



Original Paper

Structural study and laboratory Survey of the decoration of Kaboudani Mosque in Khaf



Masoud Bater^{1*}, Afsar Nazari Boron²

^{1.} Assistant professor, Department of Conservation and Restoration of historical artifacts, University of Zabol, Zabol, IRAN

^{2.} B.A degree of conservation & restoration of Cultural Properties of University of Zabol and MA of urban planning of Imam Reza International University, Mashhad, IRAN

Received: 18/11/2020

Accepted: 05/03/2021

Abstract

Khaf Kaboudani historical complex is one of the most important monuments of the Timurid era. This complex was built during the heyday of this region, around the tomb of the famous mystic of this period, Sultan Mahmoud Kaboudani. This historical complex, of which only a ruin remains today, was once a complete complex, including a shrine, mosque and water reservoir. The interior of the buildings of this complex, as is the tradition of Timurid architecture, is decorated with various types of architectural decorations, such as wall painting, Tokhmeh daravari, Stucco decoration, Rasmibandi and Mogharnaskari. Among these architectural decorations, the one that attracts the most attention is wall painting and Tokhmeh daravari decoration that the interior of Kaboudani mosque is where the interior surfaces of the mosque are decorated with beautiful decoration with geometric motifs in orange, red, purple, blue, ocher and white. Due to the importance of this historical complex left over from the Timurid era and the lack of study on the one hand and the deteriorating condition of its decorations, on the other hand, in this research, an attempt was made to study and identify the decoration of this historic mosque and the colors used in it experimentally and with the help of laboratory methods. Laboratory study of colored Stucco of this building, with various methods of instrumental analysis, such as X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), Scanning electron microscope in combination with energy dispersive X-ray microanalysis ((SEM-EDS), showed that "Gach-e-Zendeh" has been used in the plaster decorations and a thin layer of "Gach-e-koshte" has been used under substrate wall painting. Analysis of the pigments used in the decoration of this building by instrumental methods, indicated that all the colors used were inorganic mainly and in the range of red colors from ocher, from chalk as white and in blue from natural Lapis Lazuli Used.

Keywords: Architectural decorations, Stucco decoration, wall painting, Tokhmeh daravari, Kaboudani mosque, Khaf, XRD, XRF, SEM-EDS

Introduction

Sultan Mahmoud Kaboudani historical complex is located 4 kilometers from Khaf city in the northeast of the Iran. Around the tomb of this famous mystic, a historical complex including the tomb, mosque and water storage (Ab-Anbar) has been formed, which has become known as the Kaboudani complex of Khaf. The mausoleum of Sultan Mahmoud Kaboudani includes a lofty dome on the tomb and four rows with a multi-brick arch that forms the space under the dome.

*Corresponding Author: masoud.bater@uoz.ac.ir

Copyright© 2021, 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

The tomb of Sultan Mahmud is located under the dome. Around the tomb, there are rooms and porches intended for the accommodation of pilgrims. On the eastern front of the tomb and attached to it, there is a mosque that leads to the tomb with a narrow corridor. Next to the tomb of Sultan Mahmoud Kaboudani, a short distance from the building on the southern front of the mausoleum, is the water storage building (Figures, 1, 2,3). Despite the importance and value of this historical complex from different historical and cultural dimensions, unfortunately, a large part of it has been damaged and completely destroyed due to lack of care and abandonment of the building complex, environmental and human factors. The dome of the tomb was severely damaged and the walls and floor of the building were destroyed. The use of adobe and mud in the construction of most of this complex and the limited use of bricks in it, has intensified the amount of damage to this historical complex. The naves around the mosque have been completely destroyed and the decorations of the complex, which once adorned the interior surfaces of the shrine and the mosque, have been severely damaged and destroyed. The interior body of Khaf Kaboudani complex is decorated with various architectural decorations, including: Stucco, murals, Tokhmeh daravari, Rasmibandi, gypsum moqarnaskari. All the interior surfaces of the mosque are decorated with beautiful murals and Tokhmeh daravari in red, crimson, orange, blue, white and pea colors with geometric patterns in the form of knots (Figures 4,5,6,7). The most important issue that this research seeks to answer is to know the type of materials and executive techniques used in the decorations of this building. It is clear that identifying the structure of materials used in the Stucco decoration. of this historical complex, as part of the past architectural heritage of this ancient land, allows us to better understand the technology of architectural decorations of historic buildings and make us understand more accurate architectural and artistic features of this land help. In this article, after reviewing the background and research literature, the studied laboratory samples and the methods used in their testing are introduced and then the results of the laboratory study of the samples are presented in the form of tables and graphs and discussed and analyzed. At the end, the final conclusion of the research is stated.

Materials and Methods

In this applied development research, experimental-analytical research methods have been used and research data collection has been done using various techniques, such as: library study, field study and laboratory study. In order to study the structure of gypsum used in color decorations in this building, X-ray diffraction (XRD) method was used. X-ray fluorescence (XRF) method was used to identify and quantitatively and qualitatively analyze the gypsum composition used in the decorations. In order to identify the type of pigments used in murals and Tokhmeh daravari decorations, Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) was used. This laboratory study was performed to identify the composition of the constituent elements of pigments. In order to study the texture and condition of the layers in the murals, the cross section of the samples was studied with a light microscope. In addition, the microstructure of gypsum used in building decorations was studied using an electron microscope.

Results

Studying the pictures of the cross sections of the decorations of Kaboudani Mosque, showed that, the layer of paint used in Tokhmeh daravari decorations is applied as a relatively thick layer on the lower gypsum substrate. In the composition of all decorative layers, coarse-grained impurities, including: sand particles in the composition of plaster and paint, are visible. The spectroscopic study of gypsum samples used in the implementation of Stucco decoration of Kaboudani Mosque in Khaf, indicates the presence of gypsum phase ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), as the main phase of the composition of the decorations used in the structure of Stucco decoration. Calcite, quartz and muscovite phases are also sub-phases that are observed as impurities in the gypsum composition used in the Stucco decoration of Kaboudani Mosque in Khaf. Examination of colored gypsum diffraction spectra used in Tokhmeh daravari decoration of the building indicates the presence of gypsum phase ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), calcite and quartz as the main phases forming the composition of this thick red layer used in the Tokhmeh daravari decoration structure of this building and phylogopite and microcline phases are also sub-phases. Examination of the results of the analysis of

gypsum samples used in Stucco decoration of Kaboudani Khaf Mosque by X-ray fluorescence (XRF) method, showed that due to the presence of 26.04% of calcium oxide and 37.34% of sulfur oxide, which is related to the main composition of gypsum in this building. And sub-elements such as silicon oxide by 11.98% and aluminum oxide, iron oxide and magnesium oxide, which occupy 2.87, 2.38 and 1.53% by weight, respectively (Table 2). Examination of the results obtained from the analysis of the composition of the elements of the sample of thick red color layer of Tokhmeh daravari decoration of Kaboudani Mosque in Khaf by X-ray fluorescence (XRF) method, showed that due to the presence of 22.91% of calcium oxide and sulfur oxide At the rate of 32.85%, which is related to the main composition of gypsum in the composition of Tokhmeh daravari decoration in this building. And the presence of other sub-elements, such as: silicon oxide at the rate of 19.80% and aluminum oxide, iron oxide and magnesium oxide, the amount of which are 2.09, 16.47 and 0.83% by weight, respectively (Table 3). Examination of the spectrum the elemental paints analysis of used in Tokhmeh daravari decorations and murals of Kaboudani Mosque by SEM-EDX method obtained iron oxide III as a red color, mixture of gypsum and iron oxide III as an orange color and crimson color, mixture of yellow antimony with calcite as a cream color, calcite (white color) and natural ultramarine sky blue) as the colors were used.

Discussion

Examination of macroscopic images of cross sections prepared from the decorations of Kaboudani Mosque shows that the general structure and texture of the different layers used in the decorations of this building are similar to each other. The spectroscopic study of the materials used in the plaster decorations of Kaboudani Khaf Mosque, including Stucco, Tokhmeh daravari and murals, indicates the presence of gypsum phase as the main phase of the architectural decorations used in the building. The existence of such a structure in the composition of the decorations of this historic building, indicates that the main materials used in the decoration of the building was gypsum which was combined with paints and additives such as calcite and quartz to strengthen the structure of the plaster and as a The color layer is used in the murals and se which was combined with paints and additives such as calcite and quartz to strengthen the structure of the plaster and as a The color layer is used in the murals and Tokhmeh daravari production. The results of elemental analysis of the composition of the samples taken from the building decorations are in good harmony with their diffraction measurement results. In addition, the results of elemental analysis of the samples are very similar to each other, which shows that a source and materials have been used in the implementation of these decorations. However, due to the use of red pigment, which is probably the source of a combination of iron oxide III, the amount of iron in the sample used in Tokhmeh daravari decorations are more, which is why this decoration is seen as a thick layer of red color. Analysis of paint samples used in building decorations showed that the structure of all pigments used is mineral. And In the color samples of red, which is the most prominent color used in Tokhmeh daravari decorations and murals in all three colors orange, red and crimson of one main color material; that is, iron oxide III has been used and to change the color tonality by increasing and decreasing the amount of iron oxide red pigment in combination with gypsum, the desired color tonality in decorations has been obtained.

Conclusion

Laboratory study, structure and chemical composition of materials used in the decorations of Kaboudani Mosque in Khaf, including: murals and Tokhmeh daravari decorations by various instrumental methods, such as X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), energy dispersive X-ray microanalysis (SEM-EDS) and a light microscope showed that the main structure of the composition used in the substrate of murals and decorations used in all interior surfaces of Kaboudani Mosque is gypsum. This plaster is combined with different pigments in Tokhmeh daravari decorations to create a beautiful color layer in this part of the architectural decorations of the building. In the Stucco decorations of the building, Gach-e-Zendeh plaster has been used, but in the gypsum used in the murals of the building, the type of Gach-e-koshte plaster has been used in the upper part. Various pigments have been used to create color variation in Tokhmeh daravari decorations in combination with the original gypsum. Laboratory examinations showed that in all

colors of the red spectrum; that is, orange, red, and crimson, iron oxide III, and red ocher have been used to create different tonalities of red in the Tokhmeh daravari decorations.

Acknowledgments

The present article is the result of research conducted in the Department of Conservation and Restoration of historical artifacts, Faculty of Art and Architecture, University of Zabol. In this regard, the support of Zabol University has been used in the form of a research grant under the number UOZ-GR-9618-75, by which the Vice Chancellor for Research and technology of the University is thanked and appreciated. We also thank the cooperation of the General Directorate of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of Khorasan Razavi Province for conducting this research.



