



Original Paper

Investigation and Recognition of Organic Materials of Pastiglia Layer and Gliding of Safavid Period in Chehel Sotoun Palace of Qazvin



Seyyed Mohsen Haji Seyyed Javadi^{1*}, Asghar Fahimifar², Yaser Hamzavi³

¹ Assistant Professor at Department of Art and Architecture, Payam-e Noor University, Tehran, IRAN

² Associate Professor, Tarbiat Modares University, Department of Art and Art History Research, Tehran, IRAN

³ Assistant Professor, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

Received: 02/26/2020

Accepted: 07/19/2020

Abstract

Pastiglia and gilding are one of the most complex and special methods of surface decoration in Islamic architecture of Iran, the flourishing of which should be sought in the Safavid period; this architectural array, which is a combination of organic materials as well as metallic and non-metallic minerals, was processed and executed during a special process. In order to properly protect the work and also to retrieve the technical information contained in it, as well as to obtain the technical information of this type of architectural arrangement in Safavid Iran, its artistic and technical recognition in Chehel Sotoun of Qazvin as one of the most important buildings in the capital. Safavism becomes important and necessary. From the first capital of the Safavid period (in Tabriz) there is no layered and gilded array and Qazvin before Isfahan was considered and appropriate measures have been taken to create architectural arrays. The present research is trying to study the structure of layered and gilded arrays in the two Safavid periods (Shah Tahmaseb and Shah Abbas I period) in Chehel Sotoun of Qazvin.

This research has been done with a laboratory approach with the aim of analyzing and understanding the structure of different parts of these arrays, including the organic and inorganic structure of the pastiglia layer, as well as the golden layer used on the pastiglia layer, called gilding. In this regard, sampling was done from the layer of pastiglia and gilding related to Shah Tahmaseb period and also the layer related to Shah Abbas Safavid period, which was evaluated using analyzes (SEM-EDS, FT-IR, GC-MS) and were compared. The result of EDS analysis from the surface of the metal layer indicates high purity gold. Also, the mineral part of the pastiglia layer is composed of gypsum and a type of soil with a high percentage of iron (Hormuz or Armenian mud). Examination of SEM images on the samples showed the presence of residues of organic matter used in pastiglia and gold-plated arrays. Examination of the samples with GC-MS indicates the use of vegetable oils, which due to the significant amount of eighteen carbon compounds and their oxides, it can be attributed to flaxseed oil as a gold leaf adhesive in pastiglia layer arrays and Gilding has been used.

Keywords: Pastiglia, Gilding, Chehel Sotoun of Qazvin, SEM-EDS, FT-IR, GC-MS

* Corresponding author: hajsayyedjavady@yahoo.com

Introduction

Pastiglia and gilding are one of the most complex methods of surface decoration in Islamic architecture of Iran, the flourishing of which should be sought in the Safavid period; this architectural array, which is a combination of organic materials and metallic and non-metallic minerals, was processed and executed in a special process. In order to properly protect the work and also to retrieve the technical information contained in it and also to obtain the technical information of this type of architectural arrangement in Iran during the Safavid period, its artistic and technical recognition in Chehel Sotun Palace of Qazvin becomes important and necessary as one of the most important capital buildings in the Safavid era. From the first capital of the Safavid period, pastiglia and gilding has not remained and Qazvin was considered before Isfahan and appropriate actions have been done to create architectural arrays. The present study has investigated the structure of pastiglia and gilding arrays in two Safavid periods (Shah Tahmaseb and Shah Abbas I period) in Chehel Sotun Palace of Qazvin.

Materials and Methods

During this research sampling was done from the pastiglia and gilding parts of the layer related to Shah Tahmaseb as well as the layer related to Shah Abbas I, which was evaluated using SEM-EDS, FT-IR, GC-MS analyzes. These samples were compared. The prepared samples show three layers of gypsum substrate, pastiglia and gold leaf; In SEM-EDS, EDS analysis was first prepared from the surface of the sheet metal and also from the surface of the pastiglia to identify the sheet material as well as to determine whether the pastiglia minerals are similar or different from the samples studied in Isfahan. To identify organic materials in the pastiglia as well as the adhesive under the gold foil, the surface of the samples was first monitored by SEM to record possible residues. Images were taken at 5000x magnification from the surface of the gold-plated samples. Images with 6,000x, 2,000x, and 10,000x magnifications were also taken from the middle parts of the pastiglia. Also, for FT-IR analysis, gypsum substrate, pastiglia, and gold were analyzed separately so that with the same view selected for the previous experiment, the materials used in the fasteners can be identified using the difference between the identified materials and their quantity. For GC-MS analysis, a sample of pastiglia and gold layer were prepared from each period, so that in the pastiglia sample, the gold layer was removed as much as possible, and in the gold layer sample, the thickness of the rose layer was minimized to distinguish the organic materials used in the pastiglia and the adhesive under the gold using the difference of the identified materials and their quantity in the layers.

Discussion and Results

Examination of SEM images indicates the presence of residues of organic material, which are then examined by FT-IR and GC-MS analyzers. Studies have shown that gold leaf is eroded and gypsum crystals from the pastiglia are clearly visible. In this part, amorphous non-crystalline materials are partially and rarely visible. In this part, amorphous non-crystalline materials are partially and rarely visible. Also, in a part, the gold leaf is completely separated and destroyed, but its adhesive layer is seen as a smooth and polished surface in a dark color. The lower part of the gold leaf is seen more clearly and in layers. Given the crystalline structure of the minerals used in the pastiglia and the differences between the layers identified with them, it can be considered that what is seen is organic material. In the pastiglia studied samples, the structures are mineral materials whose crystalline forms are known and identifiable, and what is recorded in the images is completely different from their crystalline structure, and on the other hand, it is not a function of mineral crystallization structure systems so it can be concluded that what is recorded is the remains of organic materials.

The FT-IR results do not report any organic materials in the internal structure, and based on that, only the presence of gypsum and soil compounds of silicon and iron can be mentioned. Examination of samples with GC-MS indicates the use of vegetable oils, which due to the significant amount of eighteen carbon compounds and its oxides, it can be attributed to flaxseed oil. The result of EDS analysis from the surface of the metal layer indicates high purity gold. Also, the result of this analysis from the material part of the porcelain layer shows gypsum along with soil with high iron. The FT-IR spectrum of all four samples provides the same information. Absorption

bands in the areas of cm^{-1} 13550-3400 related to asymmetric tensile vibrations of OH and absorption bands 602 and 668 cm^{-1} can be related to sulfate adsorption, both of which can be attributed to the presence of gypsum in these structures. Adsorption bands in the areas of 1620-1680 cm^{-1} can also be considered due to hydration of sulfate in gypsum. Although vibrations associated with the C = C and C = N groups can also cause absorption bands in this area, other absorption bands should also be considered. Due to the weak adsorption band associated with organic materials, including the absence of CH-induced adsorption in the area of 2800-2950, the possibility of sulfate hydration seems more certain. Elongated and weakly absorbed band 210-220 cm^{-1} can be associated with HCO_3^- vibrations. Two weak absorption bands in the regions of 1415 and 1438 cm^{-1} can be considered as caused by CH vibrations. The 475 cm^{-1} absorption band can also be associated with silicate vibrations and the 430 cm^{-1} absorption band can be attributed to FeO vibrations.

Also in samples F1-1 and F2-2, poor absorption in the range of about 1575 cm^{-1} can be attributed to symmetric CNO vibrations. The intensity of these two recent adsorption bands is so low that no definite conclusion can be drawn based on it, and in general, FT-IR results can be related to adsorption due to calcium sulfate, iron oxide and silicon and the presence of organic matter or its type cannot be strongly confirmed in these samples. In the GC-MS experiment, protein identities as well as amino acids were singled out, and oils, different percentages of carboxylic acids, and ester derivatives of fatty acids were recognized. The results show the constituents of vegetable oils, their oxides and in some cases their glyceride chains. In the results of this method, different structures of carboxylic acids and their derivatives, especially sixteen carbon esters (palmitic acid) and eighteen carbon (stearic, linolenic, linoleic and oleic acid) and their oxides were recognized. They can indicate flaxseed oil. Depending on the saturation of these structures, different behaviors occur in oxidation and then derivation from them, so different combinations of them are seen in this analysis. None of the amino acid-related structures that make up animal adhesives such as silk were shown in this analysis. Also, according to the analysis method, it was not expected that the structure of terpenoid resins could be extracted and identified because these resins are long-chain due to polymerization and cannot be identified by solvent derivation in GC-MS.

Conclusion

The results of the analysis on the samples of the two periods were very similar to each other, which shows the continuity of the technique of performing layer arrays of pastiglia and gilding in the two different Safavid periods. Eventually, the results show that the structure of the materials used in the pastiglia of the two Safavid periods of the Chehel Sotun palace of Qazvin are similar.



بررسی و شناخت مواد آلی لایه‌چینی و طلاچسبان دوره صفویه در کاخ چهل‌ستون قزوین*

سید محسن حاجی سید جوادی^{۱*}، اصغر فهیمی‌فر^۲، یاسر حمزوی^۳

۱. استادیار بخش هنر و معماری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، گروه پژوهش و تاریخ هنر، تهران، ایران

