

بررسی فنی، مطالعه آزمایشگاهی و آسیب شناسی کتیبه گچبری مسجد آق قلعه سبزوار و عملیات حفاظت و مرمت آن

مسعود باتر^{۱*}، محبوبه راستین^۲

۱. استادیار گروه باستان شناسی، دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

Email: masoud.bater@birjand.ac.ir

۲. دانش آموخته رشته مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

این نشریه از قوانین Cope پیروی میکند. دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته میشود.

چکیده

کتیبه گچبری مسجد آق قلعه در شهر نقاب سبزوار، یکی از آثار شاخص دوره ایلخانی در شرق ایران به شمار می‌رود که از منظر هنری، تاریخی و فناوری اهمیت ویژه‌ای دارد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی فنون اجرایی، آسیب‌شناسی، مطالعات آزمایشگاهی و تدوین شیوه‌ای علمی در حفاظت و مرمت این کتیبه انجام گرفته است. در مرحله نخست، با روش‌های مطالعات میدانی و تصویربرداری، وضعیت کلی کتیبه از نظر ساختار، لایه‌های رنگ، گچبری و تزئینات بررسی و مستندسازی شد. سپس با بهره‌گیری از روش‌های آنالیز دستگاهی پراش و فلورسانس پرتوی ایکس، ساختار و ترکیبات شیمیایی رنگ‌دانه‌های مورد استفاده در تزئین کتیبه شناسایی گردید که نتایج آن حاکی از کاربرد رنگ‌دانه‌های طبیعی معدنی نظیر قرمز اخرا و آبی لاجورد بود. در مرحله آسیب‌شناسی، عوامل تخریب و فرسایش اثر، همچون رطوبت صعودی و نزولی، نوسانات دمایی، فشار سازه‌ای، آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی و مداخلات مرمتی غیراصولی توسط عوامل انسانی شناسایی شد. بر این اساس، مراحل مختلف مرمت شامل پاک‌سازی، استحکام‌بخشی، بازسازی بخش‌های کمبود نقوش و کتیبه گچبری، موزون‌سازی رنگی و تثبیت نهایی اجرا گردید و در تمامی مراحل اصل بازگشت‌پذیری، کمینه‌سازی مداخله و هماهنگی بصری رعایت شد. در پایان، برای حفاظت بلندمدت اثر، پیشنهاداتی همچون کنترل شرایط محیطی، نصب حفاظ، آموزش متولیان و دفع رطوبت زیرساختی ارائه گردید. آنچه این پژوهش را از مطالعات مشابه مرمت آثار ایلخانی متمایز می‌سازد، به‌کارگیری هم‌زمان داده‌های آزمایشگاهی پیشرفته با تحلیل‌های میدانی برای ارائه یک مدل اجرایی یکپارچه و بومی‌سازی شده در مرمت کتیبه‌های گچبری رنگ‌آمیزی شده دوره ایلخانی است؛ مدلی که پیش‌تر در پژوهش‌های مرتبط با تزئینات گچی شرق ایران به‌صورت نظام‌مند ارائه نشده بود.

واژگان کلیدی: حفاظت، مرمت، کتیبه گچبری، مسجد آق قلعه، نقاب، سبزوار، فن شناسی، آسیب‌شناسی، ایلخانی.



به شکل مستطیل محوطه را در بر گرفته و مسجد آق قلعه در وسط این شهر عظیم قرار داشته است (Azarkhord, et al, 2022).

ساخت مسجد آق قلعه نیز، بخشی از یک طرح بزرگ‌تر شهری بوده که بنا به نظر پژوهشگران، مجموعه‌ای عظیم مشتمل بر مدرسه، خانقاه و سایر فضاهای خدماتی مذهبی و آموزشی را در بر می‌گرفته است؛ طرحی که از نظر ترکیب کارکردی، با مجموعه‌های بزرگ ایلخانی مانند ربع رشیدی در تبریز و مجموعه سلطانیه در زنجان قابل مقایسه است؛ (MIT, 2002) ولی ظاهراً به دلیل ناآرامی‌های سیاسی و تغییرات ساختاری در دولت ایلخانی، ساخت این مجموعه نیمه‌تمام باقی مانده و تنها بخش‌هایی همچون حصار و مسجد به بهره‌برداری رسیده است (Labaaf Khani, 2003).

موقعیت دقیق این شهر تاریخی در دشت جوین و با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی، در ارتفاعی معادل ۱۰۸۵ متر از سطح دریا قرار دارد. فاصله آن تا شهر سبزوار حدود ۷۹ کیلومتر است و در حاشیه غربی شهر نقاب جای گرفته است (Papeli Yazdi, 1988). شهر تاریخی آق قلعه با بقایای خندق، برج و باروهای متعدد (تعداد ۴۱ برج)، شارستان در بخش شمالی و کهن‌دژ در جنوب، ساختاری پیچیده‌تر از یک قلعه نظامی ساده دارد و می‌توان آن را به‌حق یک شهر کوچک تاریخی در قالب یک دژ شهری دانست (Labaaf Khani, 2003).

