Journal of Research on Archaeometry, 2020; 6(2):57–73

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.52547/jra.6.2.57 URL: http://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

The Application of Photogrammetry in Documentation of Inscriptions on Historical Monuments; New Photogrammetry Project in Allah Allah Dome in Sheikh Safi Al-Din Shrine Complex

Mohammad Farsimadan[1]*, Karim Hajizadeh Bastani[2], Habib Shahbazi Shiran[3], Mohammad Alizadeh Sola[4]

[1] *PhD Candidate in Islamic Archaeology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, IRAN*
[2] *Associate Professor in Archaeology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, IRAN*
[3] *Asistant Professor in Archaeology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, IRAN*
[4] *PhD in Archaeology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, IRAN*

Received: 09/24/2020 **Accepted: 12/20/2020**

Abstract

Among all the elements and decorations of historical monuments, Calligraphy could be named as one of the most important findings. Elegancy of early Islamic scripts, because of the nature of their letters' shapes and their ability to be used in different contexts, propelled them from an aesthetic position to a practical one. After many centuries when a lot of their samples are available on every Islamic monument, they have the both aesthetic and practical values; their values are based on the information that they provide. Despite the importance of the last factor, there are a lot of problems for studying them that the most important one is the lack of sufficient amount of pictures of epigraphs.

Keywords: Photogrammetry, Documentation, Historical epigraphs, Sheikh Safi Al-Din Shrine, Allah Allah dome

Introduction

In this study, it is tried to use the photogrammetry in documentation of epigraphs of Allah Allah dome in the Sheikh Safi al-din shrine as a new method for documenting epigraphs in historical monuments with the least needed equipment, lowest needed time and cost in comparison to traditional methods. Photogrammetry is the science of taking digital photos and making 3D models with high accuracy and high detailed textures out of them in shortest time with lowest cost. Choosing Allah Allah dome, especially its cylindrical inscription at the base of the dome, as our case study shows abilities of close-range photogrammetry for documenting of epigraphs in the clearest way. First of all, there is an inscription fifteen meters above the ground that makes it impossible to reach without scaffold or lift which makes it time consuming and expensive to do the relevé. Secondly, because of the cylindrical shape of the building the highest epigraph turns around it and makes it impossible to be documented with four or even eight photos while it provides sufficient information for more studies. But in contrast, with application of photogrammetry all the epigraphs are shown in a single non-perspective high resolution image.

* Corresponding author: m.h.farsimadan@gmail.com

Copyright© 2020, the Authors | This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any - medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution NonCommercial terms.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-23]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

Materials and Methods

Current documentation methods of epigraphs are just a simple recording of the content and taking few pics of them while some of them provide a hand drawn relevé from the epigraphs which despite the fact that it is an expensive and time consuming process, it is not possible to provide sufficient information for some studies. Long epigraphs, being in high position, bad weather condition for doing the relevé and many other problems cause difficulties in providing enough information. So, creating a 3D model with high resolution texture helps us to study all the elements of a building with more ease.

Creating a 3D model starts with taking the numerous photos of the object in a pre-planned manner. In Fig.3 you can find the plan of taking photos for this study. As it is obvious, different photography paths have been chosen to satisfy different needs of software for reaching to a whole and detailed model. Paths should be chosen based on the size of the object and the available space around it, which is a real concern about historical monuments as they usually have been built in a cramped way. As it's so important in this study to reach to a high detailed model, every photography path has been done three times and every time with a specific focal length. First time a 15 mm focal length which is aimed to make the software have a better understanding of whole form of the object. Second time with a 70 mm focal length which is aimed for making a logical connection between first and third series of photos. Finally, the third time with a 140 mm focal length which is aimed to record as much as detail that is possible for reaching to a high – quality texture at the last step of the model making process.

Discussion

There is a variety software for making 3D models by photogrammetry and for editing images, but our choice for this study is Reality Capture and for image editing, the Photoshop was elected. Now, it is time to align all the taken photos in the software. If the photos have been chosen by a good strategy with an accepted overlap, the software will be able to create a very simple model made out of points. Then, if everything is good, it is time for making a high-density cloud point. At the next stage and when the cloud point is ready, there may be some distortion that should be corrected manually. After that, the software can produce a high detailed solid model and apply the texture on it. For flat inscriptions, it would be time to get a non-perspective render from the model and everything is finished; but in this study and because of the cylindrical shape of the epigraph, a simple render will not be sufficient. So, it is needed to render it from different by turning round of it. So, there will be many images that only a little portion at the middle of them is what we want. Finally, and by using Adobe Photoshop, all intended portions of images will be cut and form a single non-perspective image. Although our priority is the cylindrical epigraph, but non-perspective images of other epigraphs on Allah Allah dome is provided at the end of the article. It is also important to mention that the contents of all inscriptions are reflected as the same as what is written on the building and nothing has been changed .

Conclusion

As it has been discussed before, traditional documentation techniques of epigraphs and inscriptions had always had a wide range of difficulties and incapability such as expensive and time the consuming process of documentation to limitations on providing sufficient pictures of epigraphs. These problems have led to different results such as preventing other scholars from more detailed studies based on the documentation or at the worst situation it made epigraph documentation a hard process so just few monuments have studied on that way. It is the reason that why today we have so little information about epigraphs on monuments, especially the remote ones, which doesn't have proper maintenance budgets. However, using photogrammetry in documentation of epigraphs can cover most of the mentioned problems. This method is able to provide a whole non-perspective image of every epigraph. On the other hand, when documentation through a relevé work should be done by using a lot of workforce, photogrammetry for epigraphs can be done by one person equipped with a DSLR camera and a high-tech computer, which makes it much cheaper in cost and time compared to those old methods.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-23]

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۹؛ ۶(۲): ۵۷-۷۳

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.52547/jra.6.2.57

URL: http://jra-tabriziau.ir/

دانشگاه هنر اسلامی تبریز ۱۳۷۸

مقاله پژوهشی

کاربرد فتوگرامتری در مستندنگاری کتیبه‌های بناهای تاریخی نمونه موردی: گنبد الله الله بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی*

محمد فارسی مدان*[۱]، کریم حاجی‌زاده باستانی[۲]، حبیب شهبازی شیران[۳]، محمد علیزاده سولا[۴]

۱. پژوهشگر مقطع دکتری باستان شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشیار گروه باستان شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳ .استادیار گروه باستان شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴. دانش آموخته دکتری باستان‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰

چکیده

در میان تمامی عناصر تزئینی بناهای تاریخی، کتیبه‌نویسی از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌آید. ظرایف این هنر و قابلیت‌هایی که خط ازلحاظ ماهیت شکل حروف و قرار گرفتن آن‌ها در موضوعات و جایگاه‌های مختلف دارد، آن را از جایگاه صرفاً تزئینی به کاربردی سوق می‌دهد به‌گونه‌ای که نمونه‌های متعدد به‌جای مانده از این هنر بر بسیاری از ابنیهٔ تاریخی نه‌تنها از منظر زیبایی‌شناسی حائز اهمیت هستند، بلکه ازنظر محتوایی نیز به دلیل داشتن اطلاعات تاریخی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی دوران مختلف جایگاه ویژه‌ای در نزد محققان یافته‌اند. علی‌رغم این درجه از اهمیت، مشکلات و محدودیت‌هایی در مطالعهٔ آن‌ها وجود دارد که اصلی‌ترین آن‌ها، در دسترس نبودن عموم کتیبه‌ها و نبود تصاویر مناسب جهت بهره‌برداری از آن‌ها است. روش‌های قدیمی و فعلی برداشت، ثبت و مستندنگاری کتیبه‌ها، عموماً بازخوانی و بازنویسی متن و عکاسی ساده از آن‌ها است و در بهترین حالت انجام طراحی فنی به‌صورت دستی محسوب می‌شود که در بسیاری از موارد مستلزم صرف وقت، انرژی و هزینه بسیار است. در این مقاله سعی شده است استفاده از فتوگرامتری در مستندنگاری کتیبه‌های بناهای تاریخی با برداشت کتیبه‌های گنبد الله الله بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی، به‌عنوان روشی نوین و کاملاً علمی و نوآورانه معرفی شود که با استفاده از تجهیزات اندک و با صرف زمان کوتاه و هزینهٔ کمتر در مقایسه با روش‌های فعلی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای آن‌ها باشد. فتوگرامتری؛ برداشت تصاویر دیجیتال است که با ساخت مدل‌های سه‌بعدی با ضریب خطای بسیار پائین، تصاویر بسیار باکیفیت در کمترین زمان حاصل می‌شود. این انتخاب از چند منظر، گویای توانایی شیوهٔ جدید در مستندنگاری کتیبه‌های ساختمانی با سرعت، کیفیت و دقت بالا خواهد بود. ارتفاع زیاد و پلان مدوّر بنا مانع آن است که با یک یا چند عکس تصویر مناسبی از کلیت آن در اختیار محققان قرارداد، اما با این شیوهٔ جدید، تمام کتیبه‌ها در قالب یک عکس به‌طور کامل، قائم و با جزئیات زیاد ارائه خواهند شد.

