Journal of Research on Archaeometry, 2020; 6 (1):47–66

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.29252/jra.6.1.47

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

Original Paper

Identification of the Materials and Pigments Used in the Mural Painting Rooms of the Dormiani-Home in Isfahan

Afsaneh Firooznia[1]*, Alireza Ashrafi[2], Faranak Bahrololoumi[3]

[1] *MA in Preservation of Cultural Artefacts, Art University of Tehran, IRAN*

[2] *M.A. in Restoration and Revitalization of historic buildings and fabrics of cultural heritages, IRAN*

[3] *Expert of Research center for conservation of cultural relics, Research Institute for cultural heritage tourism, IRAN*

Received: 16/12/2019 **Accepted: 20/04/2020**

Abstract

During the Qajar period, due to the influence of European artists, the method of oil painting became very popular in Iran, where this trend was common not only on cloth canvases but also on decoration of the walls of buildings. The western art influenced not only the use of materials, but also the method of execution and even the type of designs, and led to the blending of Western artistic methods with Iranian ones. During the Qajar period, various designs were used to decorate the walls, and traditional and western colors were used, sometimes in combination or separately, to paint the designs. According to the researches, the most used colors in the Qajar period are: lead white, calcium sulfate, calcium carbonate, huntite, barium sulfate, zinc oxide, ochre, amber, arsenic, orpiment, vermilion, lead chromate, green Silo, azurite, ultramarine, Prussian blue, malachite, chrome, cerulean, carmine, brass (copper & zinc), silver, gold, ivory for black Etc. Sadat-i-Dormiani's house is one of the unknown traditional buildings belongs to Qajar era located in the Bid-Abad neighborhood of the Mosque of Isfahan Masjid Seyyed. This building has been registered as one of the national monuments of Iran on August 22, 2005, by No. 13013. The total area of this house is about 900 square meters, where it has now been converted to a hotel, called Sohrevardi. This traditional hotel contains beautiful decorations such as stucco decoration, mirror work, and murals. In this research, the importance of the some principles utilized in order to performing the walls like drawn patterns, the techniques and materials have been considered and finally, the obtained results was compared with the materials used in other Qajar paintings. Due to the fact that most of the colors applied in these decorations are gold, red, blue, and green, and considering the principle of the minimum interference, a very small amount of material containing the above-mentioned colors were sampled. The samples were named with codes like B1 (golden color), B2 (red color), B3 (blue color), and B4 (green color). Laboratory analysis methods have been utilized to identify the color of substrate, the pigments, the coating, and the protective coating. The characterization have been fulfilled by, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) for detecting organic matter, scanning electron microscope equipped with X-ray diffraction (SEM-EDS) to detect mineral elements and compounds and finally, the optical microscopy (OM) to realize and analyze materials and pigments. Based on the obtained results, the combination of huntite ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) and gypsum ($CaSO_4.2H_2O$) has been utilized as the substrate of paints. Huntit has been used from the past to the present both as a white color and as a substrate for paintings. The applied colors were inorganic and the motifs were executed with an oil technique. The pigments used in the decoration of the building are golden powdered brass (copper and zinc), red lead with the chemical formula (Pb_3O_4), Prussian blue with the chemical formula ($Fe_4(Fe[CN]_6)_3$), and green which was a combination of Prussian blue and green-earth (silo) with

* Corresponding author: firooznia.afsane@gmail.com

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

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]

[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

chemical formula (K[Al3+, Fe3+) (Fe2+, Mg2+)](AlSi3, Si4)O10(OH)2). White lead with the chemical formula (2PbCO3.Pb(OH)2) has also been used to create color tones. Moreover, it was identified that a kind of protein applied to the pigment composition. It should be noted that all materials and pigments identified in this study are consistent with the materials applied in other murals of the Qajar-related buildings and architectures (in Iran).

Keywords: Isfahans Dormiani's house, Mural painting, Qajars pigments, OM ،FTIR ،EDS

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]

[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۹؛ ۶(۱): ۴۷-۶۶

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.29252/jra.6.1.47

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

مقاله پژوهشی

شناسایی مواد و رنگ‌دانه‌های دیوارنگاره‌های اتاق‌های بروارِ خانهٔ تاریخی دُرمیانیِ اصفهان

افسانه فیروزنیا*[۱]، علیرضا اشرفی[۲]، فرانک بحرالعلومی[۳]

۱. کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد مرمت و احیاء بناها و بافت‌های تاریخی میراث معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

۲. مربی و عضو هیئت‌علمی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی– فرهنگی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

چکیده

خانه سادات دُرمیانی، ازجمله خانه‌های کمتر شناخته‌شدهٔ قاجار است که در محله بیدآباد، خیابان مسجد سید اصفهان واقع‌شده است. این خانه که هم‌اکنون به هتل سنتی سهروردی تغییر کاربری داده است، دارای تزیینات فاخری ازجمله گچ‌بری، آینه‌کاری و نقاشی دیـواری است که در این پژوهش با توجه به اهمیت نقوش کشیده شده، به شناسایی تکنیک و مواد به‌کاررفته در اجرای نقوش دیـواری موجـود در اتاق‌های بروار پرداخته‌شده است و درنهایت مواد شناسایی‌شده، با مواد و مصالح به‌کاررفته در نقاشی‌های قاجار مقایسه شد. بـا توجـه به بیشترین کاربرد رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز، در تزیینات این خانه، از این رنگ‌ها به میزان بسیار کم و با در نظر گرفتن اصـل عدم آسیب بصری، نمونه‌برداری شد. برای رسیدن به هدف پژوهش، از روش‌های آزمایشگاهی برای شناسایی بسترِ رنگ، رنگ‌دانه‌هـا، بست و لایهٔ محافظِ رنگ استفاده‌شده است. از دستگاه طیف‌سنج زیر قرمز تبدیل فوریـه (FTIR) بـرای شناسـایی مـواد آلـی، دسـتگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به تجزیه پاشندگی پرتوی ایکس (SEM-EDS) بـرای شناسـایی عناصـر و ترکیبـات معـدنی و از میکروسکوپ نوری (OM) برای شناسایی و تجزیه‌وتحلیل مواد و رنگ‌دانه‌ها استفاده شد. در این تحقیق، ترکیب بستر به‌صورت ترکیبی از هانتیت (گل‌سفید) و ژیپس شناسایی شد؛ همچنین مشخص شد کـه رنـگ‌هـا دارای ماهیـت معـدنی هسـتند و نقـوش بـا تکنیـک رنگ‌روغن اجراشده‌اند. رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات این بنا عبارت هستند از: طلایی از نوع پودر برنج (مس و روی)، قرمز سرنج، آبی پروس و سبز ترکیبی از آبی پروس و سبز خاکی (سیلو). همچنین از سفید سرب برای ایجاد تونالیته‌های رنگی استفاده‌شـده اسـت. بستِ به‌کاررفته در ترکیب رنگ‌دانه‌ها نیز از نوع پروتئینی، شناسایی شد.

کلمات کلیدی: خانه دُرمیانیِ اصفهان، دیوارنگاره، رنگ‌دانه، قاجار، OM، FTIR، EDS

* مسئول مکاتبات: تهران، خیابان حافظ، خیابان شهید سرهنگ سخایی، بعد از تقاطع ۳۰ تیر ، شماره ۵۶، کد پستی: ۱۱۳۶۸۱۳۵۱۸

پست الکترونیکی: firooznia.afsane@gmail.com

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

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

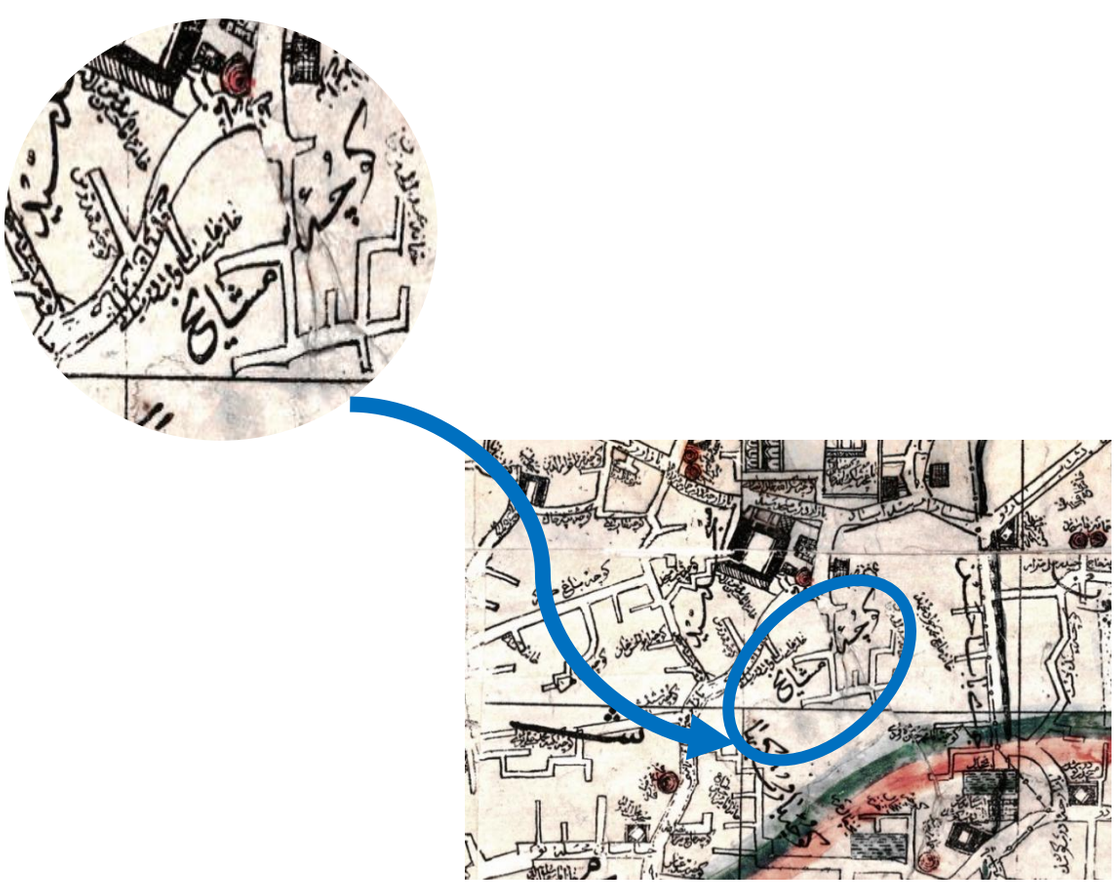
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]

[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

۱. مقدمه

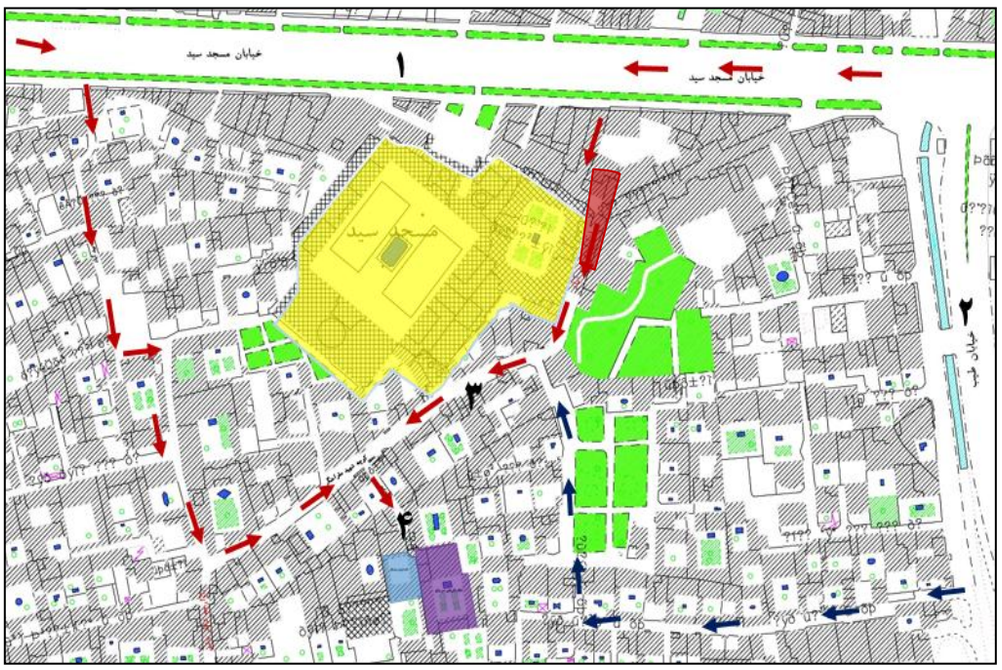
در دورهٔ قاجار، به علت تأثیرپذیری هنرمندان از اروپا، شیوهٔ رنگ‌روغن در ایران رواج بسیار یافت [1] و استفاده از رنگ‌روغن نه‌تنها بر روی بوم‌های پارچه‌ای، بلکه برای تزیین دیوار بناها نیز رایج شد. هنر غرب نه‌تنها در کاربرد مواد و مصالح، بلکه در شیوهٔ اجرا و حتی در نوع نقوش تزیینات این بناها نیز تأثیر گذاشت و منجر به آمیختن شیوه‌های هنری غربی با شیوه‌های هنری ایرانی [2] شد. در این دوره، از نقوش مختلف برای تزیین دیوارها استفاده شد و رنگ‌های سنتی و رنگ‌های غربی گاهی به‌صورت تلفیقی و گاهی به‌صورت مجزا برای رنگ‌آمیزی نقوش به کار رفت. به‌عنوان‌مثال درگذشته از رنگ‌های حاوی مس و لاجورد به‌عنوان رنگ آبی و سبز استفاده می‌شد، اما با ورود آبی پروس به ایران، هنرمندان این رنگ را به‌صورت مجزا و یا گاهی به‌صورت تلفیق با سایر رنگدانه‌ها (برای بهبود خواص رنگی و ایجاد تونالیتهٔ رنگی) استفاده کردند؛ چنانچه مشاهده می‌شود در تزیینات ازارهٔ سنگیِ بقعهٔ شاه‌عباس ثانیِ قم که متعلق به دوران صفوی است، از زنگار مس و مالاکیت برای رنگ سبز استفاده‌شده است [3]. درحالی‌که در تزیینات باغ رحیم‌آباد بیرجند که از بناهای دوران قاجار است، از ترکیب آبی پروس و مالاکیت برای رنگ سبز استفاده‌شده است [4].

معماری دورهٔ قاجار را معماری خانه‌سازی یا معماری خانه‌های مسکونی نامیده‌اند [5]. خانهٔ سادات دُرمیانی ازجمله بناهای تاریخی دوران قاجار است که درگذشته جزء هفت‌دست‌خانه‌ها بوده و به مجموعه خانه‌های سادات دُرمیانی مشهور بوده است. این خانه در خیابان مسجد سید اصفهان که یکی از قدیمی‌ترین محلات اصفهان محسوب می‌شود، واقع‌شده است و اکنون مساحت آن به حدود نهصد مترمربع می‌رسد (تصویر ۱ و ۲). بعد از



شکل ۱: محل قرارگیری مجموعه خانه‌های سادات دُرمیانی بر روی نقشهٔ رضاخانی [8]
Fig. 1: Location of Sadat-i-Dormiani houses on Rezakhani map

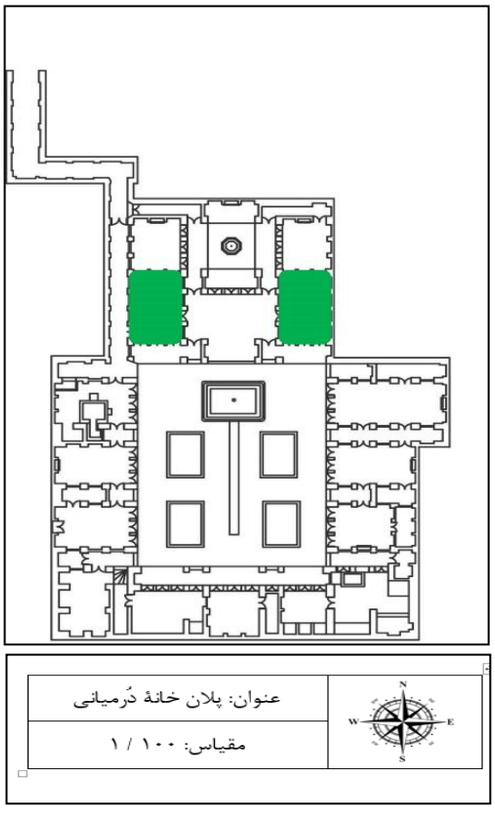
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۲: موقعیت کنونی خانهٔ دُرمیانی [9]
Fig. 2: Current location of Sadat-i-Dormiani Houses

خانه‌های پدرسالاری[1]، عده‌ای از رجال حکومتی و ثروتمندان، به این باور رسیدند که فرزندان، نوادگان و خویشان خود را در کنار هم اما بیرون از خانه‌های خود نگهدارند تا بتوانند امنیت و آسایش را در محل استقرار خویش به وجود آورند؛ بنابراین در کنار خانهٔ خویش، خانه‌های دیگری را بنا کردند که البته ازلحاظ معماری و فرم، شبیه به خانهٔ خودشان بود و خویشان درجهٔ اول را در آن جای دادند. تعداد این خانه‌های اطراف، گاهی به هفت، پنج و یا نُه می‌رسید که درمجموع به هفت‌دست‌خانه‌ها شهرت یافتند. این خانه که در فهرست میراث ملی ایران با شمارهٔ ۱۳۰۱۳ به ثبت رسیده، چهار صفه (چهار ایوانه) بوده که در ضلع شمالی آن شاه‌نشین (سه‌دری) و حوض‌خانه قرار داشته و چهار اتاق بروار[2] در طرفین آن‌ها قرارگرفته است. دو اتاقِ بروارِ طرفینِ شاه‌نشین، ابعاد ۳ × ۵ متر دارند که با انواع نقوش دیواری، گچ‌بری، نقاشی پشت شیشه و آینه‌کاری مزین گشته‌اند. این دو اتاق، در تصویر ۳ (پلان خانهٔ درمیانی) با علامت سبز مشخص‌شده‌اند. در اضلاع شرقی و غربی خانه نیز

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۳: پلان خانهٔ دُرمیانی و موقعیت اتاق‌های بروار (اتاق نقش)
Fig. 3: The plan of the Dormiani,s house and the location of the Barvars rooms (decoration room)

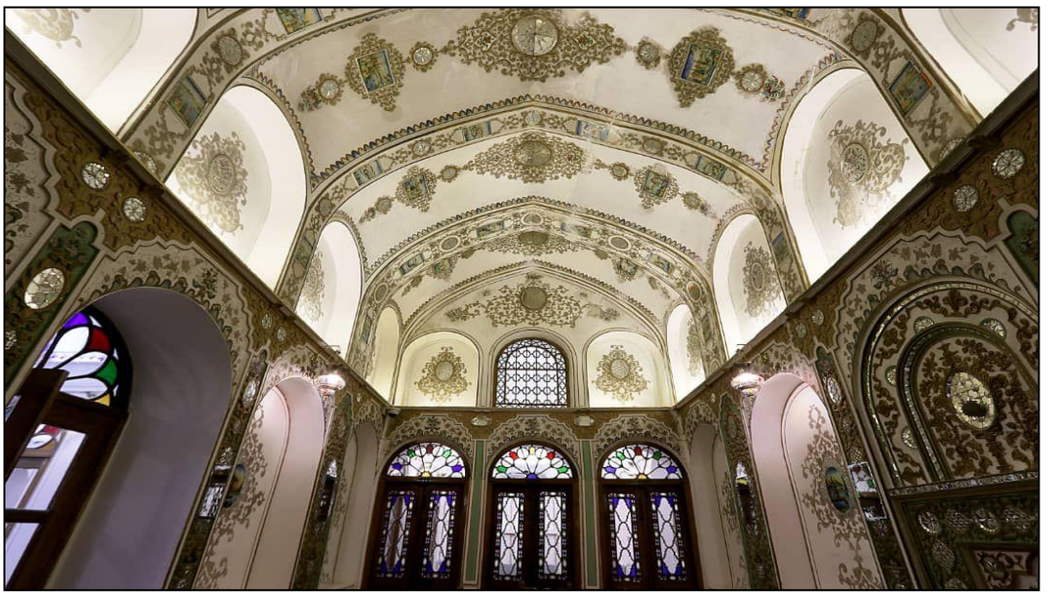
اتاق‌های زمستان‌نشین و تابستان‌نشین قرارگرفته‌اند و درنهایت در قسمت جنوب، مطبخ یا آشپزخانهٔ سرتاسری قرار داشته که اکنون تغییر کاربری داده و به چهار اتاق تبدیل شده است.

