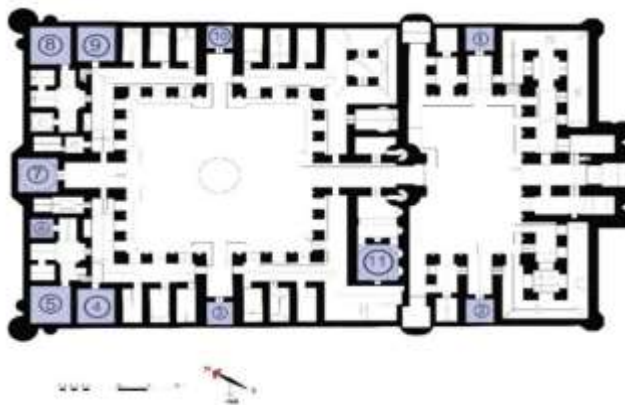
در پژوهش حاضر ابتدا بررسی میدانی در میان تاق‌نماهای متعدد موجود در فضاهای رباط شرف صورت گرفت تا قاعده چیدمان آجرها مشخص شود و سپس تاق‌نماهای آجری مسجد حیاط دوم با استفاده از فناوری HBIM مدل شده است. به این منظور و برای انجام عملیات فتوگرامتری از پهپاد DJI MAVIC 2 PRO، با دوربین دارای فاصله کانونی ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. مدل سه‌بعدی فتوگرامتری برای تولید ابر نقطه<sup>۱</sup> با استفاده از نرم‌افزار<sup>۲</sup> Agisoft Metashape به دست آمد و پس از این مرحله، مدل تهیه‌شده از ابرنقطه به نرم‌افزار Autodesk Revit

۱. ابرنقطه Point Cloud، یا ابرنقاط Cloud of Points، مجموعه‌ای از راس‌ها در سامانه مختصات سه‌بعدی است. مهندسی معکوس، هنر تبدیل ابرنقاط به مدل سه‌بعدی است. ابرنقاط مجموعه سه‌بعدی از نقاط است که خصوصیات سطح خارجی یک شی را توصیف می‌کنند. این نقاط از آنالیز محیط پیرامون شی و جمع‌آوری اطلاعات از شکل ظاهری آن به کمک یک اسکنر لیزری به دست می‌آیند.

۲. از جمله ویژگی‌های نرم‌افزارهای Autodesk ReCap و Agisoft Metashape این است که می‌توانند از ابرنقطه مدل‌سازی، شبیه‌سازی و فرم سه‌بعدی را ایجاد کنند. در نتیجه، آن‌ها را می‌توان به نرم‌افزارهای دیگر با فرمت RCB، RCP، PCG، txt وارد کرد.

آجر به‌عنوان تزئین استفاده‌شده و این تزیینات دارای طرح‌اندازی‌های آجری متنوع است، درحالی‌که تاق‌نماهای گنبدخانه مسجد حیاط دوم، علاوه بر چیدمان طرح‌دار آجر، از یک لایه تزئینی گچ نیز به‌عنوان پوشش نهایی بهره برده است (Hamidi, 2011:88-89). به همین دلیل، جهت تکمیل مطالعات سعی شده تا ابتدا طرح‌های آجری تاق‌نماهای ده فضای گنبددار، مطالعه و مستند و مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس گنبدخانه مسجد حیاط دوم مطالعه شود. به این منظور، ابتدا تاق‌نماهای ده فضای گنبددار رباط شرف عکاسی شده و سپس در نرم‌افزار اتوکد به کمک تصاویر تهیه‌شده، وضع موجود به‌صورت یک‌به‌یک ترسیم و سپس طرح اصلاح‌شده آن‌ها جهت مطالعات مقایسه‌ای ارائه گردیده است. پس از مستندسازی کامل، مطالعه مقایسه‌ای روی آن‌ها صورت گرفته تا قواعد و روال‌های به‌کارگیری تزیینات آجری تاق‌نماها آشکار شود (Lashkari et al., 2009: 86-88). پس از این پژوهش و بررسی، تزیینات تاق‌نماهای گنبدخانه مسجد حیاط دوم به‌عنوان فضای یازدهم با استفاده از فناوری HBIM مدل شده است (Megahed, 2015: 134-137) تا قابلیت‌های این فناوری در مدل‌سازی بررسی شود. روند پژوهش و نتایج حاصله در ادامه شرح داده می‌شود.

2022 که مبتنی بر BIM است، وارد شده و درنهایت مدل سه‌بعدی در این محیط ترسیم شده است (Guarnieri et al., 2006:2-4). با توجه به وضعیت فعلی بنا، ابتدا خطوط اصلی طرح ترسیم و با یافتن انواع مختلف آجر به‌کاررفته در تزئین، به ساخت مدل آجرهای این بخش اقدام شد. هر آجر در یک Family به‌عنوان کوچک‌ترین جزء ساخت، مدل شده و بر اساس مطالعه اجزای شکل‌دهنده به قاب آجری موردنظر، کلیه اجزا به شکل Family‌هایی از نوع Generic Model مدل‌سازی شد. درنهایت، کتابخانه‌ای از این اجزا شکل گرفت که برای نهایی شدن مدل‌سازی بخش موردنظر، از این کتابخانه استفاده شد. مدل‌سازی با توجه به مطالعه وضع موجود قرارگیری آجرها انجام شده است. پس از تکمیل و خوانش طرح آجری، با استفاده از بقایای قابل‌مشاهده از لایه گچ بر روی تزئین آجری، سعی شده این خوانش کامل شده و درنهایت بازسازی شود (Baik, 2017:2-7, Baik, 2016:773). بررسی فضاهای رباط شرف، یازده فضای دارای پوشش گنبدی را نشان می‌دهد که دارای تاق‌نماهایی در تبدیل‌زمینه از ۴ به ۸ هستند که پراکندگی این فضاها در شکل ۱ و بر روی پلان رباط شرف نشان داده شده است. پژوهش صورت گرفته روی تاق‌نماها نشان داد که در کلیه این تاق‌نماها به‌جز تاق‌نماهای گنبدخانه مسجد حیاط دوم، فقط از چیدمان



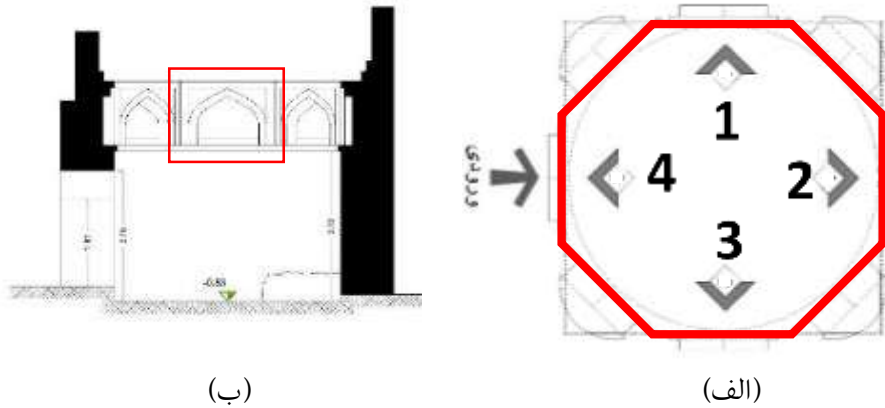
تصویر ۱: پراکندگی ۱۱ فضای دارای پوشش گنبدی در رباط شرف (Old images and documents, 2015)

۱. از نوار Insert و سپس گزینه Point Cloud برای این کار استفاده شده است.

۲. بستر Revit دسته‌بندی و سلسله‌مراتب مشخص‌شده‌ای دارد که از قبل در نرم‌افزار تعریف‌شده و قابل‌تغییر نیست. هریک از عناصر مختلف بخشی از یک خانواده هستند. منظور از این خانواده‌ها Family، مجموعه عناصری است که ظاهر و رفتار یکسانی دارند، اما از نظر جزئیات مثلاً ابعاد و اندازه، مواد و مصالح و غیره ممکن است تفاوت داشته باشند.

ورودی، شماره‌گذاری شده است (شکل ۲). طرح تاق‌نماها با توجه به تنوع آن‌ها در هر فضا بر اساس همین شماره‌گذاری معرفی شده است. سپس مطالعه مقایسه‌ای انجام شده و در جداول با ارائه نتیجه مستند شده است (جدول ۳-۱). در این جداول علاوه بر ترسیم چیدمان تاق‌نماها و موقعیتشان، برشی از فضا نیز ارائه شده است.