واژگان کلیدی: فتوگرامتری، مستندنگاری، کتیبه‌های تاریخی، بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی، گنبد الله الله

* نویسنده مسئول مکاتبات: اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه باستان شناسی، کد پستی: ۵۶۱۹۹۱۱۳۶۷،
آدرس الکترونیکی: m.h.farsimadan@gmail.com

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را با دیگران به اشتراک بگذارد منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-23]

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]

[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

۱. مقدمه

از ابتدای ظهور اسلام علی‌رغم وجود آیه‌ای در قرآن که مخالفت مستقیمی با تصویرگری و مجسمه‌سازی داشته باشد [1]، به علت وجود احادیثی منسوب به پیامبر و ائمه معصومین [2]، مطابق نظر فقها تصویرگری از هر موجود زنده‌ای ممنوع شد و ازاین‌رو هنر نقاشی در نزد هنرمندان این دوران در ابتدا متروک شد؛ اما از همان ابتدا با توجه به نیاز روزافزون به نگارش قرآن و اهمیت فزاینده به زیبا نوشتن این کلام مقدس، هنر جدیدی به نام خوشنویسی پدید آمد. خیلی زود این هنر، جای خود را در میان هنرهای اسلامی باز کرد و تقریباً می‌توان گفت که به شاخص‌ترین هنر اسلامی بدل شد که بر ابنیه، ظروف سفالین، کاشی، پارچه و برای نگارش به کار گرفته شد. درک هیل و گرابار، خط را در بین تمامی عناصر و موضوعات تزئینی بناهای تاریخی، مهم‌ترین آن‌ها دانسته‌اند زیرا از میان تمام موضوعات، تنها این موضوع است که به طریقی اهمیت شمایل‌نگاری داشته است [3]. این تزیین در نوشتن آیات قرآنی، مدح و ثنای بانیان یا کتیبه‌های پیروزی یا کتیبه‌هایی برای توضیح کارکرد ساختمان‌ها و یا قسمت‌هایی از آن‌ها و جاودانه کردن خاطرهٔ زهد بنیان‌گذاران، مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. توجه هوشمندانه بسیاری از اساتید خط و خوشنویسی به ظرایف این هنر و قابلیت خط کوفی و نسخ قرون اولیه ازلحاظ ماهیت شکل حروف و قرار گرفتن آن‌ها در موضوعات و جایگاه‌های مختلف از طرفی و قداست کلمات قرآنی و آیات آن در کتیبه‌ها، خط را از جایگاه کاربردی به فرا کاربردی هنری و تزئینی سوق داده‌اند [4] به‌طوری‌که امروزه نمونه‌های متعدد این هنر زیبا بر دیوارهای بسیاری از ابنیه تاریخی به‌جای مانده‌اند که نه‌تنها از منظر زیبایی‌شناسی حائز اهمیت برای تحقیق هستند، بلکه از منظر محتوایی نیز اطلاعات بسیاری را در اختیار محققان قرار می‌دهند. با استفاده از کتیبه‌ها می‌شد به‌طور دقیق هدف و نقشهٔ هر یک از ساختمان‌ها و عناصر ساختمانی را که در بناهای گوناگون عملکردهای متفاوت دارند، روشن کرد و همین امر می‌تواند تا حدودی علت استفادهٔ زیاد از کتیبه و تنوع آن‌ها را بیان کند [5].

علی‌رغم اهمیت سرشار مطالعاتی این کتیبه‌ها، مشکلاتی بر سر راه تحقیقات بر روی این هنر وجود دارد. یکی از این مشکلات، در دسترس نبودن تصاویر تعداد قابل‌توجهی از کتیبه‌های کارشده بر روی ابنیه است. این مشکل از کمبود فعالیت‌های مستندسازی با گرایش به هنر خوشنویسی و همچنین استفاده از شیوه‌های قدیمی در انجام این کار نشئت می‌گیرد. درگذشته معرفی و مستندنگاری کتیبه‌های خوشنویسی به شیوه‌های مختلف انجام می‌شد که در بخش روش‌شناسی، چند نمونه را با ذکر مثال مرور خواهیم کرد و به بحث پیرامون معایب هرکدام خواهیم پرداخت.

امروزه از تکنیک‌های فتوگرامتری (Photogrammetry) در مطالعات باستان‌شناسی و تاریخ معماری، برای ساخت مدل‌های سه‌بعدی با ضریب خطای بسیار پایین، به جهت انجام پروژه‌های مستندسازی، حفاظتی و مطالعاتی استفاده می‌شود. تعریف سادهٔ فتوگرامتری، علم برداشت تصاویر دیجیتال است. تصاویر می‌توانند به دو گونه به ما اطلاعات دهند: گونهٔ اول اطلاعات کیفی، مانند بافت، رنگ و شکل کلی و گونهٔ دوم اطلاعات کمّی، مانند طول، عرض و ارتفاع. درواقع، فتوگرامتری شیوه‌هایی را در اختیار محققان قرار می‌دهد تا اطلاعاتی از نوع دوم را به دست آورند. به‌بیان‌دیگر فتوگرامتری را «علم اندازه‌گیری در تصاویر» می‌نامند که به‌صورت سنتی بخشی از سنجش از راه دور به‌حساب می‌آید [6]. در این پژوهش سعی شده تا از این شیوهٔ نوین برای مستند نگاری کتیبه‌های تاریخی یکی از بخش‌های اصلی مجموعهٔ شیخ صفی‌الدین اردبیلی که به گنبد الله الله معروف است، استفاده شود. در اینجا ساخت مدل سه‌بعدی به جهت استخراج تصاویر بدون پرسپکتیو مدنظر خواهد بود که البته این امر به قسمت‌هایی از بنا که کتیبه دارند، محدود می‌شود.

۲. پیشینهٔ پژوهش

از پژوهش‌های انجام‌شده در سال ۲۰۲۱ میلادی در سطح جهانی و در حوزهٔ میراث فرهنگی می‌توان به فعالیت‌های حفاظتی مانند کار در مسجد سلطان برونئی [7] و کار بر

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-23]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

روی نقوش صخره‌ای [8] اشاره داشت که هدف آن‌ها ثبت و ضبط اطلاعات این اماکن در جهت حفاظت آثار است. از سمت دیگر نیز می‌توان به کارهای مدل‌سازی سه‌بعدی آثار موزه‌ای [9] و مدل‌سازی سه‌بعدی ساختمان‌ها [10] اشاره کرد که هدف این نوع از تحقیقات کسب تجربه در رفع کمی‌ها و کاستی‌های این حوزه و بهبود الگوریتم‌ها، نحوهٔ عکاسی و تمرین‌های سخت‌افزاری است.