نقش‌های به‌کاررفته در این اتاق‌ها شامل نقش‌های اسلیمی، ختایی و منظره‌سازی است که با طیف‌های مختلف رنگی، از قبیل سبز و آبیِ تیره و روشن، قرمز، صورتی و طلایی مزیّن شده‌اند (تصویر ۴). هدف از ارائهٔ این پژوهش، شناسایی فناوری ساخت و نوع رنگدانه‌های به‌کاررفته در تزیینات دیواری خانهٔ دُرمیانی اصفهان متعلق به دوران قاجار، با استفاده از روش‌های دستگاهی است تا بر اساس آن بتوان طرحی مناسب برای حفاظت و مرمت اثر ارائه داد. درنهایت نیز نتایج به‌دست‌آمده از فن‌شناسی مواد و مصالحِ خانهٔ دُرمیانی، با نتایج دیگر نقاشی‌های دیواری دورهٔ قاجار که در متون و مقالات ذکرشده‌اند، مقایسه شد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

در رابطه با خانه‌های تاریخی دوران قاجار و تزیینات آن‌ها، پژوهش‌هایی انجام‌شده است و پژوهشگران در حوزه‌های مختلف به بررسی این خانه‌ها و تزیینات موجود در آن‌ها پرداخته‌اند. در خصوص نقوش دیواری، بصیری، در مقاله‌ای تزیینات طلاکاری دورهٔ قاجار را در خانه‌های قدسیه، شهشهان و حقیقی موردبررسی قرار داده و جهت شناسایی مواد سازنده و روش اجرا، آزمایش‌های متنوع شیمی کلاسیک و روش‌های دستگاهی (FTIR، XRD و SEM-EDX) را استفاده کرده و درنهایت به این نتیجه رسیده است که طلای به‌کاررفته در خانهٔ حقیقی، از نوع آلیاژ برنج به همراه روغن بزرک، خانهٔ شهشهان از نوع آلیاژهای برنج و برنز با روغن بزرک و خانهٔ قدسیه ترکیبی از عناصر معدنی چون برنج، برنز، آهن، آلومینیوم و نقره با بست و جلای روغن کمان بوده است. ضمن آنکه برای لایه‌چینی از گچ و سریش در خانه‌های حقیقی و قدسیه و گچ و سریش و گِلِ سرخ در خانهٔ شهشهان استفاده‌شده است [10]. عباسی و همکاران، در مقالهٔ خود مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری مجموعهٔ باغ و عمارت رحیم‌آباد بیرجند را که متعلق به دوره قاجار است، موردبررسی قراردادند. آن‌ها برای شناسایی عنصری و ترکیبی مواد تشکیل‌دهندهٔ رنگ‌ها و بستر نقاشی‌ها از روش‌های دستگاهی همچون (FTIR، PLM، XRD، SEM-EDX و XRF پرتابل) استفاده کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که لایهٔ بستر مخلوطی از کلسیم سولفات (گچ) و کلسیم کربنات (گل‌سفید) بوده و از سرنج برای رنگ قرمز، ترکیبِ آبی پروس و مالاکیت برای رنگ سبز، لاجورد و ترکیبات آهن و مس برای رنگ آبی و از مخلوط مس و روی برای رنگ طلایی استفاده‌شده است [4]. بهادری و همکارانش، در مقالهٔ خود به شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری خانه بروجردی‌های کاشان پرداخته‌اند که ازجمله خانه‌های قاجاری ایران است و برای رسیدن به هدف پژوهش خود، از روش‌های شیمیایی و دستگاهی مثل (XRD، FTIR و SEM-EDX) استفاده کرده‌اند و رنگ‌های شناسایی‌شده در این دوره را از نوع قرمز شنگرف (سولفید جیوه)، آبی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۴: تزیینات موجود در اتاق برِوار خانهٔ سادات دُرمیانی
Fig. 4: Decorations in the Barvar's room of Sadat-i-Darmiani's house

لاجورد، طلای مخلوط از دو فلز مس و روی، سبز ترکیبی (مس و آرسنیک)، لایه تدارکاتی هانتیت (کربنات دوتایی کلسیم و منیزیم) و لایه بستر مخلوطی از سولفات کلسیم آبدار، نیم آبه و خشک تشخیص داده‌اند که با چسب‌های حیوانی و ورنی روغنی ترکیب‌شده‌اند [11]. رحمانی و حسینی، نیز با استفاده از روش شیمیِ تر و FTIR به شناسایی مواد تشکیل‌دهندهٔ رنگ‌های به‌کاررفته در دو دیوارنگارهٔ اتاق نقاشیِ کاخ گلستان و صف سلام فتحعلی شاه قاجار پرداخته‌اند. رنگ‌های شناسایی‌شده در این دو اثر عبارت هستند از: آبی پروس، آبی لاجورد و قرمز اخرا؛ همچنین از طلا و اکسید سرب برای رنگ طلایی استفاده‌شده و لایهٔ بستر نیز ترکیب گچ و هانتیت (کم) تشخیص داده شده است [12]. ازآنجاکه معماری دورهٔ قاجار در تداوم معماری دورهٔ زند است، بنابراین، در رابطه با شناسایی رنگدانه‌های به‌کاررفته در دیوارنگاره‌های این دوره، نیکویی و سامانیان، در مقالهٔ خود، به شناسایی رنگ‌های سبز و قرمز در سه بنای کاخ کریم‌خان، عمارت دیوان‌خانه و عمارت هفت‌تنان پرداخته‌اند و برای تشخیص نوع رنگ‌ها از روش‌های آنالیز دستگاهی (FTIR، PLM، XRD و XRF) استفاده کرده‌اند و درنهایت این نتیجه، حاصل شده که از سرب و شنگرف برای رنگ‌های قرمز استفاده‌شده و سبز به‌کاررفته نیز از نوع مالاکیت بوده است[13]. در جدول شمارهٔ ۱ مواد و مصالح به‌کاررفته در برخی از نقاشی‌های سه‌پایه‌ای و دیواری قاجار، ذکرشده است.

رنگدانه‌ها به‌طورکلی به دودستهٔ طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند که رنگدانه‌های طبیعی خود شامل رنگدانه‌های معدنی و رنگدانه‌های آلی است. به گفتهٔ پاکزاد، هنرمندان ایرانی در ادوار مختلف اغلب، از رنگ‌هایی با پوشش دهی بیشتر، کیفیت و پایداری بهتر در نقاشی‌ها استفاده می‌کردند که اکثرِ رنگ‌های معدنی، در مقایسه با سایر موادِ رنگی، مقاومت و پایداری بیشتری در برابر عوامل مختلف محیطی همچون نور، گرما و سایر عوامل شیمیایی و فیزیکی، دارند [22]. این دسته از رنگ‌ها در طبیعت یافت می‌شوند (مانند اکسیدها، سولفات‌ها، کربنات‌های فلزی و غیره) که پس از استخراج آن‌ها را جمع‌آوری و با سایر مواد لازمِ دیگر (مثل صمغ، بست، چسب و غیره) مخلوط می‌کردند و درنهایت پس از آماده‌سازیِ رنگ، از آن برای تزیین دیوارها استفاده می‌شد. شناسایی رنگدانه‌ها و رنگینه‌ها نه‌تنها در ارائه روش‌های درمان و مرمت حائز اهمیت است، بلکه در تدوین طرح حفاظت آثار نیز باید مدنظر قرار گیرد.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۱: مواد و مصالح به‌کاررفته در برخی از نقاشی‌های سه‌پایه‌ای و دیواری قاجار
Table: 1: Materials used in some Qajar easel paintigs and murals

ردیف Row	بنا / تابلو Name of the building or panel	دوره – شهر – City the period	نوع رنگ color	جنس رنگ Compound Name	لایه تدارکاتی (بستر) substrate layer	بست – ورنی binder or varnish	پژوهشگر (ان) researchers
1	خانهٔ حقیقی Haghighi house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج Brass metal	گچ و سریش Plaster & Serish	روغن بزرک linseed oil	Basiri (2014)[10]
2	خانهٔ شهشهان Shahshahan house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج و برنز Bronze & Brass	گچ و سریش و گِل سرخ Plaster & Serish & Red ochre	روغن بزرک linseed oil	Basiri (2014) [10]
3	خانهٔ قدسیه Qodsiyyeh house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج، برنز، آهن، آلومینیوم، نقره Brass,,Bronze, Iron, aluminium & Silver	گچ و سریش Plaster & Serish	روغن کمان Kaman-oil	Basiri (2014) [10]
4	باغ رحیم‌آباد Rahim Abad garden	قاجار – بیرجند Qajar - Birjand	قرمز Red	سرنج Red lead	گچ و گل‌سفید Mixture of plaster & calcite	روغن Oil	Abbasi et al, (2016) [4]
			آبی Blue	لاجورد و ترکیبات مس و آهن Ultramarine & mixture of iron & copper			
			سبز Green	مالاکیت و آبی پروس Mixture of malachite & Prussian blue			
			طلایی Golden	آلیاژ مس و روی (برنج) Mixture of two metals (copper & zinc)			
5	خانهٔ بروجردی‌ها Borujerdi house	قاجار – کاشان Qajar - Kashan	قرمز Red	شنگرف Vermilion	هانتیت – سولفات کلسیم Huntite & Gypsum	چسب حیوانی و ورنی روغنی Animal glue – Oily varnish	Bahadory et al, (2012) [11]
			آبی Blue	لاجورد Ultramarine			
			سبز Green	مس و آرسنیک Copper & Arsenic			
			طلایی Golden	برنج (مس و روی) Brass (copper & zinc)			
6	خانهٔ صارم‌الدوله Sarem-all-dowleh house	قاجار – کرمانشاه Qajar - Kermanshah	آبی Blue	لاجورد Ultramarine	گچ Plaster	–	Chaghamirzaye, (2017)[14]
			قرمز Red	شنگرف Vermilion			
			طلایی Golden	مس و روی (برنج) Brass (copper & zinc)			
7	خانهٔ حقیقی Haghighi house	صفوی و قاجار – اصفهان Safavid & Qajar	سفید White	کربنات کلسیم Calcium carbonate	–	–	Ghavami, (2015) [15]
			آبی	پروس			

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

		- Isfahan	Blue	Prussian blue			
			سبز Green	مالاکیت malachite			
			قرمز Red	سرنج Red lead			
8	بخشی از دیوارنگارهٔ خانهٔ اخوان حقیقی Haghighi house	صفوی و قاجار – اصفهان Safavid & Qajar - Isfahan	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ plaster	–	Mardani (2008)[16]
			سبز Green	مالاکیت malachite			
			سفید White	سفیداب شیخ White lead			
			قرمز Red	سرنج – قرمز دانه Red lead & carmine			
			قهوه‌ای Brown	اخرا Brown Ochre			
			طلایی Golden	مس و روی copper & zinc			
9	دیوارنگارهٔ اتاق نقاشی کاخ گلستان و صف سلام فتحعلی شاه Mural paintings of the (Otagh-e-Naghashi), Golestan palace and Saf-e-Salam-e-Fathalishah	قاجار – تهران Qajar – Tehran	آبی Blue	پروس، لاجورد Prussian blue & ultramarine	گچ و هانتیت (کم) plaster & Huntite	–	Rahmani & Hosseini, (2019)[12]
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			طلایی Golden	طلا و اکسید سرب Gold & lead oxide			
10	نقاشی دیواری متعلق به دورهٔ فتحعلی شاه قاجار در کاخ گلستان Mural painting belonging to the period of Fath-Ali-Shah-Qajar in Golestan Palace	قاجار – تهران Qajar – Tehran	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ plaster	روغن بزرک linseed oil	Vatandoust and Bahadory (1999)[17]
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			سفید White	سولفات کلسیم – کربنات کلسیم Calcium sulfate – Calcium carbonate			
			طلایی Golden	فلز طلا Gold metal			
11	نقاشی‌های دیواری عمارت باغچه جوق ماکو wall painting of Baghche Joogh castle	قاجار – آذربایجان غربی Qajar - West Azerbaijan	سبز آبی Green blue color	سبز سیلو و مالاکیت Green cilo & malachite	–	–	Ahmadi et al (2005) [18]
			آبی Blue	اولترامارین و آبی پروس ultramarine & Prussian blue			
			زرد Yellow	کروم – اخرا – زرنیخ Chrome yellow, yellow ochre, orpiment			

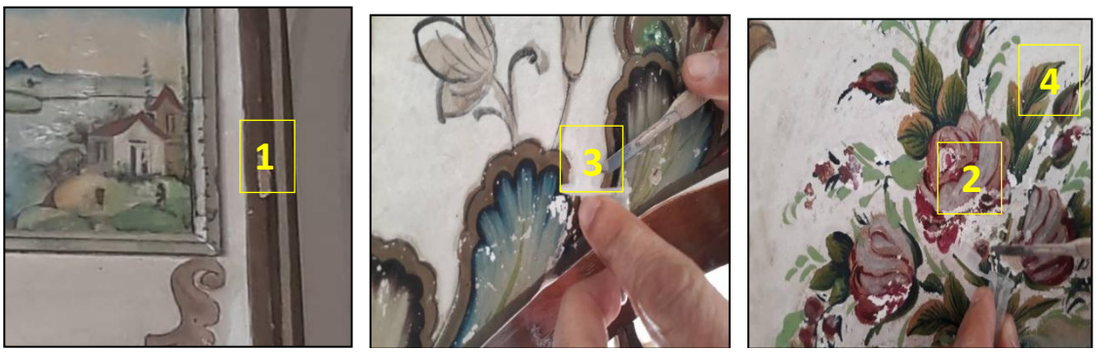
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

			طلایی Golden	ورق مس Copper sheet			
12	خانهٔ بخردی Bekhradi house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	آبی Blue	لاجورد ultramarine	–	–	Ismailian (2013)[19]
			سفید White	سرب و گل‌سفید White lead & calcite			
13	تابلوی دختر مصری Egyption girl tablout	قاجار – تهران Qajar - Tehran	سبز Green	سبز خاکی Green earth	پودر گچ Plaster Powdered	ورنی شلاک – روغن بزرک Shellac – linseed oil	Samanian et al (2013) [20]
			سفید White	سرب White lead			
			قرمز Red	سرنج Red lead			
			آبی Blue	سیرولین Cerulean blue			
			زرد Yellow	آمبر raw amber			
			قهوه‌ای Brown	آمبر raw amber			
			طلایی Golden	ترکیبات مس Copper pigment			
14	تابلوی مباهله Mobaheleh tablout	قاجار – تهران Qajar - Tehran	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ و رنگدانه‌های حاوی سرب (سفیداب و سرنج) Plaster & white and red lead	بست پروتئینی – ورنی روغنی Protein binder, oily varnish	Firooznia & samanian (2018)[21]
			سبز آبی Green blue color	پروس و زرد کروم Prussian blue and chrome yellow			
			زرد Yellow	اخرا Yellow Ochre			
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			قهوه‌ای Brown	اخرا Brown ochre			
			سیاه Black	عاج (استخوان) Ivory black			

۳. مواد و روش‌ها

برای شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در تزیینات دیواری خانهٔ دُرمیانی، ابتدا نمونه‌برداری جهت شناسایی لایه‌های تشکیل‌دهنده، انجام شد (تصویر ۵). نمونه‌برداری با در نظر گرفتن اصل عدم آسیبِ بصری با حداقل میزان، از قسمت‌های آسیب‌دیده و ریخته شدهٔ رنگ‌ها انجام شد. ازآنجاکه تاکنون عملیاتی مبنی بر مرمت در تزیینات این بنا صورت نگرفته است، بنابراین بیشترین آسیب، در رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز ایجادشده بود. نمونه‌برداری از نواحیِ آسیب‌دیده انجام شد و با کدهای B1 (طلایی)، B2 (قرمز)، B3 (آبی) و B4 (سبز) نام‌گذاری شد (جدول ۲). لایه‌های رنگی ایجادشده در این تزیینات، بسیار نازک بودند و امکان برداشتن لایهٔ رنگ به‌تنهایی ممکن نبود؛ به همین دلیل مقادیر کمی از لایهٔ بستر نیز به همراه رنگ‌ها برداشته شد. در ادامه، برای شناسایی نوع رنگدانه‌ها و ترکیبات آن‌ها از روش‌های

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-05]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۵: محل نمونه‌برداری از رنگ‌های ۱. طلایی، ۲. قرمز، ۳. آبی و ۴. سبز
Fig. 5: Sampling location of 1) golden, 2) red, 3) blue and 4) green colors.

جدول ۲: محل نمونه‌برداری و آزمایش‌ها انجام‌شده بر روی نمونه‌ها
Table 2: The site of sampling and analysis of colors

ردیف Row	کد نمونه sample code	نوع نمونه Sample type	محل نمونه‌برداری Sampling locations	آزمایش انجام‌شده Analysis
1	B1	طلایی Golden	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
2	B2	قرمز Red	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
3	B3	آبی Blue	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
4	B4	سبز Green	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM

دستگاهی استفاده شد. در مرحلهٔ نخست برای شناسایی مواد آلی موجود در نمونه‌ها از دستگاه FTIR مدل TENSOR 27 ساخت شرکت BRUKER آلمان با عدد موجی ۴۰۰۰ cm^{-1} – ۴۰۰ در محدودهٔ Mid IR استفاده شد. طیف‌ها با ۳۲ بار اسکن و قدرت تفکیک ۴ cm^{-1} در دما و رطوبت اتاق ثبت شدند. برای آماده‌سازیِ هر رنگ به‌صورت جداگانه، حدود دو الی سه میلی‌گرم از رنگ با حدود ۲۰۰ میلی‌گرم هالید قلیایی پتاسیم برمید (KBr) به‌صورت مخلوط درآمد؛ سپس با استفاده از یک هاون از جنس عقیق، ساییده شد و در قالب قرص‌ساز در معرض فشار، قرصی شفاف از مخلوط باضخامت حدود ۱mm تهیه شد. از دستگاه SEM-EDS مدل Sirius SD ساخت شرکت TESCAN نیز برای آنالیز عنصری موادِ معدنی استفاده شد. سپس برای اطمینان از موادِ شناسایی‌شده، کلیهٔ نمونه‌ها زیر دستگاه میکروسکوپ نوری یا اُپتیکی (OM) مدل NIKON YS100 مشاهده شد. برای مشاهدهٔ رنگ‌ها در زیر میکروسکوپ، مقادیر اندکی از رنگِ ساییده شده بین لام و لامل قرار داده شد. درنهایت برای شناسایی و بررسی زیر میکروسکوپ قرارگرفت و عکس‌برداری شد.

٤. نتایج و تحلیل یافته‌ها

۱-٤. رنگ طلایی (کد B1): در طیف FTIR این نمونه، در نواحی ۸۶۹/۱۴– ۸۹۱/۱۵ و ۱۱۳۸/۹۸ و نواحی ۱۶۰۰ cm^{-1} ژیپس مشاهده شد (جدول ۳). حضور نوار جذبیِ تیز در ناحیهٔ ۱۶۲۱/۵۸ cm^{-1} مربوط به پیوند هیدروکسیل موجود در ساختار شیمیایی ژیپس است. همچنین ارتعاشات کششی نامتقارن مربوط به پیوند O-H در ناحیهٔ ۳۴۰۵/۸۶ و ارتعاشات کششی نامتقارن ناشی از پیوند S=O در ناحیهٔ ۱۱۳۸/۹۸ و نیز نوار جذبیِ تیز در

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

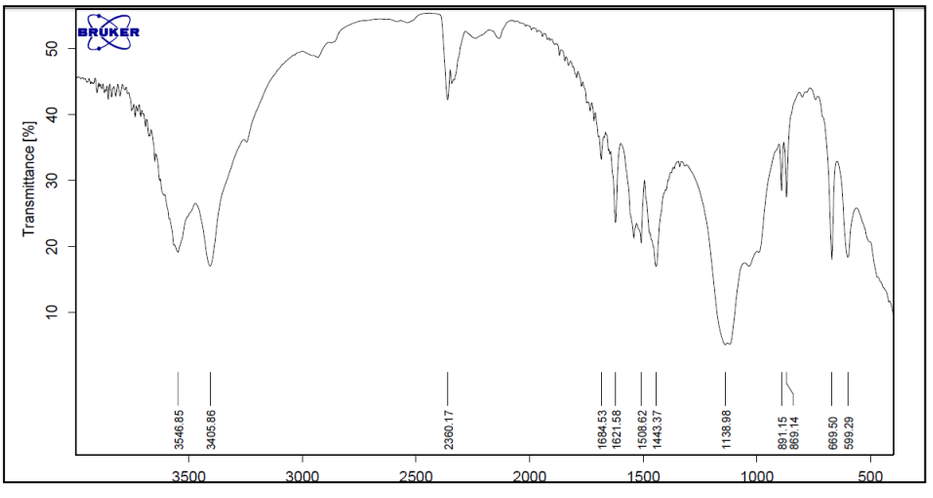
جدول ۳: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B1
Table 3: Material detected by the FTIR device in the B1 sample

رنگ color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ طلایی (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) (of measurement cm^{-1})golden Sample absorption bands in the FTIR spectrum unit		
	ژیپس gypsum	پروتئین Protein	هانتیت (گل‌سفید) Huntite
طلایی B1 golden	869.14 – 891.15 – 1138.98 and 1600 regions	1508.62	1443.37

ناحیهٔ ۶۶۹/۵۰ ناشی از پیوند S-O، متعلق به حضور ژیپس یا سولفات کلسیم دو آبه است. نوار جذبی ناحیه ۱۴۴۳/۳۷ cm^{-1} مربوط به باند جذبی کششیِ C-O، اشاره به وجود هانتیت (گل‌سفید) دارد که از ژیپس و هانتیت در ساخت بستر استفاده‌شده است. ضمن آنکه در نوار جذبی ناحیهٔ ۱۵۰۸/۶۲ cm^{-1}، حضور آمید II نشان از وجود پروتئین دارد که به‌عنوان بست رنگ به‌کاررفته است (تصویر ۶)؛ پروتئین‌ها اغلب، با ظاهر شدن باندهای آمید I و II شناسایی می‌شوند که عدد موجی ۱۵۶۵ cm^{-1} – ۱۵۰۰ مربوط به این دسته از مواد است. چسب‌های حیوانی (سریشم) ازجمله مواد طبیعی هستند که از پوست، استخوان و سایر اجزای حیوانات به دست می‌آیند و به‌عنوان سریشم و بست رنگ به کار می‌روند [23].