مسجد آق قلعه به دلیل قرار گرفتن در داخل حصار قدیمی نیمه ویران، به قلعه سفید معروف شده و در میان اهالی به نام آق قلعه، شهرت یافته است. این مسجد در مرکز شارستان این مجموعه واقع شده و دارای پلان مستطیلی، ایوان بلند، گنبدخانه‌ای وسیع و دو شبستان زمستانی در طرفین است (اشکال ۷ و ۸). با این ویژگی‌ها، می‌توان آن را نمونه‌ای برجسته از معماری مذهبی دوره ایلخانی و سبک آذری دانست که در حال حاضر ۹۶۳ متر مربع مساحت دارد (Hosseini, 2014). گنبد اصلی مسجد بر روی چهار ستون عظیم و جرزهایی قطور با ارتفاعی حدود دوازده متر استوار شده و شبستان‌های اطراف نیز با پانزده گنبد کوچک پوشش یافته‌اند (شکل ۵) (Labaaf Khani, 2003). این ترکیب فضایی، تلفیقی از سنت‌های معماری ایرانی اسلامی و عناصر نوگرایانه دوره ایلخانی را در خود جای داده است (شکل ۲).

ایوان مسجد به ارتفاع حدود ۱۲ متر، رو به شمال باز می‌شود و از طریق یک درگاهی، به گنبد خانه راه می‌یابد. پوشش ایوان با طاق جناغی اجرا شده و در دو سوی آن، دو نیم ستون قطور به شکل مناره تعبیه گردیده است (شکل ۲). مصالح این بخش از مسجد را، آجر و ملات گچ تشکیل می‌دهد. قسمت پایینی نیم ستونها نسبت به بالای آن، حدود یک متر قطورتر می‌باشد. بدین ترتیب معمار بنا استحکام آن را بیشتر کرده است. گنبدخانه، متصل به ایوان و در واقع

منطقه خراسان، به‌ویژه ناحیه غربی آن در اطراف شهرهای سبزوار، جوین و اسفراین، از دیرباز به‌عنوان یکی از کانون‌های مهم تمدن‌ساز در فلات ایران شناخته شده است. موقعیت جغرافیایی ممتاز، منابع طبیعی غنی و قرارگیری در مسیرهای ارتباطی تاریخی، این منطقه را به بستری مساعد برای شکل‌گیری و شکوفایی تمدن‌های گوناگون، به‌ویژه در دوران اسلامی، تبدیل کرده است. در این میان، منطقه تاریخی جوین و شهر نقاب (مرکز فعلی شهرستان جوین)، واجد آثاری گران‌بهاست که از نظر باستان‌شناسی، معماری و تاریخی اهمیت فراوانی دارند. یکی از شاخص‌ترین این آثار، مسجد ایلخانی آق قلعه است که در شمال غربی شهر نقاب و در مجاورت بقایای قلعه‌ای خشتی قرار دارد (شکل ۱). این بنا نه تنها به دلیل ساختار کالبدی و تزئینات معماری خود اهمیت دارد، بلکه از منظر ارزش‌های فرهنگی، تاریخی و مذهبی نیز جایگاهی ویژه دارد. از این رو، می‌توان آن را نمونه‌ای ممتاز از معماری مذهبی دوره ایلخانی در شمال شرق ایران دانست (Labaaf Khani, 2003).



شکل ۱. بالا: نقشه موقعیت شهرستان جوین سبزوار در کشور؛

پایین: موقعیت شهر نقاب در منطقه جوین و محل قرارگیری مسجد آق قلعه

بر اساس شواهد تاریخی و باستان‌شناسی، این مسجد در قرن هشتم هجری، هم‌زمان با دوران حکومت ایلخانان مغول، به‌ویژه در زمان سلطنت الجایتو، احداث شده است. در واقع در عصر ایلخانی، آق قلعه یکی از اماکن معتبر و بزرگ دشت جوین بوده که در زمان حکومت اولجایتو به منظور ایجاد شهری به سبک سلطانیه زنجان بنیان نهاده شده است (Labaaf Khani, 1988). این شهر مشتمل بر یک کهن دژ جنوبی، یک مسجد و برج و بارویی خشت و گلی است که

و بدون دانش تخصصی انجام شده است و کیفیت برخی از این مداخلات، قابل نقد است (Labaaf Khani, 2003)، با این حال، تلاش‌های انجام‌شده برای حفاظت از این بنا در چارچوب سیاست‌های کلان کشور برای صیانت از میراث فرهنگی دوره ایلخانی قابل توجه می‌باشد.