۳. استادیار دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۷

چکیده

آرایه لایه‌چینی و طلاکاری یکی از پیچیده‌ترین و خاص‌ترین شیوه‌های تزئین سطح، در معماری اسلامی ایران است که شکوفایی آن را باید در دوره صفوی جست‌وجو کرد؛ این آرایه معماری که ترکیبی از مواد آلی و همچنین مواد معدنی فلزی و غیرفلزی در کنار یکدیگر است، طی فرایند خاصی عمل‌آوری و اجرا می‌شده است. جهت حفاظت صحیح اثر و همچنین بازیابی اطلاعات فنی نهفته در آن و همچنین دستیابی به اطلاعات فنی این گونه آرایه معماری در ایران دوره صفویه، بازساخت هنری و فنی آن در کاخ چهل‌ستون قزوین به عنوان یکی از مهم‌ترین بناهای پایتخت بخشی از دوره صفویه، اهمیت و ضرورت پیدا می‌کند. از اولین پایتخت دوره صفویه (در تبریز) آرایه لایه‌چینی و طلاکاری باقی نمانده است و قزوین قبل از اصفهان مورد توجه بوده و اقدامات شایسته‌ای در خلق آرایه‌های معماری انجام پذیرفته است. پژوهش حاضر، به مطالعه ساختار آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری در دو دوره صفویه (دوره شاه تهماسب و دوره شاه عباس) در کاخ چهل‌ستون قزوین پرداخته است. این پژوهش، با رویکرد آزمایشگاهی با هدف واکاوی و شناخت ساختار بخش‌های مختلف این آرایه‌ها از جمله ساختار آلی و معدنی لایه‌چینی و همچنین لایه طلایی استفاده شده بر روی لایه‌چینی، موسوم به طلاکاری، انجام پذیرفته است. در این راستا، از بخش لایه‌چینی و طلاکاری لایه مربوط به دوره شاه تهماسب و همچنین لایه مربوط به دوره شاه عباس صفوی نمونه‌برداری انجام پذیرفت که با استفاده از آنالیزهای (GC-MS, FT-IR, SEM-EDS) به ارزیابی و مقایسه این نمونه‌ها پرداخته شد. نتیجه آنالیز EDS از سطح لایه فلزی، نشان‌دهنده طلا با خلوص بالا است، همچنین بخش معدنی لایه‌چینی، از ترکیب گچ و نوعی خاک با درصد آهن بالا (گل هرمز یا گل ارمنی) تشکیل شده است. بررسی تصاویر SEM بر روی نمونه‌های مورد بررسی، نشان‌دهنده وجود بقایایی از مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است. بررسی نمونه‌ها با GC-MS نشان‌دهنده استفاده از روغن‌های گیاهی است که با توجه به مقدار قابل توجه ترکیبات هجده کربنی و اکسیدهای آن، می‌توان آن را منسوب به روغن بزرک دانست که به عنوان چسباننده ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری مورد استفاده بوده است.

واژگان کلیدی: لایه‌چینی، طلاچسبان، کاخ چهل‌ستون قزوین، GC-MS، FT-IR، SEM-EDS

* این مقاله برگرفته از رساله دکترای تخصصی نگارنده اول در رشته پژوهش هنر دانشگاه تربیت مدرس با عنوان «مطالعه ساختار آرایه‌های طلاکاری، لایه‌چینی و آنالیز نقوش تزئینی آن در دوره صفوی در عمارت چهلستون قزوین» است.

** مسئول مکاتبات: تهران، بلوار ارتش، ابتدای شهرک نفت، خیابان نخل، سازمان مرکزی دانشگاه پیام نور

پست الکترونیکی: hajsayyedjavady@yahoo.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.

۱. مقدمه

یکی از فنون تزئینی در هنر دیوارنگاری معماری ایرانی-اسلامی، آرایه لایه‌چینی است؛ لایه‌چینی به معنی قرار دادن چندین لایه از یک مایع روان با قلم‌مو در چند مرحله روی سطح صاف به منظور ایجاد یک نقش برجسته است. این نقش (که اغلب، قرمز رنگ بوده) زمینه‌ای برای قرارگیری ورقه‌های فلزی (ورق طلا) بوده و سبب می‌شده‌است که ویژگی‌های بصری این ورقه‌های فلزی برای اهداف خاصی تغییر کند [1]. لایه‌چینی یکی از بخش‌های برخی از دیوارنگاره‌ها است. دیوارنگاره‌ها بسته به کیفیت آثار، حداقل از دو لایه تکیه‌گاه (سازه معماری) و لایه رنگ (نقوش)، تا شش لایه (تکیه‌گاه، لایه آستر، لایه بستر، لایه بوم‌کننده، لایه رنگ، و لایه محافظ یا ورنه) متغیر بوده و اجرا می‌شده‌اند [2]. در واقع لایه‌چینی بر روی لایه بستر گچی اجرا می‌شده که خود بستری برای طلاچسبان بوده است. مضامین اصلی در این آرایه‌ها بیش‌تر گل‌ها و برگ‌های اسلیمی و ختایی بوده که در راستای ارتباط انسان با طبیعت و عالم مثال ایجاد شده‌اند. از آنجایی که آرایه لایه‌چینی در دوره صفویه در کاخ‌ها و بناهای مهم به ویژه کاخ چهل‌ستون قزوین به وفور اجرا شده، از اهمیت بالایی برخوردار است. در خصوص فن‌شناخت این گونه از آرایه‌های معماری مطالعات کمی صورت گرفته و شناخت زیادی حاصل نشده است. یک پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مرمت اشپای تاریخی و فرهنگی در دانشگاه هنر تهران در این حوزه انجام شده که محدود به سه بنای صفوی چهل‌ستون، عالی قاپو و هشت بهشت اصفهان می‌شود [1] و یک پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته باستان‌سنجی در دانشگاه هنر اسلامی تبریز انجام پذیرفته که نمونه‌های مطالعاتی مربوط به دو کلیسای وانک و بیت‌الحم اصفهان است [3]. بنابراین مطالعه تخصصی ساختارشناسی بر روی آرایه‌های لایه‌چینی، کم و محدود به اصفهان است.

در این پژوهش، تلاش شده است تا مواد آلی چسباننده در ماده لایه‌چینی و همچنین چسب استفاده شده برای طلاچسبانی مورد مطالعه دقیق قرار گیرد و برای اولین بار اطلاعات فنی پیرامون لایه‌چینی از دولا

مختلف دیوارنگاره در کاخ چهل‌ستون قزوین که هر دولا به مربوط به دوره صفویه است، به‌دست آید. با توجه به این که عمارت مذکور جزو اولین بناهای معرف هنر و معماری دوره صفویه است (که باقی مانده و قابل بازدید است)، شناخت فنی و هنری آن در سیر هنر دوره صفویه اهمیت بسیاری دارد، اما تاکنون بررسی‌های منسجم و گسترده‌ای در مورد آن مشاهده نمی‌شود. هدف این پژوهش شناخت فنی مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری به جا مانده از دوره‌های اول و دوم حکومت صفویه در کاخ چهل‌ستون قزوین است.

در این مقاله، پس از پیشینه پژوهش، مواد و روش‌های آزمایشگاهی معرفی شده و سپس اطلاعات اولیه به‌دست آمده از آنالیزها ارائه شده است. در ادامه، تحلیل‌های مربوط به یافته‌های پژوهش انجام شده و در پایان، نتیجه‌گیری کلی از پژوهش ارائه شده است.

۲. پیشینه پژوهش

دیوارنگاره‌های کاخ چهل‌ستون قزوین از حیث شناخت مکتب‌های نگارگری و به خصوص مکتب قزوین حائز اهمیت است و از طرفی نیز برخی نگاره‌ها را منسوب به هنر خود شاه تهماسب صفوی می‌دانند که ارزش‌های معنوی آثار را ارتقا می‌دهد؛ ولی تاکنون مطالعه‌ای در مورد ساختارشناسی آن‌ها صورت پذیرفته است؛ تنها مطالعه در خصوص فن و ساختار دیوارنگاره‌های عمارت مذکور مربوط به پایان‌نامه‌ای در مقطع دکترای تخصصی پژوهش دانشگاه تربیت مدرس است. موضوع این پایان‌نامه درباره شناخت ساختاری مواد مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است که از طریق بررسی‌های میکروسکوپی، آنالیز عنصری و تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) و بررسی ترکیب فازی (XRD) از لایه‌های مذکور صورت پذیرفته و در آن، به وجود سه لایه بستر گچی، گل سرخ حاصل از گچ و گل رس، و نیز استفاده از ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی دو دوره صفوی اشاره شده است [4]. دیگر مطالعات صورت گرفته، بیش‌تر در حوزه معرفی بنا، ساخت، تعمیرات، الحاقات، مرمت و بازسازی، و معرفی آرایه‌های معماری آن بر پایه اسناد تاریخی و شواهد باقی

مانده در بنا است [5]؛ [6]؛ [7]؛ [8]؛ [9] و [10].

پژوهش و شناخت آثار تاریخی گچی در ایران دو مشکل فنی دارد که اغلب ناشی از شناخت خصوصیات بلور گچ، همچون تغییرات حالیت یا شکل بلوری در اثر حضور مواد افزودنی یا تغییرات محیطی است [11].

همچنین پژوهش‌هایی مربوط به ماده آلی و معدنی در ساختار لایه‌چینی و دیوارنگاره‌ها در دیگر بناهای دوره صفوی و قبل و بعد از آن صورت پذیرفته است؛ در مقاله‌ای فن ساخت و عناصر مورد استفاده در لایه‌چینی‌ها و طلاچسبانی‌های کاخ عالی‌قاپو، چهل‌ستون و هشت‌بهشت اصفهان توسط آنالیزهای TLC، XRD،

SEM-EDX بررسی شده که در ترکیب لایه‌چینی‌های مورد مطالعه، گچ کشته‌نشده، گل ارمنی و یک چسب پروتئینی شناسایی شده است [1]. در مقاله‌ای دیگر لایه‌های دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین یزد توسط آنالیزهای SEM-EDX، XRD و شیمی کلاسیک (شناسایی رنگ‌دانه‌ها و رنگینه‌ها به کمک شناساگرهای شیمیایی) بررسی شده و چندلایه بودن، نیمه کشته و تیز بودن لایه‌های بستر، استفاده از ورق طلا، رنگدانه‌های سبز سیلو، سنگرف و رنگینه نیل و واسطی روغنی در فن طلاچسبانی حاصل آمده است [12]. در مقاله‌ای دیگر آرایه‌های طلاکاری روی سنگ‌های مجموعه کاخ گلستان تهران، توسط روش‌های آنالیزی SEM-EDS و FTIR بررسی شده که در خصوص فن طلاچسبانی آن‌ها، ماده مورد استفاده، واسطی روغنی (به احتمال زیاد، روغن کمان) معرفی شده است [13]. در مقاله‌ای دیگر نیز آرایه‌های طلاکاری کتیبه‌های سنگی کلیسای وانک در اصفهان، با روش‌های آنالیزی SEM-EDS و FTIR مطالعه شده و فن طلاچسبانی آن توسط واسطی روغنی معرفی شده است [14]. در پایان‌نامه کارشناسی ارشد دیگری، آرایه‌های لایه‌چینی کلیسای وانک و بیت‌لحم اصفهان توسط آنالیزهای XRF، XRD، SEM-EDS، GC-MS، FT-IR، Py-GC-MS مورد بررسی قرار گرفته و سریشم برای بست لایه‌چینی، و روغن بزرک برای طلاچسبانی شناسایی شده است [3].