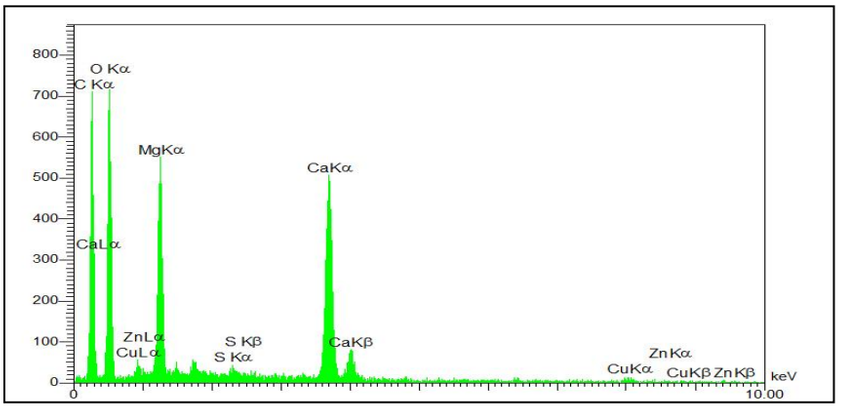
در طیف EDS، رنگ طلایی (تصویر ۷) نیز مقادیر منیزیم (Mg)، گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، مس (Cu) و روی (Zn) را نشان می‌دهد (جدول ۴).

حضور کلسیم و گوگرد نشان از حضور ژیپس با فرمول شیمیایی ($CaSO_4.2H_2O$)، در ترکیبات دارد. منیزیم نیز نشان‌دهندهٔ هانتیت (گل‌سفید) با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ [24] است که در ساخت بستر از آن استفاده‌شده است. با توجه به اینکه بستر باید سطحی صاف و یکدست داشته باشد، بنابراین، از خواص این رنگدانه برای مطلوب کردن بستر استفاده‌شده است. عناصر مس و روی نیز نشان از حضور آلیاژ برنج (مس + روی) در ساخت رنگ طلایی دارد. در ادامه، برای اطمینان از نتایج، این رنگ در زیر میکروسکوپ نوری نیز مشاهده شد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که رنگ طلاییِ به‌کاررفته در تزیینات این بنا به‌صورت ترکیباتِ پودریِ آمیخته با بست است[۳] (تصویر ۸).



شکل ۶: طیفِ FTIR نمونهٔ B1
Fig. 6: FTIR spectrum of B1 sample

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



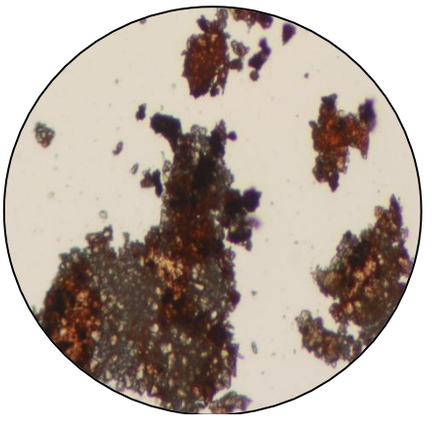
شـکل ۷: طیـف EDS رنـگ طلایی

Fig. 7: FTIR spectrum of gold pigment

جدول ۴: شناسایی عناصر موجود در رنگ طلایی با SEM-EDS

Table 4: Idntification of golden color by SEM-EDS

عناصر ingredients	Mg	S	Ca	Cu	Zn
درصد وزنی W%	40.18	1.97	53	3.40	1.42



شکل ۸: ویژگی ظاهری رنگ طلایی زیر میکروسکوپ ۴۰X

Fig. 8: Appearance of golden color under a microscope (40 X)

۲-٤. رنگ قرمز (کد B2): در طیف FTIR، نوارهای جذبی در نواحی ۸۶۹/۱۱، ۸۹۱/۲۵، ۱۱۵۳/۱۷ و نواحی ۱۶۰۰ cm^{-1} به حضور ژیپس اشاره دارد (تصویر ۹). نوار جذبی ناحیهٔ ۱۴۴۴/۴۳ cm^{-1} حضور منیزیم را در ترکیبات بستر نشان می‌دهد (هانتیت)؛ چنانچه در مطالب پیشین نیز ذکر شد به احتمال زیاد از این عناصر در ساخت بستر استفاده‌شده است. سفید و قرمز سرب نیز در نواحی ۶۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰ cm^{-1} و ۲۳۴۲/۱۴ و ۲۳۶۰/۱۸ مشاهده می‌شود (جدول ۵)؛ که از سفید سرب برای روشن کردن و ایجاد تونالیتهٔ رنگی استفاده‌شده است.

عناصر شناسایی‌شده در آنالیز EDS، نیز سـدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلیسـیم (Si)، گـوگرد (S)، کلسیم (Ca) و سرب (Pb) را نشان می‌دهد (جدول ۶).

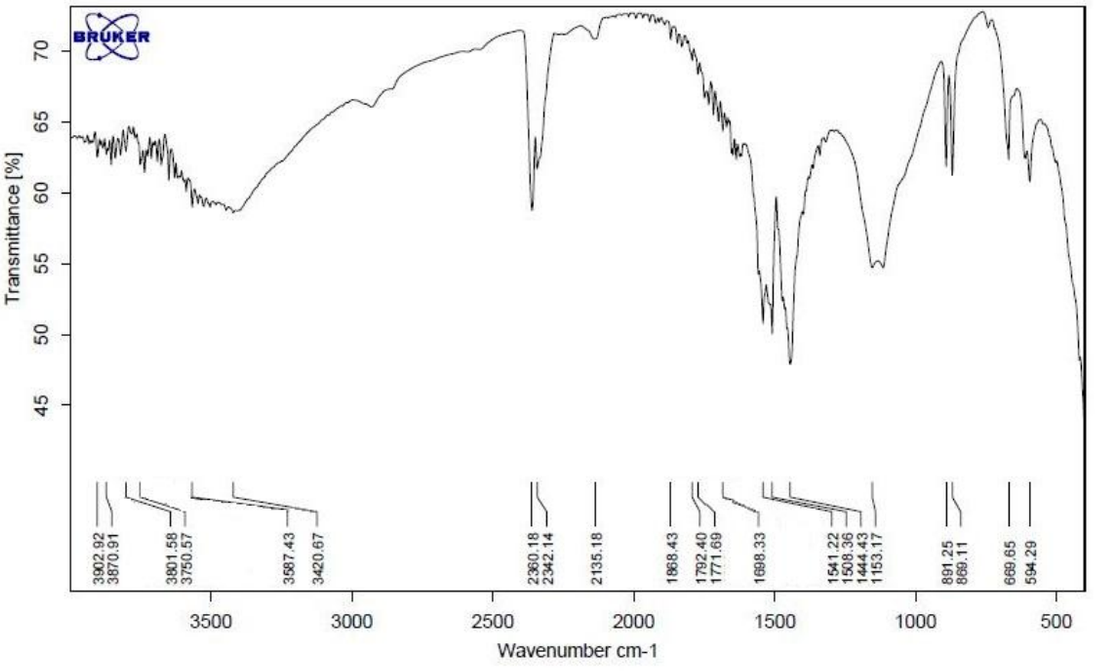
حضور مقادیر بالای سرب در این طیـف، مربـوط بـه سفیداب و سرنج (Pb_3O_4) [25] است که در ترکیب رنـگ قرمز استفاده‌شده است. منیزیم شناسایی‌شده نیز مربوط به حضور هانتیت در ترکیبات بستر است (تصویر ۱۰). نتایج

جدول ۵: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B2

Table 5: Tab. 3: Material detected by the FTIR device in the B2 sample

رنگ color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ قرمز (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) red Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})					
	ژیپس gypsum	سرنج Red lead	سفید سرب White lead	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	روغن Oil	پروتئین Protein
قرمز B2 Red	869.11 – 891.25 – 1153.17 and 1653.03	669.65 – 869.11 – 891.25 – 1444.43 - 2342.14 and 2360.18	669.65 1444.43 and 1700 regions	1444.43	1700 regions	1508.36 and 1541.22

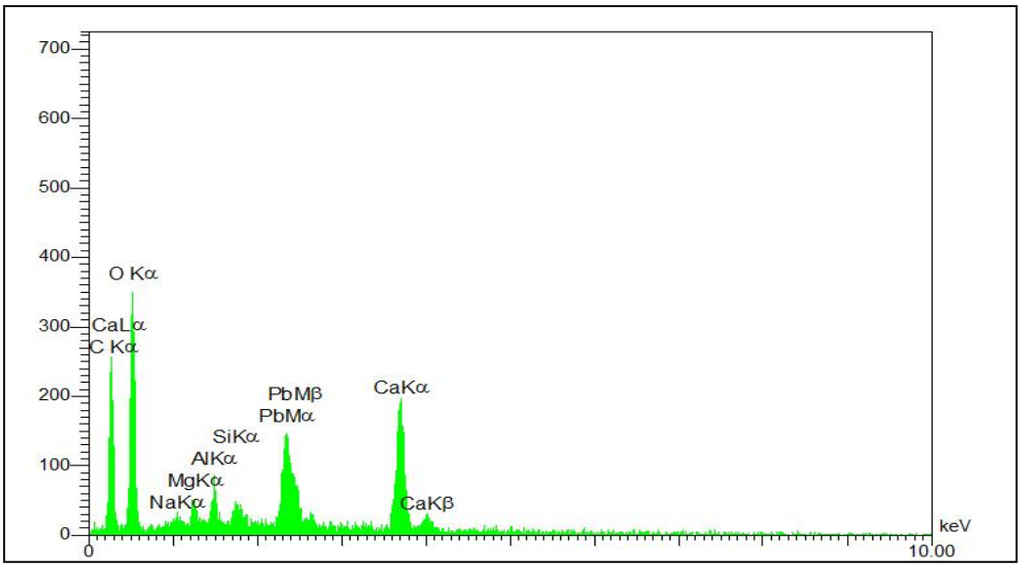
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۹: طیفِ FTIR نمونهٔ B2
Fig. 9: FTIR spectrum of B2 sample

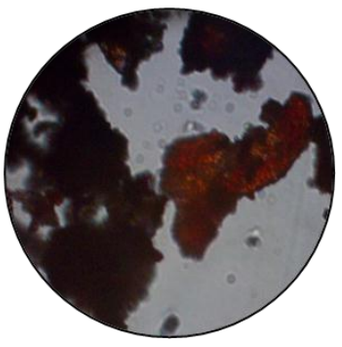
جدول ۶: شناسایی عناصر موجود در رنگ قرمز با SEM-EDS
Table 6: Idntification of red color by SEM-EDS

Pb	Ca	S	Si	Al	Mg	Na	عناصر ingredients
62.27	20.38	0.00	3.57	4.92	4.28	4.55	درصد وزنی W%

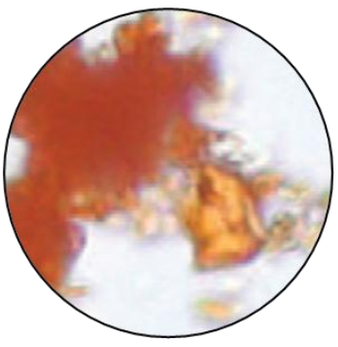


شکل ۱۰: طیف EDS رنگ قرمز
Fig. 10: EDS spectrum of red pigment

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۱۱: رنگ‌دانهٔ قرمز زیر میکروسکوپ نوری بزرگنمایی ۴۰X
Fig. 11: Microscopic image of red pigment (40 x)

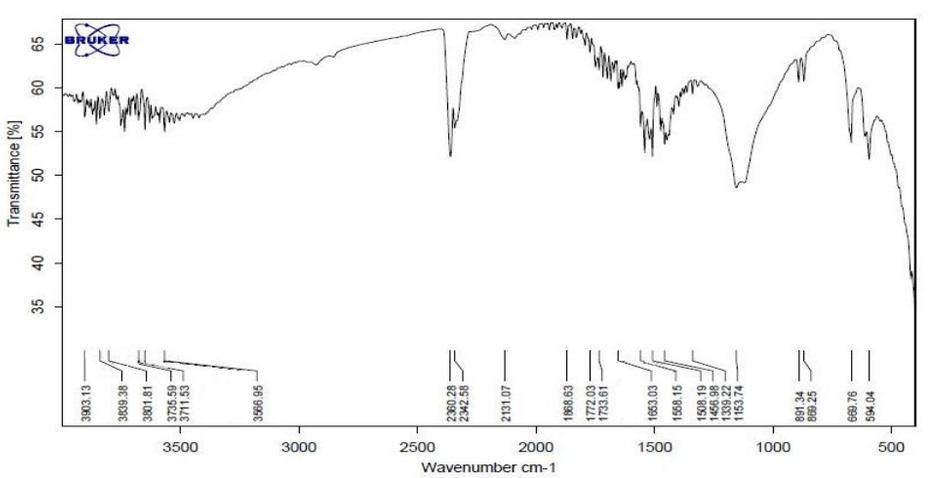


شکل ۱۲: مرجع سرنج [28]
Fig. 12: Red lead reference

حاصل از بررسی این رنگدانه زیر میکروسکوپ نوری (OM) حاکی از آن است که نمونه، با نوعی بست ترکیب‌شده است (تصویر ۱۱). ازآنجاکه رنگ قرمز مورد استفاده در این بنا، سرنج شناسایی شد، بنابراین، برای حصول اطمینان از نتایج، این رنگدانه با قرمز سربِ موجود در اطلس رنگدانه‌ها مقایسه شد (تصویر ۱۲). ذرات سرنج در زیر میکروسکوپ، شفاف و تقریباً مات به رنگ نارنجی و قرمز مشاهده شدند که از دانه‌های بسیار ریز تا متوسط، متغیر بودند [26].

۳-٤. رنگ آبی (نمونهٔ B3): طی تحقیقات به عمل آمده توسط دستگاه FTIR، حضور نوار جذبی در ناحیهٔ ۲۱۳۱/۰۷ cm^{-1} نشان از آبی پروس دارد (تصویر ۱۳). در این طیف، نیز مانند نمونهٔ B2 ترکیبات ژیپس و هانتیت مشاهده می‌شود که در بستر به‌کاررفته‌اند. باندهای نواحیِ ۱۵۰۰ cm^{-1} نشان از حضور پروتئین در ترکیب با رنگدانه دارد. در حضور باند کششی پیوند C=O در ناحیهٔ ۱۷۰۰ cm^{-1} نیز ردپاهایی از روغن مشاهده می‌شود[۴] که با توجه به حضور این ماده در تمام‌رنگ‌ها، نحوهٔ اجرای تزیینات به‌صورت رنگ‌روغن بوده است. نوارهای جذبی نواحی ۶۰۰، ۱۴۰۰ و ۱۷۰۰ cm^{-1} نیز نشان از سفید سرب دارد (جدول ۷).

نتایج حاصل از آنالیز SEM-EDS، نیز حضور عناصری چون سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلسیم (Si)، گوگرد (S)، کلر (Cl)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و سرب (Pb) را در ترکیبات رنگ، تشخیص داد (تصویر ۱۴). آهن موجود در این نمونه، اشاره به حضور آبی پروس $Fe(CN)6]_3$ دارد [27]

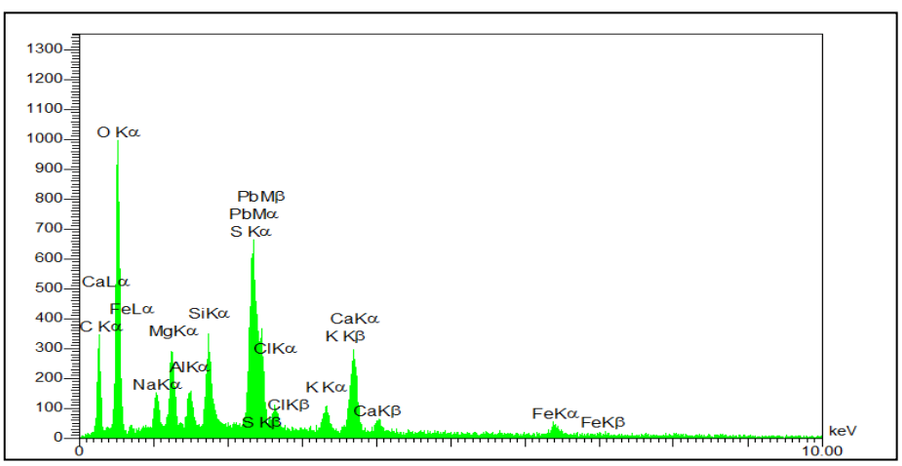


شکل ۱۳: طیفِ FTIR نمونهٔ B3
Fig. 13: FTIR spectrum of B3 sample

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۷: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B3
Table 7: Tab. 3: Material detected by the FTIR device in the B3 sample

رنگ Color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ آبی (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) blue Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})						
	سفید سرب White lead	ژیپس Gypsum	آبی پروس Prussian blue	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	روغن Oil	پروتئین Protein	سیلیس Silica
آبی B3 Blue	669.76 – 1456.98 and 1700 regions	869.25- 891.34- 1153.74 and 1600 regions	2131.07	1456.98	1700 regions	1500 regions	Region of 1153.74



شکل ۱۴: طیف EDS رنگ آبی
Fig. 14: EDS spectrum of blue pigment

که این ماده در طیف FTIR نیز شناسایی شد.

چنانچه در تصویر شماره ۳ (محل نمونه‌برداری آبی) مشاهده می‌شود، این رنگ دارای تونالیتهٔ بسیار روشنی است که مقادیر بالای سرب در این آنالیز نیز اشاره به سفید سرب برای روشن‌تر کردن رنگ آبی دارد. به گفتهٔ Zagora، این ماده علاوه بر خاصیت روشن کردن تونالیتهٔ رنگ‌ها، خاصیت زود خشک‌شوندگی را نیز دارد [28]. منیزیم، کلسیم و گوگرد موجود در نمونه، مربوط به ترکیبات بستر شامل هانتیت و ژیپس است. سایر عناصر نیز ناخالصی‌های موجود در ترکیبات بستر هستند (جدول ۸).

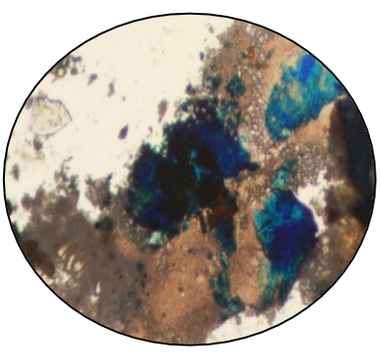
با بررسی رنگ‌دانهٔ آبی در زیر میکروسکوپِ نوری، مشخص شد این رنگدانه با بستی شفاف و زردرنگ مخلوط شده است (تصویر ۱۵). در طی آنالیزهای انجام‌شده رنگ آبی از نوع پروس شناسایی شد؛ بنابراین، این رنگ در زیر میکروسکوپ نوری نیز بررسی و با رنگ‌دانهٔ پروس در اطلس رنگ، مقایسه شد (تصویر ۱۶)؛ رنگ‌دانهٔ آبی به‌صورت ذرات تیره و روشن سیر و شفاف و مات است. به گفتهٔ Eastaugh، اندازهٔ ذرات این رنگدانه در زیر میکروسکوپ حدود (۰/۰۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) و ازلحاظ رنگ و میزان شفافیت، آبی روشن تا سیر و مات و نیمه شفاف است. همچنین ذرات، از بسیار ریز تا درشت متغیر هستند درحالی‌که شکل آن‌ها زاویه‌دار است (زوایا تیز نیستند) و منحنی شکل، محسوب می‌شوند [26].

٤-٤. رنگ سبز (کد B4): آنالیز FTIR رنگ سبز در تزیینات این بنا، حضور ژیپس را در نواحی ۸۶۹/۲۴، ۸۹۱/۳۱، ۱۱۱۵/۱۶ و ۱۶۰۰ cm^{-1} گواهی می‌دهد. در ناحیهٔ ۱۱۱۵/۱۶ پیوندهای Si-O-Si و Si-O-Al نشان از

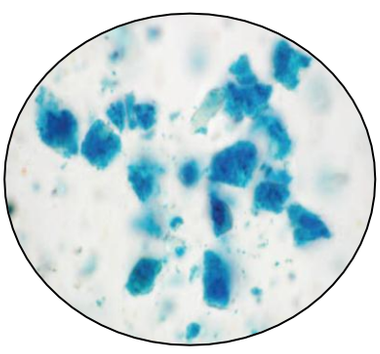
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۸: شناسایی عناصر موجود در رنگ آبی با SEM-EDS
Table 8: Idntification of blue color by SEM-EDS

عناصر / ingredients	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	Pb
درصد وزنی / W%	5.07	6.68	3.39	5.56	2.97	1.78	3.03	8.96	2.09	60.41



شکل ۱۵: مشاهدهٔ رنگ آبی زیر میکروسکوپ (۴۰X)
Fig. 15: Microscopic image of blue pigment (40 x)



شکل ۱۶: مرجع آبی پروس [28]
Fig. 16: Prussian blue reference

سیلیس دارد (جدول ۹). در نواحی ۶۶۹/۵۶، ۱۴۰۰ و ۱۷۰۰cm^{-1} به‌وضوح سفید سرب، نمایش داده می‌شود و نوار جذبیِ ناحیهٔ ۲۰۹۰/۷۳ نشان از آبی پروس دارد. همچنین در نواحی ۱۷۰۰ cm^{-1} حضور کربونیل نشان از وجود روغن و ناحیهٔ ۱۵۰۰ حضور آمید II نشان از وجود پروتئین در ترکیب رنگ دارد. همان‌طور که در مطالب پیشین نیز ذکر شد با توجه به حضور روغن و پروتئین در تمام نمونه‌ها مشخص می‌شود که بست از نوع پروتئینی و تکنیک رنگ‌گذاری، رنگ‌روغن بوده است. Erhardt، بر این عقیده است که روغن‌هایی که در رنگ‌ها و جلاها به‌کاررفته‌اند، اغلب، روغن‌های استخراج‌شده از دانه گیاهان هستند که از هزاران سال پیش به‌کاربرده می‌شدند [29].