مطالعه ساختاری و بررسی آزمایشگاهی آرایه‌های مسجد کبودانی خواف مسعود باتر*^۱، افسر نظری^۲

۱. استادیار گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲. دانش‌آموخته کارشناسی مرمت آثار تاریخی دانشگاه زابل و کارشناسی ارشد مهندسی شهرسازی از دانشگاه بین‌المللی امام رضا، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸

چکیده

مجموعه تاریخی کبودانی خواف، یکی از مهمترین آثار عصر تیموری است که در دوران شکوفایی این منطقه، پیرامون مزار عارف شهیر این دوران، سلطان محمود کبودانی ساخته شده است. این مجموعه تاریخی که امروزه تنها ویرانه‌ای از آن باقی است، در گذشته، مجموعه کاملی بوده است، مشتمل بر مزار، مسجد و آب انبار. بدنه داخلی بناهای این مجموعه، با انواع مختلف آرایه‌های معماری، همچون: دیوارنگاره‌ها، تزئینات تخمه‌درآوری، رسمی‌بندی، مقرنس‌کاری و گچبری آراسته شده است. در میان این آرایه‌های معماری، آن چه بیش از همه جلب توجه می‌کند، دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری بدنه داخلی مسجد کبودانی است که در آن، سطوح داخلی مسجد با این آرایه‌ها به نحو بسیار زیبایی با نقوش هندسی به رنگ‌های نارنجی، قرمز، زرشکی، آبی، نخودی و سفید تزیین شده است. با توجه به اهمیت این مجموعه تاریخی به جای مانده از عصر تیموری و عدم مطالعه آن از یک سو و وضعیت در حال تخریب آرایه‌های آن، از سوی دیگر، در این پژوهش سعی شد تا به روش تجربی و با کمک روش‌های آزمایشگاهی، آرایه‌های این مسجد تاریخی و رنگ‌های به کار رفته در آن، مورد بررسی و شناسایی قرار گیرد. بررسی آزمایشگاهی دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری این بنا، با روش‌های مختلف آنالیز دستگاهی، همچون: پراش پرتوی ایکس (XRD)، فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و میکروسکوب الکترونی روبشی مجهز به تجزیه پاشندگی پرتوی ایکس (SEM-EDS)، نشان داد که در اجرای آرایه‌های گچبری از گچ زنده و در بستر دیوارنگاره‌ها از لایه نازکی از گچ کشته استفاده شده است. آنالیز رنگدانه‌های به کار رفته در آرایه‌های این بنا به روش‌های دستگاهی، حاکی از این بود که تمامی رنگ‌های مورد استفاده، معدنی بوده‌اند و در طیف رنگ‌های قرمز از گل اخرا و از گل سفید به عنوان رنگ سفید و در رنگ آبی از لاجورد طبیعی، استفاده شده است.

واژگان کلیدی: آرایه‌های معماری، گچبری، دیوارنگاره، تخمه‌درآوری، مسجد کبودانی، خواف، XRD، XRF، SEM-EDS.

* نویسنده مسئول مکاتبات: زابل، کیلومتر دوم جاده بنجار، پردیس دانشگاه زابل، دانشکده هنر و معماری، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، کد پستی: ۹۸۶۱۳۳۵۸۵۶

پست الکترونیکی: masoud.bater@uoaz.ac.ir

© 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.

۱. مقدمه

مجموعه تاریخی سلطان محمود کبودانی در چهار کیلومتری شهرستان خواف در شمال شرق کشور، واقع شده است. شهر مرزی خواف با مساحتی بالغ بر ۹۶۹۷/۷۳ کیلومتر مربع، از شمال به شهرستان تربت حیدریه، از شرق به افغانستان و شهرستان تایباد، از جنوب به شهرستان قاین و از غرب به شهرستان گناباد و رشتخوار محدود است [1]. پیشینه این شهر تاریخی به عصر اشکانی می‌رسد. آبادانی، موقعیت ویژه سیاسی-تجاری و وجود معادن بزرگی، همچون: معدن سنگ آهن سنگان و رونق کشاورزی، به ویژه کاشت پسته و زعفران در این منطقه موجب شده است که این شهر در ادوار مختلف تاریخی از اهمیت سیاسی، علمی و فرهنگی ویژه‌ای برخوردار باشد [2]. خواف و زوزن در سده‌های اولیه اسلام از مراکز مهم علمی ایران به شمار می‌رفتند. قرار گرفتن این دو شهر در محور ارتباطی بسیار مهم، میان مناطق هرات، قهستان و نیشابور، در دل خراسان بزرگ، موجب شده بود که خواف، از رونق تجاری خاصی برخوردار باشد [3].

در خلال قدرت سلجوقیان در ایران، به ویژه در عصر سلطان ملکشاه سلجوقی (۴۶۵-۴۸۵ ه.ق) و وزیر باکفایت و دانشمند او خواجه نظام الملک طوسی، مدرسه نظامیه خرگرد، در شهر خواف بنیان نهاده شد و بدین ترتیب بر اهمیت علمی و سیاسی این شهر افزوده شد. در عصر تیموری و در دوران حکومت شاهرخ شاه تیموری و به اهتمام وزیر وی، خواجه غیاث الدین پیر احمد خوافی، در این شهر مدرسه معروف غیاثیه خرگرد بنا شد. با این حال، پس از غروب حکومت تیموریان در هرات و ظهور صفویان، شهر خواف به تدریج مرکزیت و اهمیت سیاسی، علمی و تجاری خود را از دست داد و مورد بی توجهی قرار گرفت [4].

در فاصله نزدیکی از شمال شهر تاریخی خواف، آنجا که درختان خشک زی تاغ، فضایی جنگل گونه به کویر خشک این منطقه داده است، چند بنای تاریخی

نیمه ویرانه در کنار هم آرمیده‌اند که به مزار کبودان، مشهور است. سلطان محمود کبودانی از عرفای قرن هشتم هجری قمری در این مکان آرمیده است. منطقه کبودان خواف، جلگه‌ای خوش آب و هوا و مفرح محسوب می‌شود که زمانی زادگاه این عارف مشهور بوده است. بر گرد مزار این عارف نامی، مجموعه‌ای تاریخی شامل مزار، مسجد و آب انبار شکل گرفته که به مجموعه کبودانی خواف مشهور شده است.

بنای آرامگاهی مزار سلطان محمود کبودانی، شامل گنبد رفیعی بر روی قبر صاحب مزار و چهار صفا با طاق ضربی آجری است که فضای زیر گنبد را تشکیل داده است. قبر سلطان محمود در زیر گنبد قرار گرفته است که این قبر، ۳۹۰ سانتیمتر طول، ۱۸۰ سانتیمتر عرض و ۱۱۵ سانتیمتر ارتفاع دارد. ورودی مزار، دارای ایوان بلند و عریضی است که با طاقما و آرایه‌های آجرکاری به شکل مشبک تزئین شده است. پیرامون آرامگاه، اتاق‌ها و رواق‌هایی وجود دارد که برای اسکان زوار در نظر گرفته شده‌اند. در جبهه شرقی مزار و چسبیده به آن، مسجدی وجود دارد که با راهرویی باریک به داخل مقبره راه داشته است. در کنار مقبره سلطان محمود کبودانی و مسجد آن، به فاصله اندکی از بنا در جبهه جنوبی مزار، ساختمان آب انبار مجموعه قرار گرفته است (اشکال ۱، ۲ و ۳).

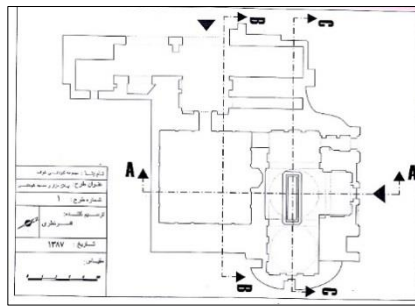
با توجه به ارتباط فضای معماری این سه بخش با یکدیگر در طرح معماری آن‌ها و شباهت تام و تمام سبک معماری و عناصر به کار رفته در آن‌ها، به نظر می‌رسد که هر سه بخش در یک دوره زمانی ساخته شده و متعلق به عصر تیموری است.

با وجود اهمیت و ارزش این مجموعه تاریخی از جنبه‌های مختلف تاریخی و فرهنگی، متأسفانه بخش زیادی از آن در اثر عدم رسیدگی و متروک شدن مجموعه بنا، در اثر عوامل آسیب‌رسان محیطی و عوامل انسانی دچار آسیب و تخریب کلی شده است؛ به طوری که گنبد مزار به شدت آسیب دیده و دیوارها

دیوارنگاره‌ها و تخمه‌درآوری‌های بسیار زیبایی به رنگ‌های قرمز، زرشکی، نارنجی، آبی، سفید و نخودی با نقوش هندسی به صورت گره‌کشی تزئین شده است (اشکال ۴، ۵، ۶ و ۷). طاقماهای مسجد و بخش اعظم محراب با این آرایه‌های زیبای رنگین تزئین شده است. مقرنس‌های گچی را می‌توان در بخش‌های انتهایی سقف ایوان ورودی مسجد و بخش‌هایی از قسمت داخلی محراب مشاهده کرد. بخش‌های زیرین طاق ورودی مسجد و انتهای سقف ایوان و گوشه‌های آن و همچنین بخش‌هایی از زیر سقف مزار سلطان محمود کبودانی با آرایه‌های رسمی‌بندی تزئین شده است.

و کف آن نیز تخریب شده است. استفاده از خشت و گل در ساخت بخش اعظم این مجموعه و استفاده محدود از آجر در آن، میزان آسیب‌های وارده به این مجموعه تاریخی را شدت بخشیده است. شبستان‌های اطراف مسجد به کلی از میان رفته‌اند و آرایه‌های مجموعه که زمانی زینت بخش سطوح داخلی مزار و مسجد بوده‌اند، به شدت آسیب دیده و تخریب شده‌اند.

بدنه داخلی مجموعه کبودانی خواف با آرایه‌های معماری مختلفی از جمله گچبری، دیوارنگاره، تخمه‌درآوری، رسمی‌بندی و مقرنس‌کاری گچی زینت داده شده است. تمامی سطوح داخلی مسجد با



شکل ۱: پلان مسجد و مزار کبودانی خواف
Fig 1: Plan of Khaf Kaboudani Mosque and Tomb



شکل ۳: نمای اصلی مسجد مجموعه کبودانی خواف
Fig 3: The main facade of Khaf Kabodani mosque



شکل ۲: قبر سلطان محمود کبودانی
Fig 2: The grave of sultan Mahmud Kabodani



شکل ۵: نمایی نزدیک از دیوارنگاره مسجد کبودانی با نقوش گره
Fig 5: A close view of the wall painting of Kabodani mosque with knotted motifs



شکل ۴: آرایه‌های رنگین بدنه داخلی مسجد کبودانی
Fig 4: The colored decoration of the interior of Kabodani mosque



شکل ۷: نمایی نزدیک از آرایه‌های تخمه درآوری مسجد کبودانی

Fig: 7: A close view of the tokhmeh daravari decoration of Kabodani mosque



شکل ۶: نمایی نزدیک از آرایه‌های تخمه درآوری مسجد کبودانی

Fig: 6: A close view of the tokhmeh daravari decoration of Kabodani mosque

آزمایشگاهی مورد مطالعه و روش‌های به کار رفته در آزمایش آن‌ها معرفی شده و سپس نتایج حاصل از مطالعه آزمایشگاهی نمونه‌ها در قالب جداول و نمودارهایی ارائه شده و مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و در پایان جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نهایی پژوهش بیان شده است.