از جنبه کارکردی و فرهنگی، مسجد آق قلعه را می‌توان بازتابی از تلاش‌های فرهنگی حکومت ایلخانان در بازتعریف نقش دین، دانش، و هنر در ساختار حکومت تلقی کرد. این تلاش‌ها، که در پی گرایش حاکمان مغول به اسلام و تشویق توسعه ساختارهای دینی و علمی صورت گرفت، موجب پیدایش آثار معماری چشمگیری مانند همین مسجد شد (MIT, 2002). از سوی دیگر، موقعیت استراتژیک مسجد در مسیرهای ارتباطی منطقه جوین نیز آن را به یک نقطه کانونی در شبکه مذهبی-فرهنگی خراسان غربی تبدیل کرده است. در نهایت، مسجد آق قلعه به‌عنوان نمونه‌ای ماندگار از هنر و معماری دوره ایلخانی، نه تنها از حیث ساختار معماری و تزئینات، بلکه از نظر جایگاه آن در فرایند شهرسازی، فرهنگ‌سازی دینی و هویت‌بخشی تاریخی، واجد اهمیت فراوانی است. بررسی دقیق و علمی این بنا می‌تواند در شناخت بهتر روند تحول معماری مذهبی در ایران و همچنین در بازسازی الگوهای زیستی-فرهنگی دوره ایلخانی در مناطق شرقی ایران نقش بسزایی ایفا کند.

روشن است که مطالعه و شناخت بناهای تاریخی، به‌ویژه در حوزه تزئینات معماری، نقش مهمی در بازسازی ابعاد فرهنگی، هنری و فنی تمدن‌های گذشته دارد. در این میان، کتیبه‌های گچبری به‌عنوان یکی از جلوه‌های شاخص هنر اسلامی، بیانگر تلفیق ذوق هنری، باورهای دینی و توانمندی‌های فنی معماران و هنرمندان در دوره‌های مختلف تاریخی است. مسجد آق قلعه در نقاب سبزوار، با دارا بودن کتیبه‌ای گچبری شده به خط ثلث و تزئینات منحصر به فرد، نمونه‌ای ارزشمند از این آثار است که مطالعه علمی آن می‌تواند به روشن‌تر شدن جنبه‌های ناشناخته‌ای از تکنیک‌های اجرایی، نوع مصالح مصرفی و چالش‌های حفاظتی و مرمتی این‌گونه آثار منجر شود.

در همین راستا، پژوهش حاضر با تمرکز بر بررسی فن‌شناسی و مطالعه آزمایشگاهی کتیبه گچبری مسجد آق قلعه، در تلاش است تا ضمن مستندسازی دقیق اثر، راهکارهایی عملی و مبتنی بر اصول علمی برای حفاظت و مرمت آن ارائه دهد. مهمترین اهدافی که این پژوهش با بررسی جامع و نظام‌مند کتیبه گچبری مسجد آق قلعه و اقدامات حفاظتی مرتبط با آن، دنبال می‌نماید به شرح زیر است:

شناسایی ویژگی‌های فن‌شناسی کتیبه گچبری مسجد آق قلعه، انجام مطالعه آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های گچبری باقی‌مانده، مستندسازی آسیب‌های واردشده به کتیبه و تحلیل عوامل مؤثر بر بروز این آسیب‌ها، ارائه راهکارهای علمی و عملی برای حفاظت و مرمت این کتیبه و همچنین افزایش

هسته مرکزی مسجد می‌باشد. این گنبدخانه از یک اتاق مربع شکل به ابعاد ۷/۵ در ۷/۵ متر تشکیل شده، که گنبدی نیمه کروی و به شکل کلاهخود، بر روی آن قرار گرفته است (اشکال ۳ و ۴). گنبد به صورت یک پوسته بوده و ارتفاع آن از کف اتاق تا راس آن حدود ۱۲ متر است. در بخش جنوبی گنبدخانه، بخش پایینی یکی از محراب‌های مسجد باقی مانده و در زیر کمرپوش گنبد، کتیبه‌ای گچبری شده به خط ثلث با آیات قرآن و تاریخ ۷۱۲ هجری قمری دیده می‌شود.

شبستان‌های دو سوی ایوان به‌صورت قرینه ساخته شده‌اند و هر یک، چهار ورودی و یک محراب در گوشه جنوب‌غربی خود دارند (اشکال ۷ و ۸). در مجموع، این مسجد سه محراب دارد. بدین ترتیب این شبستان‌ها با فضای گسترده خود، ظرفیت جمعیت زیادی را داشته‌اند. سقف آن‌ها بر هشت ستون آجری مربع‌شکل استوار است که پانزده گنبد کوچک کروی روی آن‌ها قرار گرفته است. طاقچه‌هایی در اطراف ستون‌ها برای قرار دادن وسایلی چون شمع و مهر نماز ساخته شده است. طبق پژوهش‌ها، مجموعه آق قلعه در دوره ایلخانی و به سبک سلطانیه زنجان بنا شده و ساخت مسجد آن در زمان حکومت الجایتو به پایان رسیده است. این بنا نمونه‌ای ارزشمند از معماری ایلخانی است که اگرچه مدت استفاده از آن کوتاه بود، اما در دوره‌های بعدی نیز، به ویژه در عصر صفوی و قاجار نیز مورد استفاده قرار گرفته و از آن زمان تاکنون متروکه شده است (Labaaf Khani, 1988).