از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه لایه‌چینی در اروپا مطالعات نادولنی است که به بررسی

تکنیک‌های طلاکاری برجسته شمال اروپا در قرون ۱۲ تا ۱۵ میلادی پرداخته است [15]. کلمبینی برای شناسایی مواد پروتئینی با منشأ شیر به عنوان چسب در طلاکاری نمونه‌های مربوط به سه کلیسا در ایتالیا، از GC/MS استفاده کرده‌است [16]. از دیگر پژوهش‌های مشابه، در راستای روش تحقیق پژوهش حاضر، می‌توان به تحقیقاتی اشاره کرد که برای شناسایی مواد آلی بست و چسب، به روش CG/MS و Py-GC-MS انجام یافته‌اند [17].

۳. کاخ چهل‌ستون قزوین

شهر قزوین در دوره صفویه برای بیش از نیم قرن، پایتخت کشور ایران بوده است و به طور رسمی اولین دولت‌خانه و باغ‌شهر شاهی دوره صفویه محسوب می‌شود. دولت‌خانه مذکور از سال ۹۶۲ تا ۹۶۶ ه. ق. در ۷۴ هکتار با نقشه‌ای مهندسی شده و منظم برای زندگی خاندان سلطنتی، امرای دولت و پذیرایی از مهمانان سلطنتی ساخته شده است. امروزه تنها چند اثر شاخص از بناهای شهرشاهی آن دوره به جا مانده که از آن میان کاخ چهل‌ستون با توجه به دیوارنگاره‌های به جامانده از مکاتب اولیه دیوارنگاری دوره صفوی، اهمیت بسزایی دارد که نیازمند پژوهش‌های گسترده نیز است. این بنا در بخش شمالی مجموعه دولت‌خانه و تقاطع خیابان‌های اصلی است. اصل بنا یک طبقه‌ای هشت ضلعی با دیوارنگاره‌های داخلی و بیرونی مربوط به دوره شاه تهماسب است و طبقه دوم به احتمال زیاد در دوره شاه عباس به بنا افزوده شده است؛ همچنین بنا در دوره‌های مختلفی مورد مرمت، تعمیر و بازسازی الحاقاتی قرار گرفته است [9] (شکل ۱؛ جدول ۱).

کاخ چهل‌ستون در بخش شمالی مجموعه بناهای سلطنتی سعادت‌آباد به عنوان محل سکونت شاهان صفوی و اغلب محل پذیرایی از شخصیت‌های مهم داخلی و خارجی بوده که بنایی هشت‌گوش و نامنظم روی سکویی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و در دو طبقه با زیربنای تقریبی ۵۰۰ متر مربع بنا شده است. رواقی با ستون‌های آجری و قوس‌های نیم‌دایره‌ای بنا را دربرگرفته و بر بالای آن ایوانی با ستون‌های چوبی

استوار شده است. نقشه بنا دارای طرحی با محورهای صلیبی و برون‌گرا و سقف طبقه همکف پوشیده از یزدی‌بندی و کاربندی و سقف طبقه فوقانی خنجره‌پوش است. اطراف ایوان دارای ستون‌های استوانه‌ای آجری با قوس‌های نیم‌بیضی است [4]. تقریباً تمام نمای بنا از نقاشی پوشیده است. مهم‌ترین

بخش آن تالار مرکزی وسیعی است که با دهانه‌هایی با قوس جناقی به ایوان‌ها متصل می‌شوند. در دوره دوم صفوی این قوس‌ها کندتر و دیوارنگاره‌های دیگری روی آن‌ها جایگزین شدند. سپس در دوره قاجار با قوس‌های دایره‌ای با دهانه بزرگ‌تر پوشانده‌اند و دیوارنگاره‌های دیگری جایگزین آن‌ها شده است (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت شماتیکی قزوین و بنای چهل‌ستون به همراه تصویر و پلان بنا
Fig. 1: The schematic location of Qazvin and the construction of Chehelsotoun along with the image and plan of the building



شکل ۲: لایه‌چینی و طلاکاری در لایه‌های مختلف آرایه معماری در عمارت چهل‌ستون قزوین
Fig. 2: Pastiglia and gilding in different layers of architectural arrangement in Qazvin chehelsotoun

جدول ۱: دوره‌های زمانی مداخلات (بازسازی، تعمیر، مرمت، الحاقات) در بنای چهل ستون قزوین [5, 4, 9 و 18]
Table 1: Time periods of interventions (reconstruction, repair, restoration, additions) in Qazvin Chehelstoun

نوع مداخله در عمارت چهل ستون قزوین TYPE OF INTERVENTION IN QAZVIN CHEHELSTON MANSION	دوره زمانی PERIOD(S)
احداث دولت‌خانه Construction of Dowlat khaneh	دوره شاه تهماسب صفوی THE PERIOD OF SHAH TAHMASB SAFAVID
تغییرات در ارکان دولت‌خانه و باغ سعادت آباد Changes in the elements of government place (Dowlat khaneh) and garden of Saadat Abad	دوره صفوی، شاه اسماعیل دوم SAFAVID PERIOD, KING ISMAIL II
افزودن طبقه دوم و پلکان آن از جنوب شرقی عمارت Add the second floor and its stairs from the southeast direction of the mansion	دوره صفوی، شاه عباس (۱۰۳۸ ق. / ۱۶۲۹ م.) SAFAVID PERIOD, SHAH ABBAS (1629)AD
اولین تعمیرات بنا The first restoration of the building	دوره قاجار (۱۲۹۵ ق. / ۱۸۷۸ م.) QAJAR PERIOD (1878 AD)
دوره دوم تعمیرات به خصوص در طبقه دوم و افزایش ارتفاع سقف، الحاق رواق آجری با قوس نیم‌دایره اطراف بنا، و ساخت پلکان برای طبقه دوم بنا از جانب شمال Second period of repairs, especially on the second floor and elevation of the roof, brick fitting with semicircular arch around the building, and construction of stairs for the second floor on the north side	دوره قاجار (۱۳۰۵ - ۱۳۰۶ ق. / ۱۸۸۸ - ۱۸۸۹ م.)، سعدالسلطنه THE QAJAR PERIOD (1889-1888), DURING THE REIGN OF SAAD AL-SALTANAH
تعمیرات دوره سوم Third Period of Restoration	دوره قاجار (۱۳۲۰ ق. / ۱۹۰۲ م.)، سالار اکرم THE QAJAR PERIOD (1902 AD), SALAR AKRAM'S REIGN
ساختن پلکانی برای عمارت Build a staircase for the mansion	دوره قاجار (۱۳۳۷ - ۱۳۳۸ ق. / ۱۹۱۹ - ۱۹۲۰ م.) سال‌های حکومت نظام‌السلطان و موفق الدوله THE QAJAR PERIOD 1919 TO 1920A.D - REIGN OF NEZAM AL-SULTAN AND MUFAFAGH AL-DAWLAH
حذف پلکان The stairs were removed and demolished	دوره قاجار (۱۳۳۹ ق. / ۱۹۲۱ م.) THE QAJAR PERIOD (192 A.D)
پی بردن به نقاشی‌های زیرلایه گچی، تغییر مسیر دسترسی طبقه دوم، تعبیه سقف شیب‌دار با ورق گالوانیزه Paintings found on gypsum substrate - second floor access path changed - galvanized sheet gable roof installed	دوره پهلوی (۱۳۳۶ ش. / ۱۹۵۷ م.) A.D) PAHLAVI PERIOD (1957
اولین مرمت‌های علمی در بنا، کلاف‌کشی و استحکام‌بخشی The first scientific reconstruction of the building was carried out - Tie stiffening and strengthening was done	دوره پهلوی (۱۳۴۷ ش. / ۱۹۶۸ م.) PAHLAVI PERIOD (1968)
لایه‌برداری نقاشی‌ها و جداکردن برخی نقاشی‌ها از بنا The paintings were peeled and some paintings were removed from the building	دوره پهلوی (۱۳۵۲ ش. / ۱۹۷۳ م.) PAHLAVI PERIOD (1973)
کلاف‌کشی دور ایوان The tie wrapping was done around the porch	دوره پهلوی (۱۳۵۷ ش. / ۱۹۷۸ م.) PAHLAVI PERIOD (1978)
توقف اقدامات حفاظت و مرمت تزئینات All preservation and restoration activities were stopped	دوره جمهوری اسلامی (۱۳۶۰ ش. / ۱۹۸۱ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1981)
قرار دادن تیرآهن به جای ستون‌های چوبی، و کانال‌کشی (گربره‌رو) در پایه ستون‌ها برای دفع رطوبت Instead of wooden columns, iron beams were inserted At the base of the columns for damping and moisture removal, channeling was performed	دوره جمهوری اسلامی (۱۳۶۱ ش. / ۱۹۸۲ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1982)
مرمت شیروانی و سقف The roof of the building were repaired	دوره جمهوری اسلامی (۱۳۷۱ ش. / ۱۹۹۲ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1992)
تبدیل بنا به موزه This monument became a museum	دوره جمهوری اسلامی (۱۳۷۷ ش. / ۱۹۹۸ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1998)



شکل ۳: آرایه لایه‌چینی و طلاکاری مربوط به عمارت چهل‌ستون قزوین که به شیوه استاکو جدا شده و بر روی پنل چوبی نصب شده است.
Fig. 3: Pastiglia and gilding layer arrangement related to Qazvin Chehelsetoun, which has been separated in the style of Stako and installed on a wooden panel.

دیوارنگاره‌های کاخ چهل‌ستون قزوین مربوط به سه دوره زمانی، در حکومت‌های صفویه و قاجار، است؛ دیوارنگاره‌های لایه اول (لایه زیرین) مربوط به دوره شاه تهماسب صفوی، لایه دوم به احتمال زیاد، مربوط به بازسازی‌های زمان شاه عباس صفوی و لایه سوم مربوط به دوره قاجار و سلطنت ناصرالدین شاه است [9,5 و 19]. این آرایه‌های معماری در گذر زمان آسیب‌های بسیاری دیده و برخی به کل نابود شده‌اند و تنها در بخش‌های اندکی از بنا می‌توان توالی لایه‌های مختلف دیوارنگاره‌های این سه دوره را در بنا مشاهده کرد (شکل ۴).