۲. پیشینه پژوهش

اهمیت سیاسی و فرهنگی منطقه خواف در ادوار مختلف تاریخی، به ویژه در دوران سلجوقی و تیموری و کثرت آثار معماری که در این منطقه ساخته شده، موجب شده است که برخی از این بناهای تاریخی ارزشمند و کمتر شناخته شده به بوتۀ فراموشی سپرده شوند و کمتر از سایر یادمان‌های تاریخی و فرهنگی منطقه، مورد مطالعه و پژوهش قرار گیرند. مجموعه تاریخی سلطان محمود کبودانی خواف نیز از جمله همین آثار است که درباره آن، مطالعه و بررسی‌های بسیار اندکی انجام شده است. از سوی دیگر در همین بررسی‌های موجود نیز، تنها به تاریخ و پیشینه این بنا اشاراتی مختصر و محدود شده است ولی هیچ تحقیق و پژوهش مستقلی که متکی به آزمایش‌ها و مطالعه تجربی بر روی مواد و مصالح این بنا و آرایه‌های آن باشد در دسترس نیست؛ با این وجود، نظر به اهمیت آرایه‌های این بنا، از منظر هنر و معماری، مرور پژوهش‌هایی که بر آرایه‌های معماری از این دست در

با عنایت به اهمیت این مجموعه تاریخی و فرهنگی به عنوان یکی از آثار ملی کشور که تاکنون هیچ گونه مطالعه و پژوهشی بر روی آن انجام نشده است و در راستای معرفی این مجموعه تاریخی، بررسی و پژوهش بر روی این اثر کمتر شناخته شده کشور از اهمیت و ضرورت بسیاری برخوردار است تا بدین ترتیب با معرفی اثر و ارزش‌های مختلف نهفته در آن، زمینه برای رسیدگی و حفاظت و مرمت این مجموعه تاریخی و جلوگیری از نابودی آن فراهم شود. مهمترین مسئله‌ای که این پژوهش به دنبال پاسخگویی به آن است، شناخت نوع مواد و مصالح و فنون اجرایی به کار رفته در آرایه‌های این بنا می‌باشد. در واقع هدف اصلی این پژوهش، مطالعه ساختاری و بررسی آزمایشگاهی آرایه‌های رنگین به کار رفته در این مجموعه تاریخی است که مهمترین عنصر تزئینی در آن به شمار می‌رود و بخش اعظم این مجموعه تاریخی، به ویژه مسجد مجموعه کبودانی، به وسیله آن تزئین شده است. روشن است که شناسایی ساختار مواد و مصالح به کار رفته در آرایه‌های گچی این مجموعه تاریخی، به عنوان بخشی از میراث معماری گذشته این سرزمین کهن، امکان شناخت بهتر فناوری آرایه‌های معماری بناهای تاریخی را برای ما میسر و ما را در درک دقیق‌تر ویژگی‌های معماری و هنر این سرزمین یاری می‌کند. در این مقاله، در ادامه پس از مرور پیشینه و ادبیات تحقیق، نمونه‌های

بناهای تاریخی کشور، توسط سایر محققان انجام شده، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

بررسی و مطالعه معماری بناهای اسلامی در ایران حاکی از آن است که در تمام دوران اسلامی در معماری بناهای تاریخی، سه شیوه مهم تزئینی آجرکاری، گچبری و کاشی‌کاری در آرایه‌های معماری این دوران طولانی، همواره کاربرد داشته است [5].

گچ یکی از مهمترین و عمده‌ترین مصالح مورد استفاده در تزئین بناهای ایران در دوره اسلامی است که در تمامی ادوار، به ویژه عصر سلجوقی به بعد، مورد توجه قرار گرفته است. پیشرفت قابل توجهی در این دوره در تزئین بناهای مختلف با گچ حاصل شده است که نتیجه آن به صورت سفید کاری نواحی بزرگی از دیوارهای داخلی بنا، ساخت کتیبه‌ها و محراب‌های گچی، قابل مشاهده است. هرچند در دوره‌های قبل، استفاده از گچ به عنوان اندود برای پوشاندن سطوح داخلی دیوارهای بنا، مرسوم بوده است ولی گسترش اصلی آن در دوره سلجوقی و اوج کمال آن در عصر ایلخانی است [6]؛ به همین خاطر، یکی از ویژگی‌های بسیار مهم و برجسته آرایه‌های معماری دوره ایلخانی، مهارت فوق العاده اساتید این دوره در اجرای نقوش گچبری و استفاده از این نوع تزئین در انواع مختلف و به صورت فراوان در آرایه‌های بناهای این دوره است [7]. بنابراین با رواج و گسترش استفاده از آرایه‌های گچی در قرن هشتم هجری قمری، از این شیوه بیشتر برای پوشاندن سطوح دیوارهای داخلی بنا با نقوش تزئینی استفاده شد [5]. به طور کلی در دوره ایلخانی، استفاده از رنگ برای تزئین سطوح گچی رواج بسیاری یافته، چنان که از انواع مختلف رنگ آمیزی در اجرای نقشمایه‌های تزئینی در سطوح مسطح گچی، استفاده شده است [8].

مطالعاتی که توسط خان مرادی و نیکنامی در سال ۱۳۹۶ هجری شمسی بر روی قطعات آرایه‌های گچی به دست آمده از قلعه یزدگرد کرمانشاه متعلق به دوره پارتی انجام شده، نشان داده که از مجموع ۱۶۳ قطعه

آرایه گچی مورد مطالعه این بنا، ۶۹ قطعه؛ یعنی ۴۲/۳ درصد قطعات، رنگین است که در آن‌ها از رنگ‌های مختلف قرمز، آبی، زرد، سبز، صورتی، بنفش، نارنجی و قهوه‌ای برای رنگ‌آمیزی و تزئین سطوح گچبری شده بنا، استفاده شده است. بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌های رنگ سطوح رنگین آرایه‌های گچی به روش‌های XRD و FT-IR حاکی از آن بوده است که در این آرایه‌های گچی از اخرا برای رنگ قرمز و صورتی، از سیلیکات مس کلسیم (آبی مصری) برای رنگ آبی، از سبز سیلو برای رنگ سبز و از ترکیب لیمونیت برای رنگ زرد استفاده شده است [9]. مشابه همین رنگدانه‌ها نیز در آرایه‌های گچی رنگین اشکانی به دست آمده از اوروک که توسط پژوهشگران موزه بریتانیا مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته، شناسایی شده است [10].

رنگ‌آمیزی آرایه‌های گچی در دوره سلجوقی و قبل از آن نیز رایج بوده است. در این دوره، هم زمینه کار و هم خود نقوش تزئینی گچبری شده، رنگ‌آمیزی می‌شده است. بیشترین رنگ مورد استفاده در رنگ‌آمیزی آرایه‌های گچی، در دوره سلجوقی، رنگ آبی لاجوردی بوده که از آن اغلب برای ایجاد عمق و جلوه بیشتر در زمینه نقوش استفاده شده است. رنگ‌های دیگری که در این دوره برای تزئین آرایه‌های گچی به کار می‌رفته، فیروزه‌ای، سفید، نخودی و قرمز بوده است. نمونه‌هایی از این نوع آرایه‌های رنگین گچی این دوره، در مسجد جامع اردستان (۵۳۳ ه.ق) قابل مشاهده است. در دوره خوارزمشاهیان نیز از آرایه‌های گچی رنگ‌آمیزی شده در محراب مسجد ملک زوزن استفاده شده است [11].

در دوره‌های ایلخانی و آل مظفر هم، آرایه‌های گچی رنگین در تزئین بسیاری از بناهای این دوران به کار رفته است. رنگ‌آمیزی گچ در تزئین بنا، علاوه بر گچبری‌های نوع برجسته در طرح‌های دوبعدی اجرا شده روی سطح صاف گچ نیز در این دوران کاربرد داشت. استفاده از این تکنیک در آرایه‌های

سبز سیلو، قرمز اخرا، قرمز سرنج، شنگرف، ورق طلا و گل سفید، بوده است [15].

بررسی ساختار بلوری گچ در آثار معماری به‌جای مانده در سه محوطه تاریخی کوه خواجه، شادیاخ نیشابور و قلعه الموت قزوین به روش پراش اشعه ایکس (XRD) و مطالعه ریز ساختار گچ در این ابنیه تاریخی به کمک تصاویر میکروسکوپ الکترونی، حاکی از آن بوده است که فاز اصلی موجود در ساختار گچ، ژیپس و نوع گچ به کار رفته در هر سه بنا نیز از نوع گچ تیز بوده است [16].

شیوه تزئینی که در آرایه‌های فضای داخلی مسجد کبودانی خواف به کار رفته است، ترکیبی از دیوارنگاره‌های تزئینی با نقوش ساده هندسی به همراه آرایه‌های تخمه‌درآوری است که در برخی از بناهای تاریخی عصر صفوی مورد استفاده قرار گرفته است. به عبارت بهتر، هرچند این مجموعه تاریخی در دوران تیموری بنیان نهاده شده، ولی احتمالاً، آرایه‌های گچی تخمه‌درآوری آن با توجه به سبک و شیوه اجرا، متاخرتر بوده و احتمالاً به دوران صفوی، تعلق دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که این آرایه‌ها، احتمالاً الحاقی و در دوره‌های بعد به بنا افزوده شده است. البته با توجه به گستردگی بحث در این موضوع و هدف این پژوهش که مطالعه فنی و تجربی آرایه‌های گچی این بنا است، بحث پیرامون مطالعه تاریخی و تطبیقی و سبک این آرایه‌ها در این مقاله نمی‌گنجد و دستیابی به نتایج متقن درباره آن، نیازمند پژوهش دیگری است.

مرور پیشینه پژوهش‌های انجام شده در این موضوع، نشان دهنده آن است که با وجود اهمیت این موضوع و گستردگی و کثرت بناهای تاریخی و میراث معماری تزئین شده با این آرایه‌های رنگین تزئینی، پژوهش‌های متکی به مطالعه تجربی بر اساس روش‌های آزمایشگاهی به منظور شناخت ساختار و ترکیب شیمیایی مصالح و نوع رنگدانه‌های به کار رفته در این نوع از آرایه‌های معماری، اندک است؛ بنابراین، تحقیق در مورد آرایه‌های رنگین مجموعه

گچی در دوره ایلخانی، موضوع تازه‌ای نیست، بلکه پیش از آن نیز از کتیبه‌های خطی تزئینی رنگ‌آمیزی شده به رنگ‌های آبی روشن یا لاجوردی بر زمینه سفید گچ استفاده می‌شد، ولی تکامل حقیقی آرایه‌های گچی رنگی به طور کلی در دوره ایلخانیان صورت گرفته است. از دوره ایلخانی تا عصر تیموری از این شیوه بسیار ظریف و پرکار در تزئین بسیاری از بناهای تاریخی این دوران استفاده شده است [12].

بررسی و مطالعه فنی آرایه‌های گچی خانه شهشهان اصفهان، متعلق به عصر قاجار به روش‌های آزمایشگاهی مختلف، نشان داد که آرایه‌های گچی این بنا بر روی آستری از کاهگل و بستری از گچ و خاک اجرا شده‌اند. بررسی ساختار گچ مورد استفاده در این آرایه‌ها به روش پراش سنجی، حضور بارز فاز ژیپس را به اثبات رسانیده است. مطالعه ریز ساختار آرایه‌های گچی با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی حاکی از آن است که از گچ نیم کشته در اجرای آرایه‌های این بنا استفاده شده است. شناسایی رنگ آبی مورد استفاده در نقوش آرایه‌های گچی خانه شهشهان به روش شیمی تر نیز، وجود رنگ آبی الترامرین را نشان داده است [13]. این شیوه به اشکال مختلف، شامل: شمشه‌های گچی تزئینی، ترنج، پشت بغل‌های گچبری شده و یا قاب‌های منفرد گچی با زمینه‌ای از کاهگل یا سیم گل در آرایه‌های معماری نواحی مختلف به ویژه در مناطق گرم و خشک ایران، استفاده شده است. بخش عمده‌ای از این نوع آرایه‌های گچی به آثار معماری دوران قاجار تعلق دارد که نمونه‌های بسیاری از آن‌ها را می‌توان در ابنیه این دوران، همچون خانه داوید و یا باشگاه ارامنه اصفهان مشاهده کرد [14].