عناصر شناسایی‌شده در رنگ سبز، توسط دستگاه SEM-EDS عبارت هستند از: منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلسیم (Si)، گوگرد (S)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و سرب (Pb) که در جدول ۱۰ و تصویر ۱۷ مشخص‌شده است.

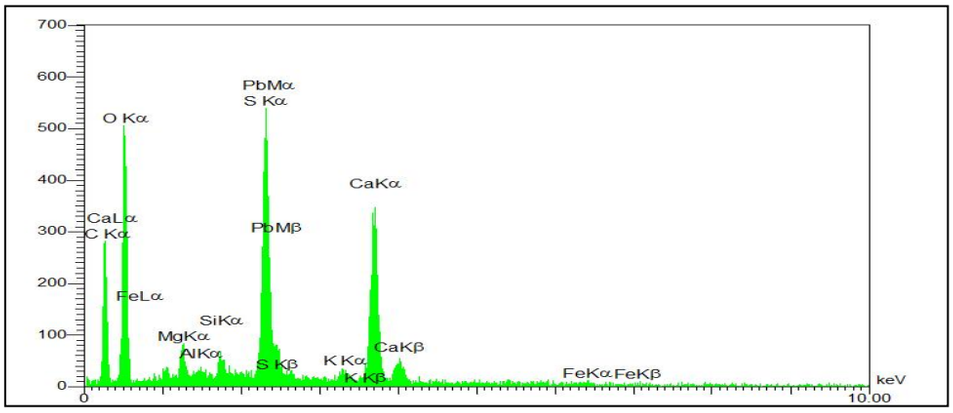
جدول ۹: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B4
Table 9: Material detected by the FTIR device in the B4 sample

رنگ Color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ سبز (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) green Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})						
	ژیپس Gypsum	سفید سرب White lead	آبی پروس Prussian blue	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	روغن Oil	پروتئین Protein	سیلیس Silica
سبز B4 Green	869.24- 869.31- 1115.16 and 1600 regions	669.56- 1445.06- 1472.89 and 1700 regions	2090.73	1445.06 and 1472.89	1700 regions	Regions of 1508.48 and 1541.43	Region of 1115.16

جدول ۱۰: شناسایی عناصر موجود در رنگ سبز با SEM-EDS
Table 10: Idntification of green color by SEM-EDS

عناصر / ingredients	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Pb
درصد وزنی / W%	5.05	2.40	2.95	20.57	2.18	28.28	0.68	37.84

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

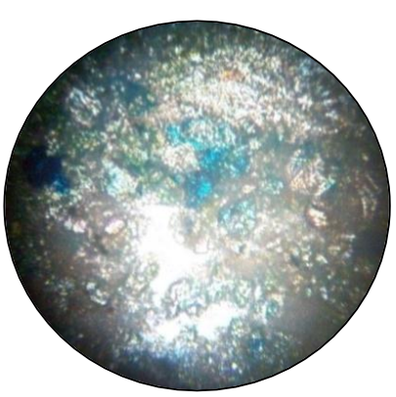


شکل ۱۷: طیف EDS رنگ سبز
Fig. 17: EDS spectrum of green pigment

حضور کلسیم و گوگرد نشان از حضور ژیپس با فرمول شیمیایی ($CaSO_4.2H_2O$) در ترکیبات دارد. منیزیم نیز نشان از هانتیت (گل‌سفید) با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ است که با توجه به حضور این ترکیبات در تمام آنالیزها، مشخص می‌شود که از ترکیب ژیپس و هانتیت در ساخت بستر استفاده‌شده است. به گفتهٔ هولاکویی و کریمی، هانتیت یکی از محبوب‌ترین رنگدانه‌هایی است که به‌عنوان رنگ‌دانهٔ سفید در نقاشی‌های دیواری ایرانی مورداستفاده قرار می‌گیرد [30]. با توجه به اینکه بستر باید سطحی صاف و یکدست داشته‌باشد، بنابراین، از خواص این رنگدانه برای مطلوب کردن بستر استفاده‌شده است. همچنین حضور مقادیر بالای سرب در طیف EDS نشان از حضور این ماده در ترکیب رنگ سبز دارد که سفید سرب شناسایی‌شده در FTIR نیز به حضور سفیداب برای کم‌رنگ و روشن کردن این رنگ، اشاره دارد؛ در تصویر شماره ۵ (محل نمونه‌برداری از رنگ سبز، نشان می‌دهد که این رنگ دارای طیف بسیار روشنی است و ترکیب سفید سرب در آن، برای روشن کردن رنگ، طبیعی به نظر می‌رسد).

عناصری چون سیلیسیم، آهن، آلومینیوم و پتاسیم نیز به حضور سبز سیلو در بین رنگ‌ها اشاره دارند که ترکیب شیمیایی این رنگ به‌طور تخمینی ($K[(Al,Fe^{3+})_2(Fe^{2+},Mg)](AlSi_3,Si)O_{10}(OH)_2$) است[31]. سیلیس‌ها ترکیباتی معدنی هستند که سبز خاکی بیشتر از آن‌ها تشکیل‌شده است و به‌طور وسیعی در سطح جهان یافت می‌شوند. خاک سبز (سبز سیلو) به‌طور عمده از هر دو مادهٔ معدنیِ خاک رس، سلادونیت و گلوکونیت تهیه‌شده است [32]. این رنگدانه از دوران باستان در تمام تکنیک‌های هنری کاربرد داشته است [33]. درنهایت، نوار جذبیِ آبی پروس در طیف FTIR و حضور آهن در نتایج EDS، نشان حضور از این رنگدانه در ترکیب بارنگ سبز دارد.

برای اطمینان از نتایج حاصل از آزمایش‌ها، این رنگ در زیر میکروسکوپ نیز شناسایی شد. رنگ سبز یا به‌صورت ترکیبی از رنگ مایه‌های آبی و زرد و یا به‌صورت تک‌فام سبز به کار می‌رود؛ بنابراین، پس از بررسی رنگ در زیر میکروسکوپ، نتیجه حاکی از آن بود که از ترکیب رنگدانه‌های آبی، سبز و سفید برای ایجاد رنگ سبز در این تزیینات استفاده‌شده است (تصویر ۱۸).



شکل ۱۸: رنگ سبز در زیر میکروسکوپ (۴۰X)
Fig. 18: Microscopic image of green pigment (40 x

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

نتایج نهایی از آنالیزهای OM، FTIR و SEM-EDS مشخص می‌کند که بستر، ترکیبی از ژیپس و هانتیت است و از ترکیب سفید سرب، آبیِ پروس و سبز سیلو به همراه بست پروتئینی، برای رنگ‌گذاری نواحی سبز استفاده است.

۵. نتیجه‌گیری

خانهٔ سادات دُرمیانی، ازجمله بناهای تاریخی قاجاری در اصفهان است که جزو هفت‌دست‌خانه‌ها بوده و پس از مرمت و بازسازی آن، اکنون تغییر کاربری داده و به هتل سنتی تبدیل شده است. در ضلع شرقی و غربیِ شاه‌نشین این خانه دو اتاق بروار قرارگرفته که به اتاق‌های نقش معروف بوده‌اند و تنها قسمت‌های بنا هستند که تزیینات آن‌ها از دوران قاجار تا به امروز دست‌نخورده باقی‌مانده‌اند. برای شناسایی نوع رنگدانه‌های به‌کاررفته در این بنا از رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز که بیشترین کاربرد را داشتند، نمونه‌برداری و آنالیزهای FTIR، SEM-EDS و OM انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها مشخص کرد که رنگ‌های به‌کاررفته در این تزیینات از نوع مواد معدنی به همراه بست پروتئینی هستند و تکنیک به‌کاررفته، رنگ‌روغن است. رنگ طلایی به‌کاررفته در این نقوش ترکیبی از آلیاژهای مس و روی (برنج)، قرمز از نوع قرمز سرب یا سرنج (Pb_3O_4)، آبی از نوع آبی پروس ($Fe_4(Fe[CN]_6)_3$) و رنگ سبز ترکیبی از آبی پروس به همراه سبز خاکی یا سیلو ($K[(Al^{3+},Fe^{3+})(Fe^{2+},Mg^{2+})](AlSi_3,Si_4)O_{10}(OH)_2$) است؛ ضمن آنکه از سفید سرب ($2PbCO_3.Pb(OH)_2$) برای ایجاد تونالیته‌های رنگی و روشن کردن رنگ‌ها استفاده‌شده است. در ترکیبات لایهٔ بستر نیز هانتیت یا گل‌سفید ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) به همراه ژیپس ($CaSO_4.2H_2O$) شناسایی شد. هانتیت از ادوار گذشته تاکنون هم به‌عنوان رنگ سفید و هم برای بسترسازی نقاشی‌ها استفاده‌شده است. نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن هستند که کلیهٔ مواد و رنگدانه‌های شناسایی‌شده در این پژوهش، با مواد و مصالح به‌کاررفته در دوران قاجار (جدول ۱) مطابقت دارند.

سپاسگزاری

در پایان، نویسندگان از سرکار خانم رؤیا بهادری جهت همکاری در بخش شناسایی و تحلیل نتایج آزمایش‌ها، سرکار خانم محبی (مسئول آزمایشگاه SEM-EDS پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران) و سرکار خانم فاطمه بارانی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

پی‌نوشت

۱. در خانه‌های پدرسالاری همهٔ کسان و خویشاوندان نزدیک در یک‌خانه زندگی می‌کردند. پدر، مادر، فرزندان، پدربزرگ، مادربزرگ، نوه‌ها و عروس‌ها در کنار هم بودند، دلیلی نداشته که به یک جای دیگر بروند. همهٔ آن‌ها از یک آشپزخانه بهره‌گیری می‌کردند [6].

۲. به اتاق‌های دو سوی یک اتاق میانی بزرگ مانند تالار میانوار، بروار گفته می‌شد [7].

۳. درگذشته هنرمندان برای اجرای تزیینات طلاکاری، یا از ورقه‌های فلزی استفاده می‌کردند و یا با ترکیب پودر فلزات با بست و استفاده از قلم‌مو نقوش را اجرا می‌کردند.

۴. چون پروتئین‌ها منبعی برای تغذیه میکروارگانیسم‌ها و حشرات هستند بنابراین، از این ماده کمتر به‌عنوان ورنی استفاده می‌شده و بیشتر نقش عامل چسبانندهٔ رنگ را ایفا می‌کرده است.

References

[1] Alizadeh. S. Survey on ways of painting development in the first part of Qajar period, Negareh 7(22), 2012, p 73-84. [in Persia].

[علیزاده سیامک. بررسی و فن‌شناسی تحول هنر نقاشی در دورهٔ اول قاجاری،.فصلنامه علمی نگره ۱۳۹۱، ۷(۲۲)، ص ۸۴ – ۷۳.]

[2] Shirazi. M and Mousavilar. M, Retrieval of identity in Qajar Era (case study: ceramics), Negareh 12(41), 2017, p 17-29. [in Persian].

[شیرازی ماه منیر، اشرف موسوی لر. بازیابی لایه‌های هویتی در هنر دوره قاجار مطالعه موردی روی کاشی‌های دوره قاجار، فصلنامه علمی نگره۱۳۹۶،

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

[پیرنیا محمد کریم. معماری ایرانی. تهران: سروش دانش؛ ۱۳۹۲.]

[8] Soltan Seyyed Rezakhan (), Dar-al-saltaneh map of Isfahan, municipality of Isfahan, Isfahan City Renovation and improvements Organization 2013.[in Persian].

[سلطان سید رضاخان. نقشهٔ دارالسلطنهٔ اصفهان، شهرداری اصفهان. سازمان نوسازی و بهسازی شهر اصفهان؛ ۱۳۹۲.]

[9] Aerial map of Isfahan, municipality of Isfahan, Isfahan City Renovation and improvements Organization, Edited by authors 2016.[in Persian].

[نقشه هوایی اصفهان. شهرداری اصفهان. سازمان نوسازی و بهسازی شهر اصفهان. تنظیم و ویرایش: نگارندگان؛ ۱۳۹۵.]

[10] Basiri, S, The comparative study of the constructional features of gilding decoration of Qajar period in Isfahan case study: the houses of Qodsiyye, Shahshahan and Haghighi, Negarineh Islamic Art, scientific research quarterly, , 2014, 2, p 52-69 [in Persian].

[بصیری، سمیه. مطالعهٔ تطبیقی ویژگی‌های ساختاری تزیینات طلاکاری دورهٔ قاجار در اصفهان نمونه موردی: خانه‌های قدسیه، شهشهان و حقیقی، فصلنامه علمی نگارینه هنر اسلامی ۱۳۹۳، ۱(۲)، ۶۹ – ۵۲.]

[11] Bahadori. R, Tazimi. D and jahangardi. S, Identification on mural painting of Borojerdiha house in Kashan, Proceedings of the First symposium on Materials Science and conservation of Cultural and Historical artefacts, Tehran: research institute of cultural heritage & tourism, 2012, p 143-149 [in Persian].

[بهادری، رؤیا، دانیال تعظیمی، و سمیه جهانگردی. بررسی و شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری خانه بروجردی‌های کاشان، مجموعه مقالات نخستین همایش علم مواد و حفاظت آثار فرهنگی و تاریخی ۱۳۹۱، تهران، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری. ص ۱۴۳ – ۱۴۹.]

[12] Rahmani. Gh and Hosseini. M, Intention and its relation with colors used in royal Qajar mural painting, journal of research ۱۲(۴۱)، ۲۹ – ۱۷.]

[3] Gholamzade Kalaei. A and Samanian. K, Structural analysis of materials and techniques of plinth ornaments of Safavid Era: A case study of Shah Abbas II mausoleum in Qom, journal of visual and applied arts 2018, 10(20), p 117-131 [in Persian].

[غلامزاده کلایی احمد، کورس سامانیان. تحلیل ساختاری مواد و تکنیک به‌کاررفته در تزیینات ازارهٔ سنگی دورهٔ صفوی (نمونه مطالعاتی بقعه شاه‌عباس ثانی قم)، فصلنامه علمی–پژوهشی نامه هنرهای تجسمی و کاربردی ۱۳۹۶، ۲۰: ۱۳۱ – ۱۱۷.]

[4] Abbasi. J, Bahadori. R, Bozorgmehr. M.A, Beheshti. I and Bahrololoumi, F, Identification of materials and pigments used in mural painting of Rahim Abad historic garden & mansion in Birjand, journal of research on Archaeometry, volume 2(2) 2017, p 63-76. [in Persian].

[عباسی جواد، بهادری رؤیا، بزرگمهر محمدعلی، بهشتی سید ایرج و بحرالعلومی فرانک. شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری مجموعه باغ و عمارت تاریخی رحیم‌آباد بیرجند، پژوههٔ باستان‌سنجی ۱۳۹۵، ۲(۲)، ص۶۳ – ۷۶.]

[5] Ashrafi, A, Westernization in Iranian Architecture "The Impact of Different Societies on Iranian Architecture from the Beginning to Contemporary", Isfahan: Goftemane Andishe publication, 2016. [in Persian].

[اشرفی علیرضا. فرنگی سازی در معماری ایرانی: تأثیر جوامع مختلف بر معماری ایران از آغاز تا معاصر، اصفهان۱۳۹۵، گفتمان اندیشه.]

[6] Memarian. GH, Static Iranian Architecture, first volume, Tehran: Naghmeh NoAndish publication, 2013. [in Persian].

[معماریان غلامحسین. معماری ایرانی نیارش. جلد اول، تهران: انتشارات نغمه نواندیش، ۱۳۹۲.]

[7] Pirnia. M.K (), Persian architecture, Edited by Gholam Hossein Memarian, Tehran: Soroush Danesh publication 2013 [in Persian].

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

اخوان حقیقی اصفهان، پایان‌نامهٔ کارشناسی مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان ۱۳۸۶.]

[17] Vatandoost, R and Bahadori, R. Identification of Compounds Used in a Wall Painting by Using Fourer-Transform Infrared Spectroscopy, Proceedings of the Conservation of Historical Cultural Center, Tehran, 1998, p 98-101. [in Persian].

[وطن‌دوست، رسول و رؤیا بهادری. شناسایی اجزاء یک نقاشی دیواری به روش طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه FTIR. مجموعه مقالات پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی (۱)، تهران: پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی و فرهنگی ۱۳۷۷، ۱۰۱-۹۸.]

[18] Ahmadi S, Shokouhi F, Oliaiy P, Lamehi-Rachti M, Rahighi J. Characterisation of the Wall Painting Pigments of Baghcheh Joogh Castle by PIXE. International Journal of PIXE. 2005;15(03n04):345-50.

[19] Esmailian. F. Syrvey of Monochrome Mural Paintings Techniques of Bekhradys House, M.A Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Tehran; 2014. [in Persian].

[اسماعیلیان، فاطمه. فن‌شناسی نقاشی‌های دیواری تک‌فام شاه‌نشین خانهٔ بخردی اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مرمت و احیای بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۲.]

[20] Samanian K, Abbasi Z, Kaldareh Ai. Archaeometrical Study of the Used Materials in Qajar Easel Painting Using XRD, XRF, PLM And FTIR Techniques: A Case Study Of" Egyptian Girl" Tablout. Mediterranean Archaeology & Archaeometry. 2013 Jul 1;13(2).

[21] Firooznia. A and Samanian. K. Ingredients and techniques of an Qajar oil painting, Ganjine-ye asnad, historical research & archiveal studies quarterly, 2018, 28(1), p 152-174 [in Persian].

[فیروزنیا، افسانه و کورس سامانیان. شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در تابلوی رنگ‌روغن دوره قاجار منسوب به ابوالقاسم اصفهانی. فصلنامه علمی پژوهشی گنجینه اسناد ۱۳۹۷، ۲۸(۱)، ص ۱۷۴-۱۵۲.]

[22] Pakzad Z. Color Structure in the Persian Painting. Rev. Eur. Stud.. 2017;9:1.

on Archaeometry, 2019, year 5(1), p 31-41[in Persian].

[رحمانی، غلامرضا و مهدی حسینی. نیت‌مندی و ارتباط آن بارنگ‌های به‌کاررفته در دیوارنگاره‌های درباری قاجار، پژوهۀ باستان‌سنجی۱۳۹۸، ۵(۱)، ۴۱ – ۳۱.]

[13] Nikoei. Z and Samanian. K (2020), Identification of green and red pigments used at mural painting of the Zandieh in Shiraz by instrumental methods, Journal of color science and technology, 2020, 14(1), p 49-61 [in Persian].

[نیکویی، زهرا و کورس سامانیان. شناسایی رنگدانه‌های سبز و قرمز دیوارنگاره‌های دوره زند در شیراز با روش دستگاهی، نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ ۱۳۹۸، ۱۴(۱)، ص ۶۱-۴۹.]

[14] Chaghamirzaye. R. Technology and pathology and conservation plan for mural paintings in Panj-Dari room of Sarem-all-dowleh house of Kermanshah, M.A Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Tehran. 2017. [in Persian].

[چقامیرزایی، رؤیا. فن‌شناسی، آسیب‌شناسی و ارائه راهکار حفاظتی برای نقاشی‌های دیواری اتاق پنج‌دری در خانهٔ صارم‌الدوله کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۵.]

[15] Ghavami. F. Technical study of colorful paintings depicted in Ghatarbandies of eastern room of Shah-Neshin in Haghighi house in Isfahan, Master،s Thesis, Conservation of historical & cultural objects, Art University of Tehran 2015. [in Persian].

[قوامی، فرشته. فن‌شناسی نقاشی‌های رنگی در قطار بندی‌های اتاق شرقی شاه‌نشین در خانه حقیقی اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۳.]

[16] Mardani, E. Conservation and Restoration of some part of the wall painting in the house of Akhavan-e-Haghighi in Isfahan, Bachelor Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Isfahan, 2007. [in Persian].

[مردانی، الهه. حفظ و مرمت جزئی از دیوارنگارهٔ خانهٔ

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-05]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

[23] Stuart, B. Analytical techniques in materials conservation, [Translate by Bagherzadeh Kasiri M.], Tabriz Islamic Art University Publications. 2014 [in Persian].

[استوارت، باربارا. روش‌های تجزیهٔ مواد در مرمت و حفاظت آثار تاریخی، ترجمهٔ مسعود باقر زاده کثیری، تبریز: دانشگاه هنر اسلامی ۱۳۹۳.]

[24] Siddall R. Mineral pigments in archaeology: their analysis and the range of available materials. Minerals. 2018 May;8(5):201.

[25] Fitzhugh EW. Red lead and minium. InArtists' pigments; A handbook of their history and characteristics 1986 (Vol. 1, pp. 109-139).

[26] Eastaugh N, Walsh V, Chaplin T, Siddall R. Pigment compendium: a dictionary of historical pigments. Routledge; 2007 Mar 30.

[27] McBride C. A pigment particle & fiber atlas for paper conservators.Graph ICS Conservation laboratory. Getty trust postgraduate fellow 2002. P 1-86.

[28] Zagora J. SEM-EDX pigment analysis and multi-analytical study of the ground and paint layers of Francesco Fedrigazzi's painting from Kostanje. InCeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art 2013 May 12 (No. EGG 3). Association CeROArt asbl.

[29] Erhardt D. Paints based on drying oil media. Painted Wood: History and Conservation, The Getty Conservation Institute, Los Angeles. 1998 Aug 27:17-32.

[30] Holakooei P, Karimy AH. Micro-Raman spectroscopy and X-ray fluorescence spectrometry on the characterization of the Persian pigments used in the pre-seventeenth century wall paintings of Masjid-i Jāme of Abarqū, central Iran. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2015 Jan 5;134:419-27.