فضاهای مربع شکل دارای پوشش گنبدی برای قرار گرفتن گنبد، نیاز به تبدیل از زمینه ۴ به ۸ هستند که این تغییر با کمک گوشه‌سازی انجام می‌شود، این مرحله زمینه را برای ساخت گنبد آماده می‌کند. در مطالعه حاضر، تاق‌نماهای آجری قرارگرفته روی اضلاع چهارضلعی گنبدخانه، موردنظر است. موقعیت هر تاق‌نما در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بر روی پلان همان فضا و با نشان دادن موقعیت



(ب)

(الف)

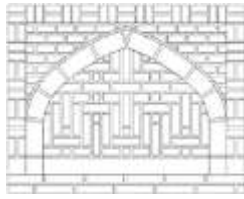
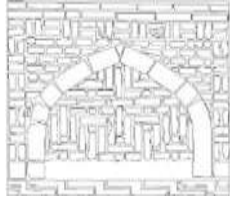
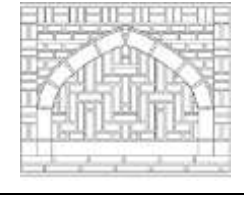
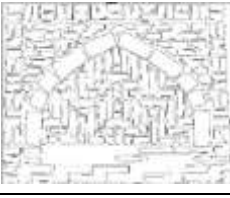
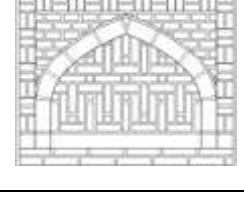


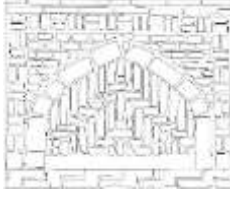
تصویر ۲: نحوه شماره‌گذاری تاق‌بندهای مورد مطالعه در فضاهای دارای گنبد رباط شرف. الف: پلان فضا، ب: برش فضا (Old images and documents, 2015)

مطالعات مقایسه‌ای، فقط طرح‌های اصلاحی چیدمان‌ها ارائه شده است.









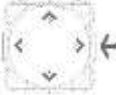
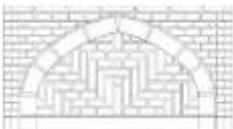
در جدول ۱، شیوه مستندسازی تاق‌نماهای آجری فضاهای گنبددار رباط شرف (ترسیم یک‌به‌یک و اصلاح طرح آجرچینی) نمایش داده شده است و در جدول ۲، برای




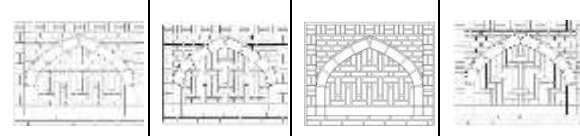













جدول ۱: نحوه مستندسازی تاق‌نماهای آجری فضاهای گنبددار رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)


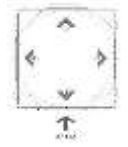
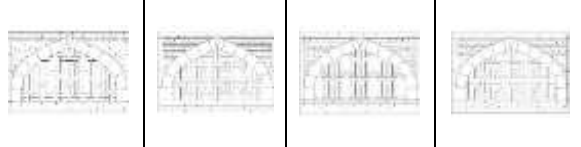



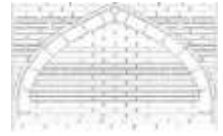









نتیجه‌گیری	شماره فضا	۳	موقعیت فضا روی پلان
با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، به صورت پیش فرض انتظار به مشابهت دو به دوی قاب‌های مقابل هم می‌رفت، اما همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه شده مشاهده می‌شود، قاب آجری یک و سه کمی مشابهت نشان می‌دهند، اما در جزئیات کمی متفاوت‌اند و قاب	برش فضا	پلان فضا	نقشه‌ها و موقعیت قاب‌ها
	ترسیم بازسازی شده چیدمان آجری قاب	ترسیم یک به یک چیدمان آجری قاب	شرح ترسیم

<p>آجری دو و چهار با طرحی کاملاً متفاوت چیده شده است. این مسئله نشانگر آن است که در این فضا قرینگی در مشابهت چیدمان مشاهده نمی‌شود.</p>			۱
			۲
			۳
			۴

جدول ۲: مستندسازی تاق‌نماهای آجری فضاهای گنبددار رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	موقعیت فضا روی پلان	نقشه‌ها و موقعیت قاب‌ها		شرح ترسیم	۱	۲	۳	۴
۱		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان آجری قاب				
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه شده مشاهده می‌شود، قاب‌های آجری دو به دو روبروی هم به شکل مشابه اجرا شده است.			
۲		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان آجری قاب				

		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، قاب‌های آجری در هر ۴ نمای ارائه‌شده مشابه است.
۲		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان آجری قاب	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، به‌صورت پیش‌فرض انتظار به مشابهت دو به دوی قاب‌های مقابل هم می‌رفت، اما همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، قاب آجری یک و سه کمی مشابهت نشان می‌دهند، اما در جزئیات کمی متفاوت‌اند و قاب آجری دو و چهار با طرحی کاملاً متفاوت چیده شده است. این مسئله نشان می‌دهد در این فضا قرینگی در مشابهت چیدمان مشاهده نمی‌شود.
۴		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، تمام قاب‌های آجری به شکل مشابه اجرا شده است.
۵		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، قاب‌های آجری دو به دو روبروی هم به شکل مشابه اجرا شده است.
۶		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، تمام قاب‌های آجری به شکل مشابه اجرا شده است.

۷		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، قاب‌های آجری دو به دو روبروی هم به شکل مشابه اجرا شده است.
۸		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، تمام قاب‌های آجری به شکل مشابه اجرا شده است.
۹		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، تمام قاب‌های آجری به شکل مشابه اجرا شده است.
۱۰		پلان فضا		ترسیم بازسازی ش ده چیدمان آجری قاب	
		برش فضا		نتیجه‌گیری	با توجه به ترسیم قاب‌های آجری این فضا، همان‌طور که در ترسیم‌های ارائه‌شده مشاهده می‌شود، قاب‌های آجری دو به دو روبروی هم به شکل مشابه اجرا شده است.

پراکندگی چیدمان‌های آجری، تشابه دوه‌دو مقابل هم و یا تشابه هر ۴ تاق‌نما در یک فضا را به‌عنوان قاعده غالب تأیید می‌کند.

همان‌طور که ذکر شد، در بررسی تاق‌نماهای ده فضا، تاق-نماهای آجری فضای ۳، چیدمان متفاوتی را نشان می‌دهد. شرح آن این‌گونه است که تاق‌نماهای شماره ۱ و ۳ در این

در نتیجه بررسی چیدمان ۴۰ تاق‌نمای آجری در ده فضای گنبددار رباط شرف، ۱۵ طرح چیدمان متفاوت شناسایی شد. قاعده به‌کارگیری این طرح‌ها در ۴ فضا، تشابه دوه‌دو تاق‌نماهای مقابل هم و در ۵ فضا، تشابه هر ۴ تاق‌نما را نشان می‌دهد و فقط در یک فضا (فضای ۳)، تفاوت در چیدمان هر ۴ تاق‌نما مشاهده می‌شود. بررسی تنوع

فضا (شماره ۳)، با وجود شباهت، تفاوت اندکی در جزئیات را نشان می‌دهد و به همین دلیل متفاوت لحاظ شده است و تاق‌نماهای ۲ و ۴ این فضا (شماره ۳) شیوه کاملاً متفاوتی را در اجرا نشان می‌دهد. این فضا (شماره ۳)، تنها فضایی است که قاعده مشخصی را در چیدمان آجر تاق‌نماها نشان نمی‌دهد.

از لحاظ طرح چیدمان آجر در این فضاها، مشابهت و تکرار، تنها در دو فضای ۱ و ۳ و تاق‌نماهای ۱ و ۳ در هر یک از این فضاها مشاهده می‌شود. چیدمان ساده و بدون طرح، فقط در تاق‌نماهای مربوط به دو فضای ۶ و ۸ است. نتایج مطالعه و بررسی چیدمان تاق‌نماها در جدول ۳ ارائه شده و تنها چیدمان مشابه و تکرار شده مذکور در دو فضای ۱ و ۳ با رنگ شاخص شده است.

جدول ۳: نتیجه بررسی نگاره‌های تاق‌نماهای آجری فضاهای گنبددار رباط شرف (مآخذ: نگارندگان)

چیدمان قاب آجری	چیدمان قاب آجری	چیدمان قاب آجری	چیدمان قاب آجری
۱-۱ ۳-۱	۲-۳	۵-۲ ۵-۴	۸-۱ ۸-۲ ۸-۳ ۸-۴
۲-۱ ۴-۱	۴-۳	۶-۱ ۶-۲ ۶-۳ ۶-۴	۹-۱ ۹-۲ ۹-۳ ۹-۴
۱-۲ ۲-۲ ۳-۲ ۴-۲	۴-۱ ۴-۲ ۴-۳ ۴-۴	۷-۱ ۷-۲	۱۰-۱ ۱۰-۳
۱-۳ ۳-۳	۵-۱ ۵-۳	۷-۲ ۷-۴	۱۰-۲ ۱۰-۴

پس از بررسی و دریافت نتایج مطالعه چیدمان آجری تاق‌نماهای ده فضای گنبددار، فضای شماره ۱۱ که مربوط به نمونه مورد بررسی این پژوهش است، با استفاده از فناوری HBIM مورد بازخوانی و بازسازی و ارزیابی قرار می‌گیرد که در ادامه شرح داده شده است.