شناسایی ترکیب شیمیایی رنگ‌های به کار رفته در آرایه‌های نقاشی روی گچ در پنج بنای دوره ایلخانی در شهر تاریخی یزد توسط فرهنگمندی و دیگران، حاکی از آن بوده است که رنگ‌های مورد استفاده در آرایه‌های تمامی این بناهای تاریخی، معدنی و شامل رنگ‌های آبی آزوریت، آبی لاجورد، سبز مالاکیت،

۴. نتایج و بحث در یافته‌ها

۴-۱. مشاهدات ظاهری و نمونه‌برداری

مطالعاتی که به صورت مشاهدات بصری و میدانی بر آرایه‌های رنگی مجموعه کبودانی خواب انجام شد، حاکی از آن است که در اجرای نقوش دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری که بخش اعظم سطوح داخلی این بنا با آن‌ها تزئین شده، رنگدانه‌های مختلفی به کار رفته است. در آرایه‌های تخمه‌درآوری، این رنگدانه‌ها در ترکیب با گچ به صورت یک لایه نسبتاً ضخیم برای تزئین بدنه داخلی بنا استفاده شده است ولی در دیوارنگاره‌های بنا، رنگ‌ها به صورت یک لایه نازک به کار رفته است. در آرایه‌های دیوارنگاره بنا از نقوش هندسی، به صورت گره در طیف متنوعی از رنگ‌های مختلف، همچون سفید، آبی آسمانی و نارنجی استفاده شده است (اشکال ۴ و ۵)، در حالی که در آرایه‌های تخمه‌درآوری، رنگ‌های مورد استفاده محدود و شامل رنگ قرمز، زرشکی و نخودی است (اشکال ۶ و ۷). علاوه بر این، از نکات جالب دیگری که در مطالعه میدانی و مشاهدات میکروسکوپی آرایه‌های بنا می‌توان به آن اشاره نمود، آن است که به منظور ایجاد تضاد رنگی مناسب و وضوح زیبایی بیشتر نقوش هندسی گره‌کشی در دیوارنگاره‌های بنا، به ویژه در لچکی‌های دو سوی طاق و طاقنماها، در این بخش‌ها از خطوط گره‌کشی به رنگ سفید استفاده شده است که تضاد رنگی بسیار خوبی به دیوارنگاره‌ها و نقوش آن، بخشیده و موجب زیبایی بیشتر آن‌ها و همچنین وضوح بیشتر نقوش شده است (اشکال ۴ و ۵).

با توجه به عدم انجام عملیات مرمت گسترده در بنا و تزئینات آن، در این مجموعه تاریخی و دست نخورده بودن بیشتر آرایه‌های آن در زمان نمونه‌برداری، بخش اعظم تزئینات گچی و رنگ‌های محدودی که در گوشه و کنار بنا به ویژه در بخش‌های فوقانی سطوح داخلی بنا، باقی مانده بود، اصیل بودند و به همین خاطر از این بخش‌ها به میزان بسیار اندکی به منظور بررسی و مطالعه آزمایشگاهی آن‌ها،

تاریخی کبودانی خواب به روش تجربی از ضرورت، اهمیت و ارزش ویژه‌ای به لحاظ مطالعه موادشناسی و باستان‌سنجی در راستای تکمیل داده‌های ما از هنر آرایه‌های کاربردی در بناهای تاریخی دوران اسلامی برخوردار است.

۳. مواد و روش‌ها

در این تحقیق کاربردی توسعه ای از روش‌های پژوهشی تجربی - تحلیلی استفاده شده و جمع‌آوری داده‌های پژوهش با استفاده از تکنیک‌های مختلفی، همچون مطالعه کتابخانه‌ای، بررسی میدانی و مطالعه آزمایشگاهی، انجام شده است.

به منظور مطالعه ساختار مصالح به کار رفته در آرایه‌های رنگی در این بنا از روش پراش سنجی پرتوی ایکس (XRD) و برای شناخت و آنالیز کمی و کیفی ترکیب عناصر مصالح به کار رفته در آرایه‌ها از روش فلورسانس پرتوی ایکس (XRF) استفاده شد. شناسایی نوع رنگدانه‌های به کار رفته در دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری با روش تجزیه دستگاهی میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس (SEM-EDS) انجام گرفت. این مطالعه آزمایشگاهی برای شناخت ترکیب عناصر تشکیل دهنده رنگدانه‌ها انجام شد؛ برای این کار از میکروسکوپ الکترونی مدل VP1450، ساخت شرکت LEO، کشور آلمان استفاده شد.

به منظور بررسی بافت و وضعیت لایه‌ها در آرایه‌ها، مقطع عرضی نمونه‌هایی از تزئینات تخمه‌درآوری با میکروسکوپ نوری مطالعه شد. علاوه بر این، ریز ساختار گچ به کار رفته در آرایه‌های بنا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. پس از بررسی و مطالعه آرایه‌های بنا به روش‌های فوق، نتایج حاصل از مطالعه کتابخانه‌ای، مشاهدات میدانی و بررسی آزمایشگاهی، مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن به شرح زیر است.

آرایه‌های تخمه‌درآوری بنا به کار رفته بود (اشکال ۶ و ۷). محل برداشت هر یک از نمونه‌های رنگ مورد اشاره (شش رنگ مختلف) و گچ مورد استفاده در این آرایه‌ها در شکل ۸، مشخص شده است و فهرست نمونه‌ها و کد هر یک از آن‌ها به همراه محل نمونه‌برداری در جدول ۱ آمده است.

نمونه‌برداری شد (اشکال ۸ و ۱۱)، (جدول ۱). وضعیت نمونه‌های رنگ برداشته شده در برخی از موارد به صورت یک لایه رنگ بسیار نازک (رنگ‌های آبی، سفید و نارنجی)، در تزئینات دیوارنگاره‌ها بر روی لایه بستر گچی اجرا شده بود و در برخی دیگر، به صورت یک لایه نسبتاً ضخیم گچ رنگی (رنگ‌های قرمز، زرشکی و نخودی) در



شکل ۸: محل نمونه‌برداری از رنگدانه‌های اصیل آرایه‌های مسجد کبودانی خواف که با دایره سیاه رنگ مشخص شده است، (A) رنگ نارنجی، (B) رنگ قرمز، (C) رنگ زرشکی، (D) رنگ سفید، (E) رنگ نخودی، (F) رنگ آبی

Fig: 8: Sampling location of original pigments of the decorations of Khaf Kabodani mosque is marked with a black circle, A) Orang color, B) red color, C) purple color, D) white color, E) ochre color, F) blue color



شکل ۹: تخمه‌درآوری مسجد کبودانی به رنگ زرشکی و نخودی
Fig: 9: The tokhmeh daravari of Kabodani mosque in purple and ochre

شکل ۱۰: دیوارنگاره‌های مسجد کبودانی به رنگ نارنجی، سفید و آبی

Fig: 10: The wall painting of Kabodani mosque in orange, white and blue

جدول ۱: نمونه‌های برداشته شده از آرایه‌های مسجد کبودانی برای آنالیز
Table 1: Samples taken from the decoration of Kabodani Mosque for analysis

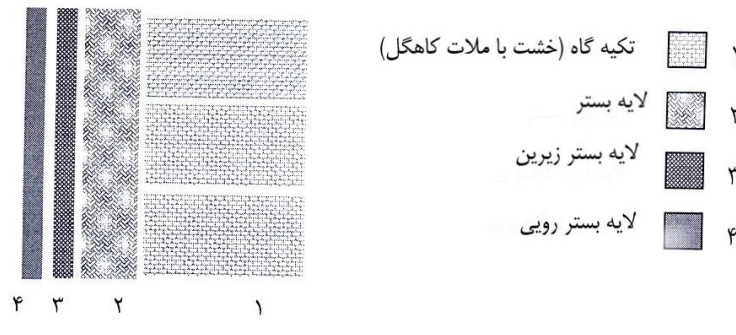
ردیف	کد نمونه	نوع نمونه	محل نمونه برداری
۱	Pig-or2	نمونه رنگ نارنجی	دیوارنگاره داخل مسجد، لچکی سمت راست
۲	Pig-rd	نمونه رنگ قرمز	آرایه تخمه‌درآوری
۳	Pig-zr2	نمونه رنگ زرشکی	آرایه تخمه‌درآوری
۴	Pig-wh1	نمونه رنگ سفید	رنگ بخش پایین تخمه‌درآوری داخل مسجد
۵	Pig-ok2	نمونه رنگ نخودی	آرایه تخمه‌درآوری
۶	Pig-bl	نمونه رنگ آبی آسمانی	دیوارنگاره خط دوال داخل مسجد
۷	Gyp-origin	نمونه مصالح اصلی گچبری	گچبری محراب
۸	Gyp-color	نمونه ملات ضخیم قرمز رنگ	آرایه تخمه‌درآوری



شکل ۱۱: نمونه‌های برداشته شده از رنگدانه‌های آرایه‌های رنگی مسجد کبودانی برای آنالیز به روش‌های آزمایشگاهی
Fig: 11: Samples taken from the pigments of the colored decoration Kabodani mosque for analysis by laboratory methods

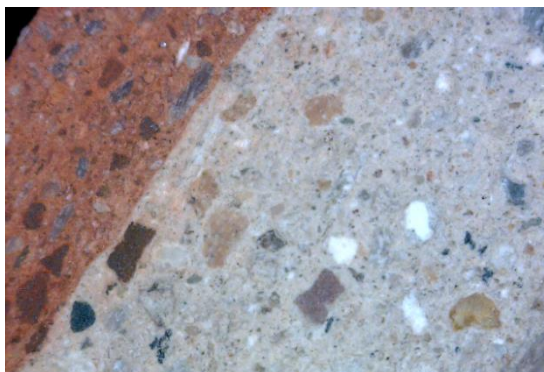
تشکیل دهنده دیوارنگاره‌های بنا در شکل ۱۲ و ساختار آرایه‌های تخمه‌درآوری در تصاویر میکروسکوپی ۱۳ و ۱۴ قابل مشاهده است. به منظور بررسی ساختار، بافت و وضعیت لایه‌های تشکیل‌دهنده آرایه‌های تخمه‌درآوری مسجد کبودانی، از تعدادی از نمونه‌های برداشته شده از این آرایه‌ها، مقطع عرضی تهیه شد و سپس مقاطع مورد نظر پس از آماده‌سازی، توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت (اشکال ۱۳ و ۱۴) که نتایج این مطالعات، به شرح زیر است:

۲-۴. بررسی ساختار لایه‌ها در آرایه‌های بنا با مطالعه ماکروسکوپی و میکروسکوپی
بررسی ساختار لایه‌های تشکیل دهنده آرایه‌های بنا و نحوه قرارگیری آنها با توجه به ریزش بخش‌هایی از مقطع این آرایه‌ها در بسیاری از قسمت‌های بنا، وضعیت لایه‌نگاری آنها را در این بنای تاریخی، برای ما مشخص نمود. انجام مطالعات لایه‌نگاری و بررسی ساختار لایه‌های تشکیل دهنده آرایه‌های بنا، نکات مهم و قابل توجهی در مورد فنون اجرایی این آرایه‌ها به ما نشان داد. وضعیت و نحوه قرارگیری لایه‌های



شکل ۱۲: طرح شماتیک لایه‌نگاری دیوارنگاره‌های مسجد کبودانی خواف

Fig. 12: Schematic diagram of layering the wall painting of the Kabodani Khaf mosque



شکل ۱۴: تصویر مقطع عرضی ساختار تزیینات تخمه‌درآوری در مسجد کبودانی با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی 40 X
Fig. 14: Cross-section image of the tokhmeh daravari decoration structure in the Kabodani mosque with light microscope 40 X