در باب استفاده از فتوگرامتری در حوزهٔ میراث فرهنگی در ایران، می‌توان به استفاده از آن در ساخت مدل سه‌بعدی رقومی از آثار تاریخی دو شهر زوزن و بسطام توسط مرحوم شهریار عدل اشاره کرد که یکی از اولین موارد استفاده از این تکنولوژی در بحث حفاظت آثار باستانی در ایران به شمار می‌آید [11]. برای معرفی دیگر نمونه‌های این کار نیز می‌توان از مستندنگاری خانقاه جوزدان [12] و همچنین مدل‌سازی مقرنس ضلع شمالی عمارت مسعودیه نام برد [13] که این مورد اخیر نزدیکی بیشتری با کار ما دارد. تحقیقاتی نیز برای استفاده از این تکنیک کارآمد در حوزه‌های مختلف میراث فرهنگی صورت گرفته است که ازجمله آن‌ها می‌توان به تلاش برای استفاده از این شیوه، در مستندنگاری آثار زیرآب [14] و همچنین طراحی سامانه‌هایی برای تهیهٔ مدل سه‌بعدی از آثار موزه‌ای اشاره کرد [15]. کلیات تحقیقات گفته‌شده تئوریک و زیرساختی نبوده‌اند و به لحاظ افزایش تجربهٔ کار در حوزهٔ فتوگرامتری و اشتراک‌گذاری این تجارب با دیگران و ترویج این روش‌ها از ارزش و اهمیت بالایی برخوردار هستند؛ اما استفاده از فتوگرامتری با تمرکز بر مستندنگاری و ارائهٔ کتیبه‌های ساختمانی، سابقه‌ای شناخته‌شده به آن صورت ندارد و یا هنوز نتایج این تحقیقات تنها در آرشیوهای سازمانی و شخصی باقی‌مانده و منتشرنشده‌اند. امید است که با افزایش مقالاتی از این قبیل، شاهد گسترش فعالیت‌هایی این‌چنینی باشیم.

۳. مجموعهٔ تاریخی شیخ صفی‌الدین اردبیلی

مجموعه تاریخی شیخ صفی‌الدین اردبیلی از مهم‌ترین آثار تاریخی ایران و شهر اردبیل است که ازلحاظ معماری و کاشی‌کاری از شاهکارهای سدهٔ هشتم هجری و سال‌های پس‌ازآن بوده و پس از وفات شیخ، به‌وسیلهٔ فرزند وی پایه‌گذاری شده است [16]. ضمن اینکه عمارات منفرد این مجموعه بی‌نظیر است، تزئینات آن نیز از زیباترین آثار تاریخی اسلامی ایران محسوب می‌شود و اعتبار ویژه‌ای دارد. بقعهٔ اردبیل شامل بناهای جانبی و حیاط‌های مجاور و در امتداد هم و باغ بوده است [17]. بر اساس گزارش عبدی‌بیگ شیرازی مؤلف کتاب صریح الملک، این مجموعه از بخش‌های مختلفی چون حرم، دارالحفاظ، مقبرهٔ خانوادگی شاهزادگان، چینی‌خانه، دارالحدیث، مقبرهٔ شاه اسماعیل، چله خانه قدیم، چله خانه جدید، جنّت سرا، محوطه شهید گاه و برخی دیگر تشکیل یافته است [18]. مجموعهٔ فوق در زمان شاه‌طهماسب صفوی (۹۳۰ تا ۹۸۴ ه.ق) به شکل کنونی درآمده و در دوره شاهان بعدی این دوره تکمیل شده [19، 20] و تا عصر حاضر تغییرات زیادی درمجموعه بناهای آن انجام‌شده است.

گنبد الله الله درمجموعه جهانی بقعهٔ شیخ صفی‌الدین اردبیلی با دارا بودن کتیبه‌های ارزشمند بسیار، به‌عنوان مطالعهٔ موردی در این پژوهش انتخاب‌شده است. گنبد معروف به الله الله که در حقیقت مقبره و مدفن شیخ صفی‌الدین اردبیلی است، در ضلع غربی بنای معروف به قندیل خانه یا دارالحفاظ و سمت شرقی محوطهٔ معروف به حیاط مقابر قرارگرفته است. این بنای استوانه‌ای شکل پس از فوت شیخ صفی در سال ۷۳۵ ه.ق به دستور پسرش صدرالدین موسی و در طول ده سال ساخته‌شده است [17]. ویور در تحلیل تاریخ بنای مقبره شیخ صفی‌الدین اردبیلی نوشته است: به نظر می‌رسد مقبرهٔ شیخ صفی‌الدین اردبیلی ازلحاظ قدمت، دومین بنای مجموعه باشد. این بنای استوانه‌ای شکل با خطوط کوفی و طرح‌های هندسی مسطح و گنبد خاص باید مربوط به حوالی سال ۷۴۹ ه.ق/۱۳۴۸ م باشد، زیرا چنین شیوهٔ گنبد زنی از اوایل قرن پنجم هجری متداول بوده و قرن‌ها ادامه داشته است [21]. بنای مذکور ارزش مطالعاتی تاریخی–هنری از دوران ایلخانی تا صفوی دارد و به دلیل کاربری خاص بنا، حجم عظیمی از کتیبه‌های خوشنویسی بر دیواره‌های آن خودنمایی می‌کنند. این کتیبه‌ها در اندازه‌ها و ارتفاعات مختلفی کارشده‌اند که این مسئله،

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-23]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]



شکل ۱: گنبد الله الله درمجموعهٔ بقعهٔ شیخ صفی‌الدین اردبیلی
Fig; 1: Allah Allah dome in Sheikh Safi Al-Din Shrine complex

دسترسی به آن‌ها و یا قراردادنشان در یک یا چند عکس را مشکل می‌سازد. در این پژوهش، تمامی کتیبه‌های کارشده بر روی این بنای ارزشمند با استفاده از فتوگرامتری مستندنگاری خواهد شد، کتیبه‌هایی از جنس کاشی معرق و آجر لعاب‌دار که دورتادور ساقهٔ گنبد الله الله کارشده است (شکل ۱).

٤. روش‌شناسی

از شیوه‌های قدیمی مستندنگاری کتیبه‌های تاریخی می‌توان به اثر ماندگار ویِت (Wiet) [22] اشاره کرد که در قالب یک مجموعه کتاب، به ذکر متن کتیبه‌های خوشنویسی در ابنیه مهم جهان اسلام پرداخته است. این کار به جهت یک معرفی کلی در زمان خود، حائز ارزش و اهمیت بسیاری بوده، اما اجازهٔ تحقیقات بیشتر و همچنین اصلاح متون قرائت‌شده و یا تکمیل بخش‌های خوانده‌نشده را به محققان بعدی نمی‌دهد.

شیوهٔ دیگر استفاده از عکاسی است که در هنگام معرفی متن کتیبه‌ها عکسی نیز از آن‌ها در کتاب ارائه می‌شد. از نمونه کارهای ارزشمند در این زمینه در کشورمان می‌توان به کار استاد محمود ماهر النقش [23] در معرفی کتیبه‌های خط کوفی بنّایی در ابنیه مختلف و یا کار استاد محمدحسین حلیمی [24] در معرفی کتیبه‌های خوشنویسی مسجد جامع اصفهان نام برد. از معایب این شیوه آن است که گاهی کتیبه‌ها با عرض کم و طول زیاد نوشته‌شده و یا فرم خاصی دارند که در یک یا حتی چند عکس نیز نمی‌گنجند، بنابراین، همچنان بخش‌هایی از