#### مدل‌سازی اطلاعات ساختمان میراثی HBIM

روش معمول استفاده از فناوری HBIM، شامل بررسی ساختارهای موجود از طریق دورکاوی و استفاده از داده‌های اسکن لیزر زمینی است که پس از آن با پردازش ابرنقطه و ایجاد

یک مدل سه‌بعدی از تصاویر قائم، کار دنبال می‌شود (Murphy et al., 2013:95). نتیجه نهایی HBIM، محصولی متشکل از مدل‌های سه‌بعدی ساختمان، شامل تمام جزئیات اثر و مربوط به روش‌های ساخت و حتی تزیینات را می‌تواند در برداشته باشد (Murphy, 2012:24-44). HBIM می‌تواند علاوه بر حجم، برای تولید خودکار اسناد حفاظتی جهت تجزیه و تحلیل نیز استفاده شود. علاوه بر ترسیم مدل سه‌بعدی در این محیط، می‌توان با امکان ایجاد قابلیت‌های بیشتر برای پیوند با اطلاعات میراث ناملموس

بگذارد و حتی در ارزیابی صحت بررسی می‌تواند مشکل‌ساز باشد. با این وجود، مهم‌ترین جنبه HBIM، انتقال اطلاعات است که بر اساس بررسی داده‌های غنی و تبدیل شدن به یک مدل پارامتریک سه‌بعدی شکل می‌گیرد و می‌تواند به صورت سطح‌بندی شده ارائه گردد.

از مهم‌ترین چالش‌های HBIM، تعیین سطح مناسب جزئیات است. سطح جزئیات به صورت ساخته شده شامل سه وجه است: مدل‌سازی هندسی، انتساب دسته‌ها و همچنین خصوصیات فیزیکی شی به آن شی و ایجاد روابطی که بتواند این دسته‌ها را به مدل پیوند دهد (Murphy et al., 2013:98-101). به همین دلیل می‌توان گفت، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در زمینه میراث فرهنگی به دلیل قرارگیری در یک موقعیت واقعی، پاسخ‌دهی به مشکلات عملی را در بردارد. HBIM، مجموعه‌ای از انواع مختلف اطلاعات اشیاء را می‌تواند هم به صورت تعیین شده داشته باشد و هم، هر زمان نیاز باشد، امکان افزودن ویژگی‌های جدید نیز به راحتی به پروژه فراهم است. اعتبار این اطلاعات، ساختاری و شیء‌گرا هستند و مستقیماً به عنصر ساختمانی که به طور منطقی به آن ارجاع می‌شود، پیوند می‌خورند. به همین دلیل، امکان ایجاد یک بانک اطلاعاتی را فراهم می‌کند (Redmond et al., 2012:182-183; Respaldiza et al., 2012:26-27; Rua & Gil, 2014:87-91).

#### فتوگرامتری و تحلیل تصویر

همان‌طور که ذکر شد، گام اول مستندسازی تزیینات ذکرشده در مسجد، بررسی آن با فناوری فتوگرامتری<sup>۱</sup> است. فتوگرامتری با برد کوتاه مناسب‌ترین روش برای بررسی بناهای تاریخی و میراثی کوچک است، به خصوص اگر دارای تعداد زیاد اجزاء و ویژگی‌های معماری غنی باشند. این شیوه می‌تواند مدل هندسی دقیقی را از پردازش عکس‌های فتوگرامتری برای شی تولید کند (Adineh, 2019a : 8; Khakbazan, 2008) (تصویر ۳).

مانند تصاویر و متون تاریخی و مواردی از این دست، آن را غنی‌تر کرد (Leite et al., 2011:605-607). بنابراین، می‌توان فرآیند مدل‌سازی HBIM را نمایانگر کلیه اطلاعات یک بنای ساخته شده دانست که شامل یک راه‌حل مهندسی معکوس است که به موجب آن می‌توان نقشه‌های کامل مهندسی را از داده‌های پیمایش استخراج کرد (Dore & Murphy, 2012:371; Cheng & Jin., 2006:843-845). این فرآیند به سه مرحله تقسیم شده است: ۱. جمع‌آوری داده‌ها برای مدل HBIM و بررسی بناهای تاریخی و به دست آوردن داده‌ها با استفاده از روش‌های نقشه‌برداری با کیفیت بالا و حتی استفاده از روش‌های سنتی. ۲. پردازش داده‌ها که در این مرحله، طراحی و ایجاد یک مجموعه از اجزای ساختمان که ممکن است حتی شامل استفاده از نسخه قدیمی و یا حتی الگوهای معماری قدیمی ارائه شده در کتاب‌ها باشد. ۳. درنهایت، ادغام داده‌هاست که مرحله آخر فرآیند HBIM را شامل می‌شود که در آن، مجموعه داده‌های مربوطه با استفاده از سیستم BIM اجزای تاریخی را به عنوان مؤلفه‌هایی تعریف می‌کند. لازم به ذکر است، پردازش داده‌های جمع‌آوری شده از هر روش بررسی، به طور مستقل انجام و درنهایت ادغام می‌شود (Baik, 2020:31-36; Baik et al., 2014: 44-45; Guarnieri et al., 2006:1-3; Murphy et al., 2013:97). محصول نهایی، مجموعه‌ای از مدل‌های سه‌بعدی کامل با جزئیات و با توجه به روش‌های ساخت و ترکیب آن‌هاست. بنابراین، مجموعه‌ای که در محیط HBIM ایجاد می‌شود، امکان دسترسی از حالت کل به جزء و یا بالعکس را همراه با دسته‌بندی و طبقه‌بندی و امکان بازیابی و اعمال تغییر داده‌ها، فراهم می‌کند (Arayici & Hamilton, 2005:2; Arayici, 2008:221).

در مورد موضوعاتی همچون یک تزیین وابسته به معماری، یکی از نکات قابل توجه، پیچیدگی آن‌ها است که همین مسئله می‌تواند در هزینه و مدت زمان انجام بررسی، تأثیر

۱. طبق تعریف مؤسسه ASPRS مخفف American society for photogrammetry & Remote sensing فتوگرامتری علم، هنر و تکنولوژی کسب اطلاعات مطمئن درباره پدیده‌های فیزیکی و محیطی از طریق ثبت و اندازه‌گیری و تفسیر عوارض بر روی عکس‌های هوایی و دیگر صورت‌های بازتاب انرژی الکترومغناطیس است (Khaakbazan, 2008:18).



تصویر ۳: مجموعه تصاویر مورد استفاده در مدل سه‌بعدی فتوگرامتری از فضای موردنظر (مأخذ: نگارندگان)

شاخص ۲,۸ تنظیم شد. سپس این تصاویر به نرم‌افزار Agisoft Metashape منتقل شدند تا ابرنقاط تولید و تحلیل شود.

نرم‌افزار مزبور با استفاده از داده‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)، ویژگی‌های مکانی عکس‌ها را با نقاط آبی شناسایی کرد (تصویر ۲). این نقاط در واقع، محل عکس‌برداری‌ها در دستگاه مختصات بیرونی بود. پس از بهینه‌سازی و اشکال‌زدایی توسط نرم‌افزار، موقعیت تصاویر به‌صورت خودکار به‌طور نسبی تغییر می‌یابند و نسبت به یکدیگر هم مرجع می‌گردند و یک موزاییک عکسی یکپارچه زمین مرجع تولید می‌شود. سپس می‌توان گردش کار را برای مدل‌سازی سه‌بعدی مسجد در حالت استاندارد ایجاد کرد تا مدل اولیه با ابرهای نقطه متراکم ایجاد شود (تصویر ۴، جدول ۴). پس از آن، فرآیند ایجاد یک بافت با وضوح بالا در نرم‌افزار فراهم می‌شود. اکنون می‌توان تاق‌نماها را از نماهای مختلف مشاهده کرد و بر روی مدل سه‌بعدی واقع نمای آن اقدام به اندازه‌گیری مختصات عوارض بنا و تعیین ارتفاع هریک از اجزا نمود.

