






دوفصلنامه مطالعات موزه‌ای زرین فام
دوره ۳، شماره ۴، بهار و تابستان ۱۴۰۴
شاپا چاپی: ۹۲۴X-۲۹۸۰
شاپا الکترونیکی: ۹۵۴۱-۲۹۸۰

مطالعه مواد رنگزا در ملاط و نقوش پنهان آرایه‌های معماری دستکند معبد ورجوی مراغه متعلق به دوره ایلخانان مغول

مه‌دی رازانی   دانشیار، عضو هیئت‌علمی گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران.
یاسر حمزوی  دانشیار، عضو هیئت‌علمی پژوهشکده بناها و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸

چکیده

معبد ورجوی از جمله بناهایی با تاریخ‌گذاری نه‌چندان دقیق در دوره پیش از اسلام است که الحاقاتی منسوب به دوره ایلخانان مغول نیز در آن شناسایی شده است. این معبد در استان آذربایجان شرقی واقع شده و بخشی از مجموعه سازه‌های زیرزمینی است که در بستر سنگی تراشیده شده‌اند. مقاله حاضر با هدف ساختارشناسی و شناسایی مواد رنگزا در ترکیبات لایه‌های ملاط، و نیز شناخت رنگ کتیبه نوشتاری در معماری دست‌کند ورجوی در شهر مراغه انجام شده است. مطالعات آزمایشگاهی شامل آزمون‌های XRD، XRF و SEM-EDS بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از لایه‌های شناسایی شده در چله‌خانه اصلی معبد صورت پذیرفته است. بر اساس نتایج حاصل از آنالیزهای تجزیه‌ای، تحلیل داده‌های مربوط به انواع نمونه‌های ملاط به کاررفته در معماری صخره‌ای ورجوی و همچنین مقایسه آن‌ها با بستر سنگی انجام گرفت. این مقاله برای نخستین بار شواهدی از کاربرد رنگ را بر مبنای ساختارشناسی در معماری دست‌کند دامنه سهند ارائه می‌کند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده استفاده از اکسید آهن (برای رنگ قرمز) و دوده کربنی (برای رنگ سیاه) به‌عنوان مواد رنگزا در معبد ورجوی است.

واژگان کلیدی: ملاط رنگی، کتیبه، معماری دستکند، مراغه.

استناد: رازانی، مه‌دی، حمزوی، یاسر (۱۴۰۴). مطالعه مواد رنگزا در ملاط و نقوش پنهان آرایه‌های معماری دستکند معبد ورجوی مراغه متعلق به دوره ایلخانان مغول. *مطالعات موزه‌ای زرین فام*، ۳(۴)، ۱۸۱-۲۰۲.

<https://doi.org/10.30481/museum.2026.570942.1075>

© ۲۰۲۵/۱۴۰۴ نویسنده(گان). این مقاله یک اثر دسترسی آزاد است که تحت مجوز CC BY 4.0 منتشر شده است. استناد و انتشار مجدد این اثر با ذکر منبع درست مجاز است.

۱. مقدمه

ملاطها و اندودهای تاریخی از جمله دستاوردهای فرهنگی جوامع گذشته به شمار می‌آیند که ویژگی‌ها و خواص آن‌ها وابسته به نوع مواد خام، فناوری تولید و شیوه به‌کارگیری آن‌ها متغیر است (Crisci et al., 2004). شناسایی ترکیب ملاطهای تاریخی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره مراحل ساخت‌وساز، فناوری‌های به‌کاررفته و مهارت‌های فنی بنیان گذشته فراهم آورد (Morricone et al., 2013).

از سوی دیگر، شناسایی رنگدانه‌های به‌کاررفته در یادمان‌های فرهنگی و تاریخی، اعم از معماری و آثار باستان‌شناسی، طی چند دهه اخیر مورد توجه گسترده پژوهشگران قرار گرفته است. در مطالعات حوزه علوم باستان‌شناختی، رنگ‌ها از منظرهای گوناگون، از جمله تاریخ فناوری، اصالت‌سنجی و جرم‌شناسی آثار هنری، حائز اهمیت هستند (Von Aderkas et al., 2010; Kougemitrou et al., 2013) و همواره به‌عنوان عناصر تزئینی نقش مهمی در شکل‌گیری فرهنگ‌ها و هنرهای وابسته ایفا کرده‌اند (Yusuf, Shabbir & Mohammad, 2017).

در معماری ایران، بر اساس شواهد باقی‌مانده از سده‌های اولیه دوره اسلامی، استفاده از رنگ برای اجرای نقوش بر سطح اندودهای داخلی و خارجی بناها چندان رایج نبوده است. در خصوص معماری دست‌کند، این موضوع می‌تواند به‌صورت ویژه مورد توجه قرار گیرد؛ به‌گونه‌ای که شاید بتوان گفت کمتر نمونه‌ای از معماری دست‌کند دوره ایلخانان مغول در ایران یافت می‌شود که در آن از رنگ برای اجرای نقوش تزئینی، نگارش کتیبه‌ها و اندودهای رنگی استفاده شده باشد. معماری دست‌کند و رجوی یکی از نمونه‌های شاخصی است که چنین ویژگی مهمی در آن مشاهده می‌شود.

در پژوهش پیش‌رو، در راستای حفاظت صحیح این آثار ارزشمند، ضمن معرفی اثر، مطالعه‌ای فنی بر روی رنگ‌ها و ملاطهای آن انجام شده است. در پژوهش‌های پیشین مرتبط با معبد و رجوی، به وجود اندودها و رنگدانه‌ها در بخش‌های داخلی اشاره شده است (حمزوی و رازانی، ۱۳۹۹؛ رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷)، اما تاکنون این رنگدانه‌ها به‌صورت علمی مورد مطالعه و شناسایی قرار نگرفته‌اند.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر با تمرکز بر مواد رنگ‌ساز در آرایه‌های تزئینی دوره ایلخانان مغول، ابتدا به بررسی این مواد و پیشینه مطالعات مرتبط با رنگدانه‌های این دوره می‌پردازد. سپس موقعیت معماری و ویژگی‌های مجموعه دست‌کند و رجوی در مراغه، به‌عنوان مطالعه موردی، مورد تحلیل قرار گرفته و ملاط‌های پوششی این بنا به‌عنوان بستر اصلی نمونه‌برداری و شناسایی رنگدانه‌ها معرفی شده‌اند. روش پژوهش مبتنی بر رویکردی ترکیبی از مطالعات میدانی و تجربی است که با تکیه بر مشاهدات دقیق در محل و به‌کارگیری روش‌های آزمایشگاهی معتبر، به شناسایی و اثبات وجود رنگدانه‌های تاریخی در بدنه معبد و رجوی می‌پردازد. مطالعات آزمایشگاهی شامل انجام آزمون‌های پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنجی پراکندگی انرژی (SEM-EDS) بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از لایه‌های شناسایی‌شده در چله‌خانه اصلی معبد بوده است. در ادامه، با تشریح روش‌های آنالیزی به‌کاررفته، نتایج حاصل از این آزمایش‌ها ارائه و تحلیل شده‌اند. این فرآیند نظام‌مند امکان دستیابی به داده‌های اصیل و مستند درباره فنون رنگ‌آمیزی در دوران ایلخانی را فراهم می‌سازد.

۳. پیشینه مطالعاتی

از دوران پیش از تاریخ، بیشتر رنگدانه‌ها از طریق آسیاب مکانیکی مواد خام جامد که به دلیل ویژگی‌های رنگی مورد توجه قرار می‌گرفتند، تهیه می‌شده‌اند. بخش عمده‌ای از این رنگدانه‌ها منشأ معدنی داشته‌اند، اگرچه برخی از آن‌ها منشأ گیاهی و حیوانی نیز داشته و از پوست درختان، صدف‌ها، پوسته‌ها، استخوان‌ها و شاخ حیوانات به دست می‌آمده‌اند (Eastaugh et al., 2005). افزون بر این، چند رنگدانه مصنوعی و انسان‌ساخت (سنتزی) که با نام‌های عمومی فریت‌ها و لاک‌ها شناخته می‌شوند، از دوران باستان تولید شده‌اند (Barnett, Miller & Pearce, 2006).

رنگدانه‌ها را می‌توان بر اساس معیارهای مختلفی طبقه‌بندی کرد؛ از جمله رنگ (آبی، قرمز، سبز و غیره)، ترکیب (آلی یا غیرآلی)، منشأ (طبیعی یا انسان‌ساخت) و سایر ویژگی‌ها. رنگدانه‌های رایج مورد استفاده از دوران باستان، بر اساس رنگ آن‌ها در جدول ۱ فهرست و طبقه‌بندی شده‌اند و برخی از نمونه‌هایی که بیشترین فراوانی را در محوطه‌های باستان‌شناسی دارند، در این جدول ارائه شده است.

به‌طور کلی، مواد رنگ‌ساز شناسایی شده در بناهای دوره ایلخانی بیشتر شامل رنگ‌های آبی، قرمز، سیاه، سبز، زرد و سفید هستند که در بناهای مختلف این دوره در نقاط گوناگون شناسایی شده‌اند. رنگ‌های آبی شناسایی شده عمدتاً از نوع لازوریت و تا حدودی لاجورد طبیعی (آبی لاجوردی) بوده‌اند که پژوهشگران متعددی به آن اشاره کرده‌اند. رنگ‌های قرمز شامل اخرا، هماتیت، شنگرف و سرنج قرمز شناسایی شده‌اند. همچنین برای رنگ‌های سیاه از کربن، دوده و سیاه استخوان نام برده شده است.