طبقه دوم بنا یک تالار با چهار گوشواره در چهار طرف است که یکی از گوشواره‌ها برای راه‌پله استفاده می‌شود. طبقه دوم نیز با دیوارنگاره‌هایی مزین بوده که امروزه بخش ناچیزی از آن‌ها باقی است. بر گرداگرد بنا غلام‌گردش وجود دارد که طبقه اول با ستون‌های مدور آجری تزئین شده و طبقه دوم با ستون‌های نازک چوبی مزین شده است. قوس‌های طبقه دوم نیز متعلق به دوره قاجار هستند [18]. در دوره‌های گذشته و در مرمت‌های پیشین، بخشی از آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری به شیوه استاکو از معماری جدا شده‌اند و بر روی پنل‌های چوبی نصب و نگهداری می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۴: سه لایه تزئینی از دوره‌های صفوی و قاجار؛ لایه ۱: دوره شاه تهماسب، لایه ۲: دوره شاه عباس و لایه ۳: دوره قاجار
Fig. 4: Three decorative layers from Safavid and Qajar periods; Layer 1: Shah Tahmasb period, layer 2: Shah Abbas period and layer 3: Qajar period

۴. مواد و روش‌های آزمایشگاهی

از بخش غربی ایوان جنوبی کاخ چهل‌ستون که نقوش گیاهی (ختایی) دو دوره صفویه روی همدیگر قرار داشتند، به کمک ابزار دندانپزشکی (تیغ بیستوری) تا عمق لایه بستر گچی به منظور تهیه مواد مورد نیاز آزمایش‌های این پژوهش، نمونه‌برداری شد (شکل ۵). در ابتدا به منظور مشاهده بقایای آلی، نمونه‌های مذکور با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) دانشگاه تربیت مدرس تهران (مدل ProX، شرکت Phenom کشور هلند) تصویربرداری شدند. سپس شناسایی بست مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و فازهای مواد آلی نمونه‌ها توسط دستگاه FT-IR Spectrometer مدل

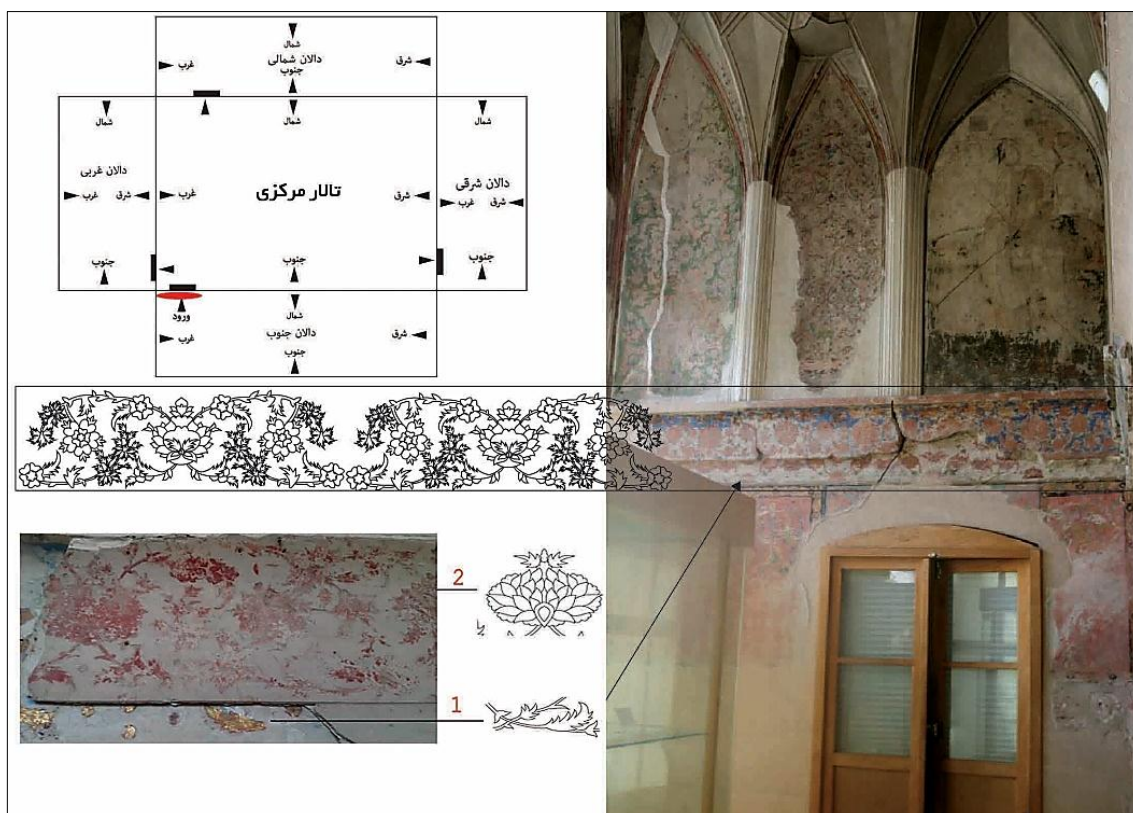
PorkinElmer شرکت Frontier ایالات متحده آمریکا، به روش پودری و تهیه قرص شفاف در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس و به صورت پودر کردن مستقیم بخشی از نمونه‌ها انجام شد. در ادامه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مدل Termo Finnigan دانشکده داروسازی دانشگاه شهید بهشتی تهران برای شناخت بست‌های مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی دو دوره بنا استفاده شد.

نمونه‌های تهیه شده مربوط به دو دوره صفویه، سه لایه بستر گچی، لایه‌چینی و ورق طلا را نشان می‌دهند؛ برای آنالیز GC-MS از هر دوره یک نمونه از لایه‌چینی و لایه طلا آماده‌سازی شدند به نحوی که در نمونه

جدول ۲: مشخصات و ویژگی‌های آنالیز کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی

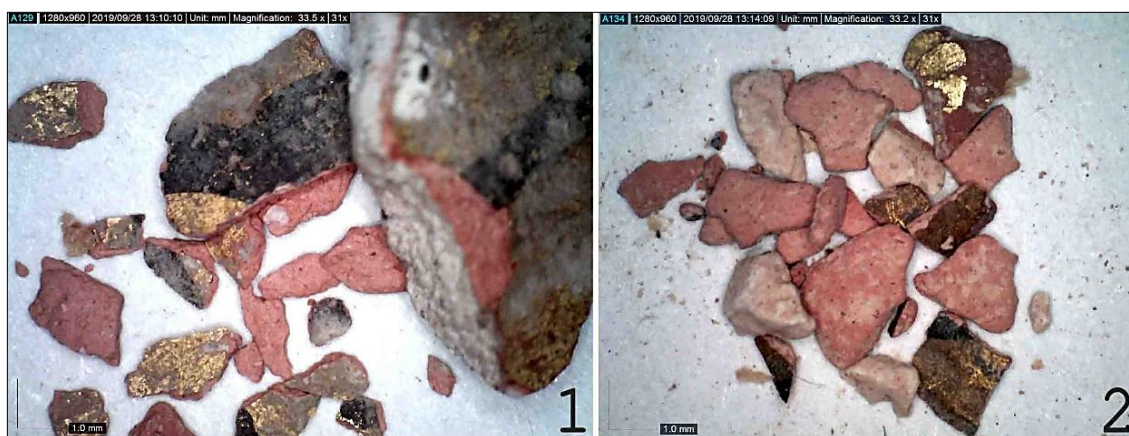
Table 2: Specification of GC-MS analysis

Agilent 7000, Triple Quad, GC 7890A	Column: 30m* 0.25mm id* 0.25µm	HP-5MS
Injection Volume: in acqmeth	Split: in acqmeth	Heater: in acqmeth
Carrier: Helium constant in acqmeth	Temperature Programming: in acqmeth Ion Source: 230°C	Detection: MS in scan mode (25-800 amu)
EI : 70ev	Transfer line: 300°C	NIST Library



شکل ۵: نماهایی از محل نمونه‌برداری به منظور آزمایش‌های منتخب پژوهش

Fig. 5: Facades from the sampling site for selected research experiments



شکل ۶: نمونه‌های برداشت شده لایه بستر گچی به همراه آرایه لایه‌چینی و طلاچسبان از دوره‌های اول و دوم صفوی
Fig. 6: samples of gypsum layer along with pastiglia and gilding layer arrangement from Safavid periods 1 and 2

جدول ۳: کدگذاری نمونه‌های منتخب از دوره‌های صفوی عمارت چهل‌ستون قزوین
Table 3: Coding of selected samples from Safavid periods of Qazvin Chelstouton

دوره تاریخی	نوع آزمایش	شماره نمونه‌ها	لایه چسب زیر ورق طلا	لایه‌چینی
شاه تهماسب	GC- MS	G.1	G.1.1	G.1.2
شاه عباس		G.2	G.2.1	G.2.2
شاه تهماسب	FT-IR	F.1	F.1.1	F.1.2
شاه عباس		F.2	F.2.1	F.2.2

جنس ورق شناسایی و همچنین مشخص شود که مواد معدنی لایه‌چینی شبیه به نمونه‌های مطالعه شده در اصفهان هست یا متفاوت از آن‌ها است.

SEM: برای شناسایی مواد آلی در لایه‌چینی و همچنین چسب زیر ورق طلا، ابتدا توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) سطح نمونه‌ها پایش شد تا بقایای احتمالی از آن‌ها ثبت شود. مشاهده و تشخیص وجود مواد آلی که ظاهری کاملاً متفاوت از مواد معدنی دارند، در تصاویر الکترونی با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر ممکن است. امتیاز میکروسکوپ الکترونی روبشی در توانایی ذاتی آن برای مشاهده نمونه‌های زیستی در مقیاس میکرو و نانو، استفاده از تصاویر الکترون‌های ثانویه و برگشتی است؛ بررسی مواد زیستی نیازمند فرایندهای آماده‌سازی نمونه است [20، 21 و 22]؛ اما مواد آلی مورد بررسی این پژوهش، با گذر زمان کاملاً خشک بود و در بستر متفاوت معدنی و خشک گچی قرار داشت که نیاز به آماده‌سازی نمونه برای مشاهده نداشت.

لایه‌چینی حتی‌المقدور لایه طلا حذف شد و در نمونه لایه طلا، میزان ضخامت لایه گل سرخ به حداقل رسید تا با اختلاف مواد مورد شناسایی و کمیت آن‌ها در لایه‌ها بتوان مواد آلی به کار رفته در لایه‌چینی و چسب زیر طلا را از هم تمیز داد.