همچنین از مزایای فتوگرامتری برای مستند نگاری بناهای تاریخی می‌توان به کم‌هزینه بودن، سرعت بالا در مراحل کار میدانی و انعطاف‌پذیری زیاد در پردازش داده‌ها، تولید مدل‌های سه‌بعدی متنوع و دقت هندسی اشاره کرد (Malian, 2000; Allen et al, 2003). در نتیجه، می‌توان از آن برای ایجاد یک مدل سه‌بعدی از بنای تاریخی با طی مراحل طراحی (هندسه شبکه)، اندازه‌گیری سه‌بعدی (تناظریابی و تولید ابرنقاط متراکم)، مدل‌سازی و ساختن (بخش‌بندی شبکه و تولید رویه سه‌بعدی) استفاده کرد (Wafaei Baneh et al, 2023:355-360). از آنجایی‌که مسجد دارای ساختاری کوچک و دارای عناصر تزئینی بود، ثبت جزئیات با دقت بالا ضرورت داشت. در نتیجه از روش فتوگرامتری برد کوتاه استفاده شد و برای این منظور، یک پهپاد<sup>۱</sup> مجهز به دوربین Hasselblad L1D-20c با توان تفکیک مکانی ۲۰ مگاپیکسل برای عکس‌برداری از تاق‌نماهای آجری گنبدخانه با فاصله کانونی ۱۰ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس وضعیت نور و سایر شرایط محیطی، نسبت قطر دریچه عدسی به فاصله کانونی (f-stop) بر روی

۱. کلیه عملیات عکس‌برداری به سفارش نگارندگان توسط مهندس مهدی برومند از شرکت نماپرداز رایانه (NPR) انجام شده است.

جدول ۴: فرآیند پردازش تصاویر در Agisoft Metashape (مأخذ: نگارندگان)



(ج)



(ب)



(الف)



تصویر ۴: مدل نهایی سه‌بعدی فتوگرامتری مسجد حیاط دوم رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)

## گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف

مسجد حیاط دوم به دلیل دارا بودن اجزای کامل یک مسجد اعم از گنبدخانه، رواق و حیاط، مجموعه کاملی از یک مسجد را شکل داده و تزیینات متفاوتی را نسبت به سایر بخش‌های رباط شرف نشان می‌دهد. وجود حیاط کوچکی با اجزای تزیینی چون قطار بندی و پتکانه‌ها همراه با یک تاق‌نما، دو ورودی به رواق کوچک پیش از ورود به گنبدخانه و سپس عبور از دو ورودی جهت دسترسی به گنبدخانه، سلسله‌مراتبی است که با وجود کوچک بودن مجموعه، نشان از اهمیت آن در زمان ساخت داشته است. در فضای رواق که پوشش آن به‌طور کامل تخریب شده، یک محراب

گچ‌بری و یک تاق‌نما قرار گرفته است و پس از ورود به گنبدخانه، محراب، دو تاق‌نما (در بشن گنبدخانه) همراه با تاق‌نماهای آجری در تبدیل زمینه ۴ به ۸ و گوشه‌سازی‌های رایج دوره سلجوقی قابل مشاهده است (تصاویر ۵ و ۶). بقایای بسیار اندکی از آجرچینی و تبدیل زمینه از ۸ به ۱۶ برای قرارگیری گنبد نیز دیده می‌شود، اما گنبد آن به‌طور کامل تخریب شده است. تزیینات داخلی تاق‌نماها، هم در شیوه آجرچینی و هم در استفاده از تزیینات گچی روی آجرها در مقایسه با سایر بخش‌های بنا، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

تصویر ۵: وضعیت کنونی. الف: گوشه‌سازی جبهه جنوبی و غربی. ب: فضای گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)



(ب)



(الف)

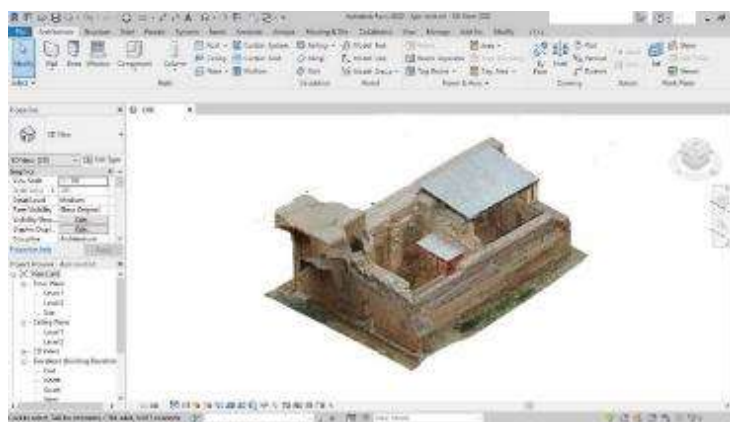
تصویر ۶: تاق نماهای آجری با تزئینات گچی باقی مانده در گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)

با پهباد، فایل های به دست آمده وارد نرم افزار مدل ساز (Revit 2022)، می گردد که در ادامه، روش مدل سازی مرحله به مرحله برای ساخت مدل شرح داده شده است. **گام اول:** پس از آماده شدن ابرنقاط و مدل سه بعدی فتوگرامتری، مرحله Scan to HBIM آغاز می شود (تصویر ۷).

در پژوهش حاضر، سعی شده تا با کمک فناوری HBIM، تزئینات آجری و گچی تاق نماهای گنبدخانه مسجد حیاط دوم مطالعه و مستند شود تا با خوانش آن مدل سازی نهایی انجام و نحوه چیدمان و طرح تزئینات به طور کامل خوانا شده و امکان بازسازی طرح فراهم گردد.

#### مراحل مدل سازی با فناوری HBIM

همان طور که در روش پژوهش شرح داده شد، پس از دریافت ابرنقاط و مدل سه بعدی فتوگرامتری حاصل از تصویربرداری

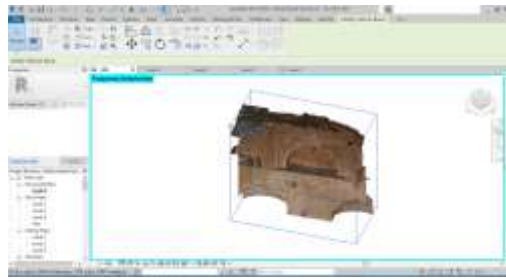


تصویر ۷: استفاده از Tab Insert برای ورود ابر نقاط به نرم افزار Revit (مأخذ: نگارندگان)

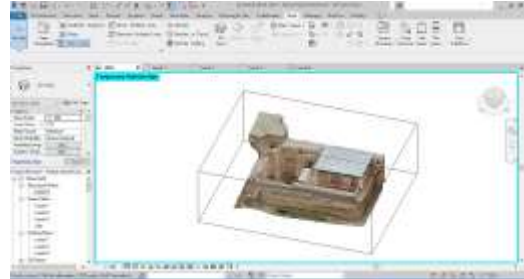
دستیابی به جزئیات مورد نظر Section box از امکانات موجود در Properties که امکان تعیین محدوده مورد نظر و دریافت خطوط کلی راهنما در ترسیم را فراهم می کند، فعال شد (جدول ۵).

**گام دوم:** برای ترسیم، با توجه به پیچیدگی بناهای تاریخی، روش های معمول ترسیم در محیط Revit، کار ساز نبوده و به همین دلیل نیاز به تهیه اسنادی است که با توجه به پیچیدگی بنا و جزئیات، آن را قابل ترسیم نماید. به همین دلیل، تولید اسناد تصویری قائم از ابرنقاط راهگشا خواهد بود. برای

جدول ۵: استفاده از Section box جهت دستیابی به خطوط کلی و تعیین محدوده مورد ترسیم (مأخذ: نگارندگان)



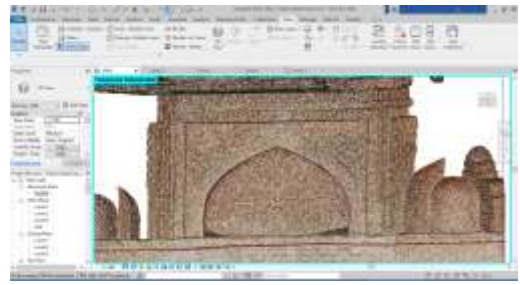
(ب)



(الف)