از آرایه‌های معماری این مسجد آثار بسیار کمی بر جای مانده است. محراب‌های بنا، دارای کاربردی گچی بوده که از میان رفته است و تنها نمونه باقی مانده، کاربردی بالای ایوان اصلی است (شکل ۶). مناره بنا هم دارای تزئینات آجرکاری بوده که آثار آن هنوز مشاهده می‌گردد. مهم‌ترین و زیباترین آرایه این مسجد، کتیبه گچبری نفیس آن به خط ثلث با رنگ آبی لاجوردی است که در فضای گنبدخانه اصلی مسجد قرار دارد. این کتیبه شامل سوره جمعه و ادعیه اسلامی بوده و تاریخ نگارش آن ۷۱۲ هجری قمری است، که با تاریخ اتمام بنای مسجد نیز همزمان می‌باشد (اشکال ۹ و ۱۰) (Hosseini, 2014). این کتیبه با نوار گچبری اسلیمی در زمینه‌ای قرمز رنگ تزئین شده و گرچه در گذر زمان بخش‌هایی از آن از بین رفته، اما همچنان از نظر هنری و مذهبی ارزش بالایی دارد. متأسفانه بخش‌هایی از این تزئینات در دهه‌های اخیر آسیب دیده‌اند و اقدامات مرمتی محدود و ابتدایی که توسط اداره میراث فرهنگی خراسان رضوی صورت گرفته، علی‌رغم تلاش‌های اولیه، فاقد دقت کافی برای بازگرداندن اصالت تزئینی بنا بوده‌اند (Labaaf Khani, 2003; Hosseini, 2014).

فعالیت‌های مرمتی عمده در این مسجد از اوایل دهه ۱۳۸۰ شمسی آغاز شده که شامل استحکام‌بخشی گنبد، ترمیم بخشی از تزئینات و پایدارسازی ساختارهای فرسوده بنا بوده است. هرچند بخشی از این اقدامات توسط مرمت‌گران تجربی

دانش فنی در حوزه مرمت گچبری‌های دوره ایلخانی از جمله اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

مسئله اصلی این تحقیق، بررسی علمی، نظام‌مند و مستند کتیبه گچبری مسجد آق‌قلعه به‌عنوان یکی از نمونه‌های ارزشمند تزئینات معماری دوره ایلخانی است؛ اثری که در گذر زمان بر اثر عوامل گوناگون محیطی، انسانی و فیزیکی دچار آسیب‌های متعدد شده و اکنون نیازمند مداخلات حفاظتی و مرمتی اصولی و مبتنی بر داده‌های علمی است. پیچیدگی ساختار این گچبری، تنوع ترکیب مصالح و فن ساخت آن، ضرورت انجام مطالعات دقیق فنی و آسیب‌شناسی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در عین حال، فقدان مستندات فنی کافی و کمبود الگوهای مرمتی مبتنی بر تحلیل‌های آزمایشگاهی موجب شده است که در برخورد با چنین آثار پیچیده‌ای، تصمیم‌گیری مرمتی با ابهام و عدم قطعیت همراه باشد. نوآوری این پژوهش در آن است که برای نخستین بار، رویکردی تلفیقی و چندلایه را در مطالعه و مرمت کتیبه‌های گچبری رنگ‌آمیزی‌شده دوره ایلخانی به کار می‌گیرد؛ رویکردی که بر پایه هم‌زمانی تحلیل‌های دقیق آزمایشگاهی (XRF, XRD و مطالعات ساختاری)، بررسی‌های میدانی و تحلیل‌های تطبیقی هنر ایلخانی استوار است. این ترکیب روشمند نه تنها امکان شناختی جامع‌تر از ساختار، فرایند ساخت و ماهیت مواد مورد استفاده در این تزئینات را فراهم نموده، بلکه چارچوبی یکپارچه، مستند، بومی‌سازی‌شده و قابل تعمیم برای حفاظت و مرمت آثار مشابه نیز ارائه می‌کند؛ چارچوبی که پیش‌تر در مطالعات گچبری ایلخانی، به‌ویژه در شرق ایران، در قالبی نظام‌مند طرح نشده بود. بر این مبنای تحقیق حاضر می‌کوشد با اتکا بر داده‌های علمی و شواهد عینی، راهکارهایی دقیق، واقع‌بینانه و سازگار با ویژگی‌های فنی اثر برای حفاظت و مرمت ارائه دهد و مانع از تداوم روند تخریب یکی از مهم‌ترین نمونه‌های هنر گچبری ایلخانی گردد.