در منابع مختلف، برای ایجاد رنگ‌های سفید از گل سفید یا کربنات کلسیم و گل گیوه یا هاتیت (و انیدرید) یاد شده است. رنگ‌های زرد شناسایی شده در این دوره تاکنون عمدتاً از تالیته‌های زرد اخرا بوده‌اند. رنگ‌های سبز معرفی شده نیز از نوع مالاکیت و سبز سیلو بوده‌اند که پژوهشگران مختلف در شناسایی این رنگ‌ها در بناهای قرون هفتم و هشتم هجری قمری، به‌ویژه دوره ایلخانی، به این نتایج دست یافته‌اند (امیریه، ۱۳۷۵؛ ترابی، ۱۳۸۸؛ ترابی و پدرام، ۱۳۸۶؛ حمزوی و اصلانی، ۱۳۹۱؛ نکویی اصفهانی و دیگران، ۱۳۸۴؛ وطن دوست و دیگران، ۱۳۷۶؛ فرهنگ بروجنی و دیگران، ۱۳۹۱؛ شیروانی، ۱۳۹۸؛ کریمی و هلاکویی، ۱۳۸۷؛ حمزوی و رازانی، ۱۳۹۹؛ حمزوی، ۱۳۸۸؛ حمزوی، ۱۳۹۹؛ حمزوی و اکرمی سلحشور، ۱۳۹۴؛ حمزه‌لو، ۱۳۸۰؛ رازانی و دیگران، ۱۴۰۰؛ مجبلی، ۱۳۸۷؛ Mohtasham & Samanian, 2017) (جدول ۲).

جدول ۱. فهرستی از مهمترین رنگدانه‌های معدنی که عمدتاً در کاوش‌های باستان‌شناسی و محوطه‌های باستانی گزارش شده‌اند (Goffer, 2007).

| رنگ‌های معدنی | نام | ترکیب |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| سیاه (Black) | گرافیت (Graphite) | کربن (Carbon) |
| | پیرولوزیت (Pyrolusite) | اکسید منگنز (Manganese dioxide) |
| سفید (White) | چالک (Chalk (also known as whiting)) | کربنات کلسیم (Calcium carbonate) |
| | ژپس (Gypsum) | سولفات کلسیم (Calcium sulfate) |
| | کائولن (Kaolin) | سیلیکات آلومینیم (Aluminum silicate) |
| زرد (Yellow) | زرنیخ (Orpiment) | تری‌اکسید آرسنیک (Arsenic trioxide) |

| | | |
|---|---|-------------|
| خاک های طبیعی، ترکیب سیلیکا و اکسیدهای آهن (Natural earths, mixtures of silica and iron oxides) | اکرها و سیه‌ناها (Ochers and siennas) | |
| ترکیب سیلیکا و تری اکسید آهن (Mixture of silica and iron trioxide) | قرمز اکر (Red ocher) | قرمز (Red) |
| سولفید جیوه (Mercury sulfide) | قرمز ورمیلیون یا سینابار (Vermillion, or cinnabar) | |
| مالاکیت (Malachite) | بر پایه کربنات مس (Basic copper carbonate) | سبز (Green) |
| کریزوکولا (Chrysocolla) | سیلیکات مس (Copper silicate) | |
| خاک سبز (Green earth) | ترکیب سیلیکات آلومینیم (Mixture of aluminum silicates) | |
| بر پایه کربنات مس (Basic copper carbonate) | آبی کوهی یا آزوریت (Mountain blue or azurite) | آبی (Blue) |
| عمدتاً مخلوطی از سیلیکات و سولفید سدیم و آلومینیوم است (Mainly a mixture of silicate and sulfide of sodium and aluminum) | اولترامارین یا لاجورد (Ultramarine or lapis lazuli) | |
| سدیم منیزیم آلومینیوم هیدروسیلیکات (Sodium magnesium aluminum hydrosilicate) | آبی گلوکوفان (Glaucothane) | |

مطالعات انجام شده درباره استفاده از مواد رنگی در تاریخ معماری ایران، با وجود گسترش آن‌ها از دهه ۱۳۸۰ شمسی به بعد، نتوانسته‌اند دوره‌های متعدد تاریخی و فرهنگی را به‌طور جامع پوشش دهند و با ارائه شواهد مستند، بخش‌های تاریک مرتبط با کاربرد رنگدانه‌ها و رنگینه‌ها در هنر ایران را روشن سازند. در همین راستا، پژوهش‌های مرتبط با دوره ایلخانی و بناهای تاریخی این دوره نیز چنین وضعیتی دارند؛ به گونه‌ای که با وجود آگاهی از این واقعیت که دوره ایلخانی یکی از پرتزین‌ترین دوره‌های هنری ایران به شمار می‌آید، اطلاعات مربوط به مواد به کاررفته در این تزئینات چندان سامان‌دهی نشده است و مطالعات موردی موجود، امروزه تنها منابع قابل استناد برای جمع‌بندی داده‌ها درباره آرایه‌های مبتنی بر رنگ در این دوره محسوب می‌شوند.

نکته مهم در این زمینه، فقدان بررسی نظام‌مند حضور رنگدانه‌ها در پوشش‌های بیرونی و درونی ابنیه تاریخی است. به گونه‌ای که در برخی بناهای این دوره، از پوشش‌های تک‌رنگ در اندودها و پوشش‌های داخلی استفاده می‌شده است. نمونه‌هایی از معماری دست‌کند و بکر مرتبط با موضوع مقاله حاضر را می‌توان در روستاهای صخره‌کند کندوان و عنصرود، متعلق به دوره ایلخانی، مشاهده کرد که در آن‌ها عمدتاً از پوشش سفید ناشی از رنگدانه‌های گچ و آهک استفاده شده است. افزون بر این، در دیگر مناطق دامنه سهند، به‌جز رنگ سفید، رنگ قرمز اخرا نیز به‌صورت دورنگ در بدنه داخلی بناها و با استفاده از

پوشش‌های ملاط‌گونه به کار رفته است که نمونه‌ای جالب توجه و منحصر به فرد از آن در روستای چراغیل مشاهده می‌شود (جلیلی و رازانی، ۱۴۰۱). در همین راستا، انجام چنین مطالعاتی درباره آرایه‌های رنگی، بقایا و مستندسازی آن‌ها در نماها یا فضاهای داخلی بناهای تاریخی، امروزه به‌عنوان نوعی بررسی روشمند تلقی می‌شود که با مطالعه و فهم دوره‌های تاریخی مختلف ساختمان، به تعیین بازسازی نظری و عملی دوره‌های گوناگون الگوهای تزئینی کمک کرده و همچنین مبنایی برای بررسی چگونگی حفاظت عملی از یادمان‌ها فراهم می‌آورد (Weyer et al., 2015).

جدول ۲. مقایسه نتایج حاصل در پژوهش‌های مختلف بر روی رنگ‌های قرن ۷ و ۸ ه.ق در بناهای مختلف ایران.

| منابع | انواع رنگ‌های شناسایی شده ایلخانی | | | | | | بنای مورد مطالعه |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------|------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| | سبز | زرد | سفید | سیاه | قرمز | آبی | |
| (حمزه‌لو، ۱۳۸۰) | - | - | گل سفید | دوده | اخرا | - | گنبد سلطانیه |
| (رازانی و دیگران، ۱۴۰۰) | مالاکیت | اخرای زرد | آئیدریت | دوده | اخرا | آزوریت | |
| (نکویی اصفهانی و دیگران، ۱۳۸۴) | مالاکیت | - | کربنات کلسیم | - | هماتیت اخرا | آزوریت | مسجد جامع اصفهان (محراب اولجایتو) |
| (حمزوی و اصلانی، ۱۳۹۱) | مالاکیت | - | گل سفید (کربنات کلسیم) | دوده | اخرا | آزوریت | بقعه پیربکران (ایوان اصلی) |
| (ترابی و پدرام، ۱۳۸۶) | مالاکیت | - | کربنات کلسیم | دوده | اخرا | - | مسجد آزادان اصفهان |
| (کریمی و هلاکویی، ۱۳۸۷) | آتاکامیت | - | گل گیوه (هاتیت) | دوده | قرمز سرنج | آبی الترامارین | بقعه پیرحمزه سبز پوش ابرکوه (بازنگری) |
| (ترابی، ۱۳۸۸) | مالاکیت | - | گل سفید | دوده | اخرا | آزوریت | بقعه پیربکران (چله خانه) |
| (حمزوی، ۱۳۹۹) | مالاکیت سبز سیلو | اخرای زرد | گل گیوه (هاتیت) | دوده | شنگرف اخرا | لاجورد آزوریت نیل | بقعه سید رکن الدین یزد |
| (فرهمنند بروجنی و دیگران، ۱۳۹۱) | مالاکیت سبز سیلو | - | - | دوده | اخرا شنگرف | آزوریت | |
| | مالاکیت سبز سیلو مالاکیت | - | - | دوده | اخرا قرمز سرنج | آزوریت | |

| | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|----------------------|--------------|------------|--|
| | سبز سیلو مالا کیت | - | - | دوده | قرمز سرنج | آبی لاجورد | مدرسه حسینیان |
| | سبز سیلو مالا کیت | - | - | دوده | قرمز سرنج | آزوریت | بقعه شیخ احمد فهادان |
| (حمزوی و اکرمی سلحشور، ۱۳۹۴) | - | - | گل گیوه (هانتیت) و گج | - | اخرا | لاجورد | کریاس شرقی مسجد جامع کبیر یزد |
| (Mohtasham & Samanian, 2017) | - | - | - | - | - | آزوریت | بقعه سید کمال الدین (شاه کمال) یزد |
| | - | - | - | - | - | آزوریت | |
| | - | - | - | - | - | آزوریت | |
| (شیروانی، ۱۳۹۸) | - | اخرای زرد | کربنات کلسیم | سیاه استخوان ن | اخرا | - | ضلع جنوب غربی گنبد سلطانیه |
| (حمزوی، ۱۳۸۸) | مالا کیت | - | گل گیوه (هانتیت) | - | شنگرف | آزوریت | بقعه سید شمس الدین یزد |