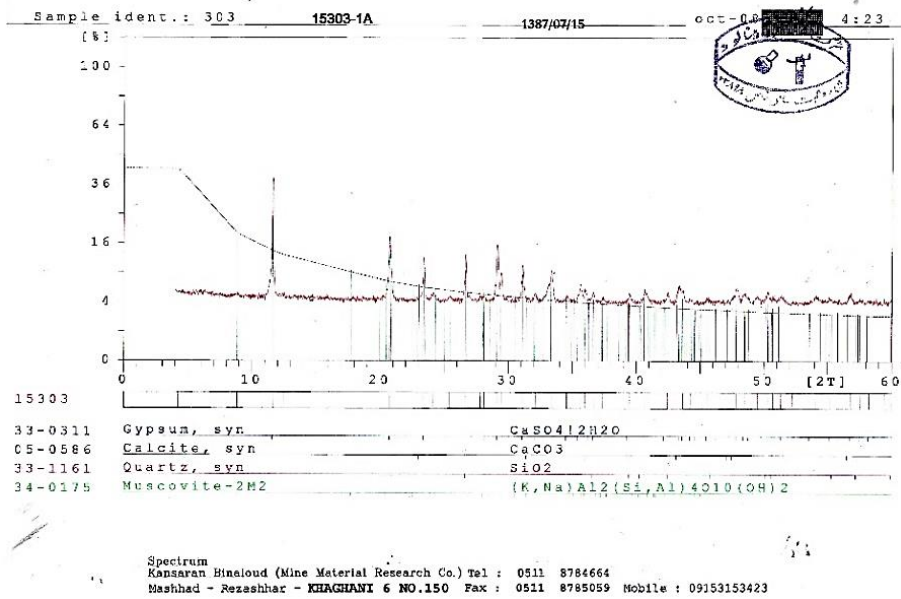
شکل ۱۳: تصویر مقطع عرضی ساختار گچ در تزیینات تخمه‌درآوری مسجد کبودانی با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی 10X
Fig. 13: Cross-section image of the gypsum structure in the tokhmeh daravari decoration of Kabodani mosque with light microscope 10 X

۳-۴. مطالعه ساختاری مصالح آرایه‌های بنا

به روش پراش پرتوی ایکس XRD

به منظور بررسی ساختار و شناسایی ترکیب کانی-ساختی و فازهای موجود در مصالح مورد استفاده در آرایه‌های مجموعه کبودانی خواف، دو نمونه از مصالح به کار رفته در آرایه‌های این بنا، شامل ملات ساده و سفید رنگ مورد استفاده در آرایه‌های گچبری و نمونه‌ای از ملات قرمز رنگ به کار رفته در تزیینات تخمه‌درآوری بنا به روش پراش سنجی اشعه ایکس مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج حاصل از طیف سنجی پرتوی ایکس این نمونه‌های مصالح (اشکال ۱۵ و ۱۶) در این بنای تاریخی به شرح زیر است:

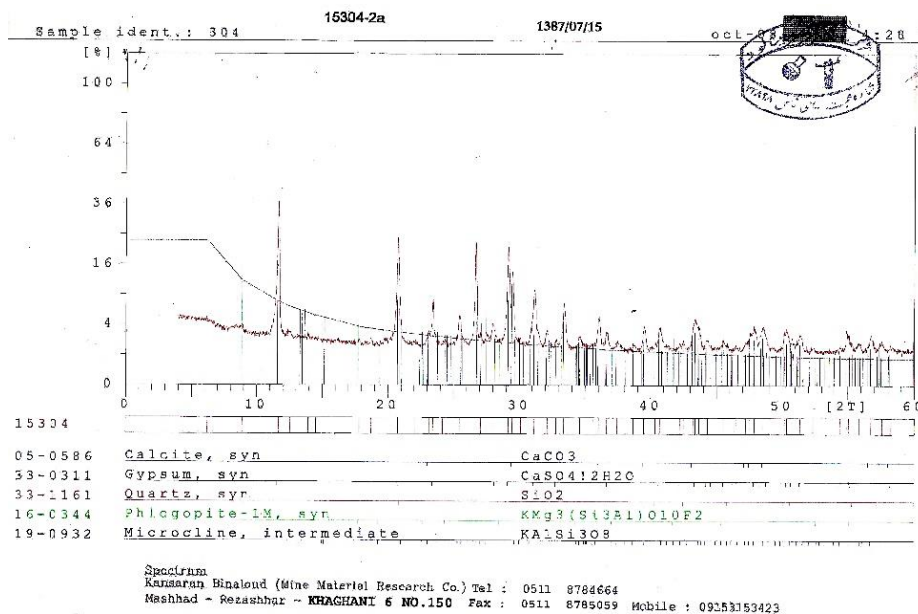
بررسی ساختار میکروسکوپی و تصاویر میکروسکوپی مقاطع عرضی تهیه شده از آرایه‌های مسجد کبودانی (اشکال ۱۳ و ۱۴)، حاکی از آن است که ساختار کلی و بافت لایه‌های مختلف مورد استفاده در آرایه‌های این بنا، مشابه یکدیگر است، به عبارت بهتر از یک ترکیب با دانه‌بندی نسبتاً مشابه در این بخش‌ها استفاده شده است. از سوی دیگر همان طور که در تصاویر ۶ و ۷ مشاهده می‌شود، لایه رنگ به کار رفته در نقوش آرایه‌های تخمه‌درآوری، به صورت یک لایه نسبتاً ضخیم بر روی بستر گچی زیرین اجرا شده است که در ترکیب آن، ناخالصی‌های درشت دانه، شامل ذرات شن و ماسه، به وضوح در ترکیب با گچ و رنگ، قابل مشاهده است.



شکل ۱۵: طیف پراش سنجی پرتوی ایکس مصالح مورد استفاده در آرایه‌های گچبری مسجد کبودانی خواف
Fig: 15: X-ray diffraction spectrum of materials used in the Stucco decoration of Khaf Kaboudani Mosque

استفاده در این بخش از بنا است و فازهای کلسیت، کوارتز و موسکویت نیز، فازهای فرعی است که به عنوان ناخالصی در ترکیب گچ مورد استفاده در آرایه-های این بخش از بنا مشاهده می‌شود (شکل ۱۵).

بررسی طیف پراش سنجی نمونه مصالح مورد استفاده در اجرای آرایه‌های گچبری مسجد کبودانی خواف، حاکی از حضور بارز فاز ژپس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، به عنوان فاز اصلی تشکیل دهنده ترکیب آرایه‌های مورد



شکل ۱۶: طیف پراش سنجی پرتوی ایکس ملات رنگین مورد استفاده در آرایه‌های تخمه‌درآوری مسجد کبودانی خواف
Fig: 16: X-ray diffraction spectrum of colored mortar used in the tokhme daravari decoration of the Khaf Kaboudani Mosque

آن‌ها در این سنگ‌ها به شدت تغییر می‌کند [18,19]. وجود چنین ساختاری در ترکیب تزئینات تخمه‌درآوری این بنای تاریخی، حاکی از آن است که در این آرایه‌های رنگی، مصالح اصلی مورد استفاده، همان گچ بوده است که با مواد رنگی و مواد افزودنی، همچون: کلسیت و کوارتز به منظور تحکیم ساختار گچ، ترکیب شده و به صورت یک لایه ضخیم رنگی، آرایه‌های تخمه‌درآوری با آن اجرا شده است.

۴-۴. آنالیز ترکیب شیمیایی عناصر مصالح مورد استفاده در آرایه‌های بنا به روش فلورسانس پرتوی ایکس XRF

در این پژوهش، برای آنالیز کیفی و کمی ترکیب عناصر تشکیل دهنده مصالح مورد استفاده در آرایه‌های مجموعه تاریخی کبودانی خواف، اعم از دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری، پس از نمونه‌برداری از مصالح و ملات سفید به کار رفته در تزئینات گچبری و ملات قرمز رنگ به کار رفته در آرایه‌های تخمه‌درآوری، هر دو نمونه به روش فلورسانس پرتوی ایکس، آنالیز شد (جدول ۲ و ۳) که نتایج حاصل از این آزمایش به شرح زیر است:

به منظور شناسایی و مطالعه ساختار ملات و مصالح رنگی مورد استفاده در آرایه‌های تخمه‌درآوری بنا، نمونه‌ای از لایه ضخیم رنگی به کار رفته در این بخش از آرایه‌های مسجد کبودانی نیز، به روش پراش سنجی پرتوی ایکس، مورد مطالعه و آنالیز کیفی قرار گرفت. با توجه به این که در آرایه‌های این بنای تاریخی، بخش اعظم سطوح داخلی بنا با لایه ضخیمی به رنگ‌های قرمز، زرشکی و نخودی تزیین شده بود، از نمونه لایه ضخیم قرمز رنگ نیز، نمونه‌برداری شد و سپس ساختار آن به روش پراش پرتوی ایکس (XRD)، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. بررسی طیف پراش سنجی این نمونه، حاکی از حضور فازهای ژپیس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)، کلسیت و کوارتز به عنوان فازهای اصلی و فیلوگوپیت و میکروکلین نیز به عنوان فازهای فرعی بود که ترکیب ساختار این لایه ضخیم قرمز رنگ در آرایه‌های تخمه‌درآوری بنا را تشکیل می‌داند (شکل ۱۶). فیلوگوپیت از کانی‌های خانواده میکا است که به صورت رگه و توده‌ای در پیروکسنیت‌ها و اسکارن‌های منیزیم‌دار گزارش شده است [17]. کانی میکا با ترکیب فلوگوپیتی از کانی‌های سازنده سنگ‌های لامپروئیتی، سنگ‌های آذرین و سنگ‌های بازالتی قلیایی است که ترکیب شیمیایی

جدول ۲: نتایج تجزیه عنصری نمونه مصالح مورد استفاده در آرایه‌های گچبری مسجد کبودانی به روش فلورسانس پرتوی ایکس XRF
Table 2: The Elemental analysis results of materials sample used in the Stucco decoration of Kaboudani mosque by X-ray fluorescence method

نوع اکسید	درصد عناصر اصلی	عناصر فرعی	مقدار به PPM	عناصر فرعی	مقدار به PPM
SiO_2	19/80	Ba	128	Rb	18
Al_2O_3	2/09	Ce	N	Sr	1302
Na_2O	0/17	Co	12	V	85
MgO	0/83	Cr	23	W	4
K_2O	0/33	Cu	59	Y	8
TiO_2	0/24	Nb	N	Zr	32
MnO	0/03	Mo	7	Zn	253
CaO	22/91	U	N		
P_2O_3	0/15	Th	N		
Fe_2O_3	1/64	Cl	130		
SO_3	32/85	Ni	4		
LO_1	14/73	Pb	509		

به روش فلورسانس پرتوی ایکس (XRF)، به منظور آنالیز کیفی و کمی ترکیب عناصر تشکیل‌دهنده

بررسی نتایج حاصل از آنالیز نمونه مصالح مورد استفاده در آرایه‌های گچبری مسجد کبودانی خواف

حاصل از آنالیز عنصری ترکیب گچبری، هماهنگی خوبی با نتایج پراش‌سنجی این نمونه دارد که فاز اصلی تشکیل دهنده آن، ژپس است. سایر عناصری که در نتایج حاصل از آنالیز عنصری نمونه مشاهده می‌شوند و میزان آن‌ها کمتر از ۱٪ است، همچون سدیم، پتاسیم، تیتانیوم، منگنز، فسفر و غیره، عناصر جزئی و کمیاب موجود در ترکیب ملات مورد استفاده در آرایه های گچی این بنا است.