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

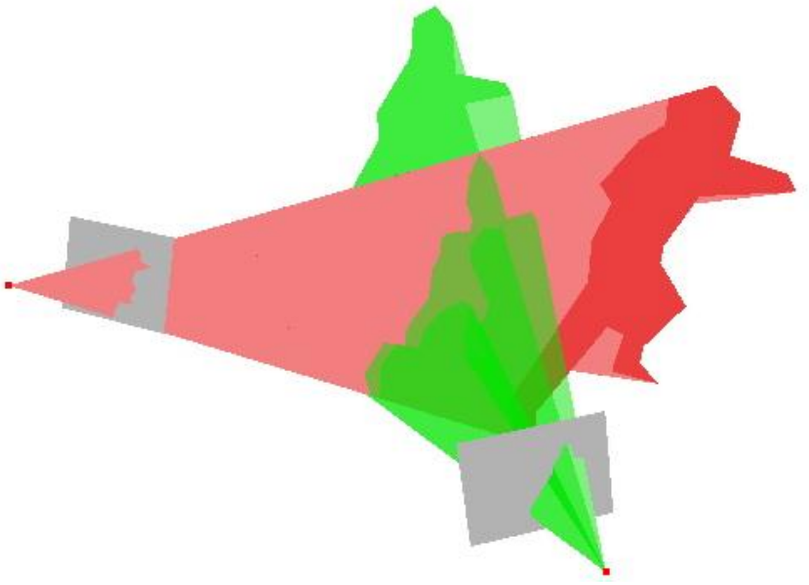
کتیبه از دسترس استفاده‌کنندگان کتاب خارج می‌ماند. در موارد دیگر نیز کتیبه‌ها در ارتفاع بالایی کارشده‌اند و عکس گرفته‌شده دارای پرسپکتیو بسیار بوده است و استفاده از آن مشکل خواهد بود. هرچند شایان‌ذکر است که می‌توان کتیبه‌هایی که ابعاد کوچک (حداکثر تا یک متر در یک متر) دارند، در ارتفاع بالایی قرار ندارند و ساخت آن‌ها با کاشی و یا نقاشی بوده است را در قالب یک تک عکس بدون پرسپکتیو با اعمال دستورهای Rectification (برای برطرف کردن اعوجاج لنز) و یا Perspective Warp (برای برطرف کردن دستی پرسپکتیو) ارائه داد. به‌هرحال این شیوه، برای کتیبه‌های طولانی، بزرگ، مرتفع و یا ساخته‌شده با تکنیک‌های برجسته‌کاری مانند آجرکاری و یا حجاری، پاسخگو نخواهد بود.

به‌عنوان حالت سوم، می‌توان به انجام طراحی فنی از کتیبه‌های ساختمانی اشاره کرد. در این مورد که چندان روش نوینی به‌حساب نمی‌آید، می‌توان به دو حالت کار را به انجام رساند. اولی که دقت بالاتری نیز دارد، با گذاشتن کاغذ پوستی بر روی کتیبه و کشیدن باز طرح آن با استفاده از مداد انجام می‌پذیرد. این روش معایبی دارد که از آن جمله، نیاز به استفاده از داربست برای رسیدن به کتیبه‌های موجود در ارتفاع بالا؛ و همچنین عدم امکان اتصال کاغذ پوستی بر روی کتیبه‌های برجستهٔ گچ‌بری یا حجاری را می‌توان نام برد. زمان بسیار زیاد و هزینه بالای موردنیاز نیز از معایب دیگر این‌گونه طراحی است که باید شرایط آب و هوایی مناسب را هم در طول مدت برداشت طرح، در نظر داشت. روش دوم در این زمینه نیز برداشت کاملاً فنی از کتیبه به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری و انجام محاسبات خواهد بود که آن نیز علی‌رغم محدودیت در دسترسی به کتیبه، امکان خطا در طراحی و اندازه‌گیری را شامل می‌شود. از نمونه‌های باکیفیت انجام‌گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش بر روی کتیبه‌های مساجد جامع گلپایگان، اردستان و زواره [25] و همچنین کتیبه‌های منار جام [26] اشاره کرد که نتیجهٔ آن، رسم باز طرح باکیفیت کتیبه‌های آن ابنیه با دقت بالا در کتاب‌های مذکور است که البته با سختی‌های ذکرشده همراه بوده است و نمونه‌های بیشتری از این موارد به جهت همین مشکلات در دسترس نیست.

حال در این پژوهش، روش چهارمی معرفی می‌شود که استفاده از خروجی‌های مدل سه‌بعدی، ساخته‌شده توسط فتوگرامتری است. فتوگرامتری را می‌توان به دو نوع پیچیده (حرفه‌ای) و ساده (غیرحرفه‌ای) تقسیم کرد. فتوگرامتری پیچیده، نیازمند ابزارهای دقیق آزمایشگاهی و گران‌قیمت است، مانند دوربین‌های متریک کالیبره شده؛ درحالی‌که فتوگرامتری ساده را با ابزار معمولی و در دسترس نیز می‌توان انجام داد، مانند دوربین‌های نیمه‌حرفه‌ای موسوم به DSLR [27]. در تحقیق حاضر، به آن جهت که مستندنگاری کتیبه‌ها از منظر زیبایی‌شناختی و محتوایی مدنظر است، همچنین به جهت ترویج راه‌حل‌های ساده و ارزان در راستای پژوهش‌های حوزه میراث فرهنگی، از تکنیک فتوگرامتری ساده استفاده می‌شود. سخت‌افزارهای استفاده‌شده در این پروژه یک عدد دوربین Nikon D5300 با لنز 150-15 و یک دستگاه رایانه شخصی مجهز به نرم‌افزارهای گرافیکی موردنیاز؛ بوده‌اند. فتوگرامتری روش‌های متعددی را از علوم مختلف به کار می‌بندد، مانند علوم شناخت نور و علم هندسهٔ تصویری. برداشت تصاویر دیجیتال و تولید مدل‌های فتوگرامتریک شامل چندین مرحله فرایندهای دقیق هستند [28]. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، فتوگرامتری را علم برداشت تصاویر دیجیتال و یا علم اندازه‌گیری از روی تصاویر می‌نامند. در این تکنیک، مختصات هر نقطه در تمامی تصاویر که از نقاط مختلفی برداشت‌شده‌اند، در راستای سه محور x و y و z محاسبه می‌شوند. سپس نقاط مشترک میان تصاویر مشخص می‌شوند. درواقع با محاسبهٔ خطوط مستقیم میان محل برداشت تصاویر تا نقاط و نحوهٔ برخورد آن‌ها با یکدیگر، فواصل و مختصات محیطی برآورد می‌شوند (شکل ۲).

در تکنیک فتوگرامتری ساده، یک دوربین دیجیتال و یک رایانهٔ همراه (لپ تاپ) تنها نیازمندی‌های انجام کار محسوب می‌شود و کار می‌تواند توسط یک نفر به انجام برسد. این شیوه، مشمول صرف هزینه و زمان بسیار کمتری نسبت به برداشت کتیبه‌ها به روش‌های فوق‌الذکر خواهد بود؛ همچنین ناتوانی روش کاغذ پوستی برای برداشت کتیبه‌های حجاری و برجسته را به‌طور کامل

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-23]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]



شکل ۲: نحوهٔ تولید مدل سه‌بعدی از هم‌پوشانی سایهٔ آثار [29]
Fig; 2: A visual hull can be reconstructed from multiple silhouettes of an object.

برطرف می‌کند. از سوی دیگر مشکل عکس‌های عادی را درزمینهٔ ناتوانی در ارائهٔ کتیبه‌های طویل در یک قاب، حل می‌کند؛ و درنهایت مشکل پرسپکتیو را کـه عکـس‌هـای عادی در ثبت کتیبه‌های مرتفع و یا بزرگ دارنـد، نخواهـد داشت. این انتخاب از چند منظر به‌خـوبی گویـای توانـایی شیوهٔ جدید در مسـتندنگـاری کتیبـه‌هـای سـاختمانی بـا سرعت، کیفیت و دقت بالا خواهد بود. اول به آن دلیل که کتیبه‌ها تا ارتفاع حدوداً ۱۵ متری از کف قرارگرفته‌اند کـه دسترسی به آن را تنها با ایجاد داربست یـا بـالابر ممکـن می‌کند که آن نیز مسـتلزم صـرف هزینـه و وقـت بسـیار است. دلیل دوم آن است که به علت مدوّر بودن پلان بنـا و درنتیجه گردش برخی کتیبه‌ها به دور ساقه گنبد، با یک الی چهار عکس نیز نمی‌توان تصویر مناسبی از کلیّـت آن در اختیار محققان قرارداد، اما با این شیوه، تمام کتیبه‌ها در قالب یک عکس به‌طور کامل، قائم و با جزئیات زیاد ارائـه خواهند شد. مـدت‌زمـان موردنیـاز بـرای مسـتند نگـاری کتیبه‌های یک بنا به روش فتوگرامتری، به ابعاد بنا، تعـداد کتیبه‌ها، محل قرارگیری بنا و تجهیـزات موجـود بسـتگی دارد. این زمان معمولاً سه جلسه عکاسی است که بعـد از هر نوبت باید با ورود عکس‌های گرفته‌شده به نـرم‌افـزار و سـاخت ابـر نقطـه‌ای، کمبـود عکـس‌هـای گرفتـه‌شـده تشخیص داده شوند تا در نوبت‌های بعدی رفع شوند. ایـن فرایند برای گنبد الله الله سه مرحله عکاسی بود که پس از پایان آن ابر نقطه‌ای با تراکم یکسان از آن به دست آمـد. پس از رسیدن به ابر نقطه‌ای مناسب، نرم‌افزار بایـد مـدل سه‌بعدی را بسازد و بر آن، بافت رنگی را ایجاد کنـد. ایـن مراحل برای گنبـد الله الله در حـدود ۱۲ سـاعت پـردازش مداوم در نرم‌افزار معرفی‌شـده توسـط سیسـتم بـه طـول انجامید.