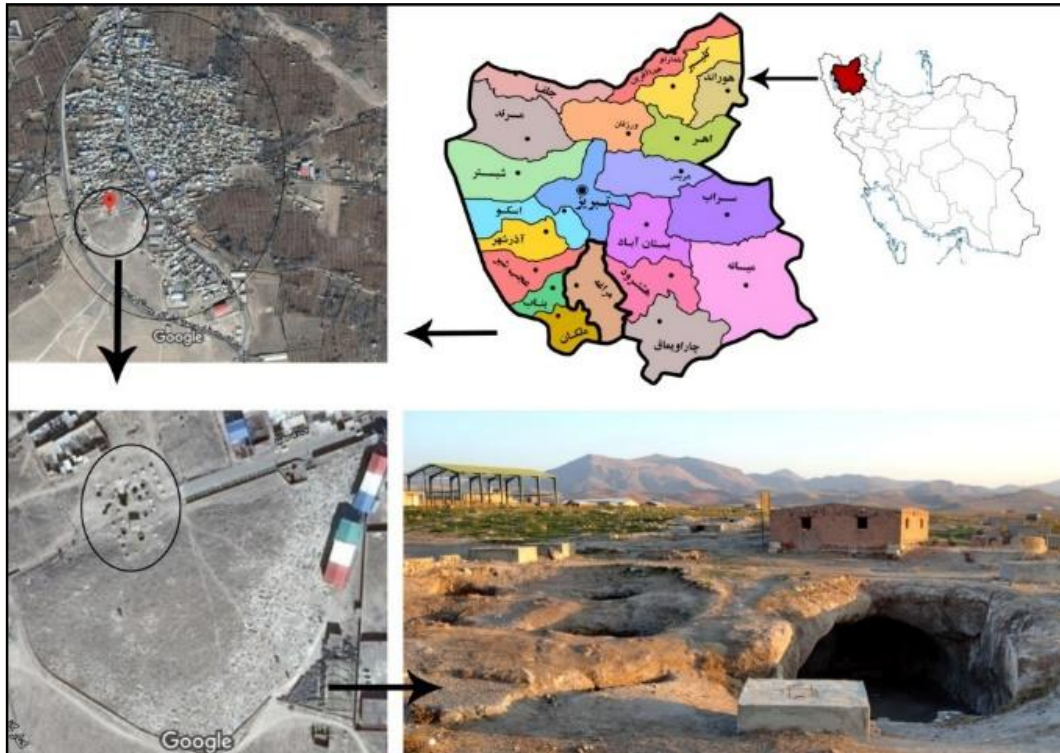
۳. آشنایی با بنای تاریخی معبد ورجوی مراغه

معماری دست‌کند ورجوی (شکل ۱) در مجاورت قبرستان تاریخی روستای ورجوی و در فاصله حدود ۶ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مراغه، در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. شهرستان مراغه با مساحتی حدود ۵۳۸۸ کیلومتر مربع، در دامنه جنوبی کوه سهند قرار دارد. این شهرستان در فاصله حدود ۱۳۰ کیلومتری تبریز واقع شده و از شمال به شهرستان تبریز، از شرق به شهرستان هشترود، از غرب به دریاچه ارومیه و از جنوب به شهرستان میاندوآب محدود می‌شود. شیب عمومی زمین در این شهرستان از شمال به جنوب است و سه رودخانه لیلان‌چای، مردق‌چای و صوفی‌چای از رودخانه‌های مهم منطقه به شمار می‌آیند (ستارنژاد و دیگران، ۱۳۹۹).

آب‌وهوای مراغه معتدل متمایل به سرد و نسبتاً مرطوب است. بیشینه دمای این شهر در تابستان‌ها حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کمینه آن در زمستان‌ها حدود ۲۰- درجه سانتی‌گراد است. همچنین میزان بارش سالانه مراغه حدود ۳۳۰ میلی‌متر و تعداد روزهای یخبندان آن حدود ۱۱۴ روز در سال گزارش شده است. شرایط آب‌وهوایی روستای ورجوی نیز مشابه مراغه بوده و سرد و مرطوب است و بارش قابل توجهی در آن مشاهده می‌شود (شجاع‌دل و علیپور، ۱۳۸۴).

مطالعات انجام‌شده درباره این بنا را می‌توان در چهار دسته طبقه‌بندی کرد:

۱. مطالعات توصیفی مربوط به شرح فضاها، کتیبه‌ها و نقشه معماری؛
۲. فرضیات مربوط به انتساب و کاربری مجموعه در قالب معبد مهرپرستی؛
۳. فرضیه‌های مرتبط با ایلخانی بودن مجموعه و انتساب آن به آیین بودایی در این دوره؛
۴. مطالعات مربوط به ساختارشناسی ملاط‌های مجموعه و آرایه‌های آن.



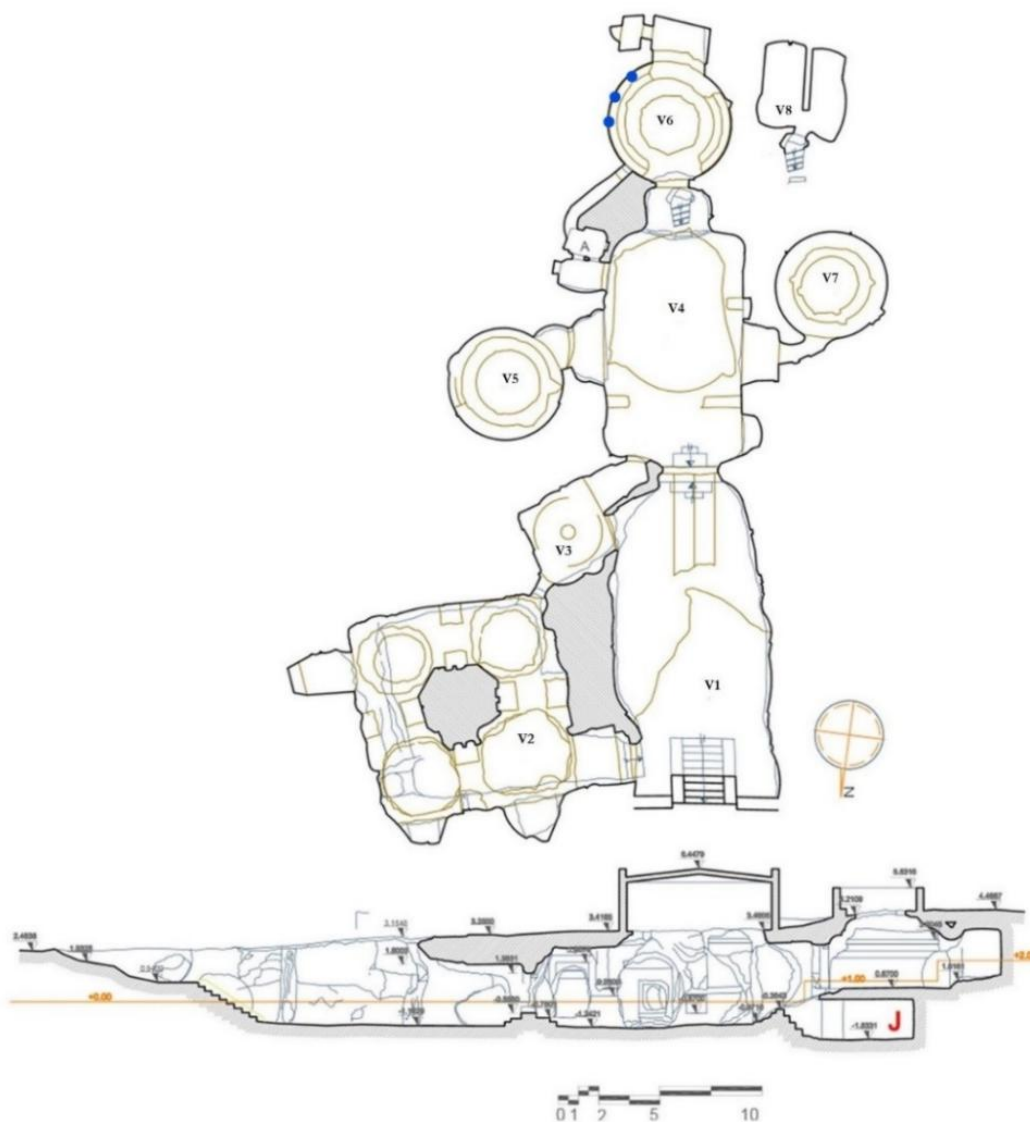
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و رجووی نسبت به مراغه و شهرهای هم‌جوار؛ تصویر ورودی معماری دستکند

نخست، پژوهش‌هایی با شرح هفت فضای معماری دست‌کند، به ذکر اندازه‌ها، ابعاد، آرایه‌ها و کتیبه‌های موجود پرداخته‌اند (ورجاوند، ۱۳۵۱؛ ستارنژاد و دیگران، ۱۳۹۹؛ رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷؛ Moradi, 2022). دوم، برخی پژوهشگران با تطبیق فضاهای موجود و تکرار دیدگاه‌های ورجاوند، بنا را متعلق به مهرپرستی و آیین میترائیسم دانسته‌اند، بدون آن‌که شواهد کافی ارائه دهند (شجاع‌دل و علیپور، ۱۳۸۴؛ ورجاوند، ۱۳۵۱؛ شکاری نیری، ۱۳۸۵). سوم، گروهی دیگر با تحلیل ماهیت کاربری معماری دست‌کند و مقایسه آن با ساختارهای مشابه بودایی، بنا را به دوره اسلامی نسبت داده و معتقدند مجموعه در کاربری اولیه پیشنهادی، معبدی بودایی متعلق به دوره ایلخانی بوده که پس از اصلاحات دینی غازان‌خان به خانقاه تبدیل شده است (ستارنژاد و دیگران، ۱۳۹۹؛ Parvin et al., 2023). در ادامه، در جدیدترین مطالعات مرتبط با موضوع، ماهیت بودایی بنا، تعلق آن به دوره ایلخانی و ارتباط آن با قبرستان مجاور مورد تأکید قرار گرفته است (عمرانی و مرادی، ۱۴۰۰؛ Moradi, 2022). چهارم، تحقیقات انجام‌شده بر روی ملاط‌های به‌کاررفته در مجموعه نشان‌دهنده پوشش اندود بدنه‌ها با ملاط گچ و آهک در بخش‌های عمده مجموعه و وجود آرایه‌هایی محدود در برخی مناطق است (رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷). با این حال، با توجه به عدم انتشار نتایج مطالعات ژئوفیزیک محوطه و بخش‌های پیرامونی، انجام کاوش‌های باستان‌شناسی برای تدقیق این انتساب‌ها و تأیید این فرضیات ضروری به نظر می‌رسد.