با توجه به ابعاد متنوع مسئله و ضرورت شناخت همه‌جانبه این کتیبه گچبری ارزشمند، پژوهش حاضر با مجموعه‌ای از پرسش‌های بنیادین روبه‌رو بوده است که پاسخ به آن‌ها مسیر دستیابی به راهکارهای علمی و قابل اتکا برای حفاظت و مرمت اثر را هموار می‌سازد. از جمله دغدغه‌های اصلی تحقیق، شناسایی فن ساخت و فرآیند اجرایی کتیبه، ماهیت مصالح و رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته، تحلیل دقیق آسیب‌ها و عوامل تخریب، و همچنین ارزیابی راهکارهای حفاظتی و مرمتی متناسب با ویژگی‌های فنی و هنری آن بوده است. افزون بر این، نقش و اهمیت داده‌های آزمایشگاهی در درک عمیق‌تر وضعیت کنونی اثر و ارتقای روش‌های مرمت تزئینات گچبری دوره ایلخانی از محورهای کلیدی این پژوهش به‌شمار می‌رود؛ چنان‌که این داده‌ها زمینه را برای تصمیم‌گیری آگاهانه و طراحی مداخلات مبتنی بر شواهد علمی فراهم کرده و مسیر

توسعه رویکردهای نوین حفاظت در معماری تاریخی ایران را روشن‌تر ساخته‌اند. بر این اساس، سؤالات اصلی تحقیق به این صورت تشریح شده‌اند:

۱. ساختار لایه‌ها و ترکیبات تشکیل دهنده بدنه اصلی کتیبه گچبری مسجد آق‌قلعه از نظر فن‌شناسی چگونه است؟
۲. از چه رنگدانه‌هایی در رنگ آمیزی و تزئین سطح خارجی این کتیبه گچبری استفاده شده است؟
۳. بیشترین آسیب‌های وارد شده به کتیبه از چه نوعی بوده است و چه عواملی در ایجاد آن‌ها نقش داشته‌اند؟
۴. نتایج مطالعات و تحلیل آزمایشگاهی گچبری چه اطلاعاتی درباره وضعیت فعلی کتیبه ارائه می‌دهند؟
۵. چه شیوه‌ها و مداخلات حفاظتی و مرمتی می‌تواند اصالت اثر را حفظ کرده و از تخریب بیشتر جلوگیری کند؟



شکل ۲. بالا: دورنمایی از مسجد آق قلعه جوین سبزوار؛ پایین: نمایی از ایوان مرکزی مسجد آق قلعه (عکس از نگارنده)

بررسی وضعیت موجود مسجد و آرایه های معماری آن

مسجد آق قلعه یکی از آثار ارزشمند معماری اسلامی در دشت جویین به شمار می‌رود که در ۸۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان سبزوار و میان آبادی‌های فتح‌آباد، کلاته میمری (در غرب و شمال غرب) و روستای قادرآباد واقع شده است (شکل ۱). این مسجد متعلق به دوره ایلخانی است و ساختار کلی آن شامل ایوانی بلند با دو شبستان در طرفین می‌باشد. بنا از نوع مساجد تک‌ایوانی است که گنبدخانه آن در پشت ایوان اصلی قرار گرفته و دو مناره در طرفین ایوان داشته که امروزه از بین رفته‌اند (شکل ۲).

امروزه از آرایه های معماری این بنا متاسفانه چیز زیادی باقی نیست. در گذشته این مسجد دارای کاربردی های گچی و تزئینات اجرکاری بوده در گذر زمان از میان رفته است و تنها کتیبه گچبری این بناست که همچنان پابرجاست (Hosseini, 2014). کتیبه گچبری در مسجد آق قلعه به خط ثلث و با زمینه لاجوردی در داخل گنبدخانه مسجد به چشم می‌خورد که بخشی از آن تخریب شده است. این کتیبه تنها آرایه شاخص این بنا در حال حاضر به شمار می‌رود و سایر عناصر تزئینی به‌طور کلی در بنا مشاهده نمی‌شود (اشکال ۹ و ۱۰). ارتفاع کلی مسجد حدود ۱۲ متر بوده و ورودی آن دارای طاقی جناغی شکل است. مصالح اصلی به‌کاررفته در ساخت این مسجد، آجر است. در پیشانی دیوارهای جانبی ورودی، دو نیم‌ستون دیده می‌شود که احتمالاً پایه‌های مناره‌های پیشین بوده است (شکل ۲). سطح میانی این نیم‌ستون‌ها با طرح‌های لوزی شکل خفته و راسته تزئین شده که به بنا تنوع بصری بخشیده است. تمامی قوس‌ها و طاق‌های به کار رفته در این مسجد به صورت جناغی اجرا شده‌اند. گنبد اصلی بنا بر روی چهار ستون و چهار جرز قطر قرار گرفته و پلان آن به صورت مربع است. تبدیل پلان مربع به دایره برای اجرای گنبد از طریق سکنج‌ها صورت گرفته و سپس به فرم هشت‌ضلعی، شانزده‌ضلعی و نهایتاً ۳۲ ضلعی توسعه یافته و در نهایت، گنبد با استفاده از فن گردچین اجرا شده است. فضای داخلی گنبدخانه فاقد ازاره یا قرنیز بوده و پوشش گچ تا کف دیوارها امتداد یافته است. کف بنا خاکی است و به نظر می‌رسد که بخشی از آن نیمه‌تمام رها شده است. شبستان‌های اطراف گنبدخانه، هر یک با ۱۵ گنبد کوچک پوشیده شده‌اند و دارای دو ستون عرضی به شکل مربع و چهار ستون طولی هستند. در دیوار جنوبی شبستان، محرابی وجود دارد که نظیر آن در ضلع غربی نیز دیده می‌شود؛ در مجموع سه محراب در این مسجد تعبیه شده است.