مصالح مورد استفاده در این آرایه‌ها، نشان داد که با توجه به حضور بارز ۲۲/۹۱٪ اکسید کلسیم و اکسید گوگرد به میزان ۳۲/۸۵٪ که مربوط به ترکیب اصلی تشکیل دهنده گچ در ترکیب گچبری این بنا است و عناصر فرعی همچون اکسید سیلیسیم به میزان ۱۹/۸۰٪ و اکسید آلومینیوم، اکسید آهن و اکسید منیزیم که به ترتیب ۲/۰۹، ۱/۶۴ و ۰/۸۳ درصد وزنی را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۲)، نتایج

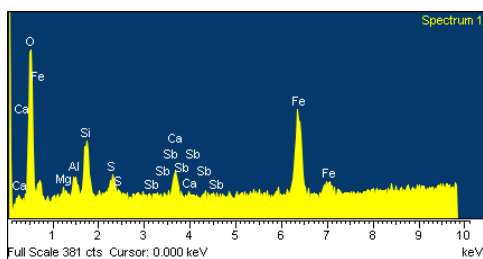
جدول ۳: نتایج تجزیه عنصری نمونه لایه رنگ ضخیم قرمز رنگ مورد استفاده در آرایه‌های تخمه‌درآوری مسجد کبودانی به روش فلورسانس پرتوی ایکس XRF

Table 3: The Elemental analysis results of Sample thick red color layer used in the tokhmeh daravari decoration of Kaboudani mosque by X-ray fluorescence method

مقدار به PPM	عناصر فرعی	مقدار به PPM	عناصر فرعی	درصد عناصر اصلی	نوع اکسید
29	Rb	100	Ba	11/98	SiO2
4687	Sr	16	Ce	2/87	Al2O3
25	V	3	Co	0/22	Na2O
11	W	60	Cr	1/53	MgO
11	Y	59	Cu	0/47	K2O
72	Zr	1	Nb	0/26	TiO2
125	Zn	0	Mo	0/05	MnO
		N	U	26/04	CaO
		N	Th	0/11	P2O3
		214	C1	2/38	Fe2O3
		14	Ni	37/34	SO3
		60	Pb	16/75	LO1

نمونه می باشد (جدول ۳). علاوه بر این، نتایج حاصل از آنالیز عنصری ترکیب این لایه قرمز رنگ در تزیینات تخمه‌درآوری نیز مطابقت خوبی با نتایج پراش‌سنجی این نمونه دارد. از سوی دیگر، نتایج حاصل از آنالیز عنصری این نمونه نیز مشابهت بسیاری با نتایج آنالیز عنصری مصالح مورد استفاده در تزیینات گچبری بنا دارد (جدول ۲)، با این تفاوت که به واسطه استفاده از رنگ قرمزی که احتمالاً منشأ آن، ترکیبی از اکسید آهن III است، میزان اکسید آهن در این نمونه نسبت به ترکیب عنصری ملات سفید به کار رفته در تزیینات گچبری بنا، در نمونه قبلی، تا حدودی افزایش یافته است. سایر عناصری که در نتایج حاصل از آنالیز این نمونه لایه رنگ قرمز مشاهده می‌شود

بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز ترکیب عناصر تشکیل دهنده نمونه لایه رنگ ضخیم قرمز رنگ به کار رفته در آرایه‌های تخمه‌درآوری مسجد کبودانی خواف، به روش فلورسانس پرتوی ایکس (XRF)، حاکی از آن بود که با توجه به حضور بارز ۲۶/۰۴ درصد اکسید کلسیم و اکسید گوگرد به میزان ۳۷/۳۴ درصد که مربوط به ترکیب اصلی تشکیل دهنده این نمونه؛ یعنی ژپس در ترکیب آرایه‌های تخمه‌درآوری در این بنا است و حضور عناصر دیگر، همچون اکسید سیلیسیم به میزان ۱۱/۹۸ درصد و اکسید آلومینیوم، اکسید آهن و اکسید منیزیم که میزان آن‌ها به ترتیب ۲/۸۷، ۲/۳۸ و ۱/۵۳ درصد وزنی است، مربوط به وجود سایر فازهای اصلی؛ یعنی کلسیت و کوارتز در این



شکل ۱۷: طیف تجزیه عنصری نمونه رنگ قرمز تخمه‌درآوری به روش SEM-EDX

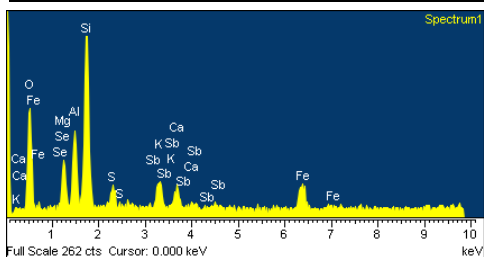
Fig: 17: Elemental analysis spectrum of the sample red tokhmeh daravari by SEM-EDX method

بررسی طیف حاصل از تجزیه عنصری رنگ قرمز (کد Pig-rd) در آرایه‌های تخمه‌درآوری مسجد کبودانی به روش SEM-EDX (شکل ۱۷) و نتایج حاصل (جدول ۴)، نشان‌دهنده آن است که با توجه به حضور بارز عنصر آهن به میزان ۲۹/۵۵ درصد وزنی در این نمونه رنگ، از رنگ قرمز اکسید آهن III یا همان قرمز اخرا برای ایجاد رنگ قرمز در آرایه‌های تخمه‌درآوری این بنا، استفاده شده است.

جدول ۵: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ نارنجی

Table 2: Elemental analysis results of the orange color

نام عنصر Element	درصد وزنی weight percent W%	درصد اتمی Atomic percent At%
O K	43.38	61.23
Mg K	6.23	5.79
Al K	9.67	8.09
Si K	19.16	15.40
S K	2.59	1.82
K K	3.41	1.97
Ca K	2.97	1.67
Fe K	5.61	2.27
Se L	4.49	1.29
Sb L	2.48	0.46
Totals	100	100



شکل ۱۸: طیف تجزیه عنصری نمونه رنگ نارنجی دیوارنگاره به روش SEM-EDX

Fig: 18: Elemental analysis spectrum of the sample orange wall painting by SEM-EDX method

و میزان آن‌ها بسیار اندک و کمتر از ۰/۵ درصد است، عناصری همچون سدیم، پتاسیم، تیتانیوم، منگنز، فسفر و غیره است که در این نمونه، ناخالصی محسوب می‌شوند.

۵-۴. آنالیز رنگ‌های به کار رفته در آرایه‌های بنا به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده‌شده (SEM-EDS)

با توجه به محدودیت نمونه‌برداری از لایه رنگ آرایه‌های بنا و میزان بسیار اندک نمونه‌های رنگدانه، به منظور شناسایی کمی و کیفی ترکیب شیمیایی رنگدانه‌های مورد استفاده در آرایه‌های این بنای تاریخی و تعیین عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها، به ویژه، عوامل ایجاد رنگ از روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده‌شده (SEM-EDS) استفاده شد. برای این منظور از رنگ‌های مختلف به کار رفته در آرایه‌های این بنا، شامل سفید، آبی آسمانی، قرمز، نارنجی، زرشکی و نخودی به میزان بسیار اندکی، نمونه‌برداری شد و سپس نمونه‌ها به روش دستگاهی فوق، مورد آزمایش و تجزیه قرار گرفتند (اشکال ۱۷ تا ۲۲)، (جدول ۴ تا ۹) که نتایج آن به شرح زیر است:

جدول ۴: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ قرمز

Table 3: Elemental analysis results of the red color

نام عنصر Element	درصد وزنی weight percent W%	درصد اتمی Atomic percent At%
O K	49.48	73.30
Mg K	1.18	1.15
Al K	2.81	2.47
Si K	6.91	5.83
S K	2.41	1.78
Ca K	3.62	2.14
Fe K	29.55	12.54
Sb L	4.05	0.79
Totals	100	100

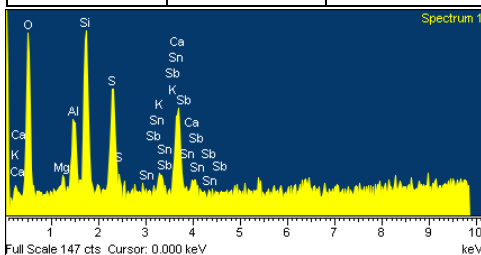
تالیته تیره‌تری در لایه رنگ آرایه‌های تخمه‌درآوری بنا ایجاد شود.

نکته جالب توجه در آنالیز نمونه‌های رنگ طیف قرمز که بارزترین رنگ به کار رفته در آرایه‌های تخمه-درآوری در این بنا محسوب می‌شود، آن است که در هر سه رنگ نارنجی، قرمز و زرشکی و یا به عبارت دیگر، قرمز روشن، قرمز و قرمز تیره، از یک ماده رنگی اصلی؛ یعنی اکسید آهن III، یا همان قرمز اخرا استفاده شده است، منتهی با افزایش و کاهش میزان رنگدانه اخرا مورد استفاده در ترکیب با گچ، تالیته رنگی نقوش تغییر کرده و از این طریق با ایجاد کنتراست مناسب و تنوع رنگی، موجب زیبایی و جلوه هرچه بیشتر نقوش در آرایه‌های بنا شده‌اند، به همین خاطر میزان عنصر آهن از رنگ نارنجی به سمت رنگ زرشکی، افزایش یافته است، بنابراین، میزان عنصر آهن از کمترین مقدار در رنگ نارنجی با ۵/۶۱ درصد به بیشترین مقدار در رنگ زرشکی؛ یعنی ۳۶/۰۹ درصد افزایش می‌یابد.

جدول ۷: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ نخودی

Table 6: Elemental analysis results of the ocher color

درصد اتمی Atomic percent At%	درصد وزنی weight percent W%	نام عنصر Element
70.79	49.80	O K
1.15	1.23	Mg K
4.40	5.21	Al K
9.03	11.15	Si K
5.73	8.08	S K
1.54	2.65	K K
4.84	8.54	Ca K
0.75	3.93	Sn L
1.76	9.41	Sb L
100	100	Totals



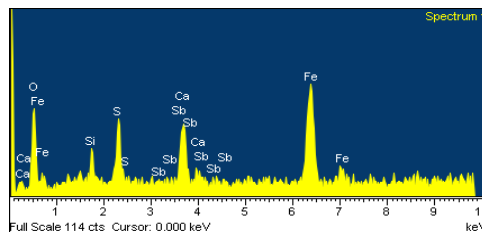
شکل ۲۰: طیف تجزیه عنصری نمونه رنگ نخودی تخمه‌درآوری به روش SEM-EDX

Fig. 20: Elemental analysis spectrum of sample ocher tokhmeh daravari by SEM-EDX method

بررسی طیف به‌دست‌آمده از آنالیز رنگ نارنجی (کد Pig-or2) در دیوارنگاره‌های مسجد کبودانی به روش SEM-EDX (شکل ۱۸) و نتایج به‌دست‌آمده از آن (جدول ۵)، نشان داد که با توجه به وجود ۵/۶۱ درصد وزنی آهن III به همراه مقدار ۲/۹۷ درصد وزنی کلسیم و ۲/۵۹ درصد گوگرد در این نمونه رنگ، از اکسید آهن III و رنگدانه قرمز اخرا در ترکیب با گچ به منظور پایین آوردن تالیته رنگی و تمایل آن به سوی نارنجی در دیوارنگاره‌های این بنا استفاده شده است.