به‌منظور شناخت و معرفی معماری دست‌کند و رجووی مراغه، فضاهای اصلی معماری کدگذاری و به هشت بخش اصلی تقسیم شدند (شکل ۲). لازم به ذکر است که فضاهای ارتباطی میان فضاهای اصلی (راهروها و ورودی‌ها) کدگذاری نشده‌اند. فضای V1 نخستین بخش پس از ورودی است که در لبه درگاه انتهایی آن (درگاه میان فضای V1 و V4) نقوش هندسی ساده و در بخش میانی نقوش گیاهی انتزاعی (شبه اسلیمی‌های ساده‌شده) به شیوه حجاری اجرا شده است. در بخش مرکزی فضای

V2، بر روی ستون و دیوارها، تعدادی تاقچه اجرا شده و تاق‌های پیرامونی به شکل کلیل ساخته شده‌اند. همچنین آرایه‌ای شبیه به محراب در بخش مرکزی به شیوه کنده کاری اجرا شده است. در فضای V3، بر روی دیوارها تعدادی تاقچه در ارتفاع حدود ۱/۳ متر کنده کاری شده و آرایه دیگری مشاهده نمی‌شود.

در ابتدای فضای V4، محرابی کنده کاری شده است که بخش بالای آن به صورت مقرنس چهارقطاره اجرا شده است. پیرامون این محراب و امتداد آن بر روی دیوار، کتیبه‌ای قرآنی به شیوه کنده کاری اجرا شده است. فضاهای V5، V7 و V8 به صورت ساده و بدون تزئین ساخته شده‌اند. اصلی‌ترین و مهم‌ترین بخش معماری دست‌کند و رجوی، فضای V6 است؛ فضایی با پلان دایره‌ای که آرایه قطاربندی زیبایی از ارتفاع حدود دو متر از کف آغاز شده و به شکل گنبد ادامه می‌یابد تا در نقطه مرکزی سقف، که به صورت روزن (حفره مرکزی سقف با نقش نورگیر) است، پایان می‌پذیرد (شکل ۳).



شکل ۲. آخرین بروز رسانی پلان کلی (بالا) و مقطع معماری (پایین) در معماری دست‌کند و رجوی مراغه و کدگذاری فضاهای اصلی (Moradi, 2022).

(2022).

بخش‌های بالایی این فضا، هرچه به روزن مرکزی سقف نزدیک‌تر می‌شود، دچار فرسایش و تخریب بیشتری شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده (رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷) در رابطه با اندود آهکی پوشاننده بدنه‌ها، مرادی (Moradi, 2022) این فرضیه را مطرح می‌کند که همانند نمونه‌هایی نظیر روستای چراغیل (قرون ۷ و ۸ ه.ق) در دهستان ینگجه استان آذربایجان شرقی، که بخش‌هایی از معماری کهن و غیرمسکونی آن با رنگ قرمز بر روی بدنه اندود شده و آراسته شده است، احتمال دارد بنای ورجوی نیز دارای چنین پوشش رنگی یا تزئینات قرمز رنگی، مشابه نمونه‌های موجود در گورمه ترکیه، بوده باشد. فضاهای زیرزمینی مجموعه به شرح زیر معرفی شده‌اند:

V1: راهروی ورودی؛

V2: بخش ستون‌دار چهارگنبدی؛

V3: راهروی عبوری؛

V4: سالن مستطیل شکل؛

V5 و V7: اتاق‌های دایره‌ای شکل جانبی؛

V6: اتاق دایره‌ای اصلی؛

V8: سلول‌های زیرزمینی (Moradi, 2022).

در نقشه ارائه‌شده، رنگ آبی محل‌های نمونه‌برداری از رنگ‌ها و ملاط بدنه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. کنده کاری در بدنه سنگی و ایجاد فضایی گنبدی شکل با آرایه قطاربندی (فضای V6)

در ازاره فضای چله‌خانه معماری دست‌کند ورجوی، سه لایه اندود بر روی یکدیگر اجرا شده است که در نگاه نخست، تشخیص آن‌ها از بستر سنگی بسیار دشوار است. بر روی نخستین لایه اندود، کتیبه‌ای نگاشته شده است که به دلیل میزان بالای آسیب‌دیدگی و وجود اندودهای رویی، خوانش آن با چالش‌های جدی مواجه است. همچنین، سومین لایه اندود در این بخش، ملاطی به رنگ قرمز است؛ بدین معنا که در زمان اجرای اندود، رنگدانه به ترکیب ملاط افزوده شده و اندودی رنگی ایجاد شده است.

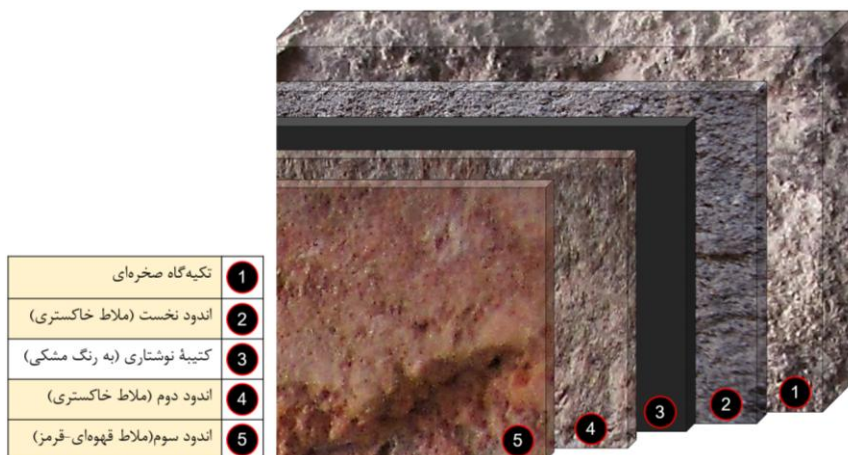
شایان ذکر است که وجود کتیبه نوشتاری در معماری دست‌کند متعلق به سده هشتم هجری قمری از ارزش تاریخی و پژوهشی فراوانی برخوردار است. در بخش آرایه‌های چله‌خانه اصلی، در لایه نخست قطاربندی، یکی از کاسه‌ها دارای نقش

برجسته‌ای به صورت گره هندسی است. بخش زیرین مقرنس که به صورت سطحی صاف اجرا شده، در نگاه اولیه به عنوان بدنه سنگی تلقی می‌شد، اما نگارندگان با بررسی دقیق‌تر در قسمت ازاره، متوجه وجود لایه‌های متعدد اندود بر روی هم شدند. در این بخش، دو لایه ملاط خاکستری شناسایی شد که لایه رویی دارای الیاف گیاهی است و بر روی آن یک لایه ملاط قرمز-قهوه‌ای اجرا شده است که در حال حاضر تنها بخش‌های اندکی از آن باقی مانده است. وجود اندود قرمز رنگ در معماری دست‌کند ایران پدیده‌ای بسیار نادر به شمار می‌آید و احتمالاً این پژوهش نخستین مطالعه علمی بر روی اندود رنگی در معماری دست‌کند ایران در دوره ایلخانی است. از این رو، شناسایی رنگدانه به کاررفته در این اندود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شکل ۴).

بر روی نخستین لایه ملاط خاکستری در ازاره (در زیر لایه‌های خاکستری و قرمز-قهوه‌ای)، لکه‌هایی به رنگ مشکی مشاهده شد که با بررسی‌های دقیق‌تر نگارندگان، مشخص گردید این لکه‌ها در واقع حروف الفبا هستند. این حروف در قالب کتیبه‌ای پیوسته، به صورت دور تا دور ازاره و در زیر قطار بندی اجرا شده و با رنگ مشکی و خطی شبیه به نسخ و ثلث بر سطحی صاف نگاهشته شده‌اند. این کتیبه احتمالاً کهن‌ترین کتیبه نوشتاری اسلامی اجرا شده با رنگ در معماری دست‌کند ایران است. از این رو، شناسایی رنگ به کاررفته در چنین کتیبه ارزشمندی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (شکل ۵). لایه‌نگاری فضای داخلی چله‌خانه (V6) در معماری صخره‌ای ورجوی به صورت شماتیک در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ۵. ملاط خاکستری با الیاف گیاهی در زیر ملاط قرمز-قهوه‌ای در ازاره فضای



شکل ۶. لایه‌های تشکیل دهنده فضای داخلی چله‌خانه (V6) معماری صخره‌ای ورجوی

۴. مواد و روش های مورد مطالعه

نمونه برداری یکی از مراحل کلیدی مطالعات فن شناختی و ساختارشناسی مواد تاریخی - فرهنگی است. نمونه برداری صحیح، به عنوان یک اصل اولیه در تحقیقات میدانی، برای پاسخ به سؤالات و فرضیات پژوهش اهمیت اساسی دارد. در این تحقیق، نمونه برداری به روش هدف گرا انجام شد تا نمونه‌هایی اصلی و معرف از بدنه به دست آید. نکته مهم در این روش، انتخاب نمونه‌هایی عاری از هوازدگی وسیع است تا امکان بررسی ویژگی‌های ریزساختاری، انجام آنالیزهای فازشناسی و تعیین ماهیت اصلی مواد فراهم گردد.

با توجه به ماهیت خاص جامعه آماری در مطالعات مواد تاریخی - فرهنگی، تهیه تعداد زیاد و حجم بالای نمونه معمولاً میسر نیست. بنابراین، برداشت حداقل نمونه مؤثر از قسمت‌های ناپیدای اثر یا بخش‌های شکسته و ترک‌دار، با رعایت ملاحظات زیبایی شناختی و کمترین مداخله، اهمیت ویژه‌ای دارد.

نتایج بررسی‌های میدانی نشان داد که تنها در چند نقطه از معماری دست‌کند و رجوی مراغه، بقایای ملاط بر بدنه دیوارها باقی مانده است. به جز ازاره فضای V6 که رنگی متمایل به قرمز-قهوه‌ای دارد، سایر بخش‌ها کاملاً هم‌رنگ با سنگ بدنه بنا هستند. با توجه به هوازدگی، تنها دو نمونه ملاط از فضای V6 برداشت شد: یک نمونه خاکستری و یک نمونه قرمز-قهوه‌ای، برای مقایسه و شناسایی رنگ به کار رفته در اندود. همچنین، برای شناسایی رنگ به کار رفته در کتیبه ثلث دور ازاره فضای V6، نمونه‌ای جداگانه تهیه شد.