۵. ابزار انجام کار

سخت‌افزار استفاده‌شده جهت انجـام کـار در ایـن تحقیـق یک دستگاه رایانهٔ همراه (لپ‌تاپ) و یک دوربین دیجیتال هستند. مشخصات سـخت‌افـزاری رایانـهٔ همـراه (کـه در اجرای نرم‌افزارهای لازم مؤثر هستند) به‌قرار زیر است:
Cpu: Intel Core i7 7700 HQ; Gpu: NVidia Gtx 1070; Ram: 32 Gb DDR4.
همچنین یک عدد دوربین DSLR برند Nikon بـه مـدل D5300 با مشخصات زیر استفاده‌شده است:
Effective Pixels (Megapixels): 24.2 million; ISO: 100 - 12,800. Hi-1 (ISO 25,600); Focal length: 15 to 140 mm; Zoom Range: 7.8x.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

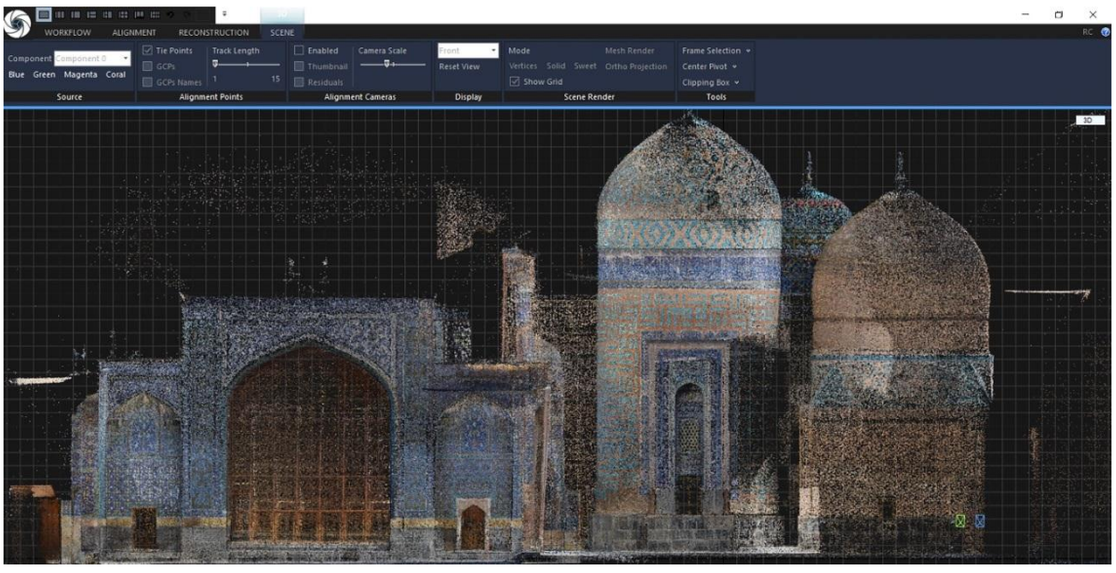
٦. مراحل انجام کار

برداشت مدل سه‌بعدی با تکنیک فتوگرامتری، از گرفتن عکس با استراتژی بخصوصی آغاز می‌شود. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که در این شیوه، باید از شیء یا اثر موردنظر عکس‌های زیادی با هم‌پوشانی بالا از زوایای مختلف گرفته شود. منظور از هم‌پوشانی بالا، اشتراک حداقل ۷۰ درصد از عکس قبل در عکس مابعد خود است. پس همان‌طور که قابل‌تصور است، تعداد عکس‌ها به طرز شگفت‌آوری زیاد می‌شود. در این شیوه، نحوهٔ حرکت عکاس بسیار مهم است و باید که تمامی زوایای ممکن از شیء یا اثر را در عکس‌ها بیاورد، در غیر این صورت قسمت‌هایی که کمبود تصاویر را داشته باشند، به‌خوبی بازسازی نمی‌شوند. در شکل ۳ مسیرهای حرکت برای برداشت تصاویر دیجیتال از گنبد الله الله و جهت نگاه دوربین مشخص‌شده است. همان‌طور که پیدا است مسیرهای متفاوتی به لحاظ شکل و به لحاظ فاصله تا گنبد برای برداشت عکس پیمایش شده که هرکدام به جهت حصول نتیجه‌ای خاص انتخاب‌شده‌اند. همچنین هر مسیر در سه نوبت پیمایش شده؛ یک نوبت با حداقل فاصلهٔ کانونی لنز موجود که ۱۵ میلی‌متر بوده، بار دوم بافاصله کنونی ۷۰ میلی‌متر و بار سوم بافاصله کانونی ۱۴۰ میلی‌متر برداشت، صورت گرفته است. دستهٔ اول، تصاویر بافاصلهٔ کانونی حداقلی برای فهماندن کلیت بنا به نرم‌افزار، دستهٔ دوم، تصاویر بافاصلهٔ کانونی متوسط برای ایجاد ارتباط میان دستهٔ اول و سوم در هنگام پردازش تصاویر توسط نرم‌افزار و دستهٔ سوم تصاویر با زوم حداکثری، برای ثبت جزئیات بنا برداشت‌شده‌اند.



شکل ۳: محل برداشت هفت‌صد عکس به محوریت گنبد الله الله (تصویر زمینه: تصویر تخت محوطه بقعه، تولیدشده از عکس‌های هوایی)
Fig; 3: Places that seven hundred shots has been taken from Allah Allah dome (Background: non-perspective image of the complex made by aerial shots)

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]



شکل ۴: محیط نرم‌افزار Reality Capture و ابر نقطه‌ای از مجموعه بقعه شیخ صفی
Fig; 4: Reality Capture app interface and calculated point cloud of the complex

پس از برداشت عکس‌ها، نوبت به بارگذاری آن‌ها در نرم‌افزار و پردازششان به جهت دستیابی به مدل سه‌بعدی می‌رسد. برای این منظور نرم‌افزارهای مختلفی در دسترس هستند که در این پژوهش از نرم‌افزار Reality Capture استفاده‌شده است. نسخهٔ استفاده‌شده از این نرم‌افزار در پژوهش حاضر 1.0.3 است. پس از بارگذاری عکس‌ها در این نرم‌افزار که با دستور input صورت می‌گیرد، ابتدا یکپارچگی آن‌ها بررسی می‌شود و در صورت عدم دریافت خطا، نرم‌افزار یک مدل متشکل از نقاط مشترک کلیدی را که در عکس‌ها تشخیص داده، می‌سازد؛ این مدل در اصطلاح اَبر نقطه‌ای (Point Cloud) نامیده می‌شود (شکل ۴). تعداد عکس‌های واردشده هزار عدد بودند که همگی با فرمتjpg. و دارای رزولوشن ۶۰۰۰ در ۴۰۰۰ هستند. بررسی یکپارچگی نیز با دستور Align Images انجام خواهد شد.