[31] Ospitali F, Bersani D, Di Lonardo G, Lottici PP. 'Green earths': vibrational and elemental characterization of glauconites, celadonites and historical pigments. Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering. 2008 Aug;39(8):1066-73.

[32] Feller RL. Artist's pigments: a handbook of their history and characteristics. Vol. 1. 1986.

[33] Gražėnaitė E, Kiuberis J, Beganskienė A, Senvaitienė J, Kareiva A. XRD and FTIR characterisation of historical green pigments and their lead-based glazes. Chemija. 2014 Dec 1;25(4):199-205.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۹؛ ۶(۱): ۴۷-۶۶

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.29252/jra.6.1.47

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

مقاله پژوهشی

شناسایی مواد و رنگ‌دانه‌های دیوارنگاره‌های اتاق‌های بروارِ خانهٔ تاریخی دُرمیانیِ اصفهان

افسانه فیروزنیا*[۱]، علیرضا اشرفی[۲]، فرانک بحرالعلومی[۳]

۱. کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد مرمت و احیاء بناها و بافت‌های تاریخی میراث معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

۲. مربی و عضو هیئت‌علمی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی– فرهنگی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

چکیده

خانه سادات دُرمیانی، ازجمله خانه‌های کمتر شناخته‌شدهٔ قاجار است که در محله بیدآباد، خیابان مسجد سید اصفهان واقع‌شده است. این خانه که هم‌اکنون به هتل سنتی سهروردی تغییر کاربری داده است، دارای تزیینات فاخری ازجمله گچ‌بری، آینه‌کاری و نقاشی دیـواری است که در این پژوهش با توجه به اهمیت نقوش کشیده شده، به شناسایی تکنیک و مواد به‌کاررفته در اجرای نقوش دیـواری موجـود در اتاق‌های بروار پرداخته‌شده است و درنهایت مواد شناسایی‌شده، با مواد و مصالح به‌کاررفته در نقاشی‌های قاجار مقایسه شد. بـا توجـه به بیشترین کاربرد رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز، در تزیینات این خانه، از این رنگ‌ها به میزان بسیار کم و با در نظر گرفتن اصـل عدم آسیب بصری، نمونه‌برداری شد. برای رسیدن به هدف پژوهش، از روش‌های آزمایشگاهی برای شناسایی بسترِ رنگ، رنگ‌دانه‌هـا، بست و لایهٔ محافظِ رنگ استفاده‌شده است. از دستگاه طیف‌سنج زیر قرمز تبدیل فوریـه (FTIR) بـرای شناسـایی مـواد آلـی، دسـتگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به تجزیه پاشندگی پرتوی ایکس (SEM-EDS) بـرای شناسـایی عناصـر و ترکیبـات معـدنی و از میکروسکوپ نوری (OM) برای شناسایی و تجزیه‌وتحلیل مواد و رنگ‌دانه‌ها استفاده شد. در این تحقیق، ترکیب بستر به‌صورت ترکیبی از هانتیت (گل‌سفید) و ژیپس شناسایی شد؛ همچنین مشخص شد کـه رنـگ‌هـا دارای ماهیـت معـدنی هسـتند و نقـوش بـا تکنیـک رنگ‌روغن اجراشده‌اند. رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات این بنا عبارت هستند از: طلایی از نوع پودر برنج (مس و روی)، قرمز سرنج، آبی پروس و سبز ترکیبی از آبی پروس و سبز خاکی (سیلو). همچنین از سفید سرب برای ایجاد تونالیته‌های رنگی استفاده‌شـده اسـت. بستِ به‌کاررفته در ترکیب رنگ‌دانه‌ها نیز از نوع پروتئینی، شناسایی شد.

کلمات کلیدی: خانه دُرمیانیِ اصفهان، دیوارنگاره، رنگ‌دانه، قاجار، OM، FTIR، EDS

* مسئول مکاتبات: تهران، خیابان حافظ، خیابان شهید سرهنگ سخایی، بعد از تقاطع ۳۰ تیر ، شماره ۵۶، کد پستی: ۱۱۳۶۸۱۳۵۱۸

پست الکترونیکی: firooznia.afsane@gmail.com

«این نشریه با احترام به قوانین اخلاق در نشریات تابع قوانین کمیته اخلاق در انتشار (COPE) است و از آیین‌نامه اجرایی قانون پیشگیری و مقابلـه بـا تقلـب در آثار علمی پیروی می‌نماید.»

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]

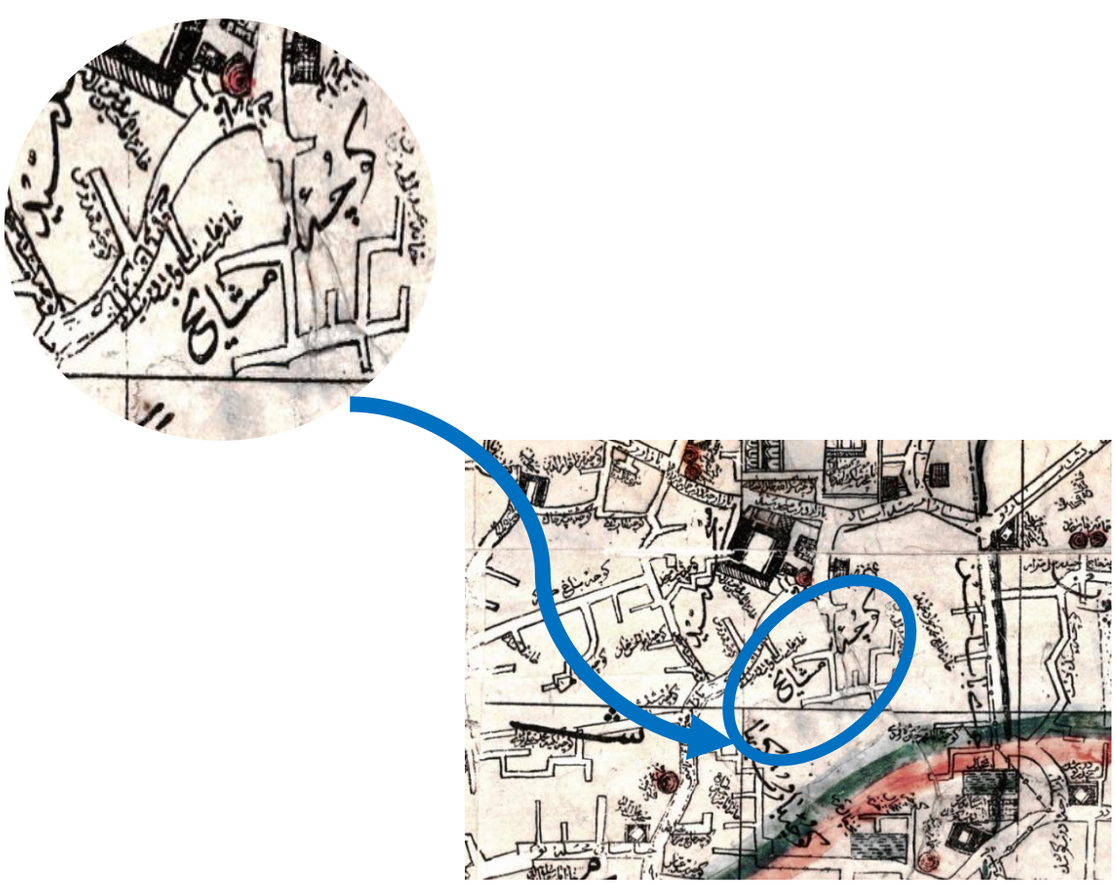
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]

[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

۱. مقدمه

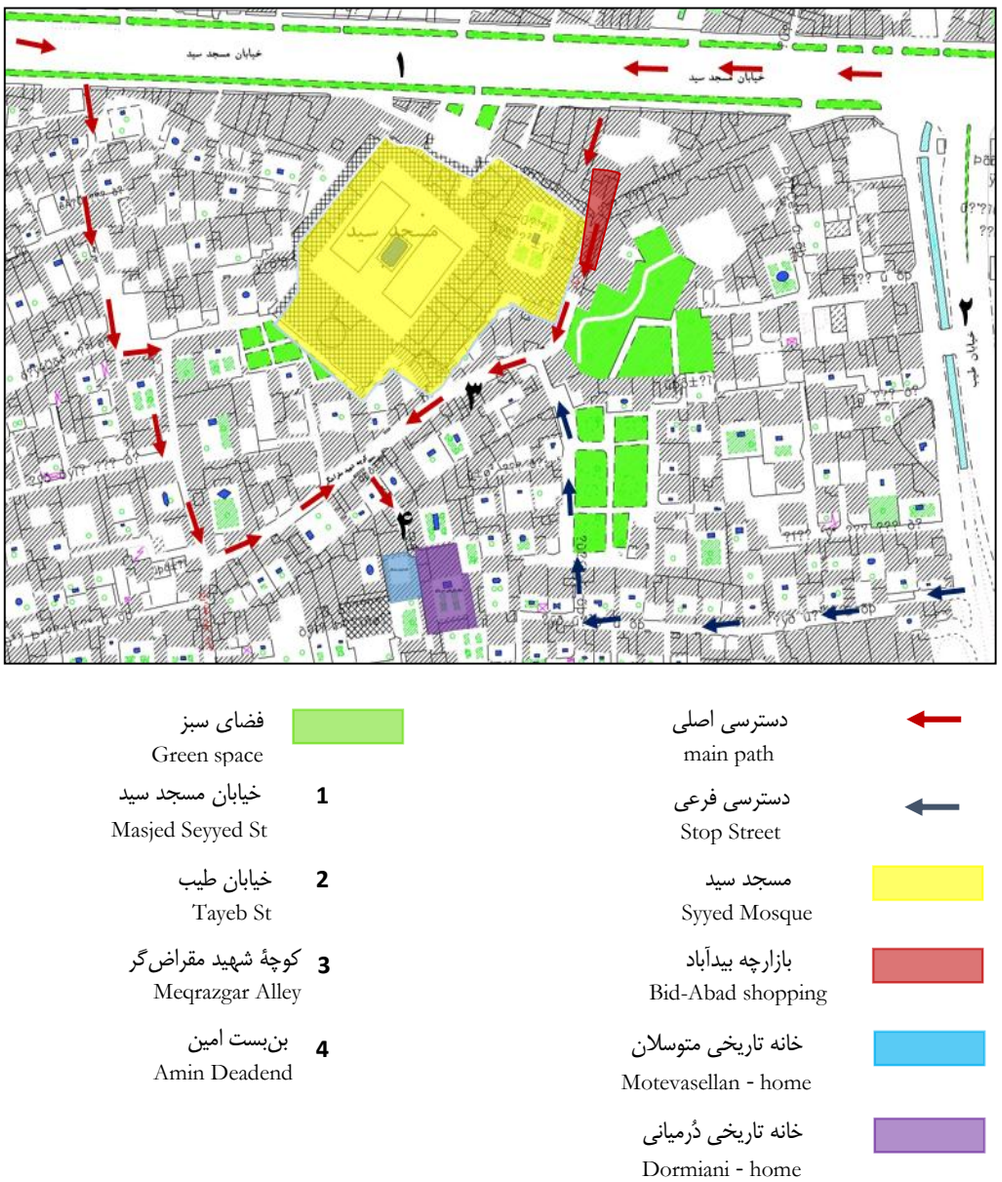
در دورهٔ قاجار، به علت تأثیرپذیری هنرمندان از اروپا، شیوهٔ رنگ‌روغن در ایران رواج بسیار یافت [1] و استفاده از رنگ‌روغن نه‌تنها بر روی بوم‌های پارچه‌ای، بلکه برای تزیین دیوار بناها نیز رایج شد. هنر غرب نه‌تنها در کاربرد مواد و مصالح، بلکه در شیوهٔ اجرا و حتی در نوع نقوش تزیینات این بناها نیز تأثیر گذاشت و منجر به آمیختن شیوه‌های هنری غربی با شیوه‌های هنری ایرانی [2] شد. در این دوره، از نقوش مختلف برای تزیین دیوارها استفاده شد و رنگ‌های سنتی و رنگ‌های غربی گاهی به‌صورت تلفیقی و گاهی به‌صورت مجزا برای رنگ‌آمیزی نقوش به کار رفت. به‌عنوان‌مثال درگذشته از رنگ‌های حاوی مس و لاجورد به‌عنوان رنگ آبی و سبز استفاده می‌شد، اما با ورود آبی پروس به ایران، هنرمندان این رنگ را به‌صورت مجزا و یا گاهی به‌صورت تلفیق با سایر رنگدانه‌ها (برای بهبود خواص رنگی و ایجاد تونالیتهٔ رنگی) استفاده کردند؛ چنانچه مشاهده می‌شود در تزیینات ازارهٔ سنگیِ بقعهٔ شاه‌عباس ثانیِ قم که متعلق به دوران صفوی است، از زنگار مس و مالاکیت برای رنگ سبز استفاده‌شده است [3]. درحالی‌که در تزیینات باغ رحیم‌آباد بیرجند که از بناهای دوران قاجار است، از ترکیب آبی پروس و مالاکیت برای رنگ سبز استفاده‌شده است [4].

معماری دورهٔ قاجار را معماری خانه‌سازی یا معماری خانه‌های مسکونی نامیده‌اند [5]. خانهٔ سادات دُرمیانی ازجمله بناهای تاریخی دوران قاجار است که درگذشته جزء هفت‌دست‌خانه‌ها بوده و به مجموعه خانه‌های سادات دُرمیانی مشهور بوده است. این خانه در خیابان مسجد سید اصفهان که یکی از قدیمی‌ترین محلات اصفهان محسوب می‌شود، واقع‌شده است و اکنون مساحت آن به حدود نهصد مترمربع می‌رسد (تصویر ۱ و ۲). بعد از



شکل ۱: محل قرارگیری مجموعه خانه‌های سادات دُرمیانی بر روی نقشهٔ رضاخانی [8]
Fig. 1: Location of Sadat-i-Dormiani houses on Rezakhani map

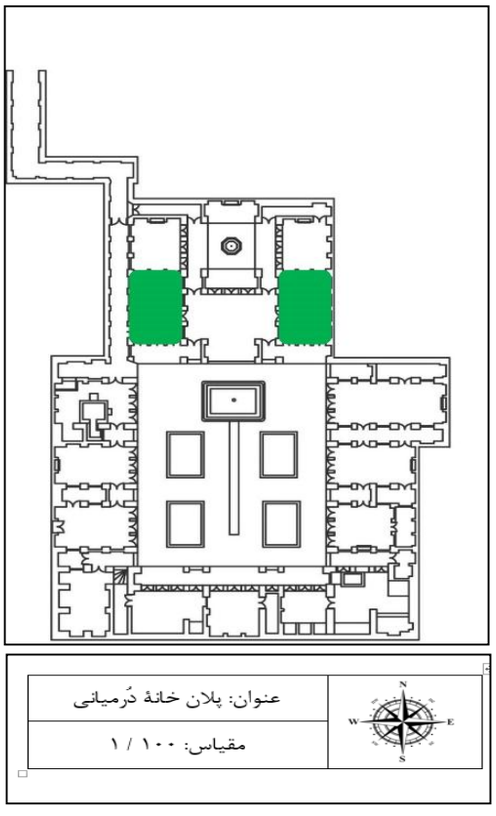
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۲: موقعیت کنونی خانهٔ دُرمیانی [9]
Fig. 2: Current location of Sadat-i-Dormiani Houses

خانه‌های پدرسالاری[1]، عده‌ای از رجال حکومتی و ثروتمندان، به این باور رسیدند که فرزندان، نوادگان و خویشان خود را در کنار هم اما بیرون از خانه‌های خود نگهدارند تا بتوانند امنیت و آسایش را در محل استقرار خویش به وجود آورند؛ بنابراین در کنار خانهٔ خویش، خانه‌های دیگری را بنا کردند که البته ازلحاظ معماری و فرم، شبیه به خانهٔ خودشان بود و خویشان درجهٔ اول را در آن جای دادند. تعداد این خانه‌های اطراف، گاهی به هفت، پنج و یا نُه می‌رسید که درمجموع به هفت‌دست‌خانه‌ها شهرت یافتند. این خانه که در فهرست میراث ملی ایران با شمارهٔ ۱۳۰۱۳ به ثبت رسیده، چهار صفه (چهار ایوانه) بوده که در ضلع شمالی آن شاه‌نشین (سه‌دری) و حوض‌خانه قرار داشته و چهار اتاق بروار[2] در طرفین آن‌ها قرارگرفته است. دو اتاقِ بروارِ طرفینِ شاه‌نشین، ابعاد ۳ × ۵ متر دارند که با انواع نقوش دیواری، گچ‌بری، نقاشی پشت شیشه و آینه‌کاری مزین گشته‌اند. این دو اتاق، در تصویر ۳ (پلان خانهٔ درمیانی) با علامت سبز مشخص‌شده‌اند. در اضلاع شرقی و غربی خانه نیز

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۳: پلان خانهٔ دُرمیانی و موقعیت اتاق‌های بروار (اتاق نقش)
Fig. 3: The plan of the Dormiani,s house and the location of the Barvars rooms (decoration room)

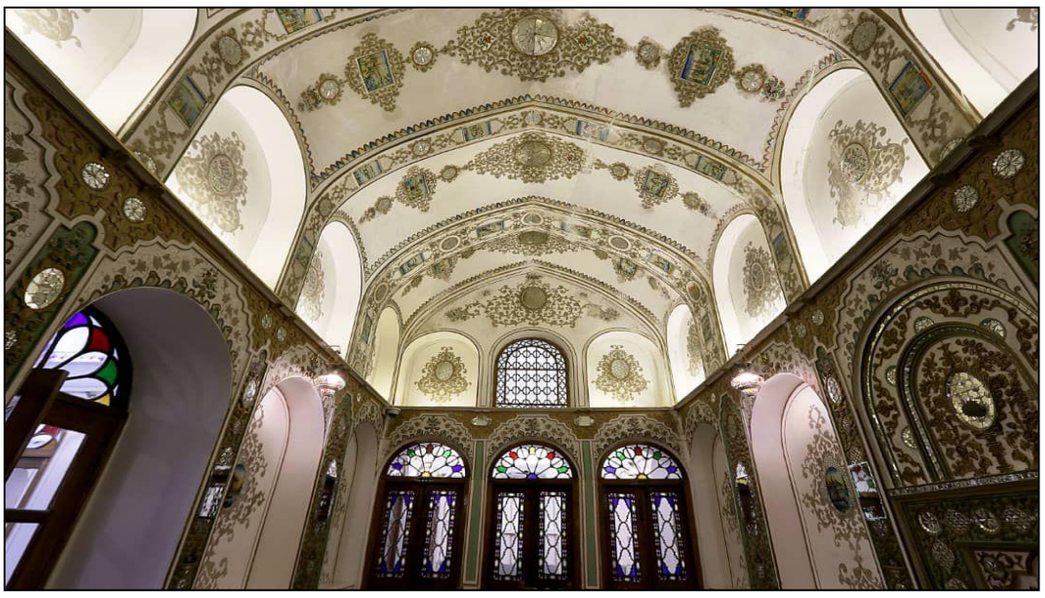
اتاق‌های زمستان‌نشین و تابستان‌نشین قرارگرفته‌اند و درنهایت در قسمت جنوب، مطبخ یا آشپزخانهٔ سرتاسری قرار داشته که اکنون تغییر کاربری داده و به چهار اتاق تبدیل شده است.