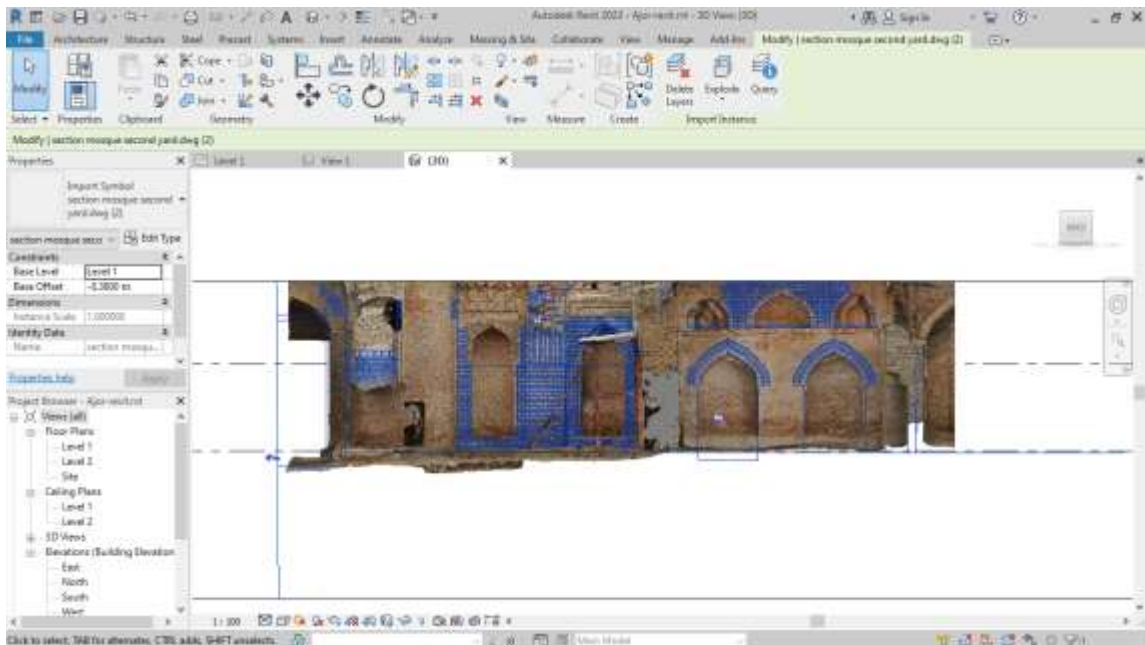
(د)



(ج)

در ترسیم استفاده کرد و یا حتی با مدل ترسیمی تطبیق داد، با استفاده از این تب می‌تواند آن‌ها را در محیط ترسیم وارد و از آن‌ها استفاده کرد (تصویر ۸). امکان فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی این لایه نیز به راحتی در Revit فراهم است.

در صورت وجود نقشه‌ها و ترسیم‌هایی که به صورت دستی و یا با دوربین نقشه‌برداری تهیه شده نیز، امکان تطابق لایه‌ها و ورود آن‌ها به محیط نرم‌افزار، از طریق تب Insert فراهم است و در صورتی که اسنادی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها



تصویر ۸: وارد کردن نقشه کدی که قبلاً ترسیم شده به محیط نرم‌افزار و تطبیق آن با مدل فتوگرامتری (مأخذ: نگارندگان)

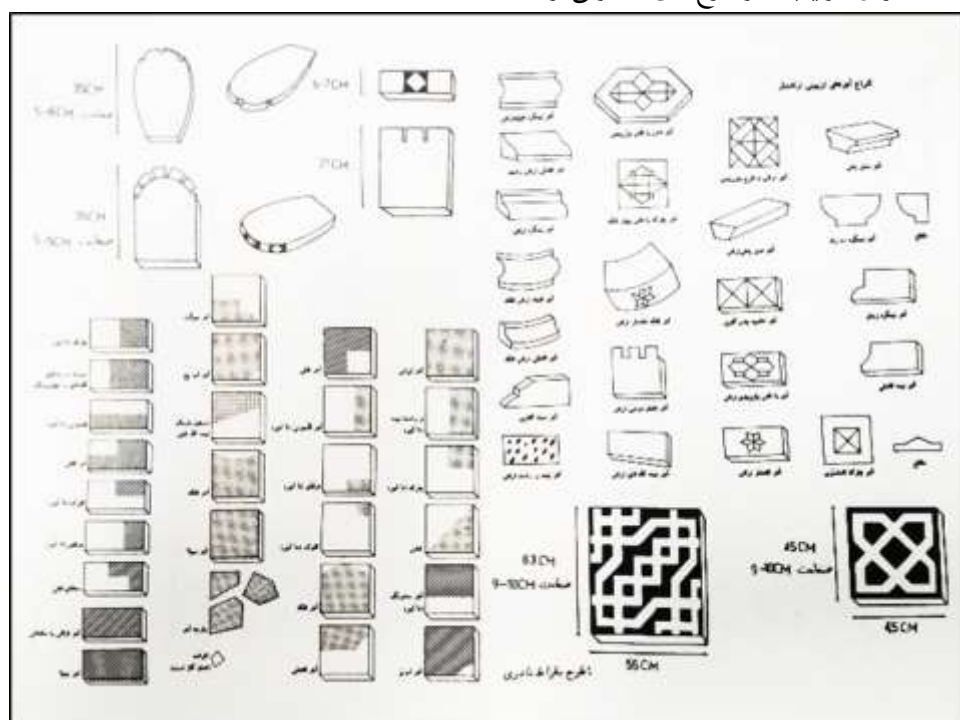
ترئیانات مورد نظر، لازم است تا کتابخانه‌هایی از اجزای سازنده ساخته شود تا در مرحله مدل‌سازی با استفاده از آن‌ها ترسیم مدل نهایی، انجام شود. به همین دلیل، ابتدا مطالعات روی

گام سوم: پس از دستیابی به خطوط کلی محدوده، مدل‌سازی شبکه آجری تاق‌نماها آغاز می‌شود. به همین منظور و به دلیل وجود تنوع در ابعاد آجرهای به‌کاررفته در

اجزای سازنده تاق‌نماها که آجر است صورت گرفت. پیشینه و تنوع آجرها در دوره ساخت اثر مورد بررسی نشان می‌دهد که آجر پس از اسلام به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر اصلی ساختمان بوده و در طول دوره‌های مختلف تاریخی، ابعاد متفاوتی را نشان می‌دهد. بعد از اسلام، آجر با اندازه‌های  $۳۰ \times ۳۰$  تا  $۱۸,۵ \times ۱۸,۵$  و ضخامت ۳ تا ۶ سانتی‌متر مشاهده شده است (Maki Nejad, 2008: 96-197). در دوره سلجوقی، ابعاد آجرهای معمولی به‌کاررفته در دیوار حدود ۲۶ در طول و عرض و قطر ۶,۵ سانتی‌متر می‌رسیده، اما در برخی ابنیه این دوره، ابعاد کوچک‌تری نیز مشاهده شده است (Shekofteh et al, 2015: 88). آجرهای رباط شرف، در ابعاد گوناگونی قابل‌مشاهده است، اما ابعاد غالب،  $۳۰ \times ۳۰ \times ۶,۵$  - ۵ است که به‌صورت تمام‌قد و یا نیمه، چارک، کلوک و غیره در آجرچینی بخش‌های مختلف آن مورد استفاده قرار گرفته است. آجر به دلیل شکل هندسی خود، ابعاد و اندازه‌های مختلفی داشته و به همین دلیل می‌توان با استفاده از آن، ترکیب‌ها و طرح‌های متفاوتی ارائه



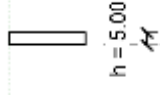
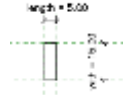


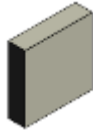
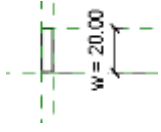
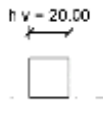




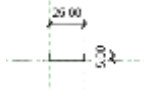



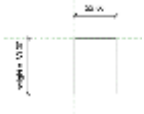
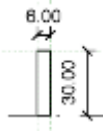
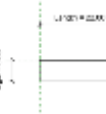


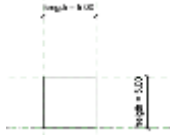
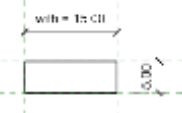
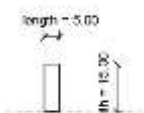



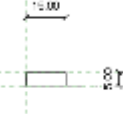
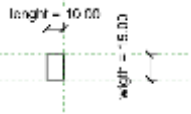


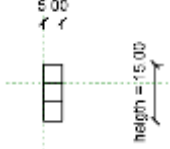
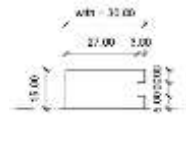
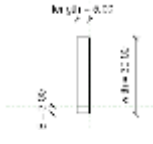



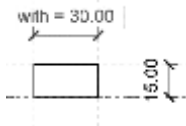
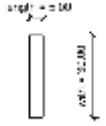
داد و حتی با پس و پیش نشستن نیز چیدمان متفاوتی ایجاد کرد. آجر کامل را قد و نصف آن را نیمه می‌نامیدند. آجر سه قد و چارک و کلوک (شستی)، قلمدانی، کلاغ‌پر، کله‌گوش، نیم‌لایی و غیره نیز از انواع مورد استفاده در نقش‌های آجرچینی بوده است (Azad, 2014: 44). آجر در ترکیب با گچ و کاشی نیز در دوره سلجوقی نقوش متنوع و بسیار زیبایی برجای گذاشته است. از این میان در تزیینات بنای تاریخی رباط شرف، استفاده از آجر و تلفیق آجر و گچ با طرح‌های گل‌انداز، رگ‌چین دورچ، جناغی، گره‌سازی و کلوک‌بند همراه با کتیبه‌های کوفی مشاهده می‌شود (Shekofteh et al, 2015: 89).