برای آنالیز FT- IR نیز لایه‌های بستر گچی، لایه‌چینی و طلا به صورت مجزا آنالیز شدند تا با همان دیدگاه منتخب برای آزمایش پیشین، با مشاهده اختلاف مواد مورد شناسایی و کمیت آن‌ها بتوان مواد به کار رفته در بست‌ها را شناسایی کرد (شکل ۶).

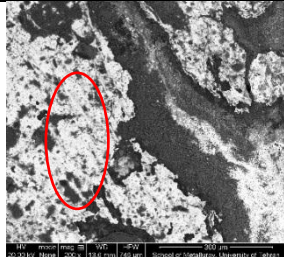
نمونه‌های با کد N1 و N2 مربوط به آنالیز GC- MS بوده و نمونه‌های با کد F1 و F2 مربوط به آنالیز FT- IR است (جدول ۳).

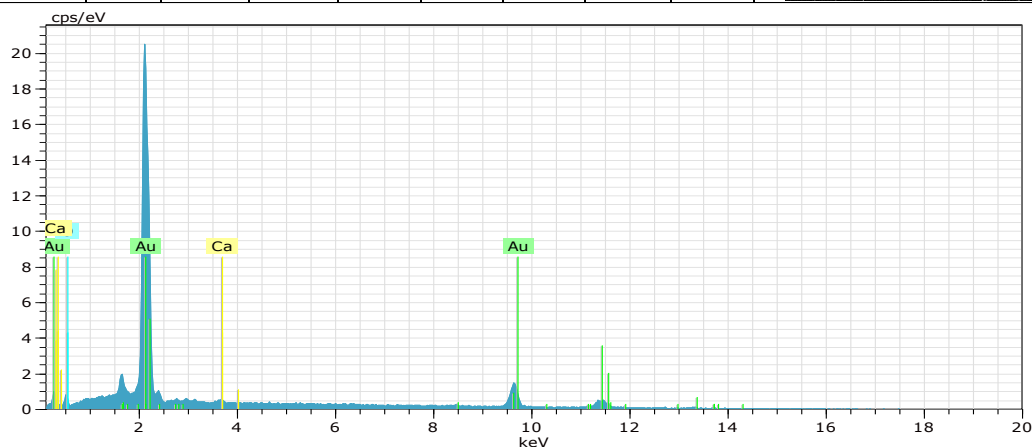
۵. یافته‌های پژوهش

EDS: ابتدا آنالیز عنصری نقطه‌ای (EDS) از سطح ورق فلزی و همچنین از سطح لایه‌چینی تهیه شد (جدول ۴) تا

جدول ۴: آنالیز عنصری نقطه‌ای (EDS) از سطح ورق فلزی و سطح لایه چینی

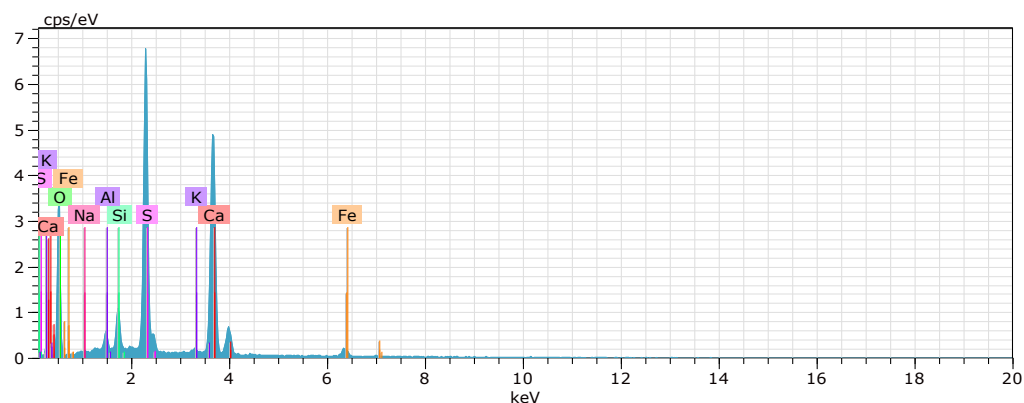
Table 4: Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface and pastiglia

Elem Sam	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	AuO	تصاویر بخشی از نمونه‌ها که آنالیز تهیه شده است
	%	%	%	%	%	%	%	%	
Gilding	—	—	—	1.68	—	—	—	98.32	
pastiglia	4.79	2.51	2.84	31.47	45.12	0.91	0.03	—	



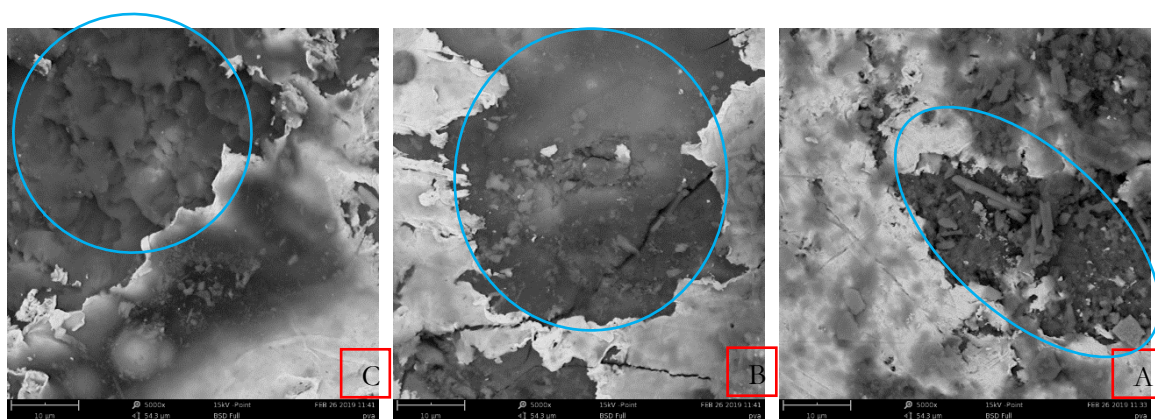
شکل ۷: طیف به‌دست آمده از آنالیز عنصری نقطه‌ای از سطح ورق فلزی

Fig. 7: The spectrum obtained Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface

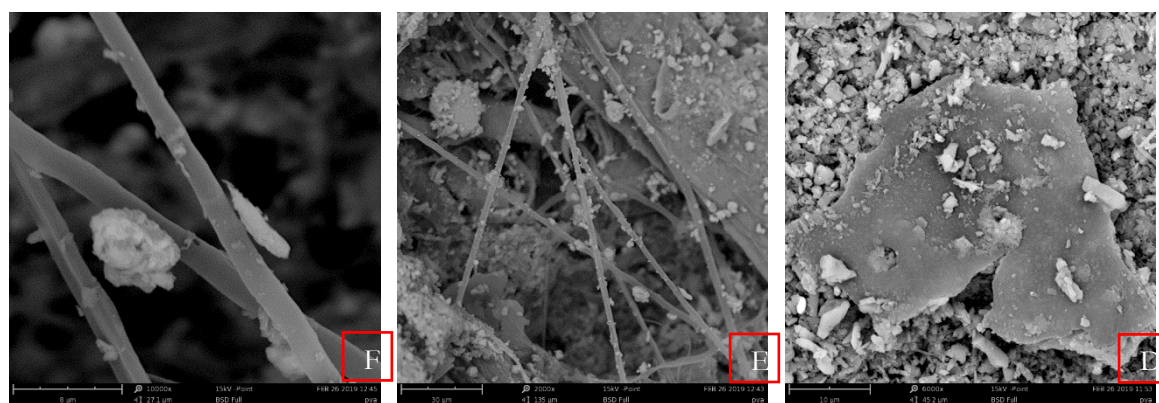


شکل ۸: طیف به‌دست آمده از آنالیز عنصری نقطه‌ای از سطح لایه چینی

Fig. 8: The spectrum obtained Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface



شکل ۹: ورق طلا و لایه‌های زیرین. A و B: لایه اول (دوره شاه تهماسب); C: لایه دوم (دوره شاه عباس)
Fig. 9: Gold leaf and underlays. A and B: The first layer (Shah Tahmaseb's period); C: Second layer (Shah Abbas period)



شکل ۱۰: ساختار لایه‌چینی. D: لایه اول (دوره شاه تهماسب); E و F: لایه دوم (دوره شاه عباس)
Fig. 10: Pastiglia structure. D: The first layer (Shah Tahmaseb's period); E and F: second layer (Shah Abbas period)

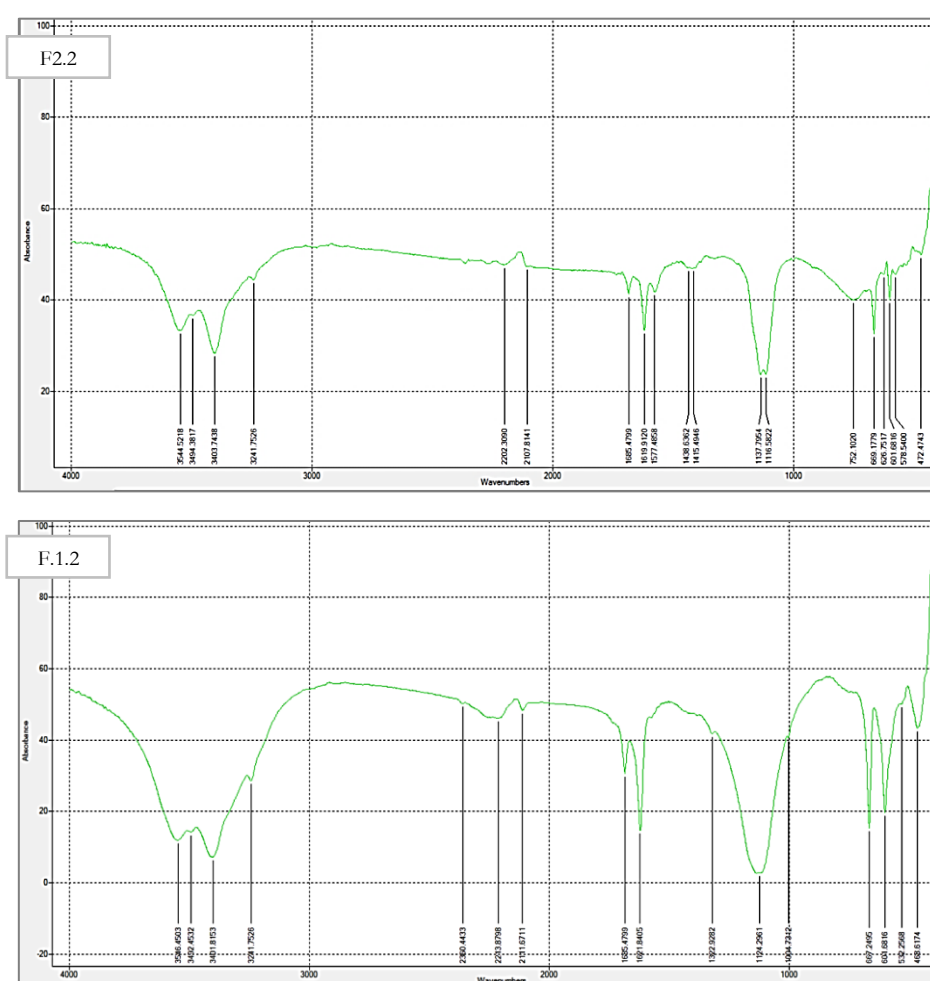
طیف‌سنجی جرمی بر روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. به این ترتیب از دو دوره مورد مطالعه، دو نمونه مجزا از لایه‌های چسب زیر ورق طلا و همچنین لایه‌چینی آماده شد و مورد آنالیز قرار گرفت. جدول شماره ۵ ساختارهای شناسایی شده در هر لایه را نشان می‌دهد.