نقش‌های به‌کاررفته در این اتاق‌ها شامل نقش‌های اسلیمی، ختایی و منظره‌سازی است که با طیف‌های مختلف رنگی، از قبیل سبز و آبیِ تیره و روشن، قرمز، صورتی و طلایی مزیّن شده‌اند (تصویر ۴). هدف از ارائهٔ این پژوهش، شناسایی فناوری ساخت و نوع رنگدانه‌های به‌کاررفته در تزیینات دیواری خانهٔ دُرمیانی اصفهان متعلق به دوران قاجار، با استفاده از روش‌های دستگاهی است تا بر اساس آن بتوان طرحی مناسب برای حفاظت و مرمت اثر ارائه داد. درنهایت نیز نتایج به‌دست‌آمده از فن‌شناسی مواد و مصالحِ خانهٔ دُرمیانی، با نتایج دیگر نقاشی‌های دیواری دورهٔ قاجار که در متون و مقالات ذکرشده‌اند، مقایسه شد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

در رابطه با خانه‌های تاریخی دوران قاجار و تزیینات آن‌ها، پژوهش‌هایی انجام‌شده است و پژوهشگران در حوزه‌های مختلف به بررسی این خانه‌ها و تزیینات موجود در آن‌ها پرداخته‌اند. در خصوص نقوش دیواری، بصیری، در مقاله‌ای تزیینات طلاکاری دورهٔ قاجار را در خانه‌های قدسیه، شهشهان و حقیقی موردبررسی قرار داده و جهت شناسایی مواد سازنده و روش اجرا، آزمایش‌های متنوع شیمی کلاسیک و روش‌های دستگاهی (FTIR، XRD و SEM-EDX) را استفاده کرده و درنهایت به این نتیجه رسیده است که طلای به‌کاررفته در خانهٔ حقیقی، از نوع آلیاژ برنج به همراه روغن بزرک، خانهٔ شهشهان از نوع آلیاژهای برنج و برنز با روغن بزرک و خانهٔ قدسیه ترکیبی از عناصر معدنی چون برنج، برنز، آهن، آلومینیوم و نقره با بست و جلای روغن کمان بوده است. ضمن آنکه برای لایه‌چینی از گچ و سریش در خانه‌های حقیقی و قدسیه و گچ و سریش و گِلِ سرخ در خانهٔ شهشهان استفاده‌شده است [10]. عباسی و همکاران، در مقالهٔ خود مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری مجموعهٔ باغ و عمارت رحیم‌آباد بیرجند را که متعلق به دوره قاجار است، موردبررسی قراردادند. آن‌ها برای شناسایی عنصری و ترکیبی مواد تشکیل‌دهندهٔ رنگ‌ها و بستر نقاشی‌ها از روش‌های دستگاهی همچون (FTIR، PLM، XRD، SEM-EDX و XRF پرتابل) استفاده کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که لایهٔ بستر مخلوطی از کلسیم سولفات (گچ) و کلسیم کربنات (گل‌سفید) بوده و از سرنج برای رنگ قرمز، ترکیبِ آبی پروس و مالاکیت برای رنگ سبز، لاجورد و ترکیبات آهن و مس برای رنگ آبی و از مخلوط مس و روی برای رنگ طلایی استفاده‌شده است [4]. بهادری و همکارانش، در مقالهٔ خود به شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری خانه بروجردی‌های کاشان پرداخته‌اند که ازجمله خانه‌های قاجاری ایران است و برای رسیدن به هدف پژوهش خود، از روش‌های شیمیایی و دستگاهی مثل (XRD، FTIR و SEM-EDX) استفاده کرده‌اند و رنگ‌های شناسایی‌شده در این دوره را از نوع قرمز شنگرف (سولفید جیوه)، آبی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۴: تزیینات موجود در اتاق بروار خانهٔ سادات دُرمیانی
Fig. 4: Decorations in the Barvar's room of Sadat-i-Darmiani's house

لاجورد، طلای مخلوط از دو فلز مس و روی، سبز ترکیبی (مس و آرسنیک)، لایه تدارکاتی هانتیت (کربنات دوتایی کلسیم و منیزیم) و لایه بستر مخلوطی از سولفات کلسیم آبدار، نیم آبه و خشک تشخیص داده‌اند که با چسب‌های حیوانی و ورنی روغنی ترکیب‌شده‌اند [11]. رحمانی و حسینی، نیز با استفاده از روش شیمیِ تر و FTIR به شناسایی مواد تشکیل‌دهندهٔ رنگ‌های به‌کاررفته در دو دیوارنگارهٔ اتاق نقاشیِ کاخ گلستان و صف سلام فتحعلی شاه قاجار پرداخته‌اند. رنگ‌های شناسایی‌شده در این دو اثر عبارت هستند از: آبی پروس، آبی لاجورد و قرمز اخرا؛ همچنین از طلا و اکسید سرب برای رنگ طلایی استفاده‌شده و لایهٔ بستر نیز ترکیب گچ و هانتیت (کم) تشخیص داده شده است [12]. ازآنجاکه معماری دورهٔ قاجار در تداوم معماری دورهٔ زند است، بنابراین، در رابطه با شناسایی رنگدانه‌های به‌کاررفته در دیوارنگاره‌های این دوره، نیکویی و سامانیان، در مقالهٔ خود، به شناسایی رنگ‌های سبز و قرمز در سه بنای کاخ کریم‌خان، عمارت دیوان‌خانه و عمارت هفت‌تنان پرداخته‌اند و برای تشخیص نوع رنگ‌ها از روش‌های آنالیز دستگاهی (FTIR، PLM، XRD و XRF) استفاده کرده‌اند و درنهایت این نتیجه، حاصل شده که از سرب و شنگرف برای رنگ‌های قرمز استفاده‌شده و سبز به‌کاررفته نیز از نوع مالاکیت بوده است[13]. در جدول شمارهٔ ۱ مواد و مصالح به‌کاررفته در برخی از نقاشی‌های سه‌پایه‌ای و دیواری قاجار، ذکرشده است.

رنگدانه‌ها به‌طورکلی به دودستهٔ طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند که رنگدانه‌های طبیعی خود شامل رنگدانه‌های معدنی و رنگدانه‌های آلی است. به گفتهٔ پاکزاد، هنرمندان ایرانی در ادوار مختلف اغلب، از رنگ‌هایی با پوشش دهی بیشتر، کیفیت و پایداری بهتر در نقاشی‌ها استفاده می‌کردند که اکثرِ رنگ‌های معدنی، در مقایسه با سایر موادِ رنگی، مقاومت و پایداری بیشتری در برابر عوامل مختلف محیطی همچون نور، گرما و سایر عوامل شیمیایی و فیزیکی، دارند [22]. این دسته از رنگ‌ها در طبیعت یافت می‌شوند (مانند اکسیدها، سولفات‌ها، کربنات‌های فلزی و غیره) که پس از استخراج آن‌ها را جمع‌آوری و با سایر مواد لازمِ دیگر (مثل صمغ، بست، چسب و غیره) مخلوط می‌کردند و درنهایت پس از آماده‌سازیِ رنگ، از آن برای تزیین دیوارها استفاده می‌شد. شناسایی رنگدانه‌ها و رنگینه‌ها نه‌تنها در ارائه روش‌های درمان و مرمت حائز اهمیت است، بلکه در تدوین طرح حفاظت آثار نیز باید مدنظر قرار گیرد.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۱: مواد و مصالح به‌کاررفته در برخی از نقاشی‌های سه‌پایه‌ای و دیواری قاجار
Table: 1: Materials used in some Qajar easel paintigs and murals

ردیف Row	بنا / تابلو Name of the building or panel	دوره – شهر – City the period	نوع رنگ color	جنس رنگ Compound Name	لایه تدارکاتی (بستر) substrate layer	بست – ورنی binder or varnish	پژوهشگر (ان) researchers
1	خانهٔ حقیقی Haghighi house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج Brass metal	گچ و سریش Plaster & Serish	روغن بزرک linseed oil	Basiri (2014)[10]
2	خانهٔ شهشهان Shahshahan house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج و برنز Bronze & Brass	گچ و سریش و گِل سرخ Plaster & Serish & Red ochre	روغن بزرک linseed oil	Basiri (2014) [10]
3	خانهٔ قدسیه Qodsiyyeh house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	طلایی Golden	برنج، برنز، آهن، آلومینیوم، نقره Brass,,Bronze, Iron, aluminium & Silver	گچ و سریش Plaster & Serish	روغن کمان Kaman-oil	Basiri (2014) [10]
4	باغ رحیم‌آباد Rahim Abad garden	قاجار – بیرجند Qajar - Birjand	قرمز Red	سرنج Red lead	گچ و گل‌سفید Mixture of plaster & calcite	روغن Oil	Abbasi et al, (2016) [4]
			آبی Blue	لاجورد و ترکیبات مس و آهن Ultramarine & mixture of iron & copper			
			سبز Green	مالاکیت و آبی پروس Mixture of malachite & Prussian blue			
			طلایی Golden	آلیاژ مس و روی (برنج) Mixture of two metals (copper & zinc)			
5	خانهٔ بروجردی‌ها Borujerdi house	قاجار – کاشان Qajar - Kashan	قرمز Red	شنگرف Vermilion	هانتیت – سولفات کلسیم Huntite & Gypsum	چسب حیوانی و ورنی روغنی Animal glue – Oily varnish	Bahadory et al, (2012) [11]
			آبی Blue	لاجورد Ultramarine			
			سبز Green	مس و آرسنیک Copper & Arsenic			
			طلایی Golden	برنج (مس و روی) Brass (copper & zinc)			
6	خانهٔ صارم‌الدوله Sarem-all-dowleh house	قاجار – کرمانشاه Qajar - Kermanshah	آبی Blue	لاجورد Ultramarine	گچ Plaster	–	Chaghamirzaye, (2017)[14]
			قرمز Red	شنگرف Vermilion			
			طلایی Golden	مس و روی (برنج) Brass (copper & zinc)			
7	خانهٔ حقیقی Haghighi house	صفوی و قاجار – اصفهان Safavid & Qajar	سفید White	کربنات کلسیم Calcium carbonate	–	–	Ghavami, (2015) [15]
			آبی	پروس			

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

		- Isfahan	Blue	Prussian blue			
			سبز Green	مالاکیت malachite			
			قرمز Red	سرنج Red lead			
8	بخشی از دیوارنگارهٔ خانهٔ اخوان حقیقی Haghighi house	صفوی و قاجار – اصفهان Safavid & Qajar - Isfahan	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ plaster	–	Mardani (2008)[16]
			سبز Green	مالاکیت malachite			
			سفید White	سفیداب شیخ White lead			
			قرمز Red	سرنج – قرمز دانه Red lead & carmine			
			قهوه‌ای Brown	اخرا Brown Ochre			
			طلایی Golden	مس و روی copper & zinc			
9	دیوارنگارهٔ اتاق نقاشی کاخ گلستان و صف سلام فتحعلی شاه Mural paintings of the (Otagh-e-Naghashi), Golestan palace and Saf-e-Salam-e-Fathalishah	قاجار – تهران Qajar – Tehran	آبی Blue	پروس، لاجورد Prussian blue & ultramarine	گچ و هانتیت (کم) plaster & Huntite	–	Rahmani & Hosseini, (2019)[12]
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			طلایی Golden	طلا و اکسید سرب Gold & lead oxide			
10	نقاشی دیواری متعلق به دورهٔ فتحعلی شاه قاجار در کاخ گلستان Mural painting belonging to the period of Fath-Ali-Shah-Qajar in Golestan Palace	قاجار – تهران Qajar – Tehran	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ plaster	روغن بزرک linseed oil	Vatandoust and Bahadory (1999)[17]
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			سفید White	سولفات کلسیم – کربنات کلسیم Calcium sulfate – Calcium carbonate			
			طلایی Golden	فلز طلا Gold metal			
11	نقاشی‌های دیواری عمارت باغچه جوق ماکو wall painting of Baghche Joogh castle	قاجار – آذربایجان غربی Qajar - West Azerbaijan	سبز آبی Green blue color	سبز سیلو و مالاکیت Green cilo & malachite	–	–	Ahmadi et al (2005) [18]
			آبی Blue	اولترامارین و آبی پروس ultramarine & Prussian blue			
			زرد Yellow	کروم – اخرا – زرنیخ Chrome yellow, yellow ochre, orpiment			

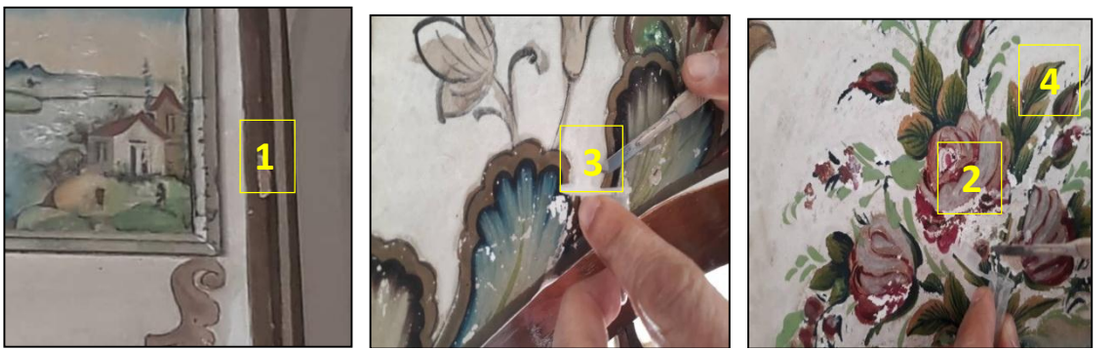
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

			طلایی Golden	ورق مس Copper sheet			
12	خانهٔ بخردی Bekhradi house	قاجار – اصفهان Qajar - Isfahan	آبی Blue	لاجورد ultramarine	–	–	Ismailian (2013)[19]
			سفید White	سرب و گل‌سفید White lead & calcite			
13	تابلوی دختر مصری Egyption girl tablout	قاجار – تهران Qajar - Tehran	سبز Green	سبز خاکی Green earth	پودر گچ Plaster Powdered	ورنی شلاک – روغن بزرک Shellac – linseed oil	Samanian et al (2013) [20]
			سفید White	سرب White lead			
			قرمز Red	سرنج Red lead			
			آبی Blue	سیرولین Cerulean blue			
			زرد Yellow	آمبر raw amber			
			قهوه‌ای Brown	آمبر raw amber			
			طلایی Golden	ترکیبات مس Copper pigment			
14	تابلوی مباهله Mobaheleh tablout	قاجار – تهران Qajar - Tehran	آبی Blue	پروس Prussian blue	گچ و رنگدانه‌های حاوی سرب (سفیداب و سرنج) Plaster & white and red lead	بست پروتئینی – ورنی روغنی Protein binder, oily varnish	Firooznia & samanian (2018)[21]
			سبز آبی Green blue color	پروس و زرد کروم Prussian blue and chrome yellow			
			زرد Yellow	اخرا Yellow Ochre			
			قرمز Red	اخرا Red Ochre			
			قهوه‌ای Brown	اخرا Brown ochre			
			سیاه Black	عاج (استخوان) Ivory black			

۳. مواد و روش‌ها

برای شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در تزیینات دیواری خانهٔ دُرمیانی، ابتدا نمونه‌برداری جهت شناسایی لایه‌های تشکیل‌دهنده، انجام شد (تصویر ۵). نمونه‌برداری با در نظر گرفتن اصل عدم آسیبِ بصری با حداقل میزان، از قسمت‌های آسیب‌دیده و ریخته شدهٔ رنگ‌ها انجام شد. ازآنجاکه تاکنون عملیاتی مبنی بر مرمت در تزیینات این بنا صورت نگرفته است، بنابراین بیشترین آسیب، در رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز ایجادشده بود. نمونه‌برداری از نواحیِ آسیب‌دیده انجام شد و با کدهای B1 (طلایی)، B2 (قرمز)، B3 (آبی) و B4 (سبز) نام‌گذاری شد (جدول ۲). لایه‌های رنگی ایجادشده در این تزیینات، بسیار نازک بودند و امکان برداشتن لایهٔ رنگ به‌تنهایی ممکن نبود؛ به همین دلیل مقادیر کمی از لایهٔ بستر نیز به همراه رنگ‌ها برداشته شد. در ادامه، برای شناسایی نوع رنگدانه‌ها و ترکیبات آن‌ها از روش‌های

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-05]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۵: محل نمونه‌برداری از رنگ‌های ۱. طلایی، ۲. قرمز، ۳. آبی و ۴. سبز
Fig. 5: Sampling location of 1) golden, 2) red, 3) blue and 4) green colors.

جدول ۲: محل نمونه‌برداری و آزمایش‌ها انجام‌شده بر روی نمونه‌ها
Table 2: The site of sampling and analysis of colors

ردیف Row	کد نمونه sample code	نوع نمونه Sample type	محل نمونه‌برداری Sampling locations	آزمایش انجام‌شده Analysis
1	B1	طلایی Golden	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
2	B2	قرمز Red	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
3	B3	آبی Blue	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM
4	B4	سبز Green	اتاق بروار – ضلع شرقی شاه‌نشین Barvars room - East Side of Shah Neshin room	FTIR, SEM-EDS, OM

دستگاهی استفاده شد. در مرحلهٔ نخست برای شناسایی مواد آلی موجود در نمونه‌ها از دستگاه FTIR مدل TENSOR 27 ساخت شرکت BRUKER آلمان با عدد موجی ۴۰۰۰ cm^{-1} – ۴۰۰ در محدودهٔ Mid IR استفاده شد. طیف‌ها با ۳۲ بار اسکن و قدرت تفکیک ۴ cm^{-1} در دما و رطوبت اتاق ثبت شدند. برای آماده‌سازیِ هر رنگ به‌صورت جداگانه، حدود دو الی سه میلی‌گرم از رنگ با حدود ۲۰۰ میلی‌گرم هالید قلیایی پتاسیم برمید (KBr) به‌صورت مخلوط درآمد؛ سپس با استفاده از یک هاون از جنس عقیق، ساییده شد و در قالب قرص‌ساز در معرض فشار، قرصی شفاف از مخلوط باضخامت حدود ۱mm تهیه شد. از دستگاه SEM-EDS مدل Sirius SD ساخت شرکت TESCAN نیز برای آنالیز عنصری موادِ معدنی استفاده شد. سپس برای اطمینان از موادِ شناسایی‌شده، کلیهٔ نمونه‌ها زیر دستگاه میکروسکوپ نوری یا اُپتیکی (OM) مدل NIKON YS100 مشاهده شد. برای مشاهدهٔ رنگ‌ها در زیر میکروسکوپ، مقادیر اندکی از رنگِ ساییده شده بین لام و لامل قرار داده شد. درنهایت برای شناسایی و بررسی زیر میکروسکوپ قرارگرفت و عکس‌برداری شد.

٤. نتایج و تحلیل یافته‌ها

۱-٤. رنگ طلایی (کد B1): در طیف FTIR این نمونه، در نواحی ۸۶۹/۱۴– ۸۹۱/۱۵– ۱۱۳۸/۹۸ و نواحی ۱۶۰۰ cm^{-1} ژیپس مشاهده شد (جدول ۳). حضور نوار جذبیِ تیز در ناحیهٔ ۱۶۲۱/۵۸ cm^{-1} مربوط به پیوند هیدروکسیل موجود در ساختار شیمیایی ژیپس است. همچنین ارتعاشات کششی نامتقارن مربوط به پیوند O-H در ناحیهٔ ۳۴۰۵/۸۶ و ارتعاشات کششی نامتقارن ناشی از پیوند S=O در ناحیهٔ ۱۱۳۸/۹۸ و نیز نوار جذبیِ تیز در

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

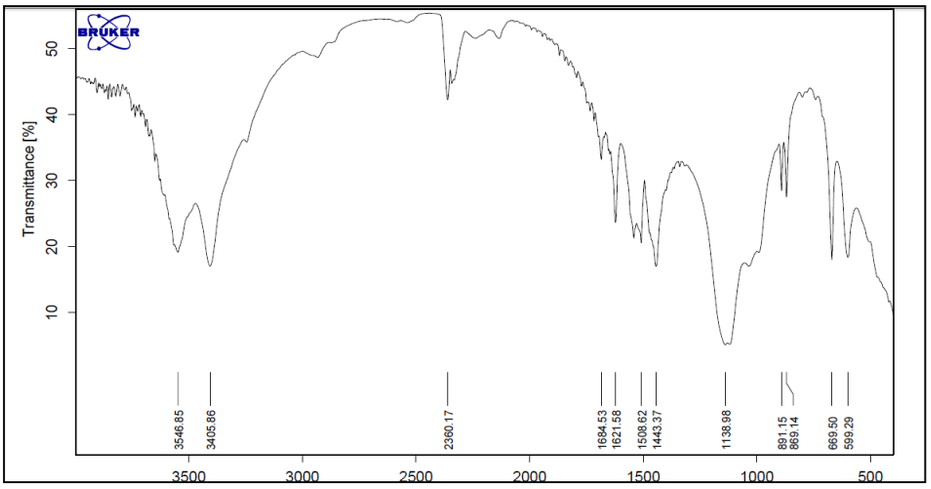
جدول ۳: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B1
Table 3: Material detected by the FTIR device in the B1 sample

رنگ color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ طلایی (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) (of measurement cm^{-1})golden Sample absorption bands in the FTIR spectrum unit		
	ژیپس gypsum	پروتئین Protein	هانتیت (گل‌سفید) Huntite
طلایی B1 golden	869.14 – 891.15 – 1138.98 and 1600 regions	1508.62	1443.37

ناحیهٔ ۶۶۹/۵۰ ناشی از پیوند S-O، متعلق به حضور ژیپس یا سولفات کلسیم دو آبه است. نوار جذبی ناحیه ۱۴۴۳/۳۷ cm^{-1} مربوط به باند جذبی کششیِ C-O، اشاره به وجود هانتیت (گل‌سفید) دارد که از ژیپس و هانتیت در ساخت بستر استفاده‌شده است. ضمن آنکه در نوار جذبی ناحیهٔ ۱۵۰۸/۶۲ cm^{-1}، حضور آمید II نشان از وجود پروتئین دارد که به‌عنوان بست رنگ به‌کاررفته است (تصویر ۶)؛ پروتئین‌ها اغلب، با ظاهر شدن باندهای آمید I و II شناسایی می‌شوند که عدد موجی ۱۵۶۵ cm^{-1}– ۱۵۰۰ مربوط به این دسته از مواد است. چسب‌های حیوانی (سریشم) ازجمله مواد طبیعی هستند که از پوست، استخوان و سایر اجزای حیوانات به دست می‌آیند و به‌عنوان سریشم و بست رنگ به کار می‌روند [23].

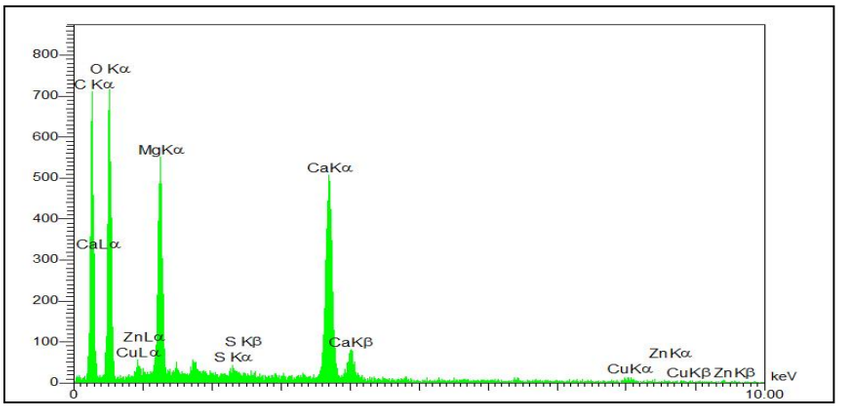
در طیف EDS، رنگ طلایی (تصویر ۷) نیز مقادیر منیزیم (Mg)، گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، مس (Cu) و روی (Zn) را نشان می‌دهد (جدول ۴).