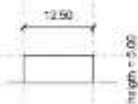
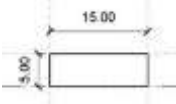
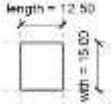



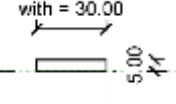

به‌منظور ساخت تاق‌نماهای آجری ابتدا لازم است اجزای سازنده آن‌که آجر است از نظر تنوع، بررسی و به‌عنوان کوچک‌ترین عضو ساخت، مدل شود. پس از بررسی‌های لازم، تنوع آجرهای به‌کاررفته مشخص و سپس تنوع آجرها به‌صورت Family و در قالب Generic model ترسیم و مدل‌سازی شده است (تصویر ۹).



تصویر ۹: ایجاد کتابخانه‌هایی از اجزای سازنده تاق‌نماهای آجری بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای (Kiani, ۱۹۹۷: ۵۳).

جدول ۶. مدل سازی و ایجاد کتابخانه از اجزای سازنده تاق‌نمای آجری (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	تصویر	مدل سه بعدی آجر	نمای مقابل	نما از پهلو	پلان
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					

۹					
۱۰					

اولیه باشد، می‌توان با آشکار شدن اطلاعات درست، به‌راحتی به‌روزرسانی کرده و در مدل اصلی اصلاح شوند.

**گام چهارم:** با ایجاد کتابخانه آجرها، امکان مدل‌سازی محدوده مورد نظر فراهم می‌گردد. در حال حاضر در زمینه ۸ گنبدخانه، تاق‌نماهای آجری ضلع شمالی، جنوبی و شرقی گنبدخانه قابل بررسی است، اما ضلع غربی به‌کلی تخریب شده و اثری از آن مشاهده نمی‌شود. ضلع شرقی تا حدودی همراه با بخشی از لایه گچی خواناست. در مورد دو ضلع دیگر، با بررسی اسناد قدیمی، مشاهده شد که بخشی از تاق‌نمای ضلع شمالی، بقایایی از کالبد اصیل داشته و بخشی آن بازسازی شده است (تصویر ۱۰). این مسئله در مورد ضلع جنوبی، به‌گونه‌ای است که به‌صورت کامل مطابق با طرح ضلع شمالی بازسازی شده است (تصویر ۱۱).

قابلیت و ویژگی که در این مرحله می‌توان به آن اشاره کرد، این است که اگر اطلاعاتی در حین اقدامات اجرایی آشکار شد که در مرحله ترسیم مشخص نبوده و یا ممکن است به‌اشتباه برداشت شده باشد (حتی ابعاد هر یک از آجرها)، می‌توان پس از دستیابی به اطلاعات صحیح، به این مرحله از ترسیم مجدد رجوع کرده و اصلاحات را انجام داد و پس از انتقال آن به محیط اصلی ترسیم، در لحظه، تمام اصلاحات روی مدل نهایی اصلاح خواهند شد. این ویژگی با توجه به ابهامات فراوانی که در مرحله برداشت اولیه وجود دارد، بسیار سودمند است، زیرا اقدامات حفاظتی هیچ‌گاه اطلاعات کاملی در مرحله مطالعات اولیه ارائه نخواهند داد و بسیاری از ابهامات ممکن است به‌واسطه شروع اقدامات اجرایی به‌تدریج آشکار شود و نیاز به اصلاح داشته باشند. بنابراین، حتی اگر ابهامات و یا حتی خطاهایی در مرحله مدل‌سازی



(ب)



(الف)

تصویر ۱۰: تصاویر بایگانی‌شده مربوط به تاق‌نمای آجری ضلع شمالی گنبدخانه مسجد. الف: پیش از بازسازی. ب: پس از بازسازی

([Old images and documents,2015](#))



(ب)



(الف)

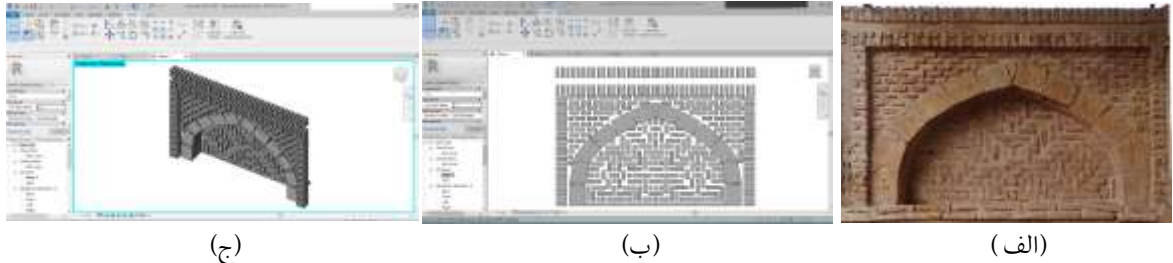
تصویر ۱۱: تصاویر بایگانی‌شده مربوط به تاق‌نمای آجری ضلع جنوبی گنبدخانه مسجد. الف: پیش از بازسازی. ب: پس از بازسازی

([Old images and documents,2015](#))

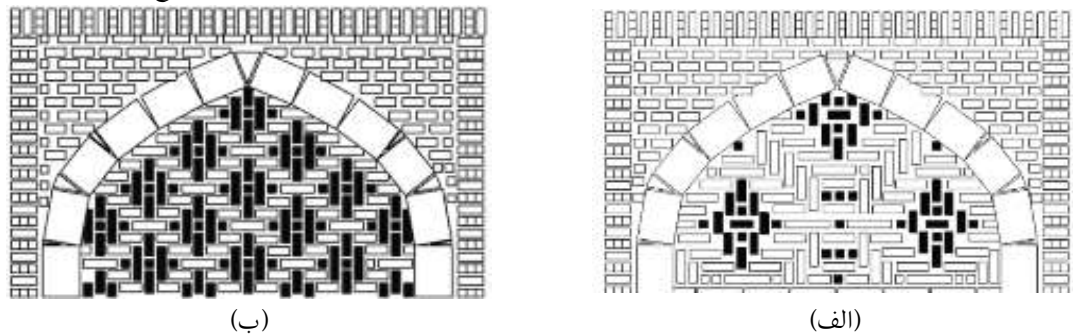
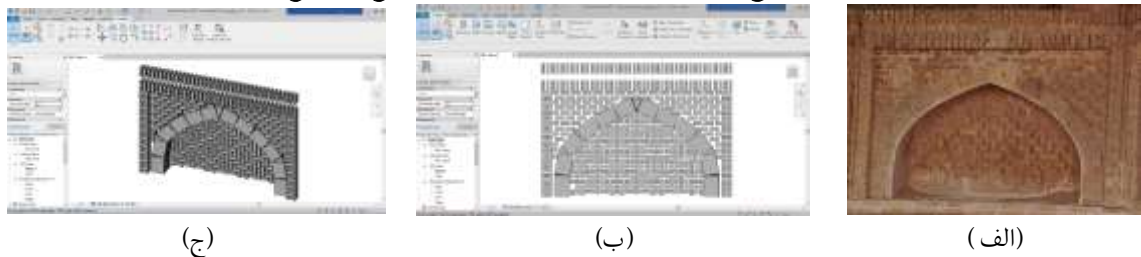
آجری کامل تاق‌نما مدل‌سازی شود (جدول ۷-۸، تصویر ۱۲).

با توجه به آنچه از پیشینه تاق‌نماها شرح داده شد، در این مرحله سعی گردید با استفاده از آجرهای مدل شده در گام قبل، طرح و نقش هر یک برداشت‌شده و در نهایت بافت

جدول ۷: مدل‌سازی سه‌بعدی تاق‌نمای آجری ضلع شمالی گنبدخانه. الف: تصویر تاق‌نما. ب: طرح تاق‌نما. ج: مدل سه‌بعدی (مأخذ: نگارندگان)



جدول ۸: مدل‌سازی سه‌بعدی تاق‌نمای آجری ضلع شرقی گنبدخانه. الف: تصویر تاق‌نما. ب: طرح تاق‌نما. ج: مدل سه‌بعدی (مأخذ: نگارندگان)





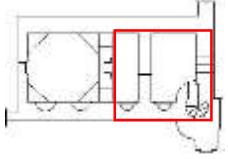


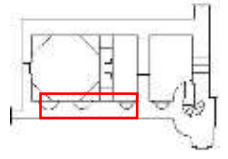


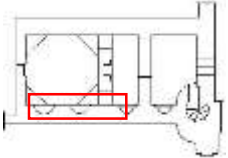



تصویر ۱۲: طرح آجرچینی تاق‌نماهای گنبدخانه. الف: ضلع شرقی. ب: ضلع شمالی (مأخذ: نگارندگان)

موجود انجام و پراکندگی آن‌ها در فضای مسجد مستند شد (جدول ۹).