با توجه به ساختار بلورین مواد معدنی مورد استفاده در لایه‌چینی و تفاوت لایه‌های شناسایی شده با آن‌ها، می‌توان در نظر داشت آن‌چه که دیده می‌شود، مواد آلی است. در نمونه‌های مورد بررسی لایه‌چینی (گچ و گل سرخ) ساختار متشکله، مواد معدنی هستند که فرم‌های بلورین آن‌ها مشخص و قابل شناسایی و قابل مطالعه است و آنچه در تصاویر ثبت شده، با ساختار بلورین آن‌ها کاملاً متفاوت است و از طرفی نیز تابع سیستم‌های ساختار تبلوری مواد معدنی نیست که می‌شود نتیجه گرفت آن‌چه ثبت شده، بقایایی از مواد آلی است.

تصاویری با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر از سطح نمونه‌ها که طلاچسبان شده بود، تهیه شد (شکل ۹). همچنین تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های ۶۰۰۰ برابر، ۲۰۰۰ برابر و ۱۰۰۰۰ برابر از بخش میانی (مغز) لایه‌چینی تهیه شد (شکل ۱۰).

FT-IR: به منظور شناخت بیشتر بقایای مواد آلی در لایه‌چینی (کد: F.1.2 و F.2.2) و لایه زیرین ورق طلا (کد: F.1.1 و F.2.1) از طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد. از چهار نمونه تهیه شده دوره شاه تهماسب و شاه عباس، آنالیز انجام شد که نتایج آنالیز در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ قابل مشاهده است. در هر کدام از شکل‌ها، طیف زیرین مربوط به نمونه‌های دوره شاه تهماسب و طیف رویی مربوط به نمونه‌های دوره شاه عباس است.

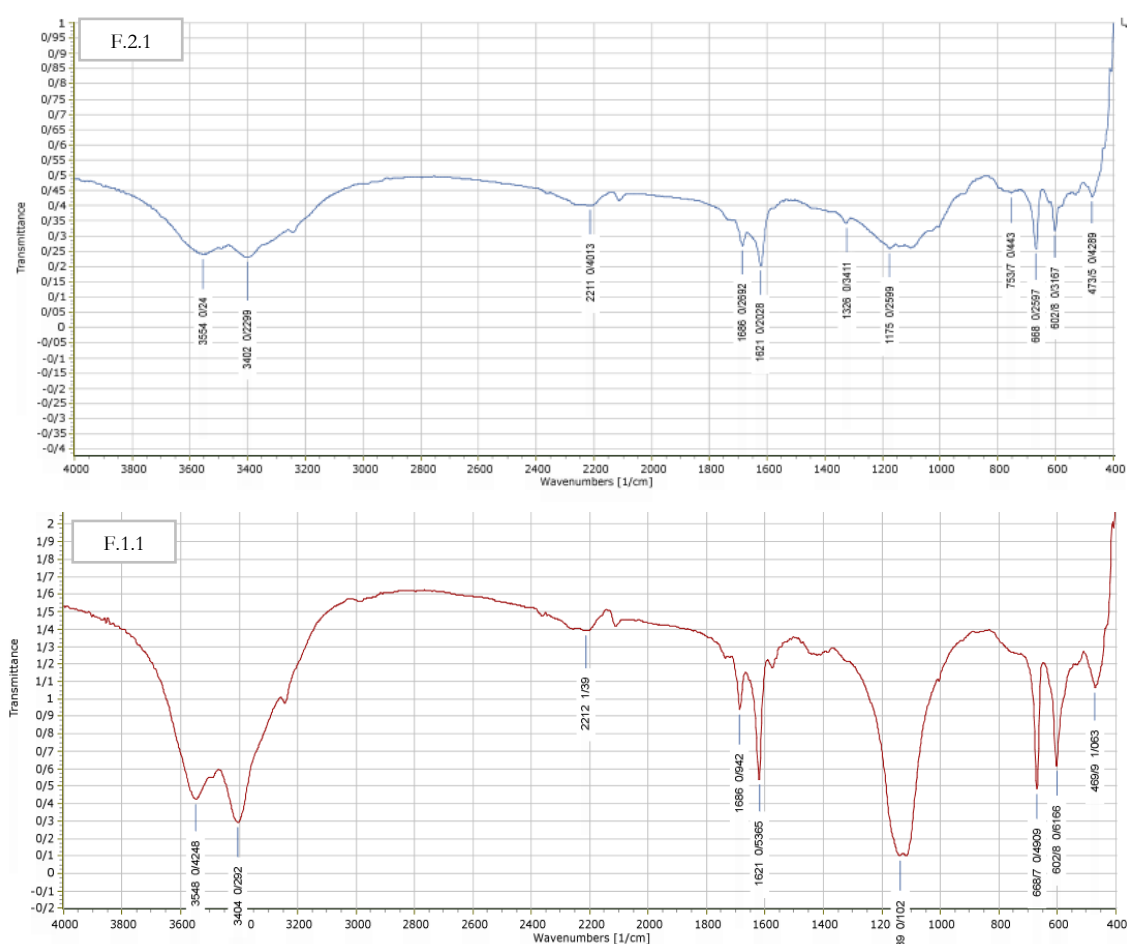
GC-MS: در ادامه، آنالیز کروماتوگرافی گازی-



شکل ۱۱: طیف‌های تبدیل فوریه مادون قرمز از نمونه‌های لایه‌چینی، مربوط به دوره صفویه کاخ چهل‌ستون قزوین
Fig 11: Infrared Fourier transform spectra of pastiglia samples, related to the Safavid period of Qazvin Chehelsotoun

کشیده و ضعیف $2100-2200 \text{ cm}^{-1}$ می‌تواند در ارتباط با ارتعاشات HCO_3^- باشد. دو نوار جذب ضعیف در نواحی 1415 cm^{-1} و 1438 cm^{-1} را می‌توان ناشی از ارتعاشات CH دانست. نوار جذب ناحیه 1750 cm^{-1} را نیز می‌توان در ارتباط با ارتعاشات سیلیکات و نیز نوار جذب ناحیه 1750 cm^{-1} دانست. همچنین 430 cm^{-1} را می‌توان ناشی از ارتعاشات FeO دانست. همچنین در نمونه‌های F1-1 و F2-2 جذب ضعیف در ناحیه حدود 1575 cm^{-1} را می‌توان مربوط به ارتعاشات متقارن CNO دانست. شدت این دو نوار جذب اخیر چنان کم است که نمی‌توان بر اساس آن نتیجه قطعی گرفت و به‌طور کلی می‌توان نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه را مرتبط با جذب‌های ناشی از سولفات کلسیم، اکسید آهن و سیلیسم دانست و وجود مواد آلی یا نوع آن را نمی‌توان در این نمونه‌ها با قدرت تأیید کرد.

FT-IR: طیف مادون قرمز تبدیل فوریه هر چهار نمونه، اطلاعات مشابهی را ارائه می‌دهد. نوار جذب‌های نواحی $3400-3550 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاشات کششی نامتقارن O-H (گروه هیدروکسیل) و نوار جذب‌های $1600-1700 \text{ cm}^{-1}$ می‌تواند مرتبط با جذب سولفات باشد که هر دو را می‌توان ناشی از وجود گچ در این ساختارها دانست. نوار جذب‌های نواحی $1680-1620 \text{ cm}^{-1}$ را نیز می‌توان ناشی از هیدراسیون سولفات در گچ دانست. هرچند ارتعاشات مرتبط با گروه C=C و C=N نیز می‌تواند در این ناحیه نوار جذب‌هایی ایجاد کند، اما باید به سایر نوار جذب‌ها نیز توجه داشت. باتوجه به ضعیف بودن نوار جذب‌های مرتبط با مواد آلی از جمله عدم وجود جذب ناشی از CH در ناحیه $2800-2950 \text{ cm}^{-1}$ ، احتمال هیدراسیون سولفات، قطعی‌تر به نظر می‌رسد. نوار جذب

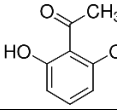
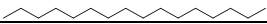
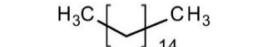
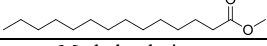
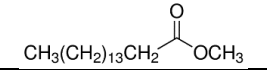
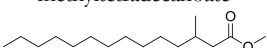
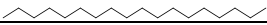
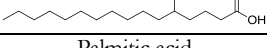
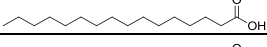
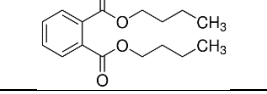
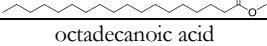
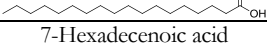
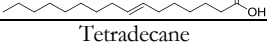
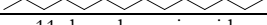
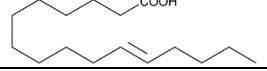
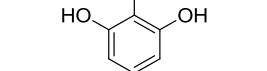


شکل ۱۲: طیف‌های تبدیل فوریه مادون قرمز از نمونه‌های چسب زیر ورق طلا، مربوط به دوره صفویه کاخ چهل‌ستون قزوین
Fig 12: Infrared Fourier transform spectra of glue samples under gold leaf, related to the Safavid period of Qazvin Chehelsotoun

بزرگ باشند [24]. بسته به میزان اشباع این ساختارها رفتارهای متفاوتی در اکسیداسیون و سپس مشتق‌سازی از آن‌ها بروز می‌کند، به همین دلیل ترکیبات گوناگونی از آن‌ها در این آنالیز دیده می‌شود. هیچ یک از ساختارهای مرتبط با آمینواسیدها که تشکیل دهنده چسب‌های حیوانی همچون سریشم هستند در این آنالیز نمایان نشدند. همچنین با توجه به روش انجام آنالیز، انتظار نمی‌رفت که بتوان ساختار رزین‌های ترپنوییدی را استخراج و شناسایی کرد. زیرا این رزین‌ها به دلیل بسپارش، بلند زنجیر بوده و نمی‌توان به روش مشتق‌سازی حلالی آن‌ها را در GC-MS شناسایی کرد. بنابراین ساختارهای حلقوی شناسایی شده، مرتبط با رزین‌های فنولی نبوده‌اند و می‌توانند ناشی از کاربرد حلال‌های مشتق ساز در فرایند نمونه‌سازی باشند.