معمولاً زمانی که نرم‌افزار ابر نقطه‌ای را تشکیل می‌دهد، به جهت برخی خطاهای رخ‌داده در الگوریتم‌های محاسبه‌شده، برخی نقاط خارج از میانگین کلی برآورد شده‌اند که این نقاط را می‌توان با استفاده از دستورهای Point Rec و Point Lasso انتخاب کرده و با دستور Filter Selection از مدل حذف کرد. سپس محدودهٔ موردنظر از ابر نقطه‌ای توسط کاربر انتخاب می‌شود و نرم‌افزار شروع به ساختن مدل سه‌بعدی با بافت و جزئیات کامل خواهد کرد. در این پروژه محدودهٔ موردنیاز، کتیبه‌های روی گنبد الله الله بود که به‌مانند شکل زیر، مدل همهٔ آن‌ها توسط نرم‌افزار ساخته شد (شکل ۵). انتخاب محدوده توسط دستور Set Reconstruction Region و ساخت مدل سه‌بعدی توسط دستور High Detail یا Normal Detail در زیرمجموعه Reconstruction انجام می‌پذیرند.

تا به اینجا مراحل شبیه کارهای فتوگرامتریک در قدیم بود، اما ازاینجا به بعد به ساخت یک تصویر تخت از این کتیبه مدور می‌پردازیم. یکی از قابلیت‌هایی که مدل‌های سه‌بعدی به کاربران می‌دهند، تهیه تصاویر بدون پرسپکتیو از شیء یا اثر است. این تصاویر فاقد ژرف‌نمایی هستند و فاصلهٔ بیننده تا هر نقطه در تصویر یکسان است. این‌گونه خروجی‌ها سابق بر این در فعالیت‌ها و پروژه‌های مرمتی–حفاظتی استفاده می‌شده‌اند، اما در اینجا برای تبدیل کتیبه به یک تصویر تخت که مانند برداشتن آن توسط کاغذ پوستی است، استفاده می‌شود. دریافت خروجی از نرم‌افزار توسط دستور Render در زیرمجموعه Export صورت می‌پذیرد.

ازآنجاکه این کتیبه در اطراف یک استوانه دور می‌زند، بنابراین، در قالب یک تصویر نمی‌توان آن را ارائه

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]



شکل ۵: مدل سه‌بعدی ساخته‌شده از کتیبه کمربندی گنبد الله الله
Fig; 5: 3D reconstructed model of circular inscription of Allah Allah dome



شکل ۶: تصویر بدون پرسپکتیو از کتیبهٔ کمربندی و محدودهٔ قابل‌استفاده
Fig; 6: Non-perspective rendered image of circular inscription and usable portion of it

کرد. همچنین باوجوداینکه با استفاده از دو تصویر می‌توان تمام ۳۶۰ درجه از دایره را پوشش داد، اما تنها حدود ۴۵ درجه از تصویر بدون پرسپکتیو خروجی از هر ۱۸۰ درجه از کتیبه قابل‌استفاده است (شکل ۶).

باوجود این نقص در مورد کتیبه مدوّر، می‌توان دایره را به بخش‌های کوچک‌تری با توجه به محیط دایره تقسیم کرد؛ هرچه محیط این دایره کوچک‌تر باشد به تعداد بخش‌های کمتر و هرچه محیط آن بزرگ‌تر باشد به تعداد بخش‌های بیشتری نیاز است. در مورد این کتیبه در اینجا کار با تقسیم دایره به هشت بخش و تهیهٔ تصاویر بدون پرسپکتیو از هشت سمت اقدام شد. پس از تهیهٔ این تصاویر، بخش میانی از هرکدام که معادل ۴۵ درجه از دایرهٔ اصلی است را در نرم‌افزار فتوشاپ (Photoshop) از آن‌ها جدا می‌کنیم و در قالب یک عکس جدید به یکدیگر می‌چسبانیم. در این مورد، به دلیل طولانی بودن کتیبه، تصاویر در چهار خط مونتاژ شده‌اند (شکل ۷).

توضیح، آنکه به دلیل فاصلهٔ کم میان گنبد الله الله، گنبد حرم‌خانه و گنبد مقبرهٔ شاه اسماعیل، امکان دسترسی و برداشت تصاویر بسیار کم بود و مشکل هم‌پوشانی تصاویر را داشتیم که منجر به مخدوش شدن مدل نهایی در ابتدای خط چهارم شد.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

۷. معرفی کلی کتیبه‌ها

درمجموع ۲۳ قاب‌بندی مختلف از کتیبه‌های خوشنویسی بر جدارهٔ بیرونی گنبد الله الله نقش بسته‌اند (جدول شماره ۱). دو عدد از این قاب‌ها به دلیل قرارگیری در فضایی بسیار تنگ، قابلیت عکس‌برداری بدون وجود داربست را نداشته‌اند، بنابراین، عملیات فتوگرامتری بر روی آن‌ها انجام‌نشده است. در ارتباط با محل قرارگیری کتیبه‌ها بر روی بنا نیز باید اشاره کرد که کتیبهٔ شماره ۱ سراسر بدنهٔ استوانه‌ای ساختمان را در برگرفته است. کتیبه‌های شمارهٔ ۲ تا شمارهٔ ۹ در حاشیهٔ تزئینی اطراف قاب پنجرهٔ ضلع جنوب غربی گنبد، ملقّب به قبلهٔ قاپوسی قرارگرفته‌اند. کتیبه‌های شمارهٔ ۱۰ تا ۱۵ نیز در اطراف محل اتصال گنبد به شاه‌نشین موجود هستند. کتیبه‌های شمارهٔ ۱۶ تا ۱۹ نیز در قاب پنجرهٔ قبله قاموسی کارشده‌اند. کتیبهٔ شماره ۲۰ اصلی‌ترین و مهم‌ترین کتیبه این بنا است که به‌صورت مدوّر در ساقهٔ گنبد الله الله جای گرفته و کتیبهٔ ۲۱ که امضای معمار بنا را بر خود دارد، به‌صورت منفرد در جبههٔ شمالی ساقهٔ استوانه‌ای گنبد قرارگرفته است.



شکل ۷: تصویر نهایی از کتیبهٔ کمربندی گنبد الله الله به‌صورت تخت

Fig; 7: Final processed image of the circular inscription of Allah Allah dome

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

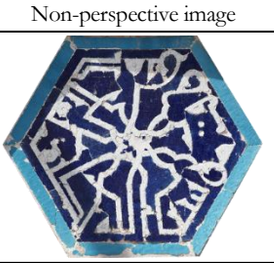
جدول ۱: معرفی کتیبه‌های موجود بر جدار بیرونی گنبد الله الله
Table1: Descriptions of all inscriptions on Allah Allah dome

کد کتیبه No.	تصویر بدون پرسپکتیو Non-perspective image	متن کتیبه Content	نوع خط Script
۱		لفظ مقدس «الله» به‌صورت تکرارشونده.	کوفی بنّایی Angular Kufic
۲		قال الله تعالی للذین احسن الحسنی و زیاده (سوره یونس، بخشی از آیه ۲۶)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۳		قال الله تعالی ابشروا بالجنتهٔ التی کنتم توعدون صد [ق الله] (سوره فصلت، بخشی از آیه ۳۰)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۴		لیس شیء اکرم علی الله من الدعا	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۵		و الله یدعوا الی دارالسلام (سوره یونس، بخشی از آیه ۲۵)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۶		قال علیه السلام الدعا مخ العباده.	کوفی تزئینی Floriated Kufic

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

کد کتیبه No.	تصویر بدون پرسپکتیو Non-perspective image	متن کتیبه Content	نوع خط Script
۷		اللهم احینی مسکینا و امتنی مسکینا و احشرنی فی زمرۀ المساکین، کتبه اکبر	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۸		قال علیه السلام افضل الذکر لا اله الا الله	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۹		قال الله تعالی (باقی کتیبه خوانده‌نشده)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۰		هذه روضه قطب الافاق صفی اسحاق رحمه [الله]	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۱		قال علیه السلام افضل الدعا الحمد لله	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۲		قال الله تعالی و ان الی ربک المنتهی (سوره نجم، آیه ۴۲)	کوفی تزئینی Floriated Kufic