با توجه به نتایج حاصل از گمانه‌زنی‌های باستان‌شناسی در قلعه و مسجد، قدمت بنای مسجد آق قلعه هم‌زمان با احداث گنبد سلطانیه زنجان و مقارن با حکومت الجایتو تخمین زده می‌شود. در اطراف بنا اثری از دیوار حیاط مشاهده نمی‌شود،

که می‌تواند نشان‌دهنده ساختار نیمه‌تمام یا متروکه آن در گذشته باشد (Labaaf Khani, 1988).

کتیبه گچی موجود در گریوار گنبدخانه، با عبارت «بسم‌الله» و سوره جمعه آغاز می‌شود و تمامی اضلاع گنبد را دربر گرفته است (اشکال ۱۶ و ۱۸). عرض این کتیبه حدود ۴۶ سانتی‌متر بوده و به خط ثلث نگاشته شده است. در انتهای ضلع غربی، پس از پایان سوره، ادعیه‌ای آورده شده که بخشی از آن تخریب گشته است. در انتهای کتیبه، تاریخ کتابت و نام کاتب درج شده و تاریخ ۷۱۲ هجری قمری در آن قابل مشاهده است (اشکال ۲۲ و ۲۳). در بالای این کتیبه، نواری از گچبری تزئینی با عرض ۱۴ سانتی‌متر قرار دارد که دارای زمینه قرمز با نقوش اسلیمی سفید بوده که امروزه تنها حدود ۶۰ سانتی‌متر از این نوار گچبری، آن هم به صورت پراکنده، باقی مانده است (شکل ۱۱). سال ۱۳۸۲ شمسی، این کتیبه توسط مرمت‌گران تجربی اداره میراث فرهنگی خراسان رضوی مورد مرمت قرار گرفت. این عملیات مرمتی تنها به پوشاندن سطوح آسیب‌دیده با یک لایه گچ محدود شده بود. لایه جدید گچی در برخی نواحی حدود ۱ تا ۱.۵ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح اصلی گچبری قرار گرفته بود (اشکال ۱۶ تا ۲۲).



شکل ۳. نمایی از پشت مسجد آق قلعه و وضعیت نابسامان آن (عکس از نگارنده)



شکل ۵. نمایی از پشت بام شبستان شرقی مسجد آق قلعه (عکس از نگارنده)



شکل ۴. نمای گنبد اصلی مسجد و نیم گنبدهای شبستان غربی (عکس از نگارنده)



شکل ۷. نمایی از داخل شبستان شرقی مسجد آق قلعه (عکس از نگارنده)



شکل ۶. تنها شواهد باقی مانده از کاربردی گچی بالای ایوان اصلی مسجد (عکس از نگارنده)



شکل ۹. بخشی از کتیبه گچبری رنگی مسجد آق قلعه (عکس از نگارنده)



شکل ۸. نمایی از داخل شبستان غربی مسجد آق قلعه (عکس از نگارنده)



شکل ۱۱. تزئین نوار بالایی کتیبه گچبری با نقوش اسلیمی با زمینه قرمز رنگ (عکس از نگارنده)



شکل ۱۰. تزئین زمینه کتیبه گچبری با رنگ آبی در ضلع شرقی بنا (عکس از نگارنده)

مطالعه تطور معماری اسلامی در ایران نشان می‌دهد که در سراسر دوره‌های مختلف این سنت معماری، تزئینات وابسته به بنا نقشی پایدار و اساسی داشته‌اند؛ به گونه‌ای که سه شیوه شاخص آجرکاری، گچبری و کاشیکاری به‌عنوان مهم‌ترین ابزارهای آرایه‌پردازی، به‌طور مستمر در تزئین بناهای تاریخی به کار رفته و هویت بصری معماری اسلامی ایران را در این بازه زمانی طولانی شکل داده‌اند (Farahmand Boroujeni, et al, 2013).

گچ یکی از مهم‌ترین مصالح تزئینی در معماری اسلامی ایران به شمار می‌رود که از دوره‌های اولیه مورد استفاده بوده و از عصر سلجوقی به بعد توجه ویژه‌ای به آن شد. در این دوران پیشرفت چشمگیری در به‌کارگیری گچ در تزئین بناها حاصل گردید، به گونه‌ای که اجرای سفیدکاری گسترده دیوارهای داخلی، ساخت کتیبه‌ها و محراب‌های گچی به اوج رسید (ویلبر، ۱۳۴۶). اگرچه پیش‌تر گچ عمدتاً به‌عنوان اندود برای پوشاندن سطوح داخلی دیوارها کاربرد داشت، اما گسترش اصلی و رسیدن به بالاترین کمال در عصر ایلخانی اتفاق افتاد (Hill & Grabar, 1967).