نمونه‌های برداشت‌شده پس از کدگذاری با الگوی «کدگذاری معماری دست‌کند و رجوی (V)، شماره فضا، نمونه (S)»، مستندسازی ماکروسکوپی و میکروسکوپی شدند. جزئیات نمونه‌ها به شرح زیر است:

- V6-S2: ملاط از آرایه‌های قطاربندی فضای V6 با رنگ خاکستری، به ضخامت تقریباً ۲-۵ میلی‌متر، بر بدنه سنگی اجرا شده است. اثر فشار چندباره صیقل کاری با ابزار بنایی روی لایه مشاهده می‌شود.
- V6-S5: ملاط اندود ازاره در ارتفاع ۱ متر از فضای V6، دارای رنگ قرمز-قهوه‌ای، اجرا بر روی لایه خاکستری حاوی الیاف گیاهی مانند لوئی، کاه و ساقه گیاهان، با ضخامت حدود ۵ میلی‌متر. بخش عمده لایه رنگی از بین رفته و تنها در قسمت‌های بالای ازاره و زیر لبه قطاربندی باقی مانده است.
- V6-S6: رنگ مشکی کتیبه نوشتاری دور تا دور ازاره فضای V6، که در زیر اندود خاکستری و لایه قرمز-قهوه‌ای اجرا شده است (جدول ۳).

مطالعات آزمایشگاهی

به منظور شناسایی و بررسی دو لایه اندود، مواد رنگزا و رنگ به کار رفته در کتیبه، از روش‌های زیر استفاده شد:

۱. پراش پرتو ایکس به روش پودری (XRPD):

- شناسایی و تشخیص فازهای کریستالی موجود در سه نمونه ملاط از سطوح داخلی فضای V6.
- دستگاه: دیفراکتومتر مدل Philips PW1800 ساخت (هلند) با لامپ مس، 40 kV، 30 mA، نمونه ثابت و آشکارساز سوزنی.
- زاویه تابش: ۲θ، ۵-۶۰ درجه.

○ تحلیل داده‌ها: نرم‌افزار Xpert High Score Plus.

۲. طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس (XRF):

○ آنالیز عناصر موجود در همان نمونه‌ها با استفاده از دستگاه XRF مدل PW1800 ساخت Philips (2004).

۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی همراه با طیف‌سنجی پراکندگی انرژی (SEM-EDS):

○ مطالعه ساختار رنگ (قرمز-قهوه‌ای و مشکی کتیه) و ملاط، و انجام آنالیز عنصری نقطه‌ای.

○ دستگاه: SEM مدل ProX ساخت Phenom (هلند) با ولتاژهای افزایشی ۵، ۱۰ و ۱۵ kV

○ آشکارساز EDS متصل: CHNS مدل EURO EA3000 ساخت Euro Vector S.P.A (ایتالیا).

۵. نتایج و بحث در یافته‌ها

۵-۱. بررسی نمونه ملاط‌های V6-S2 و V6-S5 با روش XRF: آنالیز فلورسانس اشعه ایکس بر اساس نمونه‌های معرفی شده معماری دستکند ورجوی در جدول ۲ انجام گرفت. نتایج مربوط به نمونه‌های پودری به صورت اکسیدهای اصلی (جدول ۴) ارائه گردیده است.

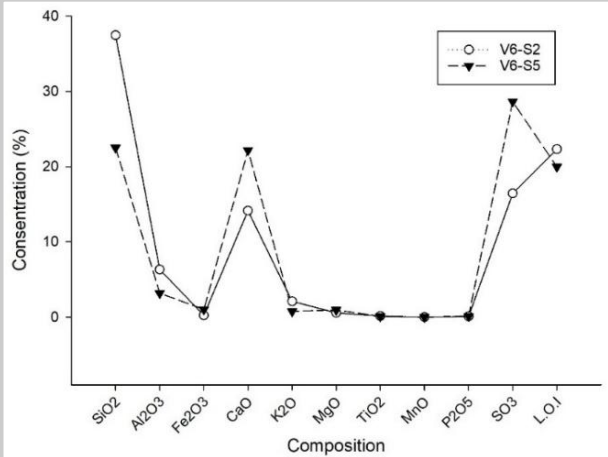
جدول ۳. مستندنگاری ماکروسکوپی و میکروسکوپی نمونه‌های مورد مطالعه

| تصویر پشت نمونه | تصویر سطح نمونه | تصاویر ماکروسکوپی محل نمونه برداری |
|---|--------------------|------------------------------------|
| | | |
| بزرگنمایی ۲۳۰ برابر | بزرگنمایی ۶۵ برابر | |
| | | |
| V6-S2 نمونه مطالعاتی از ازاره فضای V6 معماری دستکند ورجوی، ملاط خاکستری آرایه قطاربندی، کد نمونه: V6-S2 | | |
| تصویر پشت نمونه | تصویر سطح نمونه | |
| | | |
| بزرگنمایی ۲۳۰ برابر | بزرگنمایی ۶۵ برابر | |



جدول ۴. عناصر اصلی نمونه ملاط‌های مورد مطالعه معماری دستکند ورجوی با تجزیه شیمیایی به روش XRF (W%)

| Samples | V6-S2 | V6-S5 |
|--------------------------------|-------|-------|
| SiO ₂ | 37.46 | 22.52 |
| Al ₂ O ₃ | 6.32 | 3.18 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.23 | 1.02 |
| CaO | 14.14 | 22.18 |
| K ₂ O | 2.10 | 0.77 |
| MgO | 0.57 | 0.95 |
| TiO ₂ | 0.138 | 0.088 |
| MnO | 0.001 | 0.001 |
| P ₂ O ₅ | 0.089 | 0.116 |
| SO ₃ | 16.45 | 28.65 |
| LOI | 22.32 | 19.98 |



در نمونه‌های V6-S2 و V6-S5، میزان بالای اکسید سیلیسیم (SiO_2) نشان‌دهنده آن است که پودر سنگ بستر به‌طور آشکار در ترکیب ملاط آمیخته شده است. ترکیب اکسید آهن به همراه دیگر ترکیبات خاک در نمونه ملاط قرمز-قهوه‌ای (V6-S5) حاکی از حضور ماده رنگزای آهنی به‌عنوان رنگزا در ملاط است. در نمونه V6-S2، محتوای بالای SiO_2 نشان می‌دهد که سیلیس قابل توجهی وجود دارد که معمولاً در کانی‌هایی مانند کوارتز، کریستوبالیت و دیگر کانی‌های آذرین یافت می‌شود و می‌تواند خواص فیزیکی و شیمیایی ملاط را تحت تأثیر قرار دهد.

در ملاط‌های آهکی، خاکسترهای آتشفشانی (مانند توف) با درصد بالای سیلیس می‌توانند به‌عنوان پوزولان عمل کرده و به همراه آهک) که در آنالیز عنصری به شکل CaO ظاهر می‌شود (موجب شکل‌گیری ملاط آهک-پوزولانی، اعم از هیدرولیک و هوازی، شوند. این ترکیب منعکس‌کننده فرمولاسیون سنتی ملاط است. وجود مواد معدنی حاوی آلومینیوم (Al_2O_3) و محتوای کم فسفر می‌تواند بر دوام و مقاومت ملاط در برابر هوا تأثیر بگذارد. همچنین، محتوای بالای گوگرد حاکی از حضور مواد معدنی گوگرددار مانند گچ است که بر زمان گیرش و رفتار ملاط اثرگذار بوده و با مشاهده فازهای گچی در آنالیز پراش پرتو ایکس در هر دو نمونه، نکته جالب توجهی در ملاط‌های معبد و رجوی است. شاخص LOI بالا نیز بیانگر حضور اجزای فراری مانند مواد آلی یا مواد معدنی هیدراته است که در اثر حرارت از بین می‌روند.

۲-۵. بررسی با روش پراش پرتو ایکس (XRD)

آنالیز پراش پرتو ایکس به روش پودری (XRPD) برای شناسایی و تشخیص فازهای بلورین انجام شد (جدول ۵).



• نمونه V6-S2 (ملاط خاکستری):

فازهای اصلی شامل ژپس و بازانیت، میکروکلین، کریستوبالیت، آلبیت و میکا-ایلپت هستند. سیلیسیم عمدتاً در فاز کریستوبالیت متبلور شده و کوارتز در این نمونه شناسایی نشد. فازهای فرعی شامل بازانیت (سولفات کلسیم نیم‌آبه) و میکا-ایلپت هستند. پیش از انجام آنالیز، تصور می‌شد ملاط مورد نظر یک ملاط آهکی باشد و از پودر سنگ بدنه بنا در آن استفاده شده است. نتایج آنالیز نشان داد که بخش چسباننده ملاط شامل آهک و گچ (در قالب فازهای ژپس و بازانیت) بوده و کانی‌های پرکننده نیز همان‌هایی هستند که در سنگ بدنه قابل مشاهده‌اند. سنگ بدنه، بر اساس مطالعات پیشین، از توف‌های آتشفشانی^۱ سهند است و وجود کانی‌های دما بالایی مانند کریستوبالیت، آلبیت و میکروکلین در ملاط ناشی از ترکیب سنگ بستر است. شناسایی بازانیت نیز بیانگر تغییرات بالقوه در حالت هیدراتاسیون سولفات کلسیم در ملاط است. این ترکیب (آهک، گچ و پودر سنگ آتشفشانی) تاکنون در مطالعات دوره ایلخانی گزارش نشده است.

• نمونه V6-S5 (ملاط قرمز-قهوه‌ای):

فازهای اصلی شامل ژپس، کریستوبالیت، آلبیت، بازانیت و کلسیت هستند و فازهای فرعی شامل میکروکلین، کوارتز و دولومیت شناسایی شدند. در این نمونه، هم کریستوبالیت و هم کوارتز مشاهده شد. کوارتز به ساختار کریستالی کلی ملاط کمک می‌کند. شناسایی دولومیت نشان‌دهنده حضور کربنات منیزیم است که بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی ملاط اثرگذار است. ترکیب کانی‌شناسی متنوع (کلسیت، کوارتز و دولومیت) نشان‌دهنده تعامل پیچیده عوامل زمین‌شناسی، تکنولوژیکی و محیطی در شکل‌گیری ملاط تاریخی است.