حضور کلسیم و گوگرد نشان از حضور ژیپس با فرمول شیمیایی ($CaSO_4.2H_2O$)، در ترکیبات دارد. منیزیم نیز نشان‌دهندهٔ هانتیت (گل‌سفید) با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ [24] است که در ساخت بستر از آن استفاده‌شده است. با توجه به اینکه بستر باید سطحی صاف و یکدست داشته باشد، بنابراین، از خواص این رنگدانه برای مطلوب کردن بستر استفاده‌شده است. عناصر مس و روی نیز نشان از حضور آلیاژ برنج (مس + روی) در ساخت رنگ طلایی دارد. در ادامه، برای اطمینان از نتایج، این رنگ در زیر میکروسکوپ نوری نیز مشاهده شد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که رنگ طلاییِ به‌کاررفته در تزیینات این بنا به‌صورت ترکیباتِ پودریِ آمیخته با بست است[۳] (تصویر ۸).



شکل ۶: طیفِ FTIR نمونهٔ B1
Fig. 6: FTIR spectrum of B1 sample

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2022-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



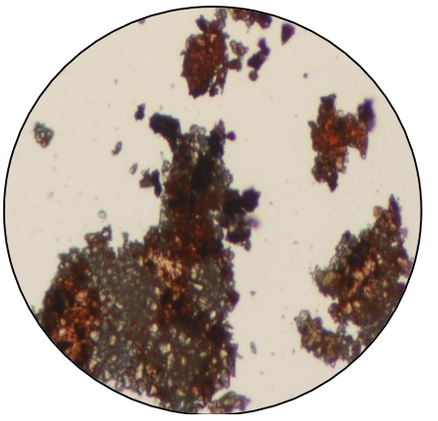
شـــکل ۷: طیـــف EDS رنـــگ طلایی

Fig. 7: FTIR spectrum of gold pigment

جدول ۴: شناسایی عناصر موجود در رنگ طلایی با SEM-EDS

Table 4: Idntification of golden color by SEM-EDS

Zn	Cu	Ca	S	Mg	عناصر ingredients
1.42	3.40	53	1.97	40.18	درصد وزنی W%



شکل ۸: ویژگی ظاهری رنگ طلایی زیر میکروسکوپ ۴۰X

Fig. 8: Appearance of golden color under a microscope (40 X)

۲-٤. رنگ قرمز (کد B2): در طیف FTIR، نوارهای جذبی در نواحی ۸۶۹/۱۱، ۸۹۱/۲۵، ۱۱۵۳/۱۷ و نواحی ۱۶۰۰ cm^{-1} به حضور ژیپس اشاره دارد (تصویر ۹). نوار جذبی ناحیهٔ ۱۴۴۴/۴۳ cm^{-1} حضور منیزیم را در ترکیبات بستر نشان می‌دهد (هانتیت)؛ چنانچه در مطالب پیشین نیز ذکر شد به احتمال زیاد از این عناصر در ساخت بستر استفاده‌شده است. سفید و قرمز سرب نیز در نواحی ۶۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰ cm^{-1} و ۲۳۴۲/۱۴ و ۲۳۶۰/۱۸ مشاهده می‌شود (جدول ۵)؛ که از سفید سرب برای روشن کردن و ایجاد تونالیتهٔ رنگی استفاده‌شده است.

عناصر شناسایی‌شده در آنالیز EDS، نیز سـدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلیسـیم (Si)، گـوگرد (S)، کلسیم (Ca) و سرب (Pb) را نشان می‌دهد (جدول ۶).

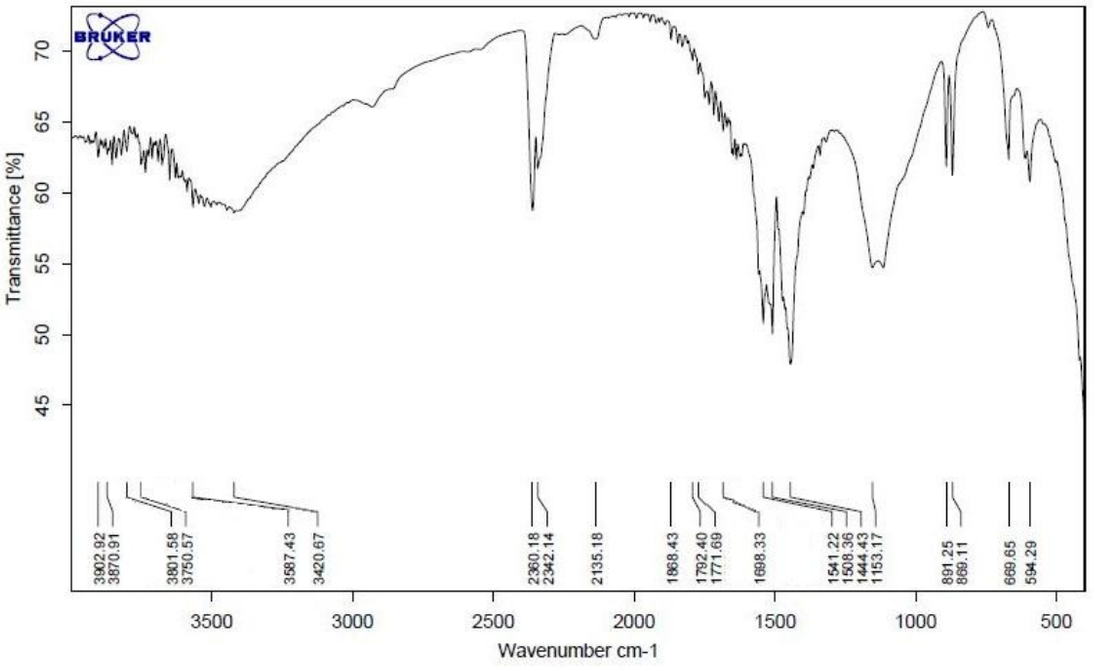
حضور مقادیر بالای سرب در این طیـف، مربـوط بـه سفیداب و سرنج (Pb_3O_4) [25] است که در ترکیب رنـگ قرمز استفاده‌شده است. منیزیم شناسایی‌شده نیز مربوط به حضور هانتیت در ترکیبات بستر است (تصویر ۱۰). نتایج

جدول ۵: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B2

Table 5: Tab. 3: Material detected by the FTIR device in the B2 sample

نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ قرمز (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) red Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})						رنگ color
پروتئین Protein	روغن Oil	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	سفید سرب White lead	سرنج Red lead	ژیپس gypsum	
1508.36 and 1541.22	1700 regions	1444.43	669.65 1444.43 and 1700 regions	669.65 – 869.11 – 891.25 – 1444.43 - 2342.14 and 2360.18	869.11 – 891.25 – 1153.17 and 1653.03	قرمز B2 Red

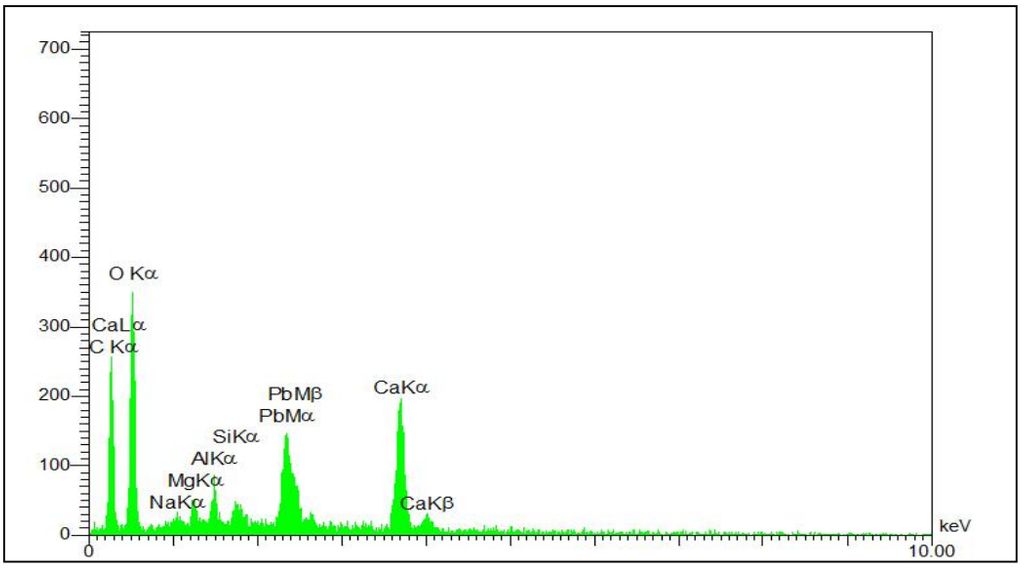
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-05]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۹: طیفِ FTIR نمونهٔ B2
Fig. 9: FTIR spectrum of B2 sample

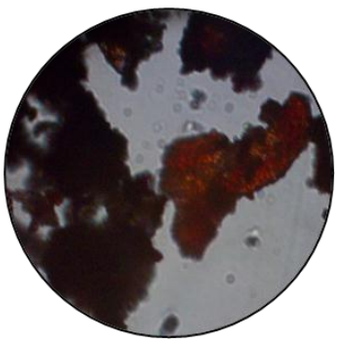
جدول ۶: شناسایی عناصر موجود در رنگ قرمز با SEM-EDS
Table 6: Idntification of red color by SEM-EDS

Pb	Ca	S	Si	Al	Mg	Na	عناصر ingredients
62.27	20.38	0.00	3.57	4.92	4.28	4.55	درصد وزنی W%

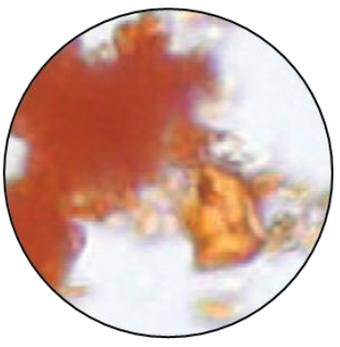


شکل ۱۰: طیف EDS رنگ قرمز
Fig. 10: EDS spectrum of red pigment

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]



شکل ۱۱: رنگ‌دانهٔ قرمز زیر میکروسکوپ نوری بزرگنمایی ۴۰X
Fig. 11: Microscopic image of red pigment (40 x)

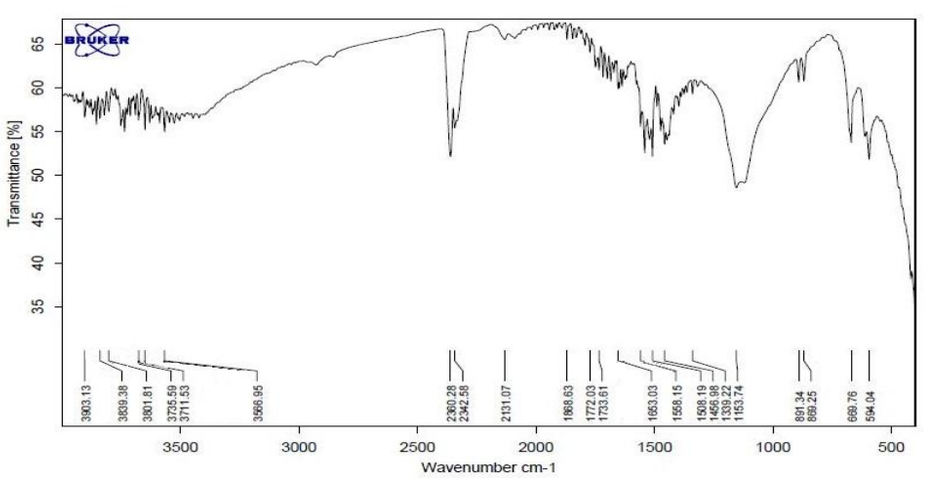


شکل ۱۲: مرجع سرنج [28]
Fig. 12: Red lead reference

حاصل از بررسی این رنگدانه زیر میکروسکوپ نوری (OM) حاکی از آن است که نمونه، با نوعی بست ترکیب‌شده است (تصویر ۱۱). ازآنجاکه رنگ قرمز مورد استفاده در این بنا، سرنج شناسایی شد، بنابراین، برای حصول اطمینان از نتایج، این رنگدانه با قرمز سربِ موجود در اطلس رنگدانه‌ها مقایسه شد (تصویر ۱۲). ذرات سرنج در زیر میکروسکوپ، شفاف و تقریباً مات به رنگ نارنجی و قرمز مشاهده شدند که از دانه‌های بسیار ریز تا متوسط، متغیر بودند [26].

۳-٤. رنگ آبی (نمونهٔ B3): طی تحقیقات به عمل آمده توسط دستگاه FTIR، حضور نوار جذبی در ناحیهٔ ۲۱۳۱/۰۷ cm^{-1} نشان از آبی پروس دارد (تصویر ۱۳). در این طیف، نیز مانند نمونهٔ B2 ترکیبات ژیپس و هانتیت مشاهده می‌شود که در بستر به‌کاررفته‌اند. باندهای نواحیِ ۱۵۰۰ cm^{-1} نشان از حضور پروتئین در ترکیب با رنگدانه دارد. در حضور باند کششی پیوند C=O در ناحیهٔ ۱۷۰۰ cm^{-1} نیز ردپاهایی از روغن مشاهده می‌شود[۴] که با توجه به حضور این ماده در تمام‌رنگ‌ها، نحوهٔ اجرای تزیینات به‌صورت رنگ‌روغن بوده است. نوارهای جذبی نواحی ۶۰۰، ۱۴۰۰ و ۱۷۰۰ cm^{-1} نیز نشان از سفید سرب دارد (جدول ۷).

نتایج حاصل از آنالیز SEM-EDS، نیز حضور عناصری چون سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلسیم (Si)، گوگرد (S)، کلر (Cl)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و سرب (Pb) را در ترکیبات رنگ، تشخیص داد (تصویر ۱۴). آهن موجود در این نمونه، اشاره به حضور آبی پروس $Fe(CN)6]_3$ دارد [27]

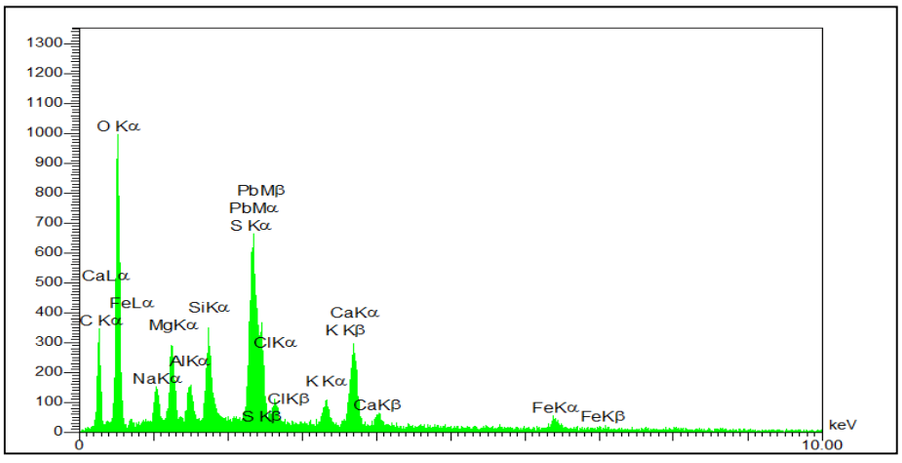


شکل ۱۳: طیفِ FTIR نمونهٔ B3
Fig. 13: FTIR spectrum of B3 sample

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۷: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B3
Table 7: Tab. 3: Material detected by the FTIR device in the B3 sample

رنگ Color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ آبی (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) blue Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})						
	سفید سرب White lead	ژیپس Gypsum	آبی پروس Prussian blue	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	روغن Oil	پروتئین Protein	سیلیس Silica
آبی B3 Blue	669.76 – 1456.98 and 1700 regions	869.25- 891.34- 1153.74 and 1600 regions	2131.07	1456.98	1700 regions	1500 regions	Region of 1153.74



شکل ۱۴: طیف EDS رنگ آبی
Fig. 14: EDS spectrum of blue pigment

که این ماده در طیف FTIR نیز شناسایی شد.

چنانچه در تصویر شماره ۳ (محل نمونه‌برداری آبی) مشاهده می‌شود، این رنگ دارای تونالیتهٔ بسیار روشنی است که مقادیر بالای سرب در این آنالیز نیز اشاره به سفید سرب برای روشن‌تر کردن رنگ آبی دارد. به گفتهٔ Zagora، این ماده علاوه بر خاصیت روشن کردن تونالیتهٔ رنگ‌ها، خاصیت زود خشک‌شوندگی را نیز دارد [28]. منیزیم، کلسیم و گوگرد موجود در نمونه، مربوط به ترکیبات بستر شامل هانتیت و ژیپس است. سایر عناصر نیز ناخالصی‌های موجود در ترکیبات بستر هستند (جدول ۸).

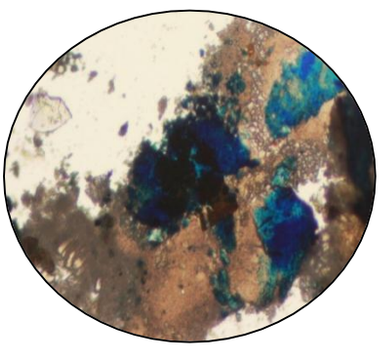
با بررسی رنگ‌دانهٔ آبی در زیر میکروسکوپِ نوری، مشخص شد این رنگدانه با بستی شفاف و زردرنگ مخلوط شده است (تصویر ۱۵). در طی آنالیزهای انجام‌شده رنگ آبی از نوع پروس شناسایی شد؛ بنابراین، این رنگ در زیر میکروسکوپ نوری نیز بررسی و با رنگ‌دانهٔ پروس در اطلس رنگ، مقایسه شد (تصویر ۱۶)؛ رنگ‌دانهٔ آبی به‌صورت ذرات تیره و روشن سیر و شفاف و مات است. به گفتهٔ Eastaugh، اندازهٔ ذرات این رنگدانه در زیر میکروسکوپ حدود (۰/۰۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) و ازلحاظ رنگ و میزان شفافیت، آبی روشن تا سیر و مات و نیمه شفاف است. همچنین ذرات، از بسیار ریز تا درشت متغیر هستند درحالی‌که شکل آن‌ها زاویه‌دار است (زوایا تیز نیستند) و منحنی شکل، محسوب می‌شوند [26].

٤-٤. رنگ سبز (کد B4): آنالیز FTIR رنگ سبز در تزیینات این بنا، حضور ژیپس را در نواحی ۸۶۹/۲۴، ۸۹۱/۳۱، ۱۱۱۵/۱۶ و ۱۶۰۰ cm^{-1} گواهی می‌دهد. در ناحیهٔ ۱۱۱۵/۱۶ پیوندهای Si-O-Si و Si-O-Al نشان از

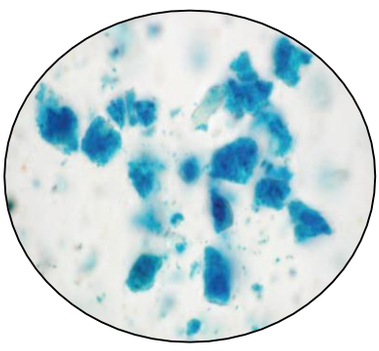
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

جدول ۸: شناسایی عناصر موجود در رنگ آبی با SEM-EDS
Table 8: Idntification of blue color by SEM-EDS

عناصر / ingredients	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	Pb
درصد وزنی / W%	5.07	6.68	3.39	5.56	2.97	1.78	3.03	8.96	2.09	60.41



شکل ۱۵: مشاهدهٔ رنگ آبی زیر میکروسکوپ (۴۰X)
Fig. 15: Microscopic image of blue pigment (40 x)



شکل ۱۶: مرجع آبی پروس [28]
Fig. 16: Prussian blue reference

سیلیس دارد (جدول ۹). در نواحی ۶۶۹/۵۶، ۱۴۰۰ و ۱۷۰۰cm^{-1} به‌وضوح سفید سرب، نمایش داده می‌شود و نوار جذبیِ ناحیهٔ ۲۰۹۰/۷۳ نشان از آبی پروس دارد. همچنین در نواحی ۱۷۰۰ cm^{-1} حضور کربونیل نشان از وجود روغن و ناحیهٔ ۱۵۰۰ حضور آمید II نشان از وجود پروتئین در ترکیب رنگ دارد. همان‌طور که در مطالب پیشین نیز ذکر شد با توجه به حضور روغن و پروتئین در تمام نمونه‌ها مشخص می‌شود که بست از نوع پروتئینی و تکنیک رنگ‌گذاری، رنگ‌روغن بوده است. Erhardt، بر این عقیده است که روغن‌هایی که در رنگ‌ها و جلاها به‌کاررفته‌اند، اغلب، روغن‌های استخراج‌شده از دانه گیاهان هستند که از هزاران سال پیش به‌کاربرده می‌شدند [29].

عناصر شناسایی‌شده در رنگ سبز، توسط دستگاه SEM-EDS عبارت هستند از: منیزیم (Mg)، آلومینیوم (Al)، سیلسیم (Si)، گوگرد (S)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و سرب (Pb) که در جدول ۱۰ و تصویر ۱۷ مشخص‌شده است.