از این رو، یکی از ویژگی‌های برجسته معماری ایلخانی، مهارت بی‌نظیر هنرمندان این دوره در اجرای نقوش گچبری و کاربرد گسترده آن در انواع آرایه‌های تزئینی است (Kiani, 1998). به‌طوری که در قرن هشتم هجری، گچبری عمدتاً برای پوشش سطوح داخلی با نقوش تزئینی متنوع به کار گرفته شد (Hill & Grabar, 1967).

هنر ایلخانی را می‌توان تلفیقی منحصر به فرد از میراث هنری ایران پیشین و تأثیرات هنر شرق دور و آسیای مرکزی دانست. هنرمندان این دوره با بهره‌گیری از این تأثیرات، آثاری بدیع و نوآورانه پدید آوردند که به تدریج به سبکی مستقل در هنر ایرانی بدل شد (Blair & Bloom, 2007 & Grube, E, & Chierato, 1997).

یکی از برجسته‌ترین آرایه‌های هنری دوران ایلخانی، هنر گچبری بود که در این دوره به اوج شکوفایی رسید. هنرمندان با مهارت و خلاقیت خود این هنر را در بسیاری از بناهای مذهبی، به ویژه مدارس و مساجد، به گونه‌ای چشم‌نواز به کار گرفتند، به طوری که گچبری‌های برجای مانده از این دوره نمایانگر ظرافت، نوآوری و غنای بصری معماری مذهبی ایران است. گچبری که در آغاز صرفاً برای پوشاندن سطوح و ایجاد تزئین ساده به کار می‌رفت، از قرن پنجم هجری قمری شکل پیچیده‌تر و ویژه‌تری به خود گرفت و در دوره ایلخانی به عنوان عنصری اصلی و گسترده در معماری مورد استفاده قرار گرفت، آثاری زیبا و ماندگار از این دوره برجای گذاشت (Shekofteh, 2013).

گچبری دوره ایلخانی در مقایسه با دوره سلجوقی، ضمن حفظ ساختار کلی محراب‌ها، با افزایش چشمگیر ظرافت، آراستگی

و پرکاری همراه است؛ عناصر معماری کشیده‌تر، سبک‌تر و نازک‌تر شده و گرایش به خطوط صعودی در بنا و محراب‌ها تقویت می‌شود (Pop, 1994). تفاوت اصلی تزئینات گچبری دوره ایلخانی با عصر سلجوقی را می‌توان در پیچیدگی بیشتر نقوش اسلیمی و هندسی، برجسته‌نمایی قوی‌تر، تنوع خطوط کتیبه‌ای به‌ویژه کاربرد اقلام غیرکوفی و کوفی‌های گره‌دار و بنایی، و نقش پررنگ‌تر کتیبه به‌عنوان عنصر تزئینی در عصر ایلخانی دانست (Wilber, 1967; Sajadi, 1996). همچنین به‌کارگیری تکنیک‌هایی چون لانه‌زنبوری، مقرنس گچی، ستونچه‌های پیچ‌دار، استفاده از رنگ و نقوش تذهیب، بیانگر گذار گچبری از سادگی نسبی سلجوقی به بنایی غنی‌تر و نمایشی‌تر در دوره ایلخانی است (Wilber, 1967).

صالحی کاخکی و همکاران در پژوهشی در سال ۱۳۹۵ با تمرکز بر محراب‌های گچ‌بری دوره ایلخانی تا آغاز تیموری، به شناسایی و طبقه‌بندی انواع تزئینات هندسی آنها به‌ویژه گره‌ها پرداخته‌اند و اطلاعات توصیفی و آماری دقیقی درباره نام، تعداد و محل کاربرد این گره‌ها در اجزای مختلف محراب‌ها ارائه داده‌اند. این مطالعه همراه با تصاویر و ترسیمات خطی از گره‌های به‌کاررفته است، اما از تحلیل تطبیقی یا بررسی ساختاری تناسب هندسی فراتر نمی‌رود و صرفاً به معرفی و مستندسازی گره‌ها در محراب‌های گچ‌بری دوره مورد نظر محدود می‌شود (Salehi Kakhki, et al, 2016). پژوهش تقوی نژاد در سال ۱۳۹۸ که در طی آن، نقوش گچبری ۴۰ محراب گچ‌بری از دوره سلجوقی تا دوره ایلخانی مورد بررسی قرار گرفته نشان داده است که در هر دو دوره سلجوقی و ایلخانی، گره‌های هندسی مبتنی بر عدد شش رایج بوده است؛ اما در دوره ایلخانی تنوع گره‌ها بیشتر، ترکیب آنها با نقوش گیاهی گسترده‌تر و سطح پوشش تزئینات وسیع‌تر شده است. نتیجه آنکه تزئینات هندسی ایلخانی، نسبت به دوره سلجوقی، پیچیده‌تر و پرکارتر هستند (Taghavi nejad, 2019).