GC-MS: در این آزمایش، شناسایی بست‌های پروتئینی، شناخت اسیدهای آمینه، و برای شناسایی روغن‌ها، شناسایی درصد‌های مختلف اسیدهای کربوکسیلیک و مشتقات اسیدهای چرب استری مدنظر قرار گرفت [23]. نتایج حاصل از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی، نشان دهنده ترکیبات تشکیل دهنده روغن‌های گیاهی، اکسیدهای آن‌ها و نیز در برخی موارد زنجیره‌های گلیسریدی آن‌ها است. در نتایج آنالیزی این روش، ساختارهای مختلفی از اسیدهای کربوکسیلیک و مشتقات آن‌ها به ویژه استرهای شانزده کربنی (پالمیتیک اسید) و هجده کربنی (استئاریک، لینولیک، لینولئیک و اولئیک اسید) و اکسیدهای آن‌ها مشخص شد که مشتقات استری ترکیباتی چون اسیدهای هگزادکانوئیک اسید، و اکتادکانوئیک اسید، می‌توانند نشان دهنده روغن

جدول ۵: نتایج به‌دست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش با دستگاه GC-MS
Table 5: Results obtained from the tested samples with GC-MS device

نام ترکیب	Sample G.1.1	Sample G.1.2	Sample G.2.1	Sample G.2.2	Molecular Formula	2D Structure
1-2 & 6 dihydroxy acetophenone	*	*	*	-	1-(2,6-Dihydroxyphenyl) ethanone $C_8H_8O_3$	
Hexadecane	*	-	-	-	n-Hexadecane $C_{16}H_{34}$	$CH_3(CH_2)_{14}CH_3$ 
2-Hexadecane	-	*	*	-	$C_{16}H_{34}$	n-Hexadecane $H_3C [CH_2]_{14} CH_3$ 
2-Methyl tetradecanoate	*	-	-	-	Methyl tetradecanoate $C_{15}H_{30}O_2$	Methyl tetradecanoate 
3-Methyl hexadecanoic acid	*	-	-	-	$C_{17}H_{34}O_2$	Methyl palmitate $CH_3(CH_2)_{13}CH_2COOCH_3$ 
3-Methyl tetradecanoate	-	*	*	-	Methyl 3-methyltetradecanoate $C_{16}H_{32}O_2$	Methyl 3-methyltetradecanoate 
4-hexadecenoic acid	*	-	-	-	$C_{16}H_{30}O_2$	
4-Octadecane	-	*	*	-	Octadecane $C_{18}H_{38}$	Octadecane $CH_3(CH_2)_{16}CH_3$ 
5-Methyl hexadecanoic	*	*	*	-	5-Methyl-hexadecanoic acid $C_{17}H_{34}O_2$	5-Methyl-hexadecanoic acid 
6-Hexadecanoic acid	-	*	*	-	Palmitic acid $C_{16}H_{32}O_2$	Palmitic acid 
7-Hexadecenoic acid	-	*	-	-	$C_{16}H_{30}O_2$	
8-Dibutylphthalate	-	*	-	-	Dibutylphthalate $C_{16}H_{22}O_4$	Dibutylphthalate 
9-methyl octadecanoat	-	*	-	-	Methyl stearate $C_{19}H_{38}O_2$	Methyl stearate 
6-octadecanoic acid	*	-	-	-	octadecanoic acid $C_{18}H_{34}O_2$	octadecanoic acid 
7-Dioctyl hexadecenoic acid	*	-	-	-	7-Hexadecenoic acid $C_{16}H_{30}O_2$	7-Hexadecenoic acid 
10-Tetradecane	-	*	-	-	$C_{16}H_{28}$	Tetradecane $CH_3(CH_2)_{12}CH_3$ 
11-Dioctyl hexadecenoic acid	-	*	-	*	11-hexadecenoic acid $C_{16}H_{30}O_2$	11-hexadecenoic acid 
2,6-Dihydroxybenzoic acid	-	*	-	-	$C_7H_6O_4$	

نام ترکیب	Sample G.1.1	Sample G.1.2	Sample G.2.1	Sample G.2.2	Molecular Formula	2D Structure
7-Dioctyl hexadecenoic acid	*	-	-	-	<i>cis</i> -7-Hexadecenoic Acid C ₁₆ H ₃₀ O ₂	
7-methyl octadecanoat	-	-	*	-	methyl octadecanoat C ₁₉ H ₃₈ O ₂	
8-Dioctyl adipate	-	-	*	-	Dioctyl adipate C ₂₂ H ₄₂ O ₄	
2,6-Dihydroxy benzoic acid	-	-	*	-	C ₇ H ₆ O ₄	
Omega- 3	-	-	-	*	C ₆₀ H ₉₂ O ₆	
9- 12- 15- Octadecatrienoic acid	-	-	-	*	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	
3-Nonanedioic acid, dimethyl ester	-	-	-	*	Nonanedioic acid, dimethyl ester C ₁₁ H ₂₀ O ₄	
4-2 & 6 dihydroxy acetophenone	-	-	-	*	1-(2,6-Dihydroxyphenyl) ethanone C ₈ H ₈ O ₃	
5-Hexadecane	-	-	-	*	n-Hexadecane C ₁₆ H ₃₄	
6-Methyl tetradecanoate	-	-	-	*	6-Methyltetradecanoic Acid C ₁₅ H ₃₀ O ₂	
7-Octadecane	-	-	-	*	Octadecane C ₁₈ H ₃₈	
8-Methyl hexadecenoic acid	-	-	-	*	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	
9-Hexadecanoic acid	-	-	-	*	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	
10-methyl octadecanoic acid	-	-	-	*	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	
12-Dioctyl phthalate	-	-	-	*	Dioctyl phthalate C ₂₄ H ₃₈ O ₄	
2,6-Dihydroxybenzoic acid	-	-	-	*	C ₇ H ₆ O ₄	

۷. نتیجه‌گیری

نتیجه آنالیز عنصری نقطه‌ای از سطح لایه فلزی نشان‌دهنده طلا با خلوص بالا است. همچنین نتیجه این آنالیز از بخش ماده لایه‌چینی نشان‌دهنده اجزای تشکیل‌دهنده گچ به همراه خاکی با آهن زیاد (گل هرمز یا گل ارمنی) است. بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی بر روی نمونه‌های مورد بررسی، نشان‌دهنده وجود بقایایی از مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است که در ادامه، به وسیله دستگاه‌های آنالیزی FT-IR و GC-MS مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ نتایج FT-IR هیچ گونه ماده آلی را در ساختار داخلی، گزارش نمی‌کند و براساس آن، تنها می‌توان به وجود گچ و ترکیبات خاکی سیلیسیم و آهن اشاره کرد. بررسی نمونه‌ها با GC-MS نشان‌دهنده استفاده از روغن‌های گیاهی است که باتوجه به مقدار قابل توجه ترکیبات هجده کربنی و اکسیدهای آن، می‌توان آن را منسوب به روغن بزرک دانست که به عنوان چسباننده ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری مورد استفاده بوده است. باتوجه به اینکه روش مورد استفاده، امکان آنالیز رزین‌های ترپنوییدی را فراهم نمی‌کرد، بنابراین نمی‌توان درباره قطعیت استفاده از روغن بزرک یا روغن کمان (پخت روغن بزرک به‌علاوه

سندروس بلورین با فرایند خاص) اظهار نظر کرد. نتایج آنالیزی بر روی نمونه‌های دو دوره (دوره شاه تهماسب صفوی و دوره شاه عباس صفوی)، شباهت زیادی به همدیگر داشتند که نشان از استمرار تکنیک انجام آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی در دو دوره صفوی دارد. باتوجه به نتایج، نمی‌توان استفاده از سریشم را که به عنوان چسب ماده لایه‌چینی به کار می‌رفته، قطعی دانست. از سویی، بر روی سطح لایه‌چینی به منظور چسباندن ورق‌های طلا از روغن بزرک یا روغن کمان استفاده شده تا عمل طلاچسبانی و اتصال مناسب لایه‌ها به درستی صورت پذیرد. در انتها، نتایج نشان می‌دهند ساختار مواد به کار رفته در لایه‌چینی‌های دو دوره صفوی عمارت چهل‌ستون قزوین مشابه هم هستند.