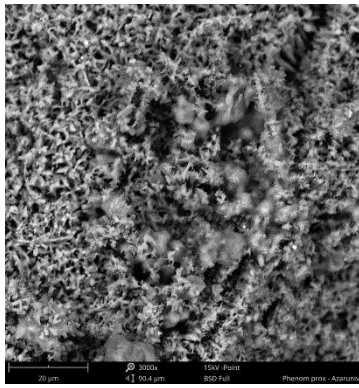
جدول ۵. نتایج داده‌های فاز شناسی کیفی با استفاده از XRD به روش پودری از ملاط‌های رنگی معماری دستکند ورجوی

| Minerals Samples | Gyp | Bas | Cal | Cri | Alb | Mic - Ill | Micr | Qtz | Dol |
|--|---|-----|-----|-----|-------|-----------|------|-----|-----|
| V6-S2(Mor) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | - | - |
| V6-S5(Mor) | √ | √ | √ | √ | √ | - | √ | √ | √ |
| Chemical formula & Ref Number | Micr(Microcline):KAlSi ₃ O ₈ (19-0932). Gyp (Gypsum): CaSO ₄ .2H ₂ O (00-021-0816). Cri (Cristobalite)SiO ₂ (01-082-1410). Alb(Albite): (Na,Ca)(Si,Al)4O ₈ (09-0457). Bas(Bassanite):CaSO ₄ .0.5H ₂ O (41-0224). Mic-III (Mica-Illite): K(Al ₄ Si ₂ O ₉ OH) ₃ (26-0911). Cal(Calcite): CaCO ₃ (01-072-1650). Qtz(Quartz): SiO ₂ (33-1161). Dol(Dolomite):CaMg(CO ₃) ₂ (36-0426). Mor(Mortar sample) | | | | | | | | |
|  Major Phase(s) |  Phase(s) | | | | Minor | | | | |

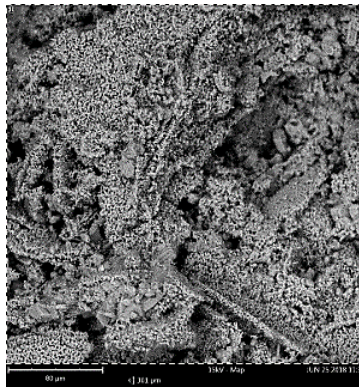
۳-۵. بررسی با روش میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

جهت مطالعه و تحلیل ساختار بلورین دو نمونه ملاط (خاکستری و قرمز-قهوه‌ای) که در ازاره فضای V6 بر روی هم اجرا شده‌اند، از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد. از نمونه V6-S2 تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ برابر تهیه گردید. همچنین از نمونه V6-S5 تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ برابر از یک نقطه نمونه برداری شد (شکل ۷). در نمونه دستی V6-S2 (ملاط خاکستری)، پرکننده‌هایی از ذغال یا خاکستر نیز مشاهده شد که به صورت اندود بسیار صیقلی و مهره خورده بر روی بدنه اجرا شده‌اند. بر روی لایه‌های ملاط، آثار فشارهای مکرر ناشی از ابزارهای بنایی دیده می‌شود (رازانی و حمزوی، ۱۳۹۷)، که عملیات ماله کشی، صیقل کاری و تسطیح نهایی روی ملاط را به وضوح نشان می‌دهد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان‌دهنده بافت ریزبلور آهکی هستند که در میان آن‌ها، برخی بلورهای گچی نیز شکل گرفته‌اند. این ساختار بلورین ترکیبی، مشخصه ملاط سنتی با پایه آهکی و گچ است و تأییدکننده تکنیک‌های سنتی اجرای اندود با دقت بالا و توجه به جزئیات فنی در معماری دستکند ورجوی می‌باشد.

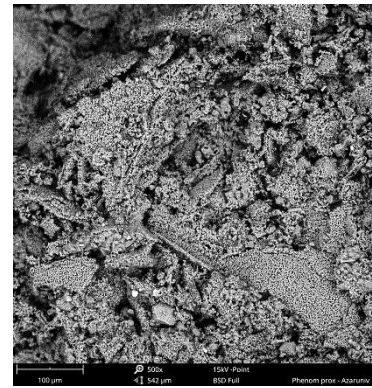
نمونه V6-S5، اندود رنگی با رنگدانه قرمز-قهوه‌ای، حاوی مقادیر کمی آهک است و به‌ویژه لایه سطحی‌ترین اندود محسوب می‌شود که زودتر از سایر لایه‌ها ریخته شده و آثار زیادی از فرآیندهای اجرایی اولیه بر آن باقی نمانده است. در تصاویر میکروسکوپ الکترونی، در برخی مناطق این نمونه، بلورهای گچ مشاهده می‌شوند که با وجود درهم‌تنیدگی، به علت واکنش‌های احتمالی ناشی از حلالیت گچ و حضور آب، شکل هندسی اصلی خود را از دست داده‌اند و دیگر زوایای تیز و گوشه‌دار شناخته‌شده بلورهای اولیه را ندارند، بلکه به صورت منحنی و تغییر شکل یافته ظاهر شده‌اند (شکل ۸).



3000 X

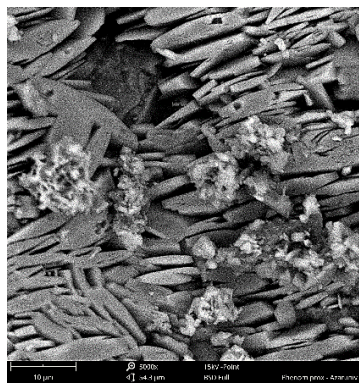


1000 X

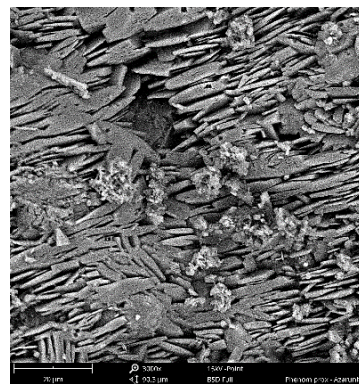


500 X

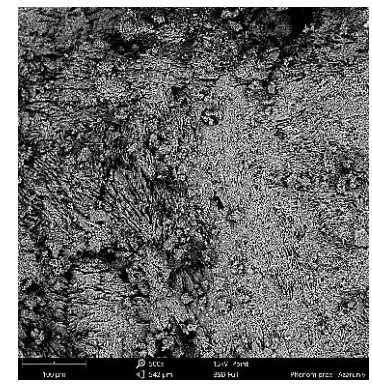
شکل ۷. ازاره فضای V6، تصاویر SEM از نمونه ملات خاکستری، نمونه S2-V6



5000 X



3000 X



500 X

شکل ۸. ازاره فضای V6، تصاویر SEM از نمونه ملات قرمز-قهوه‌ای، نمونه S5-V6

۴-۵. بررسی با روش آنالیز عنصری نقطه‌ای (EDS): آنالیز عنصری نقطه‌ای بر روی نمونه‌های V6-S2، V6-S5، A، V6-S5، B انجام پذیرفت (جدول ۶) یک آنالیز از نمونه ملات خاکستری؛ دو آنالیز از ملات قرمز-قهوه‌ای و دو آنالیز از رنگ مشکی کتیبه برای شناسایی عناصر و در ادامه، برای مقایسه رنگ نمونه‌ها با یکدیگر انجام گرفت. برای تشخیص دقیق‌تر عناصر، نتایج آنالیز به صورت اکسیدی و با در نظر گرفتن جرم اتمی عناصر و میانگین گیری از داده‌های به دست آمده ارائه شد. عناصر شاخص که در همه نمونه‌ها با درصد بیشتری شناسایی گردیدند، شامل اکسید گوگرد (SO_3)، اکسید کلسیم (CaO) و اکسید سیلیسیم (SiO_2) هستند. در نمونه ملات قرمز-قهوه‌ای، اکسید آهن (Fe_2O_3) و در نمونه رنگ مشکی کتیبه، اکسید کربن (CO) و نیتروژن (N) با درصد بالایی شناسایی شدند.

ملات آهک به عنوان یک مصالح ساختمانی سنتی، عمدتاً از اکسید کلسیم (CaO) تشکیل شده است که از کلسینه کردن سنگ آهک به دست می‌آید و به خاطر کاربرد در ساخت و نگهداری سازه‌های تاریخی شناخته شده است (رازانی و داداش‌زاده، ۱۳۹۹). در نمونه V6-S2، وجود ۳۲٪ تری‌اکسید گوگرد (SO_3) نشان‌دهنده استفاده از گچ یا انیدریت در ملات آهک است که به اتصال و استحکام آن کمک می‌کند. همچنین، ۱۷٪ دی‌اکسید سیلیکون (SiO_2) نشان‌دهنده حضور سیلیس است که احتمالاً از ماسه یا سایر سنگدانه‌ها تأمین شده و خواص مکانیکی ملات را افزایش می‌دهد. ۴٪ مونوکسید کربن (CO) نیز ممکن است