گام پنجم: بررسی و مشاهده وضعیت فعلی مسجد حیاط دوم، بقایای یک لایه گچ‌ترتینی همراه با نگاره‌های مختلف بر روی آجرها را نشان می‌داد که مطالعه بر روی نگاره‌های

جدول ۹: نگاره‌های گچی قابل تشخیص در فضای مسجد حیاط دوم رباط شرف (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	تصویر	موقعیت	موقعیت روی پلان	نقوش مهری
۱		گنبدخانه و حیاط		
۲		تمام جبهه ها، حیاط		
۳		گنبدخانه		
۴		گنبد خانه		

تاق‌نمای آجری ضلع شرقی گنبدخانه مسجد با بازخوانی تزیینات لایه گچی این جبهه و به کمک مطالعات انجام شده در فضای مسجد، خوانا و درنهایت بازسازی و کامل شد (جدول ۱۰).

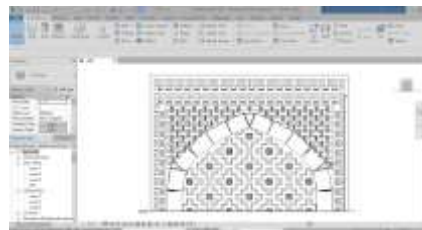
جدول ۱۰: بازخوانی و بازسازی تزیینات گچ قرارگرفته روی تاق‌نمای آجری ضلع شرقی. الف: طرح نهایی. ب: رندر طرح نهایی با مصالح. ج: حجم سه‌بعدی رندر شده از تاق‌نما با مصالح اختصاص داده‌شده (مأخذ: نگارندگان)



(ج)



(ب)

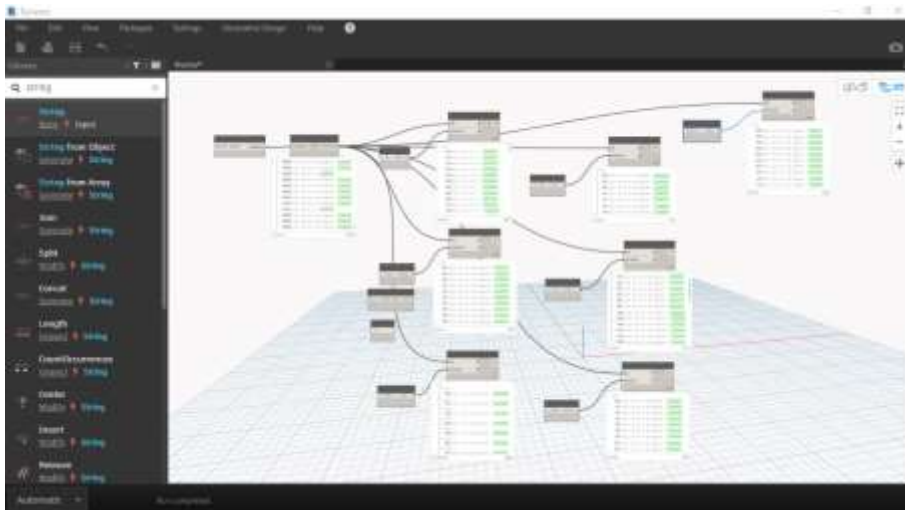


(الف)

جهت خروجی گرفتن برخی اطلاعات مانند برآورد مصالح، ارائه مدل با اختصاص مصالح بنا و تولید نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی و همچنین استفاده از زبان برنامه‌نویسی بصری

ویژگی‌های مدل‌سازی با فناوری HBIM برای تزیینات از ویژگی‌های استفاده از نرم‌افزار Revit برای مدل‌سازی، هوشمندی و امکاناتی است که در اختیار قرار می‌دهد. پس از ایجاد مدل سه‌بعدی، می‌توان از سایر ویژگی‌های نرم‌افزار





تصویر ۱۳: امکان فراخوانی ویژگی‌های هر عنصر با استفاده از Dynamo (در اینجا، تعداد کل آجرها و تعداد هر نوع از آن‌ها فراخوانی شده) (مأخذ: نگارندگان)

استفاده از ویژگی انتخاب و اختصاص مصالح در نرم‌افزار و در نهایت با رندر گرفتن مدل، ارائه آن را کامل کرد (جدول ۱۲).  
Revit این امکان را فراهم می‌نماید که علاوه بر مدل‌سازی بتوان مصالح مورد استفاده را نیز برای جزء مورد نظر تعریف کرده

جدول ۱۲: امکان انتخاب مصالح به‌کاررفته در بنا و رندرگیری. الف: انتخاب مصالح. ب: انتخاب تصویری از آجرهای بنا برای نمایش ظاهری تاق‌نما. ج: رندر گرفتن از مدل ترسیم‌شده. د. مدل سه‌بعدی آجری. ه. رندر نهایی تاق آجری با لایه گچ (مأخذ: نگارندگان)



(ج)

(ب)

(الف)



(ه)



(د)

است. نقشه‌های بنا یا ترئینات وابسته به معماری در قالب فایل کد همیشه مورد توجه و نیاز بوده و هست. در این نرم‌افزار هم می‌توان، فایل‌های دو بعدی و حتی سه‌بعدی با پسوند dwg و با دیدها و حالت‌های مختلف دریافت کرد (جدول ۱۳).

از ویژگی‌های تمام نرم‌افزارهای مدل‌ساز، خروجی با پسوندهای مختلف و قابل تعریف برای سایر نرم‌افزارها است که کاربران را به استفاده از آن‌ها ترغیب می‌کند. در این نرم‌افزار هم خروجی با پسوندهای مختلفی امکان‌پذیر است. یکی از این پسوندهای پرکاربرد در مستندسازی، dwg

جدول ۱۳: خروجی با پسوند .dwg، الف، ج: خروجی از نرم افزار. ب، د: فایل کد نما و حجم مورد نظر (مأخذ: نگارندگان)



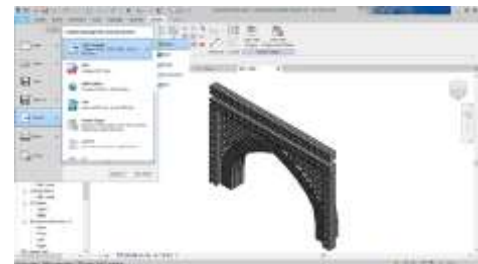
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

### نتیجه گیری

ترئینات معماری به عنوان یکی از ویژگی‌های برجسته زیبایی‌شناسانه در آثار معماری شناخته می‌شوند. در برخی از آثار، به ویژه آثاری که به سبک رازی ساخته شده‌اند، ترئینات و ساخت به‌گونه‌ای تلفیق شده‌اند که شناخت و مستندسازی آن‌ها، فن ساخت بنا را آشکار می‌کند. این پژوهش با استفاده از فناوری HBIM در بازخوانی و بازسازی ترئینات تاق‌نماهای آجری گنبدخانه مسجد حیاط دوم رباط شرف به‌کار گرفته شده و روشی نوین برای مستندسازی ارائه می‌دهد که از طریق مدل‌سازی سه‌بعدی هوشمند انجام می‌شود. پژوهش حاضر به بررسی یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های نرم‌افزار HBIM پرداخته است که امکان مدل‌سازی اجزا و برآورد مصالح را با ساخت یک مدل هوشمند فراهم می‌آورد. این قابلیت در بناهای تاریخی به دلیل بهره‌گیری از طرح‌ها و هندسه پیچیده ترئینات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در گذشته معماران سنتی با تکیه بر تجربه، می‌توانستند به این مهم دست یابند. امروزه با استفاده از فناوری HBIM، امکان برآورد دقیق تعداد، وزن و هزینه مصالح به صورت کارآمد و مؤثر فراهم شده است. استفاده از دوربین عکاسی به‌عنوان ابزار سنجش بدون نیاز به

تماس فیزیکی به دلیل حساسیت ترئینات و نیاز به جلوگیری از تماس مستقیم با اثر، نسبت به ابزارهای سنتی قابل تأمل است. با استفاده از فتوگرامتری، می‌توان تغییرات سطح یا سلامت یک اثر تاریخی را به طور دقیق پایش کرد. فناوری HBIM قابلیت ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی یکپارچه با لایه‌های مختلف را دارد که محیطی مناسب برای جمع‌آوری و نگهداری اطلاعات فراهم می‌کند و از پراکندگی یا مفقود شدن اطلاعات جلوگیری می‌کند. در طول چرخه زیست یک اثر، ممکن است مداخلات و تغییرات مختلفی رخ دهد که حفظ اسناد آن بسیار حائز اهمیت است. بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند فتوگرامتری و اسکن لیزری به دلیل دقت بالای برداشت داده‌ها، به مستندسازی دقیق‌تر و جامع‌تر کمک می‌کند. همچنین، پارامتریک بودن اجزای مدل شده و هوشمندی آن‌ها، امکان تغییر ابعاد و خصوصیات اجزا را در مواقع نیاز به کاربر می‌دهد. این ویژگی در مواقع تصمیم‌گیری برای استفاده از مصالح با ابعاد متفاوت به منظور تمایز اقدامات مرمتی، امکان نمایش مدل‌های مجازی و بررسی اشکالات احتمالی پیش از اجرا را فراهم کرده و به تصمیم‌گیری‌های دقیق و صحیح کمک شایانی می‌کند.