جدول ۵: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ زرشکی
Table 5: Elemental analysis results of the purple color

درصد اتمی Atomic percent At%	درصد وزنی weight percent W%	نام عنصر Element
60.58	32.81	O K
3.51	3.34	Si K
6.83	7.42	S K
7.53	10.21	Ca K
19.09	36.09	Fe K
2.46	10.13	Sb L
100	100	Totals



شکل ۱۹: طیف آنالیز عنصری نمونه رنگ زرشکی تخمه‌درآوری به روش SEM-EDX

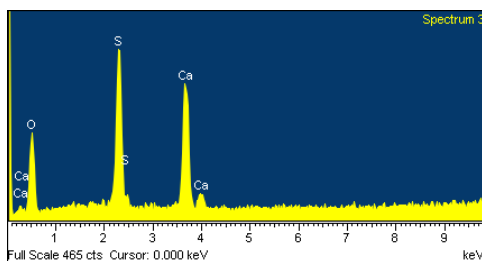
Fig. 19: Elemental analysis spectrum of the sample purple tokhmeh daravari by SEM-EDX method

بررسی طیف حاصل از آنالیز عنصری رنگ زرشکی (کد Pig-zr2) برداشته شده از سطح تزئینات تخمه-درآوری بنا به روش SEM-EDX (شکل ۱۹) و نتایج به‌دست‌آمده از آن (جدول ۶)، حاکی از آن است که با توجه به حضور بارز آهن به میزان ۳۶/۰۹ درصد وزنی در این نمونه رنگدانه نیز، از قرمز اخرا در ترکیب با گچ برای ایجاد رنگ زرشکی استفاده شده است، منتهی میزان رنگدانه ترکیب شده با گچ نسبت به رنگ قرمز بسیار بیشتر بوده است که موجب شده در این بخش‌ها

جدول ۹: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ آبی

Table 8: Elemental analysis results of the blue color

درصد اتمی Atomic percent At%	درصد وزنی weight percent W%	نام عنصر Element
66.21	48.50	O K
11.13	13.75	Al K
7.91	10.17	Si K
6.15	9.04	S K
4.76	8.73	Ca K
3.83	9.80	Fe K
100	100	Totals



شکل ۲۲: طیف تجزیه عنصری رنگ آبی دیوارنگاره به روش SEM-EDX

Fig. 22: Elemental analysis spectrum of the sample blue wall painting by SEM-EDX method

بررسی طیف به دست آمده از تجزیه عنصری رنگ آبی روشن (کد Pig-B1) به کار رفته در تزیین دیوارنگاره-های مسجد کبودانی به روش SEM-EDX (شکل ۲۲) و نتایج حاصل از آن (جدول ۹)، حاکی از آن است که با توجه به حضور بارز ۱۰/۱۷ درصد وزنی سیلیسیم به همراه مقدار بالایی از آلومینیوم به میزان ۱۳/۷۴ درصد وزنی، در کنار ۹/۰۴ درصد وزنی گوگرد در ترکیب این رنگدانه، در دیوارنگاره‌های این بنا، به احتمال زیاد، از آبی لاجورد طبیعی برای ایجاد این رنگ استفاده شده است.

۶-۴. بررسی ریزساختار گچ در آرایه‌های بنا به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

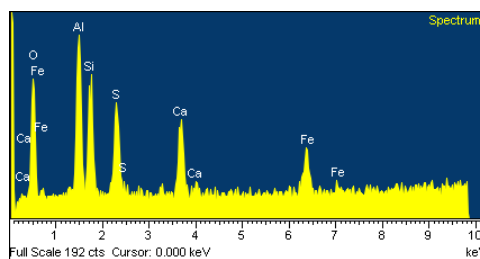
به منظور بررسی ریزساختار گچ به کار رفته در آرایه‌های مسجد کبودانی، از گچ به کار رفته در سطوح گچبری بنا که فاقد تزیین و نقوش رنگی بود و همچنین از لایه گچ مورد استفاده به عنوان لایه بستر در زیر لایه رنگ دیوارنگاره‌های بنا، نمونه‌برداری شد و

بررسی طیف به دست آمده از تجزیه عنصری رنگ نخودی (با کد Pig-ok2) در آرایه‌های تخمه‌درآوری در مسجد کبودانی خواف (شکل ۲۰) و نتایج حاصل از آن (جدول ۷)، نشان داد که با توجه به حضور بارز ۹/۴۱ درصد وزنی آنتیموان، همراه با مقدار قابل توجهی از قلع به میزان ۳/۹۳ درصد وزنی، در کنار ۸/۵۴ درصد وزنی کلسیم در این نمونه رنگ، برای تزیین سطوح بنا با روش تخمه‌درآوری، از ترکیب زرد آنتیموان با گل سفید برای ایجاد رنگ نخودی استفاده شده است.

جدول ۸: نتایج تجزیه عنصری نمونه رنگ سفید

Table 7: Elemental analysis results of the white color

درصد اتمی Atomic percent At%	درصد وزنی weight percent W%	نام عنصر Element
77.35	60.49	O K
12.42	19.47	S K
10.23	20.05	Ca K
100	100	Totals



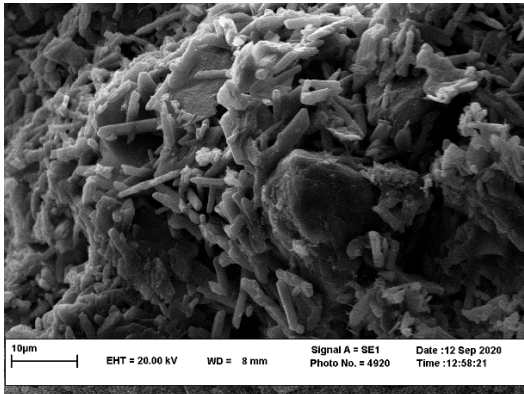
شکل ۲۱: طیف تجزیه عنصری نمونه رنگ سفید دیوارنگاره به روش SEM-EDX

Fig. 21: Elemental analysis spectrum of the sample white wall painting by SEM-EDX method

بررسی طیف حاصل از تجزیه رنگ سفید (کد Pig-wh1) مورد استفاده در دیوارنگاره‌های این بنا به روش SEM-EDX (شکل ۲۱) و نتایج به دست آمده از تجزیه عنصری این رنگ در آرایه‌های این بنا (جدول ۸)، نشان دهنده آن است که با توجه به حضور بارز کلسیم به میزان ۲۰/۰۵ درصد وزنی، در ترکیب این رنگدانه، برای ایجاد رنگ سفید در دیوارنگاره‌های مسجد کبودانی، احتمالاً از گل سفید استفاده شده است.

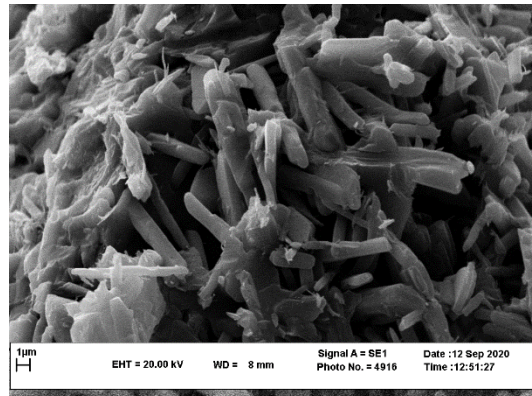
مطالعه و بررسی قرار گرفت (اشکال ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶) که نتایج آن به شرح زیر است:

سپس نمونه‌های برداشته شده، با کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی‌های مختلف، شامل ۱۰۰۰، ۲۵۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ برابر مورد



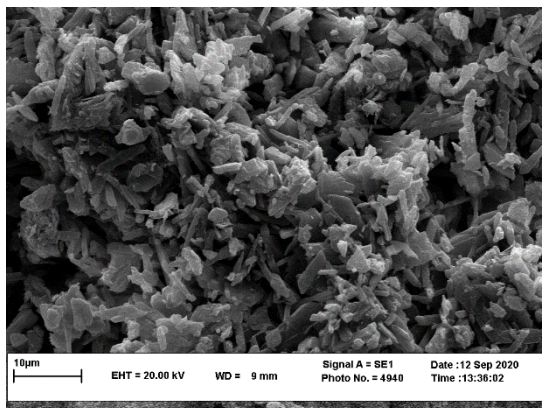
شکل ۲۴: تصویر ریزساختار گچ در دیوارنگاره های مسجد کبودانی با میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی 5000 X

Fig; 24: Microstructure image of gypsum in the wall painting of Kaboudani mosque with SEM 5000 X



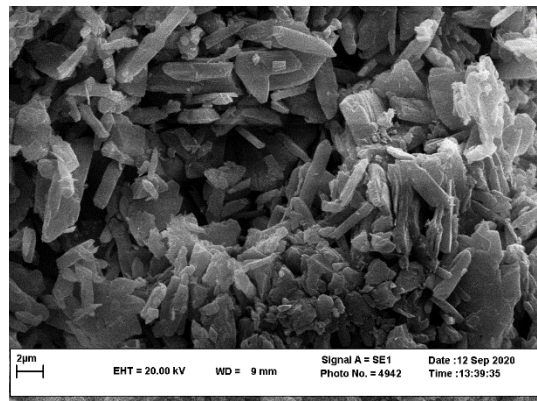
شکل ۲۳: تصویر ریزساختار گچ مورد استفاده در گچبری های مسجد کبودانی با میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی 10000 X

Fig; 23: Microstructure image of gypsum used in the Stucco Kaboudani mosque with SEM 10000 X



شکل ۲۶: تصویر ریزساختار لایه گچ بستر مورد استفاده در زیر دیوارنگاره های مسجد کبودانی با میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی 5000 X

Fig; 26: Microstructure image of the substrate gypsum layer under used colored wall painting in Kaboudani Mosque with SEM 5000 X



شکل ۲۵: تصویر ریزساختار لایه گچ بستر مورد استفاده در زیر دیوارنگاره های مسجد کبودانی با میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی 10000 X

Fig; 25: Microstructure image of the substrate gypsum layer the under used colored wall painting in Kaboudani mosque with SEM 10000 X

شوند که همین ویژگی ریزساختار گچ کشته در مقایسه با گچ تیز، موجب می شود که استحکام آن نسبت به گچ تیز اندک باشد [16].

بررسی ریز ساختار گچ مورد استفاده در آرایه های مسجد کبودانی خواف به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی، حاکی از آن بود که با توجه به ساختار در هم فرورفته بلورهای منوکلینیک ژیپس

اغلب، بلورهای گچ تیز، به صورت کریستال های شش وجهی باریک و کشیده ای هستند که به صورت در هم فرو رفته و با درگیری بسیار، کنار هم قرار می گیرند؛ در حالی که بلورهای گچ کشته به دلیل نحوه خاص عمل آوری آن و ورز دادن بسیار ملات گچ و افزودن آب در مراحل ورزدهی ملات، بدان به صورت صفحاتی موازی هم بر روی یکدیگر مشاهده می-

(اشکال ۲۳ و ۲۴) و فضاهای خالی و حفرات موجود در میان آن‌ها که محل تبخیر رطوبت موجود در ملات گچ بوده است، در اجرای آرایه‌های گچبری در بخش‌های مختلف بنا، از گچ زنده استفاده شده که از سختی و گیرش خوبی برخوردار بوده و برای این کار مناسب بوده است ولی در بخش‌هایی از بنا که از گچ به عنوان لایه بستر زیرین لایه رنگ در دیوارنگاره‌های بنا استفاده شده، به نظر می‌رسد که از گچ کشته استفاده شده است تا امکان پرداخت بهتر سطح، برای ایجاد نقوش رنگی بر روی بستر صاف گچی در این قسمت‌ها فراهم شود (اشکال ۲۶-۲۵)، همان‌طور که در تصاویر مربوط به این نمونه‌ها، مشخص است، در این بخش‌ها، بلورهای منوکلینیک ژیپس، ساختار منظم‌تری به واسطه تداوم ورزدهی طولانی گچ، پیدا کرده‌اند و در تصاویر به صورت ورقه‌ها و پولک‌های موزایی و منظم مشاهده می‌شوند.