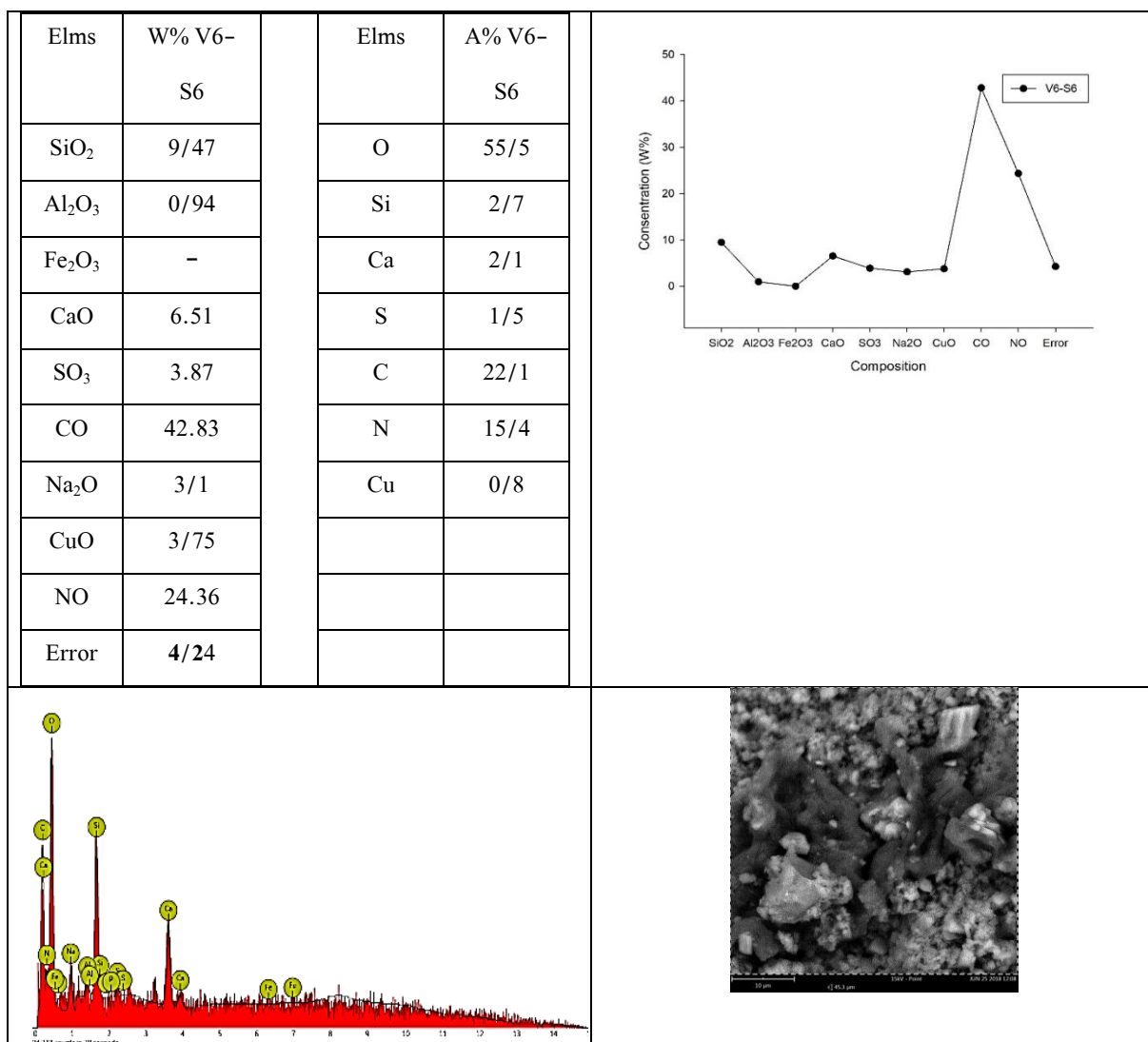
نتیجه احتراق ناقص مواد آلی در طول فرآیند تولید آهک باشد؛ این پدیده در ملاط‌های آهکی تاریخی معمول است و معمولاً به صورت عمدی اضافه نمی‌شود، بلکه به‌عنوان ناخالصی موجود است (جدول ۷).

جدول ۶. میانگین نتیجه آنالیز عنصری (%) نقطه‌ای EDS از نمونه‌های V6-S2، V6-S5

| Elms | W% V6-S2 | W% V6-S5 | Elms | W% V6-S2 | W% V6-S5 |
|--------------------------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|
| SiO ₂ | 17/07 | 13/03 | O | 65/3 | 57/4 |
| Al ₂ O ₃ | - | 3/22 | Ca | 4/8 | 4/4 |
| Fe ₂ O ₃ | - | 2/18 | S | 3/4 | 4/3 |
| CaO | 31.92 | 32/04 | Si | 2 | 0/9 |
| SO ₃ | 32.05 | 41.01 | C | 24/4 | 32/4 |
| CO | 24/36 | 4.36 | Fe | - | 0/4 |
| Na ₂ O | - | - | Al | - | 0/2 |
| CuO | - | - | | | |
| NO | - | - | | | |
| Error | 14/15 | 8/26 | | | |

| | | | |
|--|-------|--|-------|
| | V6-S2 | | V6-S2 |
| | V6-S5 | | V6-S5 |

جدول ۷. میانگین نتیجه آنالیز EDS نقاط مختلف به صورت عنصری (%) از نمونه V6-S6



در نتیجه، ترکیب عنصری نمونه‌ها با ملاط‌های مبتنی بر آهک که معمولاً در مناطق مختلف ایران به‌عنوان اندود تاریخی استفاده می‌شوند، هم‌خوانی دارد. نمونه V6-S6، مربوط به ملاط قرمز رنگ در یک لایه اندود، از نظر عناصر اصلی شباهت‌هایی با نمونه V6-S2 دارد و می‌توان گفت که اساساً یک ملاط آهکی است که برای افزایش استحکام، مقدار کمی گچ نیز به آن افزوده شده است. بیشترین اختلاف میان دو نمونه مربوط به ترکیب اکسیدی آلومینیوم و آهن است. اگرچه وجود اکسید آهن می‌تواند به‌عنوان ناخالصی موجود در گچ تلقی شود، اما زمانی که میزان آن فراتر از حد ناخالصی باشد، به‌وضوح به‌عنوان عامل رنگزا عمل می‌کند. این امر در نمونه ملاط قرمز-قهوه‌ای نیز از نظر بصری مشهود است و نشان می‌دهد که اکسید آهن افزوده به‌منظور زیبایی و ایجاد رنگ در ملاط به کار رفته است. همان‌طور که می‌دانیم، قرمز اخرا از قدیمی‌ترین و شناخته‌شده‌ترین رنگ‌های مورد استفاده بشر است و در مکان‌ها و کشورهای مختلف کاربرد دارد (Lebon et al., 2019). این رنگ طیف وسیعی از قرمز قهوه‌ای تا زرد و نارنجی را شامل می‌شود و رنگ آن عمدتاً به دلیل اکسیدهای آهن، به

شکل هماتیت (اکسید آهن) یا لیمونیت (اکسید آهن هیدراته) شکل می‌گیرد. گل اخرا در حالت طبیعی دارای مقاومت بالایی است و در برابر عوامل محیطی کمتر تخریب می‌شود؛ تنها آسیبی که ممکن است رخ دهد، از بین رفتن بست و در نتیجه پودر شدن آن است (Giustetto et al., 2018). در رابطه با ملاط به کار رفته در بنای معبد ورجوی، بخش‌هایی که در معرض باران نبوده‌اند، ساختار خود را به خوبی حفظ کرده‌اند.

نکته قابل توجه در مورد منشا رنگدانه قرمز در آذربایجان است که مشابه آن در بناهایی مانند گنبد سلطانیه و روستای چراغیل مشاهده شده و احتمالاً می‌توان منشا آن را در منابعی مانند کوه‌های آغلار داغی در حوالی زنجان جستجو کرد.

مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) برای شناسایی رنگ سیاه نمونه V6-S6، مربوط به رنگ کتیبه نوشتاری، شامل تصویربرداری و آنالیز عنصری انجام شد. نتایج نشان داد که عناصری از ملاط زیرین با رنگدانه اختلاط یافته و شناسایی شده‌اند (جدول ۷). ترکیب اکسیدی شاخص در این نمونه، اکسید کربن است که حدود نیمی از مقدار کل را به خود اختصاص داده و نشان‌دهنده استفاده از رنگدانه پایه کربن (مانند دوده) است. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، رنگ سیاه غالباً در بناهای دوره ایلخانی برای آراستن بدنه‌ها و نقوش تزئینی استفاده می‌شده و ناشی از دوده بوده است. برای نمونه، در گنبد سلطانیه از این رنگدانه در دورگیری و قلم‌گیری آذین‌ها و ترکیب با سایر رنگ‌ها بهره برده‌اند (رازانی و دیگران، ۱۴۰۰).

۶. نتیجه‌گیری

مطالعات حاضر برای نخستین بار به بررسی لایه‌های الحاقی ملاط گچ-آهکی، رنگدانه‌ها و بقایای خطوط دوره اسلامی در بنای ورجوی مراغه می‌پردازد. یافته‌های این پژوهش، با توجه به تحقیقات اخیر درباره ماهیت کاربری مجموعه در ارتباط با مراسم تدفین در قبرستان مجاور، تکمیل‌کننده نظریات مربوط به استفاده از رنگ در معماری آیینی دوره ایلخانی و سنت‌های مرتبط با آسیای میانه است.

با توجه به بررسی ویژگی‌های معماری دستکند دامنه سهند، گزارش حاضر بخش مهمی از ویژگی‌های نادر اندود و آرایه‌های معماری این دوره را آشکار می‌سازد. نتایج آنالیزها نشان می‌دهد که در این بنا از رنگدانه‌های قرمز برای اندود رنگی و رنگ سیاه برای نوشتن کتیبه استفاده شده است. لایه‌های الحاقی بر روی این رنگ‌ها قرار گرفته‌اند و بقایای خطوط با الفبای فارسی و عربی که در زیر این لایه‌ها یافت شده‌اند، نشان می‌دهند که این نوشته‌ها بر بستر اصلی بنا اجرا شده‌اند و ارتباط مستقیم با بنای اولیه دارند.

از منظر ساختارشناسی، نتایج آنالیز دستگاهی نشان داد که رنگ سیاه مورد استفاده بر پایه دوده و رنگ قرمز حاصل ترکیبات آهنی، مشابه گل اخرا بوده است. این ترکیبات با دیگر مواد رنگ‌ساز شناسایی شده در بناهای دوره ایلخانی مطابقت دارند و نشان‌دهنده شیوه استاندارد و متداول استفاده از رنگ در این دوره است.

یکی از پیشنهادات مهم این پژوهش، استفاده از روش‌های عکاسی مبتنی بر مادون قرمز و ماورای بنفش برای خوانش کتیبه‌های نقاشی است، چرا که این کتیبه‌ها برای اولین بار معرفی شده و با چشم غیرمسلح قابل رویت و خوانش نیستند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه هنر اسلامی تبریز و پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری به‌خاطر فراهم کردن امکانات مادی و معنوی لازم برای انجام این تحقیق اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت

۱. اصطلاح توف‌های آتش‌فشانی در واقع شامل خاکستر آتش‌فشانی یکپارچه، مرکب از تعدادی زیادی قطعات کوچک و بزرگ از چند میلیمتر تا چندین سانتیمتر، که به‌صورت مستقیم به‌وسیله فوران آتش‌فشان به وجود می‌آیند، است. بسیاری از این ذرات ریز نشان‌دهنده قطعات خردشده سنگ و بلورها هستند (Parker, 2003).