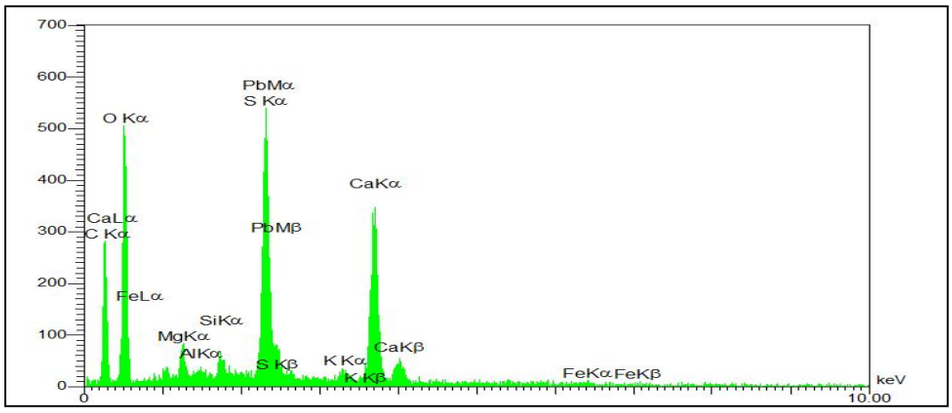
جدول ۹: مواد شناسایی‌شده توسط FTIR در نمونهٔ B4
Table 9: Material detected by the FTIR device in the B4 sample

رنگ Color	نوارهای جذبیِ مواد شناسایی‌شده در طیف FTIR رنگ سبز (واحد اندازه‌گیری cm^{-1}) green Sample absorption bands in the FTIR spectrum (unit of measurement cm^{-1})						
	ژیپس Gypsum	سفید سرب White lead	آبی پروس Prussian blue	هانتیت (گل‌سفید) Huntite	روغن Oil	پروتئین Protein	سیلیس Silica
سبز B4 Green	869.24- 869.31- 1115.16 and 1600 regions	669.56- 1445.06- 1472.89 and 1700 regions	2090.73	1445.06 and 1472.89	1700 regions	Regions of 1508.48 and 1541.43	Region of 1115.16

جدول ۱۰: شناسایی عناصر موجود در رنگ سبز با SEM-EDS
Table 10: Idntification of green color by SEM-EDS

عناصر / ingredients	Mg	Al	Si	S	Ca	K	Fe	Pb
درصد وزنی / W%	5.05	2.40	2.95	20.57	28.28	2.18	0.68	37.84

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

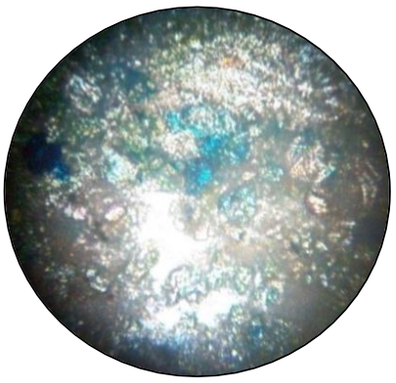


شکل ۱۷: طیف EDS رنگ سبز
Fig. 17: EDS spectrum of green pigment

حضور کلسیم و گوگرد نشان از حضور ژیپس با فرمول شیمیایی ($CaSO_4.2H_2O$) در ترکیبات دارد. منیزیم نیز نشان از هانتیت (گل‌سفید) با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ است که با توجه به حضور این ترکیبات در تمام آنالیزها، مشخص می‌شود که از ترکیب ژیپس و هانتیت در ساخت بستر استفاده‌شده است. به گفتهٔ هولاکویی و کریمی، هانتیت یکی از محبوب‌ترین رنگدانه‌هایی است که به‌عنوان رنگ‌دانهٔ سفید در نقاشی‌های دیواری ایرانی مورداستفاده قرار می‌گیرد [30]. با توجه به اینکه بستر باید سطحی صاف و یکدست داشته‌باشد، بنابراین، از خواص این رنگدانه برای مطلوب کردن بستر استفاده‌شده است. همچنین حضور مقادیر بالای سرب در طیف EDS نشان از حضور این ماده در ترکیب رنگ سبز دارد که سفید سرب شناسایی‌شده در FTIR نیز به حضور سفیداب برای کم‌رنگ و روشن کردن این رنگ، اشاره دارد؛ در تصویر شماره ۵ (محل نمونه‌برداری از رنگ سبز، نشان می‌دهد که این رنگ دارای طیف بسیار روشنی است و ترکیب سفید سرب در آن، برای روشن کردن رنگ، طبیعی به نظر می‌رسد).

عناصری چون سیلیسیم، آهن، آلومینیوم و پتاسیم نیز به حضور سبز سیلو در بین رنگ‌ها اشاره دارند که ترکیب شیمیایی این رنگ به‌طور تخمینی ($K[(Al,Fe^{3+})_2(Fe^{2+},Mg)](AlSi_3,Si)O_{10}(OH)_2$) است[31]. سیلیس‌ها ترکیباتی معدنی هستند که سبز خاکی بیشتر از آن‌ها تشکیل‌شده است و به‌طور وسیعی در سطح جهان یافت می‌شوند. خاک سبز (سبز سیلو) به‌طور عمده از هر دو مادهٔ معدنیِ خاک رس، سلادونیت و گلوکونیت تهیه‌شده است [32]. این رنگدانه از دوران باستان در تمام تکنیک‌های هنری کاربرد داشته است [33]. درنهایت، نوار جذبیِ آبی پروس در طیف FTIR و حضور آهن در نتایج EDS، نشان حضور از این رنگدانه در ترکیب بارنگ سبز دارد.

برای اطمینان از نتایج حاصل از آزمایش‌ها، این رنگ در زیر میکروسکوپ نیز شناسایی شد. رنگ سبز یا به‌صورت ترکیبی از رنگ مایه‌های آبی و زرد و یا به‌صورت تک‌فام سبز به کار می‌رود؛ بنابراین، پس از بررسی رنگ در زیر میکروسکوپ، نتیجه حاکی از آن بود که از ترکیب رنگدانه‌های آبی، سبز و سفید برای ایجاد رنگ سبز در این تزیینات استفاده‌شده است (تصویر ۱۸).



شکل ۱۸: رنگ سبز در زیر میکروسکوپ (۴۰X)
Fig. 18: Microscopic image of green pigment (40 x

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-13]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

نتایج نهایی از آنالیزهای OM، FTIR و SEM-EDS مشخص می‌کند که بستر، ترکیبی از ژیپس و هانتیت است و از ترکیب سفید سرب، آبیِ پروس و سبز سیلو به همراه بست پروتئینی، برای رنگ‌گذاری نواحی سبز استفاده است.

۵. نتیجه‌گیری

خانهٔ سادات دُرمیانی، ازجمله بناهای تاریخی قاجاری در اصفهان است که جزو هفت‌دست‌خانه‌ها بوده و پس از مرمت و بازسازی آن، اکنون تغییر کاربری داده و به هتل سنتی تبدیل شده است. در ضلع شرقی و غربیِ شاه‌نشین این خانه دو اتاق بروار قرارگرفته که به اتاق‌های نقش معروف بوده‌اند و تنها قسمت‌های بنا هستند که تزیینات آن‌ها از دوران قاجار تا به امروز دست‌نخورده باقی‌مانده‌اند. برای شناسایی نوع رنگدانه‌های به‌کاررفته در این بنا از رنگ‌های طلایی، قرمز، آبی و سبز که بیشترین کاربرد را داشتند، نمونه‌برداری و آنالیزهای FTIR، SEM-EDS و OM انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها مشخص کرد که رنگ‌های به‌کاررفته در این تزیینات از نوع مواد معدنی به همراه بست پروتئینی هستند و تکنیک به‌کاررفته، رنگ‌روغن است. رنگ طلایی به‌کاررفته در این نقوش ترکیبی از آلیاژهای مس و روی (برنج)، قرمز از نوع قرمز سرب یا سرنج (Pb_3O_4)، آبی از نوع آبی پروس ($Fe_4(Fe[CN]_6)_3$) و رنگ سبز ترکیبی از آبی پروس به همراه سبز خاکی یا سیلو ($K[(Al^{3+},Fe^{3+})(Fe^{2+},Mg^{2+})](AlSi_3,Si_4)O_{10}(OH)_2$) است؛ ضمن آنکه از سفید سرب ($2PbCO_3.Pb(OH)_2$) برای ایجاد تونالیته‌های رنگی و روشن کردن رنگ‌ها استفاده‌شده است. در ترکیبات لایهٔ بستر نیز هانتیت یا گل‌سفید ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) به همراه ژیپس ($CaSO_4.2H_2O$) شناسایی شد. هانتیت از ادوار گذشته تاکنون هم به‌عنوان رنگ سفید و هم برای بسترسازی نقاشی‌ها استفاده‌شده است. نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن هستند که کلیهٔ مواد و رنگدانه‌های شناسایی‌شده در این پژوهش، با مواد و مصالح به‌کاررفته در دوران قاجار (جدول ۱) مطابقت دارند.

سپاسگزاری

در پایان، نویسندگان از سرکار خانم رؤیا بهادری جهت همکاری در بخش شناسایی و تحلیل نتایج آزمایش‌ها، سرکار خانم محبی (مسئول آزمایشگاه SEM-EDS پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران) و سرکار خانم فاطمه بارانی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

پی‌نوشت

۱. در خانه‌های پدرسالاری همهٔ کسان و خویشاوندان نزدیک در یک‌خانه زندگی می‌کردند. پدر، مادر، فرزندان، پدربزرگ، مادربزرگ، نوه‌ها و عروس‌ها در کنار هم بودند، دلیلی نداشته که به یک جای دیگر بروند. همهٔ آن‌ها از یک آشپزخانه بهره‌گیری می‌کردند [6].

۲. به اتاق‌های دو سوی یک اتاق میانی بزرگ مانند تالار میانوار، بروار گفته می‌شد [7].

۳. درگذشته هنرمندان برای اجرای تزیینات طلاکاری، یا از ورقه‌های فلزی استفاده می‌کردند و یا با ترکیب پودر فلزات با بست و استفاده از قلم‌مو نقوش را اجرا می‌کردند.

۴. چون پروتئین‌ها منبعی برای تغذیه میکروارگانیسم‌ها و حشرات هستند بنابراین، از این ماده کمتر به‌عنوان ورنی استفاده می‌شده و بیشتر نقش عامل چسبانندهٔ رنگ را ایفا می‌کرده است.

References

[1] Alizadeh. S. Survey on ways of painting development in the first part of Qajar period, Negareh 7(22), 2012, p 73-84. [in Persia].

[علیزاده سیامک. بررسی و فن‌شناسی تحول هنر نقاشی در دورهٔ اول قاجاری،.فصلنامه علمی نگره ۱۳۹۱، ۷(۲۲)، ص ۸۴ – ۷۳.]

[2] Shirazi. M and Mousavilar. M, Retrieval of identity in Qajar Era (case study: ceramics), Negareh 12(41), 2017, p 17-29. [in Persian].

[شیرازی ماه منیر، اشرف موسوی لر. بازیابی لایه‌های هویتی در هنر دوره قاجار مطالعه موردی روی کاشی‌های دوره قاجار، فصلنامه علمی نگره۱۳۹۶،

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2023-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

[پیرنیا محمد کریم. معماری ایرانی. تهران: سروش دانش؛ ۱۳۹۲.]

[8] Soltan Seyyed Rezakhan, Dar-al-saltaneh map of Isfahan, municipality of Isfahan, Isfahan City Renovation and improvements Organization 2013.[in Persian].

[سلطان سید رضاخان. نقشهٔ دارالسلطنهٔ اصفهان، شهرداری اصفهان. سازمان نوسازی و بهسازی شهر اصفهان؛ ۱۳۹۲.]

[9] Aerial map of Isfahan, municipality of Isfahan, Isfahan City Renovation and improvements Organization, Edited by authors 2016.[in Persian].

[نقشه هوایی اصفهان. شهرداری اصفهان. سازمان نوسازی و بهسازی شهر اصفهان. تنظیم و ویرایش: نگارندگان؛ ۱۳۹۵.]

[10] Basiri, S, The comparative study of the constructional features of gilding decoration of Qajar period in Isfahan case study: the houses of Qodsiyye, Shahshahan and Haghighi, Negarineh Islamic Art, scientific research quarterly, , 2014, 2, p 52-69 [in Persian].

[بصیری، سمیه. مطالعهٔ تطبیقی ویژگی‌های ساختاری تزیینات طلاکاری دورهٔ قاجار در اصفهان نمونه موردی: خانه‌های قدسیه، شهشهان و حقیقی، فصلنامه علمی نگارینه هنر اسلامی ۱۳۹۳، ۱(۲)، ۶۹ – ۵۲.]

[11] Bahadori. R, Tazimi. D and jahangardi. S, Identification on mural painting of Borojerdiha house in Kashan, Proceedings of the First symposium on Materials Science and conservation of Cultural and Historical artefacts, Tehran: research institute of cultural heritage & tourism, 2012, p 143-149 [in Persian].

[بهادری، رؤیا، دانیال تعظیمی، و سمیه جهانگردی. بررسی و شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری خانه بروجردی‌های کاشان، مجموعه مقالات نخستین همایش علم مواد و حفاظت آثار فرهنگی و تاریخی ۱۳۹۱، تهران، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری. ص ۱۴۳ – ۱۴۹.]

[12] Rahmani. Gh and Hosseini. M, Intention and its relation with colors used in royal Qajar mural painting, journal of research ۱۲(۴۱)، ۲۹ – ۱۷.]

[3] Gholamzade Kalaei. A and Samanian. K, Structural analysis of materials and techniques of plinth ornaments of Safavid Era: A case study of Shah Abbas II mausoleum in Qom, journal of visual and applied arts 2018, 10(20), p 117-131 [in Persian].

[غلامزاده کلایی احمد، کورس سامانیان. تحلیل ساختاری مواد و تکنیک به‌کاررفته در تزیینات ازارهٔ سنگی دورهٔ صفوی (نمونه مطالعاتی بقعه شاه‌عباس ثانی قم)، فصلنامه علمی–پژوهشی نامه هنرهای تجسمی و کاربردی ۱۳۹۶، ۲۰: ۱۳۱ – ۱۱۷.]

[4] Abbasi. J, Bahadori. R, Bozorgmehr. M.A, Beheshti. I and Bahrololoumi, F, Identification of materials and pigments used in mural painting of Rahim Abad historic garden & mansion in Birjand, journal of research on Archaeometry, volume 2(2) 2017, p 63-76. [in Persian].

[عباسی جواد، بهادری رؤیا، بزرگمهر محمدعلی، بهشتی سید ایرج و بحرالعلومی فرانک. شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های دیواری مجموعه باغ و عمارت تاریخی رحیم‌آباد بیرجند، پژوههٔ باستان‌سنجی ۱۳۹۵، ۲(۲)، ص۶۳ – ۷۶.]

[5] Ashrafi, A, Westernization in Iranian Architecture "The Impact of Different Societies on Iranian Architecture from the Beginning to Contemporary", Isfahan: Goftemane Andishe publication, 2016. [in Persian].

[اشرفی علیرضا. فرنگی سازی در معماری ایرانی: تأثیر جوامع مختلف بر معماری ایران از آغاز تا معاصر، اصفهان۱۳۹۵، گفتمان اندیشه.]

[6] Memarian. GH, Static Iranian Architecture, first volume, Tehran: Naghmeh NoAndish publication, 2013. [in Persian].

[معماریان غلامحسین. معماری ایرانی نیارش. جلد اول، تهران: انتشارات نغمه نواندیش، ۱۳۹۲.]

[7] Pirnia. M.K, Persian architecture, Edited by Gholam Hossein Memarian, Tehran: Soroush Danesh publication 2013 [in Persian].

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

اخوان حقیقی اصفهان، پایان‌نامهٔ کارشناسی مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان ۱۳۸۶.]

[17] Vatandoost, R and Bahadori, R. Identification of Compounds Used in a Wall Painting by Using Fourer-Transform Infrared Spectroscopy, Proceedings of the Conservation of Historical Cultural Center, Tehran, 1998, p 98-101. [in Persian].

[وطن‌دوست، رسول و رؤیا بهادری. شناسایی اجزاء یک نقاشی دیواری به روش طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه FTIR. مجموعه مقالات پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی (۱)، تهران: پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی و فرهنگی ۱۳۷۷، ۱۰۱-۹۸.]

[18] Ahmadi S, Shokouhi F, Oliaiy P, Lamehi-Rachti M, Rahighi J. Characterisation of the Wall Painting Pigments of Baghcheh Joogh Castle by PIXE. International Journal of PIXE. 2005;15(03n04):345-50.

[19] Esmailian. F. Syrvey of Monochrome Mural Paintings Techniques of Bekhradys House, M.A Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Tehran; 2014. [in Persian].

[اسماعیلیان، فاطمه. فن‌شناسی نقاشی‌های دیواری تک‌فام شاه‌نشین خانهٔ بخردی اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مرمت و احیای بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۲.]

[20] Samanian K, Abbasi Z, Kaldareh Ai. Archaeometrical Study of the Used Materials in Qajar Easel Painting Using XRD, XRF, PLM And FTIR Techniques: A Case Study Of" Egyptian Girl" Tablout. Mediterranean Archaeology & Archaeometry. 2013 Jul 1;13(2).

[21] Firooznia. A and Samanian. K. Ingredients and techniques of an Qajar oil painting, Ganjine-ye asnad, historical research & archiveal studies quarterly, 2018, 28(1), p 152-174 [in Persian].

[فیروزنیا، افسانه و کورس سامانیان. شناسایی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در تابلوی رنگ‌روغن دوره قاجار منسوب به ابوالقاسم اصفهانی. فصلنامه علمی پژوهشی گنجینه اسناد ۱۳۹۷، ۲۸(۱)، ص ۱۷۴-۱۵۲.]

[22] Pakzad Z. Color Structure in the Persian Painting. Rev. Eur. Stud.. 2017;9:1.

on Archaeometry, 2019, year 5(1), p 31-41[in Persian].

[رحمانی، غلامرضا و مهدی حسینی. نیت‌مندی و ارتباط آن بارنگ‌های به‌کاررفته در دیوارنگاره‌های درباری قاجار، پژوهۀ باستان‌سنجی۱۳۹۸، ۵(۱)، ۴۱ – ۳۱.]

[13] Nikoei. Z and Samanian. K, Identification of green and red pigments used at mural painting of the Zandieh in Shiraz by instrumental methods, Journal of color science and technology, 2020, 14(1), p 49-61 [in Persian].

[نیکویی، زهرا و کورس سامانیان. شناسایی رنگدانه‌های سبز و قرمز دیوارنگاره‌های دوره زند در شیراز با روش دستگاهی، نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ ۱۳۹۸، ۱۴(۱)، ص ۶۱-۴۹.]

[14] Chaghamirzaye. R. Technology and pathology and conservation plan for mural paintings in Panj-Dari room of Sarem-all-dowleh house of Kermanshah, M.A Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Tehran. 2017. [in Persian].

[چقامیرزایی، رؤیا. فن‌شناسی، آسیب‌شناسی و ارائه راهکار حفاظتی برای نقاشی‌های دیواری اتاق پنج‌دری در خانهٔ صارم‌الدوله کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۵.]

[15] Ghavami. F. Technical study of colorful paintings depicted in Ghatarbandies of eastern room of Shah-Neshin in Haghighi house in Isfahan, Master،s Thesis, Conservation of historical & cultural objects, Art University of Tehran 2015. [in Persian].

[قوامی، فرشته. فن‌شناسی نقاشی‌های رنگی در قطار بندی‌های اتاق شرقی شاه‌نشین در خانه حقیقی اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران ۱۳۹۳.]

[16] Mardani, E. Conservation and Restoration of some part of the wall painting in the house of Akhavan-e-Haghighi in Isfahan, Bachelor Thesis, Conservation of historical & cultural objects, University of Art, Isfahan, 2007. [in Persian].

[مردانی، الهه. حفظ و مرمت جزئی از دیوارنگارهٔ خانهٔ

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2020-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]

[23] Stuart, B. Analytical techniques in materials conservation, [Translate by Bagherzadeh Kasiri M.], Tabriz Islamic Art University Publications. 2014 [in Persian].

[استوارت، باربارا. روش‌های تجزیهٔ مواد در مرمت و حفاظت آثار تاریخی، ترجمهٔ مسعود باقر زاده کثیری، تبریز: دانشگاه هنر اسلامی ۱۳۹۳.]

[24] Siddall R. Mineral pigments in archaeology: their analysis and the range of available materials. Minerals. 2018 May;8(5):201.

[25] Fitzhugh EW. Red lead and minium. InArtists' pigments; A handbook of their history and characteristics 1986 (Vol. 1, pp. 109-139).

[26] Eastaugh N, Walsh V, Chaplin T, Siddall R. Pigment compendium: a dictionary of historical pigments. Routledge; 2007 Mar 30.

[27] McBride C. A pigment particle & fiber atlas for paper conservators.Graph ICS Conservation laboratory. Getty trust postgraduate fellow 2002. P 1-86.

[28] Zagora J. SEM-EDX pigment analysis and multi-analytical study of the ground and paint layers of Francesco Fedrigazzi's painting from Kostanje. InCeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art 2013 May 12 (No. EGG 3). Association CeROArt asbl.

[29] Erhardt D. Paints based on drying oil media. Painted Wood: History and Conservation, The Getty Conservation Institute, Los Angeles. 1998 Aug 27:17-32.

[30] Holakooei P, Karimy AH. Micro-Raman spectroscopy and X-ray fluorescence spectrometry on the characterization of the Persian pigments used in the pre-seventeenth century wall paintings of Masjid-i Jāme of Abarqū, central Iran. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2015 Jan 5;134:419-27.

[31] Ospitali F, Bersani D, Di Lonardo G, Lottici PP. 'Green earths': vibrational and elemental characterization of glauconites, celadonites and historical pigments. Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering. 2008 Aug;39(8):1066-73.

[32] Feller RL. Artist's pigments: a handbook of their history and characteristics. Vol. 1. 1986.

[33] Gražėnaitė E, Kiuberis J, Beganskienė A, Senvaitienė J, Kareiva A. XRD and FTIR characterisation of historical green pigments and their lead-based glazes. Chemija. 2014 Dec 1;25(4):199-205.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2028-03-03]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.1.4.8]
[DOI: 10.29252/jra.6.1.47]