۵. نتیجه‌گیری

بررسی و مطالعه آزمایشگاهی، ساختار و ترکیب شیمیایی مواد و مصالح به کار رفته در آرایه‌های مسجد کبودانی خواف، شامل دیوارنگاره‌ها و تزئینات تخمه‌درآوری به روش‌های مختلف دستگاهی، همچون پراش پرتوی ایکس (XRD)، فلورسانس اشعه ایکس (XRF)، میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس (SEM-EDS) و میکروسکوپ نوری نشان داد که ساختار اصلی مصالح مورد استفاده در بستر دیوارنگاره‌ها و آرایه‌های به کار رفته در تمامی سطوح داخلی مسجد کبودانی، گچ است که در آرایه‌های تخمه‌درآوری با رنگدانه‌هایی به رنگ‌های مختلف ترکیب شده است تا لایه رنگی زیبایی را در آرایه‌های این بنا ایجاد کند. از رنگدانه‌های مختلفی برای ایجاد تنوع رنگی در آرایه‌های معماری بنا استفاده شده است. بررسی‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی رنگدانه‌های به کار رفته در آرایه‌های بنا نشان داد که در تمامی رنگ‌های طیف قرمز؛ یعنی نارنجی، قرمز و

زرشکی، از اکسید آهن III (گل اخرا) قرمز رنگ برای ایجاد تنالیت‌های مختلف رنگ قرمز در تزئینات تخمه‌درآوری و دیوارنگاره‌های بنا، استفاده شده است. در آرایه‌های تخمه‌درآوری، با تغییر میزان ماده رنگی افزوده شده به ترکیب گچ، طیف‌های مختلفی از رنگ قرمز از روشن تا قرمز تیره در نقوش تزئینی این آرایه‌ها خلق شده است که نتایج آنالیز عنصری ترکیب شیمیایی این رنگ‌ها نیز تا حد زیادی، مؤید همین امر است. در دیوارنگاره‌های بنا برای رنگ سفید، از گل سفید و برای رنگ آبی روشن، احتمالاً، لاجورد طبیعی، به کار رفته است. به عبارت بهتر، در اجرای آرایه‌های این بنا، تماماً از رنگ‌های معدنی که با دوام و دارای استحکام بالایی هستند، استفاده شده است. در اجرای گچبری‌های بنا، از گچ زنده و تیز و در زیرسازی نقوش رنگی دیوارنگاره‌ها، به عنوان لایه بستر، گچ کشته به کار رفته است. یکی از مهمترین ویژگی‌های آرایه‌های معماری در حاشیه مناطق گرم و خشک، استفاده از رنگ‌های گرم و طیف قرمز و تعداد محدود از رنگ‌ها در نقوش تزئینی بناست که این ویژگی به بهترین وجه ممکن در این مجموعه تاریخی نیز مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، چون بنای مورد نظر مسجد بوده و کاربری صرفاً دینی و مذهبی داشته است، در تزئین آن فقط از نقوش هندسی، بدون تصویرسازی، استفاده شده است. با توجه به غنای مواد معدنی طبیعی در منطقه خواف و پیرامون آن و وجود کانه‌های مختلف آهن در این منطقه، همچون معادن آهن سنگان خواف و غیره، استفاده حداکثری از ترکیبات آهنی رنگی، همچون اکسید آهن قرمز رنگ، به عنوان رنگدانه در تزئین بدنه این بنا در طول دوره‌های مختلف تاریخی، دور از انتظار نیست.

سپاسگزاری

مقاله حاضر حاصل پژوهش انجام شده در گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی دانشکده هنر و معماری دانشگاه زابل است که در این راستا از حمایت دانشگاه زابل در قالب

دانشگاه هنر اصفهان)، تشکر و قدردانی نمایند. علاوه بر این، بدین وسیله از همکاری‌های صمیمانه اداره کل سازمان میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان خراسان رضوی برای انجام این پژوهش، سپاسگزاری می‌شود.

پژوهانه با کد UOZ- GR-9618-75 استفاده شده است که بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه، تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از زحمات و کمک‌های آقایان محمد رضا روحانی (اداره کل میراث فرهنگی خراسان رضوی) و دانیال میرزایی (دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مرمت

References

- [1] Barimani F, Shoa Barabadi A. The Ancient Quality Of Cities, Manifestation Of Material And Spirtual Culture Of Islamic Cities Case: Khaf Ancient Quality. *Geography And Development*. 2009;7(15), P 91. [In Persian]
- [بریمایی، فرامرز و علی شعاع برآبادی. بافت قدیم شهرها جلوه فرهنگ مادی و معنوی شهرهای اسلامی، مورد: بافت قدیم شهر خواف. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۳۸۸؛ ۷ (۱۵)، ص ۹۱.]
- [2] Ebrahimbai Salami Gh. Khaf And Its Cities Modern Cities Are Evolving On The Circuit Of Ancient Towns. *Geographical Research*, 2006; 21(2) . [In Persian]
- [ابراهیم بای سلامی، غلام‌حیدر. خواف و شهرهای آن (شهرهای جدید بر مدار شهرهای قدیم). *تحقیقات جغرافیایی*. ۱۳۸۵؛ ۲۱ (۲)]
- [3] KHOSRAVI MR. Historical geography of Zaveh province, Mashhad: Astan Ghods Razavi; 1998. [in Persian]
- [خسروی، محمدرضا، جغرافیای تاریخی ولایت زاوه، مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی؛ ۱۳۷۶.]
- [4] Ahrari Roudi A. Khaf through history, Torbat-e-Jam: Shaykh al-Islam Ahmad Jam Publications Co; 2006. [in Persian]
- [احراری رودی، عبدالکریم. خواف در گذر تاریخ، تربت جام: انتشارات شیخ الاسلام احمد جام؛ ۱۳۸۴.]
- [5] Hill D, Grabar O. Islamic Architecture and its Decoration, Translated by Mehddad vahdati daneshmand: 1967. [in Persian]
- [هیل، درک و گرابار، الگ. کتاب معماری و تزیینات اسلامی، ترجمه مهرداد وحدتی دانشمند، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی؛ ۱۳۷۵]
- [6] Wilber, D. N. Islamic Architecture of Iran, Ilkhanid Era, Translated by Mehرداد Vahdati daneshmand, Tehran: Elmi va Farhangi Publications Co Co; 1997. [in Persian]
- [ویلبر، دونالد نیوتن. معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان، ترجمه عبدالله فریار، تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب؛ ۱۳۴۶]
- [7] Kiani, Mohammad Yusef. Period Islamic the of architecture Iranian the with reluted Decorations, Tehran: The Cultural Heritage Organization; 1998. [in Persian]
- [کیانی، محمد یوسف. تزیینات وابسته به معماری دوران اسلامی، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور؛ ۱۳۷۶]
- [8] Makkinezhad, Mahdi. Art History of Iran in Islamic Era: Architecture Ornaments, Tehran: The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT); 2008. [in Persian]
- [مکی نژاد، مهدی. تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی: تزیینات معماری، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی؛ ۱۳۸۷]
- [9] Khanmoradi M, Niknami K. P Painted Parthian Stuccoes From Qal' Eh-I Yazdigird. *Pazhohesh-Ha-Ye Bastanshenasi Iran*, 2017; 7(13). [In Persian]
- [خان‌مرادی، مژگان و نیکنامی، کمال‌الدین. بررسی ساختار رنگدانه‌های به کار رفته در گچبری‌های به دست آمده از محوطه قلعه یزدگرد، پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران (نامه باستان‌شناسی)، ۷ (۱۳)، ۱۳۹۶]
- [10] Simpson S, Ambers J, Verri G, Deviese T, Kirby J. Painted Parthian stuccoes from southern Iraq. In 7th International

- Congress on the Archaeology of the Ancient Near East 2012, (pp. 209-220). Harrassowitz Verlag Wiesbaden.
- [11] Shekofteh A, Ahmadi H, Oudbashi O. Seljuk Brickwork Decorations and Their Sustainability in Khwarezm and Ilkhanid Decorations. *Iran University of Science & Technology*. 2015; 3 (1) :84-104 [in Persian].
[شکفته، عاطفه، احمدی، حسین و عودباشی، امید. آرایه‌های آجرکاری سلجوقیان و تداوم آن در آرایه‌های دوران خوارزمشاهی و ایلخانی، پژوهش‌های معماری اسلامی، ۳ (۱ پیاپی ۶): ۱۳۹۴]
- [12] Shekofteh, Atefeh. The Most Significant Visual Characteristic in Stucco Decorations, Ilkhanid, Architecture of Iran. *JIAS* 1 (2):79-98; 2013. [in Persian].
[شکفته، عاطفه. ویژگی‌های بصری شاخص آرایه‌های گچبری معماری عصر ایلخانی، مطالعات معماری ایران، ۲ (۱): ۱۳۹۱]
- [13] Mohtasham A, Salehiun L, Ahmadi K. Technical Study Of Stucco Ornamens In "Shah-Shahan" House Using Xrd, Sem And Wet Chemistry. *Journal Of Advanced Materials And Technologies*. 2014;3(2). [In Persian].
[محتشم، عادل، صالحیون، لیلا و احمدی، کامران. بررسی فنی آرایه‌های گچبری خانه شهشهان اصفهان با استفاده از روش‌های دستگاهی-SEM و EDS و XRD و شیمی تر، مواد و فناوری‌های پیشرفته، ۳ (۲): ۱۳۹۳]
- [14] Salehi Kakhki A, Aslani H. Presentation Of 12 Kinds Of Stucco Works Used In The Architectural Decoration Of The Islamic Period In Iran Based On Technical Properties. *Journal Of Archaeological Studies*. 2011;3(1 (Serial No. 3). [In Persian].
[صالحی کاخکی، احمد و اصلانی، حسام. معرفی دوازده گونه از آرایه‌های گچی در تزئینات معماری دوران اسلامی ایران بر اساس شگردهای فنی و جزئیات اجرایی، مطالعات باستان‌شناسی (دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران)، ۳ (۱): ۱۳۹۰]
- [15] Farahmand Boroujeni H, Abed Esfahani A, Shishebori T. The Study Of Materials And Techniques Of Mural Painting In Five Ilkhanid Monuments Of Yazd City. *Maremat-E Asar & Baft-Haye Tarikhi-Farhangi*. 2013;2(4). [In Persian].
[فرهمند بروجنی، حمید، عابد اصفهانی، عباس و شیشه‌بری، طاهره. شناخت مواد و فنون دیوارنگاری پنج بنای دوره ایلخانی شهر یزد. مرمت آثار و بافت‌های تاریخی و فرهنگی، ۳ (۴): ۱۳۹۱]
- [16] Mishmastnehi M. The Application Of Crystallographic Interpretation On Technical Study Of Gypsum-Based Historical Materials (Case Studies Of Stucco Decoration Of Kuh-E Khwaja And Gypsum Mortars From Shadiakh And Alamut). *Journal Of Research On Archaeometry*. 2016;1(2). [In Persian].
[میش مست نهی، مسلم. کاربرد تحلیل‌های بلورشناسی در مطالعات فنی آثار تاریخی گچی (مطالعه‌ی موردی گچبری کوه خواجه سیستان، ملات گچ شادیاخ نیشابور و ملات گچ قلعه الموت قزوین)، پژوهش باستان‌سنجی، ۱ (۲): ۱۳۹۱]
- [17] Karimpour, M. H. *Industrial minerals and Rocks*, Ferdowsi University Publication, No 250, Iran, [in Persian].
[کریم‌پور، محمد حسن. کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ۱۳۸۶]
- [18] Mitchell R.H., "Titaniferous phlogopites from the Leucite lamproites of the West Kimberley area, Western Australia", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 76 (1981) 243-251.
- [19] Zhang M., Suddaby P, Thompson R. N Dungan M. A., "Barian-titanian phlogopite from potassic lavas in northeast China: chemisry, substitutions and paragenesis", *Am.Mineral* 78 (1996) 1056-1065.