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

کد کتیبه No.	تصویر بدون پرسپکتیو Non-perspective image	متن کتیبه Content	نوع خط Script
۱۳		الله لطیف بعبادهٔ یرزق من یشاء (سوره شوری، بخشی از آیه ۱۹)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۴		قال الله تعالی ان المتقین فی جنات و نعیم (سوره طور، آیه ۱۷)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۵		قل ان کنتم تحبون الله فاتبعونی یحببکم الله (سوره آل عمران، بخشی از آیه ۳۱)	کوفی تزئینی Floriated Kufic
۱۶		متن سفید رنگ: آیه ۷۹ سوره انعام، آیات ۱۶۲ و ۱۶۳ سوره انعام، بخشی از آیه ۸۰ سوره اسرا. متن آبی رنگ: آیه ۱۷ سوره سجده، آیه ۹۵ سوره نسا	متن سفید: ثلث Thuluth متن آبی: کوفی تزئینی Floriated Kufic

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

کد کتیبه No.	تصویر بدون پرسپکتیو Non-perspective image	متن کتیبه Content	نوع خط Script
۱۷		متن طلایی: من قال لا اله الا الله صدقا من قلبهٔ دخل الجنهٔ متن سفید: آیه ۱۹ سوره محمد	متن طلایی: کوفی تزئینی Floriated Kufic متن سفید: ثلث Thuluth
۱۸		متن سفید: آیه ۶۲ سوره یونس متن طلایی: آیات ۶۳ و ۶۴ سوره یونس	متن طلایی: کوفی تزئینی Floriated Kufic متن سفید: ثلث Thuluth
۱۹		الله، محمد، علی (به‌صورت قرینه)	ثلث Thuluth
۲۰		متن سفید رنگ: آیات ۱۸ و ۱۹ آل عمران، آیه ۶۵ سوره غافر، آیات ۱۰۲ و ۱۰۳ سوره انعام متن طلایی: (خوانده‌نشده)	متن طلایی: کوفی تزئینی Floriated Kufic متن سفید: ثلث Thuluth
۲۱		عمل العبد الفقیر الراجی الی عفو الصّمد، عوض بن محمد المراغی	ثلث Thuluth

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

تمامی کتیبه‌های این بنا بـه شـرح جـدول فـوق، بـا استفاده از این روش معرفی‌شده در این مقاله برداشت شده و تصویری باکیفیت و وضوح بـالا و کـاملاً قـائم و بـدون پرسپکتیو حاصل شده است.

۸. نتیجه‌گیری

همان‌طور که مشاهده شد، شیوه‌های سنتی مستندنگاری کتیبه‌های تاریخی با مشکلات متنوعی همـراه بودنـد، از محدودیت در ارائـهٔ تصـاویر مکفـی و گویـا تـا نیـاز بـه برنامه‌ریزی و صرف وقت و هزینهٔ بسیار و مساعد بـودن شرایط آب و هوایی. این محدودیت‌ها یا سبب مـی‌شـده که مستندنگاری‌های صورت گرفته از ایـن هنـر تزئینـی ارزشمند قابلیت مطالعـات بیشـتر را در اختیـار محققـان علاقه‌مند قرار ندهد، یا به علت گران بـودن، اجـرای آن تنها محدود به چند بنای خاص و یا بخش‌های محدودی از یک بنا باشـد و حجـم عظیمـی از ایـن اطلاعـات در بناهای دورافتـاده بـدون ثبـت و ضـبط و معرفـی بـاقی بمانند؛ اما استفاده از فتوگرامتری در معرفی کتیبـه‌هـای سـاختمانی، قـادر اسـت تـا حـد زیـادی تمـامی معایـب شیوه‌های گذشته را برطرف سازد. ایـن شـیوهٔ بـه‌روز، از تمامی کتیبه‌ها واضح‌تـرین تصـاویر را بـدون اعوجـاج، پرسپکتیو و مشکلات دیگـر ارائـه مـی‌دهـد. از طرفـی، علی‌رغم شیوهٔ استفاده از کاغذ پوستی و یا طراحـی‌هـای فنی که نیاز به نفرات زیادی درزمینه‌های مختلف دارد و همین امر سبب افزایش هزینه شـده و خـود شـیوه نیـز به‌خودی‌خود کاری زمان‌بر است؛ تمامی مراحل برداشـت کتیبه‌ها با روش فتوگرامتری می‌تواند حتی توسـط یـک نفر با یک دوربین و یک رایانهٔ همراه (لپ‌تـاپ) و بـدون نیاز به استفاده از داربست برای دسترسی به کتیبـه‌هـای مرتفع انجام شود که این امر به‌شدت در کاهش هزینه‌ها و افزایش سـرعت مسـتندنگـاری و پیشـبرد مطالعـات و تحقیقات کمک می‌کند. نکته‌ای که باید متـذکر شـد در باب شیوهٔ عکاسی از کتیبه‌های مرتفـع، افـزایش فاصـلهٔ عکـاس از سـاختمان اسـت. بـرای مثـال بـه جهـت عکس‌برداری از کتیبـهٔ کمربنـدی گنبـد الله الله کـه در ارتفاع حدود ۱۵ متری از سطح صحن قرار دارد تا حـدی که صحن اجازه می‌داد از گنبد فاصله گرفته شد و سپس عکس‌ها در سه حالت مختلـف؛ زوم کامـل، نیمـه زوم و بدون زوم؛ از کتیبـه گرفتـه شـدند. در حقیقـت یکـی از نکات مثبت این روش همین است که برای مستندنگاری کتیبه‌های در ارتفاع بالا در ساختمان‌ها، هیچ نیـازی بـه داربست و امثال آن نیست و مادامی‌که کار شما نیـاز بـه بازسازی سه‌بعدی پشت‌بام را نداشته باشد که معمـولاً در بحث کتیبه‌ها این نیاز وجود ندارد، می‌توانید بـا عکاسـی بر روی سطح زمین، کتیبه‌های مرتفع را نیز مدل‌سازی و مستندنگاری کنید.

References

[1] Zaki Mohammad H. Photography in Islam at the Persians. Cairo: Correction, Translation and Publishing Committee; 1354 A.H. [In Arabic]

[2] Albukhari M. Sahih Al-Bukhari. Beirut: Dar Tough Al-Najah; 1422 A.H. [In Arabic]

[3] Hill D, Grabber O. Architecture and Islamic decoration. Translation: Vahdati M. Tehran: Elmi Farhangi; 2007. [In Persian]
[هیل درک، گرابر اولـگ. معمـاری و تزئینـات اسـلامی. ترجمه: وحدتی مهرداد. تهران: علمی فرهنگی؛ ۱۳۸۶.]

[4] Tohidi F. Basics of Metalworking, Miniature, Pottery, Weaving, Architecture, Calligraphy and Illumination. Tehran: Samira; 2007. [In Persian]
[توحیدی فـائق. مبـانی هنرهـای: فلزکـاری، نگـارگری، سفالگری، بافته‌ها و منسوجات، معماری، خـط و کتابـت. تهران: سمیرا؛ ۱۳۸۶.]

[5] Hill D, Grabber O. Architecture and Islamic decoration. Translation: Vahdati M. Tehran: Elmi Farhangi; 2007. [In Persian]
[هیل درک، گرابر اولـگ. معمـاری و تزئینـات اسـلامی. ترجمه: وحدتی مهرداد. تهران: علمی فرهنگی؛ ۱۳۸۶.]

[6] Linder W. Digital Photogrammetry a Practical Course. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2016.

[7] Abdul Rahman W, Nur Falah Edlin W. Visualization and preservation of cultural heritage using close range photogrammetry at Masjid Sultan Brunei. Bachelor thesis. Perlis: Universiti

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-23]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

[14] Panahi Jeid M, Aghaei H, Sadeghian S. 3D reconstruction of historical objects by underwater photogrammetry. Tehran: Second conference of documenting of cultural and natural heritage; 2018. [In Persian]
[پناهی مریم، آقایی حدیث، صادقیان سعید. بازسازی سه‌بعدی اشیاء باستانی با استفاده از فتوگرامتری زیرآب. تهران: دومین همایش ملی مستندنگاری میراث طبیعی و فرهنگی؛ ۱۳۹۷.]