منابع

- امیریه، آر.ش. (۱۳۷۵). فن‌شناسی علمی تزئینات منحصر به فرد گنبد سلطانی. در مجموعه مقالات نخستین همایش حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی (صص. ۲۸۰-۲۹۱). تهران.
- ترابی، سامان. (۱۳۸۸). مطالعه و بررسی فن‌شناسی دیوارنگاره‌های موجود در چله‌خانه بقعه پیربکران. دوفصلنامه مرمت و پژوهش، ۳(۳)، ۷۱-۸۲.
- ترابی، سامان، و پدرام، بهنام. (۱۳۸۶). بررسی علمی و هنری دیوارنگاره‌های موجود در بنای تاریخی گنبد آزادان. دوفصلنامه تخصصی مرمت و پژوهش، ۲(۳)، ۹۳-۱۰۴.
- جلیلی، زهرا، و رازانی، مهدی. (۱۴۰۱). بررسی معماری دستکند روستای چراغیل در دامنه کوه آتشفشانی سهند. در دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب. تبریز.
- حمزه‌لو، منوچهر. (۱۳۸۰). هنرهای کاربردی در گنبد سلطانی. تهران: نشر ماکان و مدیریت میراث فرهنگی استان زنجان.
- حمزوی، یاسر. (۱۳۸۸). گزارش مرمت آرایه‌های معماری بقعه سیدرکن‌الدین یزد. مرکز اسناد و کتابخانه اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان یزد. (گزارش منتشر نشده).
- حمزوی، یاسر. (۱۳۹۹). مطالعه ساختارشناسی رنگدانه‌های تزئینی کتیبه گچی ایوان بقعه سیدشمس‌الدین یزد. معماری اقلیم گرم و خشک، ۸(۱۲)، ۲۳-۴۱.
- حمزوی، یاسر، و اصلانی، حسام. (۱۳۹۱). تزئینات معماری آرامگاه پیربکران. اصفهان: گلدسته.
- حمزوی، یاسر، و رازانی، مهدی. (۱۳۹۹). مطالعه و شناخت معماری دستکند و رجوی در شهرستان مراغه با نگاهی ویژه بر آرایه‌های معماری. مطالعات باستان‌شناسی پارسه، ۴(۱۱)، ۱۶۹-۱۸۸.

- حمزوی، یاسر. (۱۳۸۶). گزارش مرمت آرایه‌های گچی بقعه تاریخی پیربکران (اصفهان). مرکز اسناد و کتابخانه اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان اصفهان. (گزارش منتشر نشده).
- حمزوی، یاسر، اکرمی، مهدی، و سلحشور، فاطمه. (۱۳۹۴). شناخت و مرمت لایه‌های کتیبه نقاشی کریاس شرقی مسجد جامع کبیر یزد. *دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی*، ۳(۱)، ۳۵-۵۲.
- رازانی، مهدی، کردی، مهدی، مرتضوی، محمد، و صدقی، یاسین. (۱۴۰۰). بررسی مواد رنگساز در نقوش تزئینی ایوان‌های شمالی و جنوب شرقی میراث جهانی گنبد سلطانیه. *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، ۱۱(۳۱)، ۲۶۵-۲۸۸.
- رازانی، مهدی، و داداش‌زاده، نسرین. (۱۳۹۹). ارزیابی ملاط‌های پایه آهکی در حفاظت از بقایای معماری در برابر کاوش‌های باستان‌شناسی. *مطالعات باستان‌شناسی*، ۱۲(۳)، ۶۵-۹۱.
- رازانی، مهدی، و حمزوی، یاسر. (۱۳۹۷). ساختارشناسی ملاط‌های تاریخی در آرایه‌های معماری و اندود داخلی معبد صخره‌ای ورجوی مراغه، ایران. *پژوهه باستان‌سنجی*، ۴(۲)، ۲۱-۳۳.
- ستارنژاد، سعید، ناصری صومعه، حسین، و معروفی اقدم، اسماعیل. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل ماهیت کاربری معماری دستکند امامزاده معصوم شهرستان مراغه. *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*، ۱۰(۲۷)، ۲۱۳-۲۳۴.
- شجاع‌دل، نادره، و علیپور، نسیم. (۱۳۸۴). پیشینه مهرپرستی و نیایشگاه مه ورجوی مراغه. *مجله تاریخ‌پژوهی*، ۷(۲۴-۲۵)، ۴۴-۵۴.
- شکاری نیری، جواد. (۱۳۸۵). امامزاده معصوم ورجوی مراغه، معبد مهرپرستی ایرانی و نشان‌ها در معابد اروپایی. *مجله علمی-ترویجی مطالعات ایرانی*، ۵(۱۰)، ۱۰۹-۱۲۶.
- شیروانی، مریم. (۱۳۹۸). شناخت رنگدانه‌ها در آرایه‌های گچی ایوان بیرونی ضلع جنوب‌غربی گنبد سلطانیه زنجان. *پژوهه باستان‌سنجی*، ۱۵(۱)، ۱۲۹-۱۴۲.
- عمرانی، بهروز، و مرادی، امین. (۱۴۰۰). نقدی بر ماهیت میترائیسم معبد مراغه. *مطالعات باستان‌شناسی*، ۱۳(۱)، ۱۱۷-۱۳۸.
- فرهمنند بروجنی، حمید، عابد اصفهانی، عباس، و شیشه‌بری، طاهره. (۱۳۹۱). شناخت مواد و فنون دیوارنگاری پنج بنای دوره ایلخانی شهر یزد. *دوفصلنامه مرمت آثار و بافت‌های تاریخی-فرهنگی*، ۲(۴)، ۹۷-۱۱۲.
- کریمی، امیرحسین، و هلاکویی، پرویز. (۱۳۸۷). معماری و تزئینات بنای پیر حمزه سبزیپوش ابرکوه. *فصلنامه گلستان هنر*، ۴(۱۴)، ۱۸-۲۹.
- مجبعلی، آزاده. (۱۳۸۷). تزئینات پیش‌ساخته در گنبد سلطانیه در قرن هشتم هجری قمری. *آرمانشهر*، ۱(۱)، ۷۶-۸۵.
- نکویی اصفهانی، محسن، خطابخش، فریبا، یزدانی، ملیکا، جبل عاملی، رکسانا، عمرانی، رویا، و اعظمی، رضا. (۱۳۸۴). مطالعه، بررسی و حفاظت محراب اولجایتو در مسجد جامع اصفهان. در *رسول وطن دوست (ویراستار)*، مجموعه مقالات هفتمین همایش حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری (صص. ۴۲۸-۴۵۱). تهران: پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- ورجاوند، پرویز. (۱۳۵۱). نیایشگاه مهری یا امامزاده معصوم ورجوی. *بررسی‌های تاریخی*، ۷(۴۲)، ۸۹-۱۰۰.
- وطن‌دوست، رسول، بهرمان، علیرضا، و رحمانی، رضا. (۱۳۷۶). بررسی مرمت‌های انجام‌شده در گنبد سلطانیه و ارائه روش‌های حفاظتی و مرمتی. در *مجموعه مقالات دومین همایش سالانه حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری (صص. ۲۳۴-۲۴۵)*. تهران.

- Barnett, J. R., Miller, S., & Pearce, E. (2006). Colour and art: A brief history of pigments. *Optics and Laser Technology*, 38(6), 445-453.
- Crisci, G., Franzini, M., Lezzerini, M., Mannoni, T., & Riccardi, M. (2004). Ancient mortars and their binder. *Periodico di Mineralogia*, 73, 259-268.
- Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplin, T., & Siddall, R. (2005). *Pigment compendium: Optical microscopy of historical pigments*. Butterworth-Heinemann.
- Giustetto, R., Gonella, D., & Diana, E. (2018). Decay of red pigments on a wall painting adorning the Church of San Francesco dei Cappuccini in Racconigi (Italy): Archaeometric survey and restoration intervention. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(5), 1-14.
- Goffer, Z. (2007). *Archaeological chemistry* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Kougemitrou, I., Economou, G., Giovanopoulos, J., Baziotis, I., Leontakianakos, G., & Stathopoulos, V. (2013). A mineralogical study of pigments used in two Iakovidis paintings: Verification of artwork authenticity using Raman micro-spectroscopy method. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 47(1), 392-396.
- Lebon, M., Gallet, X., Bondetti, M., Pont, S., Mauran, G., Walter, P., & Auetrakulvit, P. (2019). Characterization of painting pigments and ochres associated with the Hoabinhian archaeological context at the rock-shelter site of Doi Pha Kan (Thailand). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 101855.
- Mohtasham, A., & Samanian, K. (2017). Identifying the blue pigments used in painted architectural decorations of Ilkhanid buildings (1251-1335 AD) in Yazd, Central Iran. *Journal of Islamic Archaeology*, 4(1), 113-135.
- Moradi, A. (2022). A rock-cut tomb of the Mongol period in the Ilkhanid capital of Maraghe. *Asian Archaeology*, 6(1), 15-35.
- Morriconi, A., Macchia, A., Campanella, L., David, M., De Togni, S., Turci, M., & Ronca, S. (2013). Archeometrical analysis for the characterization of mortars from Ostia Antica. *Procedia Chemistry*, 8, 231-238.
- Parker, S. P. (2003). *Dictionary of geology and mineralogy*. McGraw-Hill.
- Parvin, S., Pourianzhad, F., & Sattarnejad, S. (2023). Buddhist remains from times of Il-Khanate in north-western Iran. *Studies in People's History*, 10(2), 161-171. <https://doi.org/10.1177/23484489231199043>
- Von Aderkas, E. L., Barsan, M. M., Gilson, D. F., & Butler, I. S. (2010). Application of photoacoustic infrared spectroscopy in the forensic analysis of artists' inorganic pigments. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 77(5), 954-959.
- Weyer, A., Roig Picazo, P., Pop, D., Cassar, J., Özköse, A., Vallet, J. M., & Srša, I. (2015). *EwaGlos—European illustrated glossary of conservation terms for wall paintings and architectural surfaces* (Vol. 17). Michael Imhof Verlag.
- Yusuf, M., Shabbir, M., & Mohammad, F. (2017). Natural colorants: Historical, processing and sustainable prospects. *Natural Products and Bioprospecting*, 7, 123-145.