سپاسگزاری

از استادان معزز ذیل که در این پژوهش ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را داریم: جناب آقای دکتر فرزاد کبارفرد استاد دانشکده داروسازی دانشگاه شهید بهشتی، جناب دکتر ابوالفضل علیایی دانشیار رشته شیمی آلی دانشگاه پیام نور، جناب دکتر علی نعمتی بابایلو استادیار دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

References

- [1] Holakouee, Parviz. Understanding the technique and pathology of ornamental stratification in some historical monuments of the Safavid period in Isfahan (Aali Qapo, Chehel Sotoon and Hasht Behesht). (Unpublished). Dissertation to receive a master's degree. Under the Supervision of Samad Samanian and Hesam Aslani. Tehran University of the Arts. 2008. [in Persian]
- [2] Hamzavi, Yaser. Methodology of preserving canvas-camouflaged murals, [هلاکویی پرویز. فن‌شناسی و آسیب‌شناسی لایه‌چینی تزیینات برخی از بناهای دوره صفوی اصفهان (عالی‌قاپو، چهل‌ستون و هشت بهشت). (منتشر نشده). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی صمد سامانیان و حسام اصلانی، دانشگاه هنر تهران. ۱۳۸۷.]
- [3] Tinati Tina. Structural study of stratigraphic arrays in Vanak and Beit Lahm churches of Isfahan. (Unpublished). Dissertation to receive a master's degree. Under the supervision and guidance of: Yaser Hamzavi, Parviz Holakouee and Maria Perla Columbini. Tabriz University of Islamic Arts. 2019. [in Persian]

Specialized Doctoral dissertation, Isfahan University of Art. (Unpublished). Faculty of Preservation and Restoration. The field of Conservation and Restoration of Historical and Cultural Works and Objects. 2016. [in Persian]

[حمزوی، یاسر. روش‌شناسی حفاظت از دیوارنگاره‌های بوم‌پارچه، (منتشر نشده). رساله دوره دکتری تخصصی، رشته حفاظت و مرمت آثار و اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت. ۱۳۹۵.]

- [طینتی، تینا. مطالعه ساختاری آرایه‌های لایه‌چینی در کلیساهای وانک و بیت لحم اصفهان. (منتشر نشده). پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، به راهنمایی: یاسر حمزوی و پرویز هلاکویی و ماریا پرلا کلمبینی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ۱۳۹۸.]
- [4] HajiSeyyedJavadi, Seyed Mohsen. Structural study of golden arrays. Stratigraphy and analysis of its decorative motifs in the Safavid period in the historical mansion of Chehelston Qazvin PhD Thesis in Art Research. Tarbiat Modares University. Tehran. 2019. [in Persian]
- [حاجی سید جوادی، سیدمحسن. مطالعه ساختار آرایه‌های طلاکاری، لایه‌چینی و آنالیز نقوش تزئینی آن در دوره صفوی در عمارت چهل ستون قزوین. پایان نامه ی دکترای تخصصی رشته پژوهش هنر، دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۱۳۹۸.]
- [5] Mashrouteh, Shirin. Investigation of the remaining paintings in the mansion of Chehelston Qazvin. Postgraduate dissertation. Islamic Azad University. Tehran Branch. Faculty of Art and Architecture / Painting Department. 2012. [in Persian]
- [مشروطه، شیرین. بررسی نگاره‌های باقیمانده در عمارت چهل ستون قزوین. رساله دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز. دانشکده هنر و معماری / گروه نقاشی. ۱۳۹۱.]
- [6] Dabir Siasi, Mohammad. The history of Qazvin city and its monuments. Cultural Heritage- Handicrafts and Tourism Publications of Qazvin Province. First edition. 2002. [in Persian]
- [دبیرسیاقی، محمد. سیر تاریخ شهر قزوین و بناهای آن، انتشارات میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان قزوین. چاپ اول. ۱۳۸۱]
- [7] Pazouki, Naser, Shadmehr Abdolkarim. Iran's National Registered Works in the List of National Monuments from 1931 to 2005, published by Cultural Heritage and Tourism Organization of Iran. Tehran. 2005. [in Persian]
- [پازوکی ناصر، شادمهر عبدالکریم. آثار ثبت‌شده ایران در فهرست آثار ملی از سال ۱۳۱۰ الی ۱۳۸۴. تهران: سازمان میراث فرهنگی و گردشگری کشور. ۱۳۸۴.]
- [8] Eshraqi, Ehsan. Description of Paintings of the Safavid Statehouse in Abdi Beyg's Poems. Journal of Farhang. Vol. 71. Published by Institute of Humanities and Cultural Studies. 2009; 1-13. [in Persian]
- [اشرافی، احسان. توصیف نقاشی‌های عمارت دولتخانه صفوی در اشعار عبدی بیگ. مجله فرهنگ، ۱۳۸۸: ۷۱: ۱۳-۱]
- [9] Parhizgari, Mehrzad. Chehelsotun. The Great Islamic Encyclopedia, Vol. 19. Published by The Great Islamic Encyclopedia Center. Tehran. 2012. [in Persian]
- [پرهیزگاری، مهرزاد. چهل‌ستون. دائرةالمعارف بزرگ اسلامی. جلد ۱۹. تهران: مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی. ۱۳۹۱]
- [10] Qureshi, Seyedhadi. Investigation and introduction of tourism capabilities of Qazvin city- case Stud. Chehelston Palace Building, Master's dissertation. Islamic Azad University of Garmsar Branch. Faculty of Humanities / Department of Geography. 2013. [in Persian]
- [قریشی، سیدهادی. بررسی و معرفی توانمندی‌های گردشگری شهر قزوین. نمونه موردی. عمارت کاخ چهل‌ستون. رساله درجه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار. دانشکده علوم انسانی / گروه جغرافیا. ۱۳۹۲]
- [11] 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). JRA. 2016; 1(2):1-14. [in Persian]
- [میش مست نهی، مسلم. کاربرد تحلیل‌های بلورشناسی در مطالعات فنی آثار تاریخی گچی (مطالعه‌ی موردی گچ بری کوه خواجه‌ی سیستان. ملات گچ شادیاخ نیشابور و ملات گچ قلعه الموت قزوین). پژوهش باستان سنجی ۱۳۹۴: (۲) ۱-۱۴]
- [12] Hamzavi, Yaser. Salahshour, Fatemeh. Muzaffar, Farhang. Gilded cast plaster arrays in the monument of Sayyid Rakneddin Yazd. Bi-annual Scientific-Research Journal of Islamic Art Studies 2013, 19: 111-121.

- [حمزوی، یاسر، سلحشور فاطمه. مظفر. فرهنگ. طلاکاری آرایه‌های گچی قالبی در بقعه سید رکن‌الدین یزد، دو فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات هنر اسلامی. ۱۳۹۲؛ ۱۹: ۱۱۱-۱۲۱.]
- [13] Ahmadi, Hossein; Abed Esfahani, Abbas; Mohtasham, Adeleh. Gilding Technique of Gilded ornaments on stone in Tehran's Golestan Palace Complex, Scientific Journal of Maremat & Me'marie Iran (quarterly), Vol. 1, Art University of Isfahan, 2011. [in Persian].
- [احمدی، حسین، عابد اصفهانی عباس، محتشم عادل. فن‌شناسی تزئینات طلاکاری روی سنگ در مجموعه کاخ گلستان تهران. دو فصلنامه مرمت و معماری ایران، ۱۳۹۰.]
- [14] Mohtasham, Adeleh, Technical study of Gilding ornaments on stony inscriptions in Vank Cathedral- Isfahan. Journal of research on archaeometry. 2017, 2(2): 77-89. [in Persian]
- [محتشم، عادل. مطالعه فنی تزئینات طلاکاری در کتیبه‌های سنگی کلیسای وانک در اصفهان، پژوهش باستان‌سنجی ۱۳۹۵. ۲(۲): ۷۷-۸۹.]
- [15] Nadolny JM. The techniques and use of gilded relief decoration by northern European painters, c. 1200-1500 (Doctoral dissertation, University of London).
- [16] Bonaduce I, Colombini M.P, Diring S. Identification of Garlic in Old Gilding by Gas Chromatography-Mass Spectroscopy. J. Chromatogr. A; 2006; 1107:226-32.
- [17] Colombini MP, Modugno F, Giacomelli M, Francesconi S. Characterisation of proteinaceous binders and drying oils in wall painting samples by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 1999 Jun 18; 846 (1-2):113-24.
- [18] Jabbari, Mona; Fathi, Somayeh, An Investigation Function Palace Chehelsotun Qazvin. Armanshahr, Vol. 1, 2008; 66-75. [in Persian]
- [جباری، منا؛ فتحی، سمیه. بررسی کارکردی کاخ چهل‌ستون (کلاه فرنگی) قزوین، آرمانشهر، ۱: ۱۳۸۷.]
- [19] Monshi Ghomi, Ghazi Ahmad, Golestan-e Honar, Correction by Ahmad Soheili Khansari, Third Edition, Manouchehri Library, Tehran. 1987. [in Persian]
- [منشی قمی، قاضی میراحمد شرف‌الدین حسین (قرن ۱۰ ه.ق.). گلستان هنر، به اهتمام احمد سهیلی خوانساری، چاپ سوم، تهران: کتابخانه منوچهری. ۱۳۶۶.]
- [20] Khanipour, Maryam - Rasouli, Massoud - Hashemian, Nafiseh. Preparing of biological samples for observing with Scanning Electron Microscope (SEM). Iranian Journal of Laboratory Knowledge-7(1): 2019; 13-26. [in Persian]
- [خانی‌پور مریم، رسولی مسعود، هاشمیان نفیسه. آماده‌سازی نمونه‌های زیستی به منظور تصویربرداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران ۱۳۹۸، ۷(۱): ۱۳-۲۶.]
- [21] Mir Hosseini Sarjam, Seyed Mostafa - Sadeh, Roshanak - Hashemian Kakhki, Nafiseh - Amir Shakari, Solmaz. Principles of imaging at low voltage with scanning electron microscopy. Iranian Journal of Laboratory Knowledge. 2015; 3(3):15-23. [in Persian]
- [میرحسینی سرجمع سید مصطفی، سادۀ روشنگ، هاشمیان کاخکی نفیسه، امیرشکاری سولماز. اصول تصویربرداری در ولتاژهای بسیار پایین با میکروسکوپ الکترونی روبشی، فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران ۱۳۹۴، ۳(۳): ۱۵-۲۳.]
- [22] Hamzavi Y. Gypsum Nails as a Solution for Efficient Strengthening and Maintaining of Historical Architectural Decorations. JRA. 2017; 3 (2):103-107. [in Persian]
- [حمزوی یاسر. استفاده از میخ گچی، راهکاری برای استحکام بخشی و ماندگاری آرایه‌های معماری تاریخی. پژوهش باستان‌سنجی ۱۳۹۶، ۳(۲): ۱۰۳-۱۰۷.]
- [24] Fremout W. Tryptic cleavage of proteinaceous paint: a high-performance protein binder analytical technique (Doctoral dissertation, Ghent University).
- [25] Gruia A, Raba DN, Dumbrava D, Moldovan C, Bordean D, Mateescu C. Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) from Romania. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2012; 18 (2):136-40.