## References

- Adineh, A., & Vali Big, N. (2023). Comparative Study of Ribat Sharaf Decorations, Ribat Mahi and Tomb of Arsalan Jazeb and Minaret of Ayaz. in the Physical Range. *Handicrafts of Great Khorasan*, 1(4), 43-64. [doi:10.22034/daraygah.2021.132378](https://doi.org/10.22034/daraygah.2021.132378)
- Adineh, A. (2019). *Historic Building Information Modeling (HBIM): An Efficient Tool for the Preservation of Historic Buildings*. Sixth National Congress on Civil Engineering, Architecture, and Urban Development, Tehran, (In Persian). <https://civilica.com/doc/1003043>
- Adineh, A. (2019). *Ribat Sharaf: Preservation of a Millennium; Old Caravanserai on the Silk Road*. Sixth National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture, and Urban Management and Fifth Specialized Exhibition of Mass Housing and Building Developers of Tehran Province, Tehran. (In Persian). <https://civilica.com/doc/927806>
- 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), Taipei, pp. 145-15 [Doi :10.1109/ROBOT.2003.1241587](https://doi.org/10.1109/ROBOT.2003.1241587)
- Andaroodi, E., (2013), *Knowledge-Based Documentation of Iranian Architectural Heritage*, Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning, 1(1), pp 79-90. (In Persian with English abstract). Doi:[10.22059/jfaup.2013.36359](https://doi.org/10.22059/jfaup.2013.36359)
- 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. [Doi: 10.1109/IV.2005.82](https://doi.org/10.1109/IV.2005.82).
- Arayici, Y. (2008). Towards Building Information Modelling for Existing Structures. *Structural Survey*, 26(3), 210 - 222. Doi: [10.1108/02630800810887108](https://doi.org/10.1108/02630800810887108).
- Azad, M. (2014). *A Survey on the Three Important Seljuk Minarets, Chehel Dokhtaran, Tarikhaneh and Saveh Jami Mosque*. *Studies in Iranian Architecture*, 5(3), 39-56. (In Persian with English abstract) [https://jias.kashanu.ac.ir/article\\_111722.htm?lang=fa](https://jias.kashanu.ac.ir/article_111722.htm?lang=fa).
- Baik, A., Alitany, A., Boehm, J., Robson, S. (2014). Jeddah Historical Building Information Modelling "JHBIM" -Object Library, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. II-5*, pp. 41-47. [https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/143588/0/1/Baik\\_isprsannals-II-5-41-2014.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/143588/0/1/Baik_isprsannals-II-5-41-2014.pdf)
- 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*, pp. 767-780. [https://doi.org/10.1142/9781783269150\\_0063](https://doi.org/10.1142/9781783269150_0063)
- Baik, A. (2017). From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House – case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.02.001>
- Baik, A. H. (2020). *Heritage Building Information Modelling for Implementing UNESCO Procedures: Challenges, Potentialities, and Issues*, Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003036548>.
- 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 p. Doi [10.1088/1742-6596/48/1/160](https://doi.org/10.1088/1742-6596/48/1/160)
- Daneshdoost, Y. (1981). Ribat Sharaf. *Journal of Asar*, (5). (In Persian)
- 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, pp. 369-376. Doi: [10.1109/VSM.2012.6365947](https://doi.org/10.1109/VSM.2012.6365947)
- 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), pp. 20-46. <https://www.itcon.org/paper/2014/2>
- 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)*, Prague, Czech Republic, pp. 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. <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLI-B2016/215/3>

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.

[https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/part5/paper/1216\\_dresden06.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/part5/paper/1216_dresden06.pdf)

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), pp. 87-92. [10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-87-2013](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-87-2013)

Goddar, A., Godar, Y., Siroux, M., et al. (2008). *Works of Iran (VI-2)*, translated by Abolhasan Sarv Qad Moqaddam. *Fifth Edition, Astan Quds Raza vi Research Foundation*, Mashhad. (In Persian).

Golabchi, M., Golabchi, A., Norouzaei, E., Qarooni Jafari, K. (2015). Building Information Modeling (BIM). *Tehran University Press*. (In Persian).

Hamidi, B. (2011). Decorative Plasterwork of the Seljuk Period. *Ketab-e Mah-e Honar*, (151). (In Persian).

Hanachi, P., Kolaie, S. M., Gholamnezhad, M. (2015). *Principles and Methods of Documentation and Recording of Historical Buildings and Sites*, First Edition. *Tehran University Press*. (In Persian).

Hatam, Gh. A. (2000). Islamic Architecture in the Seljuk Period. *Honarnameh, University of Art*, (4). (In Persian).

Katly, M., & Hambly, L. (1997). *The Art of Khwarazmian Seljuks*, translated by Yaghoub Azhand. First Edition, *Mola*, Tehran. (In Persian).

Khaakbazaan, A. (2008). *Applied Photogrammetry*, Third edition. *Shahid Rajaei Teacher Training University Press*. (In Persian).

Kiani, M. Y. (1997). *Architectural Decorations of Islamic Period in Iran*. *Cultural Heritage Organization*, Tehran. (In Persian).

Lashkari, A., Khatib Shahidi, A., Nistani, J., Hojabri Nobari, A. (2009). The Role of Decorative Seals in Ilkhanid Architecture. *Journal of Archaeological Studies*, 1(2). (In Persian).

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), pp. 601-609. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.027>

Malian, A. (2000). Principles of Photogrammetry in Cultural Heritage Documentation. *Specialized Surveying Journal*, Vol. 1, Issue 42, National Cartographic Center of Iran. (In Persian).

Maki Nejad, M. (2008). *History of Art in Islamic Iran: Architectural Decoration*. SAM T Publications, Tehran. (In Persian).

Megahed, N. A. (2015). Towards a theoretical framework for HBIM approach in historic preservation and management. *Archnet-IJAR*, 9(3), pp. 130-147. [10.26687/archnet-ijar.v9i3.737](https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v9i3.737)

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, pp. 233-273.

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, pp. 89-102.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>

Old images and documents, Archive of Documents, National Base of Robat Sharaf. 2015

Redmond, A. M., Hore, A., Alshawi, M., West, R. (2012). Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. *Automation in Construction*. 24. 175–183. [10.1016/j.autcon.2012.02.003](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.003).

Respaldiza, A., Wachowicz, M., & Vázquez Hoehne, A. (2012). *Exploring Cultural Heritage Resources in a 3d Collaborative Environment*. Proceedings of the 7th International Conference on 3D Geoinformation, Québec, Canada, pp. 25-28.

[10.5194/isprsjprs-XXXVIII-4-C26-25-2012](https://doi.org/10.5194/isprsjprs-XXXVIII-4-C26-25-2012)

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), pp. 82-91.

<https://doi.org/10.1016/j.daach.2014.06.002>

Salehi Kakhki, A., & Azizpour, S., & Rahimi Araei, A. (2014). Understanding the Architectural Features and Inscriptions of the Seljuk Era in the Dome of Taj-al Molk Jameh Mosque of Isfahan. *Asar Quarterly*, (64). (In Persian). <https://www.magiran.com/p1608122>

Sheikhi, A., & adineh, A. (2020). Stucco relief motifs and brick ended plugs in the decorations of the Ribat Sharaf. *Journal of Fine Arts: Visual Arts*, 25(1), 87-98. (In Persian with English abstract). [10.22059/jfava.2019.255786.665916](https://doi.org/10.22059/jfava.2019.255786.665916).

Shekofteh, A., & Ahmadi, H., & Oudbashi, O. (2015) Seljuk Brickwork Decorations and Their Sustainability in Khwarezm and Ilkhanid Decorations. *JRIA*, 3 (1) :84-104. (In Persian with English abstract). <https://jria.iust.ac.ir/article-1-186-fa.pdf>

Wafaei Baneh, K., Wafaei Baneh, B., Osman, A., Mostafapour, O., Bradosty, Z. R. (2023). Regeneration and documentation of historic geometric Islamic patterns via HBIM: a case study of Choli minaret, Kurdistan Region, *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, Vol. 41

No. 2, pp. 347-363.

<https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2021-0043>