[15] Fahami N, Malian A. Designation of a multi camera system for documenting museum objects. Tehran: Second conference of documenting of cultural and natural heritage; 2018. [In Persian]
[فهامی نرگس، مالیان عباس. طراحی و ساخت یک سامانه فتوگرامتری چنددوربینه برای مستندنگاری آثار موزه‌ای. تهران: دومین همایش ملی مستندنگاری میراث طبیعی و فرهنگی؛ ۱۳۹۷.]

[16] Mojarabi H, Gholami Firouzjaee A. Importance of Sheikh Safi al din shrine in Islamic art and architecture. Iran Local Histories J 2018; 12: 189- 204. [In Persian]
[مجربی حسن، غلامی فیروزجائی علی. اهمیت و ارزش بقعه صفی‌الدین اردبیلی در معماری و هنرهای اسلامی. مجله پژوهشنامه تاریخ مای محلی ایران ۱۳۹۷؛ ۱۲: ۱۸۹-۲۰۴.]

[17] Golmaghanizadeh Asl M, Yousefi H. Art and archaeologo of Sheikh Safi al din shrine. Ardabil: Nikamooz: 2005. [In Persian]
[گلمغانی زاده اصل ملکه، یوسفی حسن. باستان‌شناسی و تاریخ هنر بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی. اردبیل: نیک آموز؛ ۱۳۸۴.]

[18] Abdibeig Shirazi Z. Sarih al-molk, Endowment letter of Sheikh Safi shrine. Correction: Hedayati M. Ardabil: Oghaf organization; 2011. [In Persian]
[عبدی‌بیگ شیرازی زین العابدین. صریح الملک، وقفنامه بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی تصحیح: هدایتی م. اردبیل: سازمان اوقاف؛ ۱۳۹۰.]

[19] Dibaj E. Cultural heritage and historical monuments of Azerbaijan. Tehran: Central council of imperial ceremony of Iran; 1977. [In Persian]
[دیباج اسماعیل. آثار باستانی و ابنیه تاریخی آذربایجان. تهران: شورای مرکزی جشن شاهنشاهی ایران؛ ۱۳۵۶.]

[20] Mashkoor M. Looking to history of Teknologi MARA; 2021.

[8] Frodella W, Elashvili M, Spizzichino D, Gigli G, Nadaraia A, Kirkitadze G, Adikashvili L, Margottini C, Antidze N, Casagli N. Applying Close Range Non-Destructive Techniques for the Detection of Conservation Problems in Rock-Carved Cultural Heritage Sites. Remote Sensing J 2021; 13(5):1040.

[9] Apollonio FI, Fantini F, Garagnani S, Gaiani M. A Photogrammetry-Based Workflow for the Accurate 3D Construction and Visualization of Museums Assets. Remote Sensing. 2021; 13(3):486.

[10] Ulvi A. Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. Remote Sensing J 2020; 42(6):1994-2021.

[11] Adl Sh, Karimi, A. Looking to plans and data of photogrammetric information of Zoozan and Bastam. Asar J 1998; 29 and 30: 90- 108. [In Persian]
[عدل شهریار، کریمی اصغر. نگاهی به برداشت‌ها و دیدهای شمارگانی (دیزیتالی) و فتوگرامتری شدهٔ زوزن و بسطام. مجله اثر ۱۳۷۷؛ ۲۹ و ۳۰: ۹۰- ۱۰۸.]

[12] Maleki M, Malian A. Documenting of Jozdan ensemble by close range photogrammetry. Tehran: First conference of documenting of cultural and natural heritage; 2017. [In Persian]
[ملکی مصطفی، مالیان عباس. مستندنگاری خانقاه جوزدان به روش فتوگرامتری برد کوتاه. تهران: نخستین همایش ملی مستند نگاری میراث طبیعی و فرهنگی؛ ۱۳۹۶.]

[13] Abbasi Maleki N, Tasdighi Sh, Andaroodi E. Documenting of decoration of historical monuments: Modeling of muqarnases of northern side of Mas'udieh building. Tehran: First conference of documenting of cultural and natural heritage; 2017. [In Persian]
[عباسی ملکی ندا، تصدیقی شهاب الدین، اندرودی الهام. مستندسازی تزیینات بناهای تاریخی با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه: مدل‌سازی مقرنس ضلع شمالی عمارت مسعودیه. تهران: نخستین همایش ملی مستندنگاری میراث طبیعی و فرهنگی؛ ۱۳۹۶.]

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]

[26] Khazaei M. Minar e Jam. Tehran: Institute of Compilation, Translation and Publication of Text Art Works, Academy of Arts; 2017. [In Persian]
[خزایی محمد. منار جام: کتیبه‌ها و نقوش تزئینی و مفاهیم نمادین. تهران: مؤسسه تألیف ترجمه و نشر آثار هنری متن، فرهنگستان هنر؛ ۱۳۹۶.]

[27] Ghafarian M, Molazemhosseini M, Mehrpooya S. Application of close range photogrammetry in providing plan of inscriptions and artistic decoration of Imam Reza shrine. Tehran: First conference of documenting of cultural and natural heritage; 2017. [In Persian]
[غفاریان محمود، ملازم الحسینی محمد کاظم، مهرپویا سعید. کاربرد فتوگرامتری بردکوتاه در تهیه نقشه کتیبه‌ها و تولید مدل سه‌بعدی آرایه مای هنری حرم مطهر امام رضا (علیه السلام). تهران: نخستین همایش ملی مستندنگاری میراث طبیعی و فرهنگی؛ ۱۳۹۶.]

[28] Sužiedelytė-Visockienė J, Bagdžiūnaitė R, Malys N, Maliene V. Close-range photogrammetry enables documentation of environment-induced deformation of architectural heritage. Environmental Engineering and Management J 2015; 6: 1371-1381.

[29] Laurentini A. The visual hull concept for silhouette-based image understanding. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence J 1994; 2: 150-162.

Azerbaijan, cultural heritage and sociology. Tehran: National heritage association; 1970. [In Persian]
[مشکور محمدجواد. نظری به تاریخ آذربایجان و آثار باستانی و جمعیت شناسی. تهران: انجمن آثار ملی؛ ۱۳۴۹.]

[21] Yousefi H, Golmaghanizadeh Asl M. Shi'ah arts in history and cultural ensemble of Shaikh safi al-din in Ardabil. Ardabil: Yavaran; 2010. [In Persian]
[یوسفی حسن، گلمغانی‌زاده اصل ملکه. هنرهای شیعی درمجموعه تاریخی و فرهنگی شیخ صفی‌الدین اردبیلی. اردبیل: یاوران؛ ۱۳۸۹.]

[22] Wiet G. Répertoire chronologique d'épigraphie arabe. Paris: Le Caire; Tome: 1-13, 1931-1956. [In French]

[23] Maheronaghsh M. Masonary scripts. Tehran: Soroush; 1991. [In Persian]
[ماهرالنقش محمود. خط بنّایی. تهران: سروش؛ ۱۳۷۰.]

[24] Halimi M. Aesthetic of calligraphy in jame' mosque of Isfahan. Tehran: Ghadyani; 2011. [In Persian]
[حلیمی محمدحسین. زیبایی‌شناسی خط در مسجد جامع اصفهان. تهران: قدیانی؛ ۱۳۹۰.]

[25] Salehi Kakhki A, Azizpour Sh. Patterns and writings on Golpaygan, Ardestan and Zavareh mosques. Tehran: Goldasteh; 2013. [In Persian]
[صالحی کاخکی احمد، عزیزپور شادابه. نقوش و کتیبه‌های مساجد جامع گلپایگان، اردستان و زواره. تهران: گلدسته؛ ۱۳۹۳.]

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.9.5]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.57]