یکی از مهم‌ترین شیوه‌های تزئین محراب در مساجد اسلامی در ایران، استفاده از رنگ بوده است ولی به دلیل قداست مساجد و محراب از رنگ‌های خاصی برای این کار استفاده می‌شده است. برای این کار، عموماً رنگ‌هایی به کار می‌رفته است که در اخبار رسیده از پیامبر اکرم (ص) و یا ائمه اطهار از آنها تجلیل شده بود، همچون رنگ سفید، سبز و آبی و به عکس رنگ‌هایی همچون رنگ سیاه که استفاده از آنها در آیین اسلام مذمت شده است در بخش‌های مختلف مساجد و از جمله تزئینات گچ‌بری به کار رفته در آنها به چشم نمی‌خورد. تاریخ شروع استفاده از رنگ برای تزئین مساجد و به ویژه محراب آنها به درستی مشخص نیست ولی بر اساس آثار باقی مانده می‌توان گفت که احتمالاً از اواخر قرن سوم هجری قمری استفاده از رنگ به منظور تزئین محراب مساجد رواج یافته است (Sadaqat, 2005).

سطوح کم عمق، همراه با ترکیب بندی سنجیده، تأثیر بصری تزئینات را دوچندان کرده است (Hattstein & Delius, 2004) در ادامه و به ویژه از دهه دوم قرن هشتم هجری، با تغییر ذائقه هنری، از برجستگی زیاد نقوش گچبری کاسته شده و رنگ به عنصر اصلی تزئینی بدل می شود، به طوری که در اواخر دوره ایلخانی برجستگی گچ به گچکاری های ظریف وصله ای محدود و تزئینات تذهیب گونه رنگی بر سطح اندود گچ غالب می گردد. در این روند، رنگ های آبی لاجوردی، قرمز، سبز و سفید بیشترین کاربرد را داشته و رنگ آبی به عنوان رنگ غالب، بیشترین سطح تزئینات گچی و نقاشی های دیواری را پوشانده است (Najiboglu, 2000).

مهدی نژاد مقدم و گودرزی در مقاله ای با عنوان « محراب و نقوش به کار رفته در آن دوره سلجوقی و ایلخانی » (۱۳۹۳) به بررسی محراب های دوره سلجوقی و ایلخانی در ایران پرداخته اند و با تحلیل نقوش هندسی، گیاهی و کتیبه ای، تحول تدریجی هنر تزئینی در این دو دوره را نشان داده اند. این پژوهش تأکید دارد که در دوره سلجوقی، آجرکاری و طراحی دقیق نقوش در محراب گنبد علویان برجسته است، در حالی که در دوره ایلخانی، گچبری و استفاده از کتیبه ها در محراب مسجد جامع بسطام بیشتر نمایان است و هر چند نقوش گاهی ظرافت کمتری دارند، اما ترکیب بندی و رنگ آمیزی جلوه بیشتری یافته اند. این پژوهش نشان می دهد که محراب ها، به دلیل تقدس مذهبی، عرصه ای برای هنر آفرینی استادان بوده و تنوع بی نظیری در سبک ها و عناصر تزئینی دارند، به ویژه در ترکیب نقوش هندسی، گیاهی و کتیبه ای که ساختار و هویت فرهنگی دوره های سلجوقی و ایلخانی را منعکس می کند (Mahdinejad & Moghadam & Godarzi, 2014).

شکفته در سال ۱۴۰۰ در پژوهشی به بررسی تحلیلی تزئینات گچبری معماری دوره ایلخانی می پردازد و نشان می دهد گچبری ایلخانی ادامه سنت سلجوقی است، اما با آراستگی بیشتر، برجستگی قوی تر، پیچیدگی نقوش و تأثیر پذیری از تذهیب نسخ خطی، به سبکی متمایز دست یافته است. کاربرد گسترده کتیبه ها، تنوع اقلام خط، نقوش اسلیمی و هندسی، استفاده از رنگ و نوآوری هایی مانند محراب های مقرنس، کتیبه های معقلی و بنایی و نقوش گیاهی شاخص، از مهم ترین ویژگی های شناسایی شده این دوره است (Shekofteh, 2022) حمزه لو (۱۳۸۰) در کتاب هنرهای کاربردی در گنبد سلطانیه گزارش کرده است که رنگدانه های به کار رفته در تزئینات داخلی گنبد سلطانیه شامل اخرا، ورق طلا، دوده، گل سفید، رنگ بنفش، سبز، زرد و بست صمغ عربی بوده است (Hamzeloo, 2001).

پژوهش نکویی و همکاران (۱۳۸۴) بر تزئینات رنگی محراب ایلخانی اولجایتو در مسجد جامع اصفهان نشان داد که در این محراب از رنگدانه های سبز، گل سفید و اخرا قرمز استفاده شده است (Nekoe Isfahani, et al, 2005).

رنگ آمیزی آرایه های گچی از دوره سلجوقی و حتی پیش از آن، به عنوان شیوه ای رایج در تزئینات معماری مورد استفاده بوده است. در این دوره، نه تنها زمینه سطوح گچبری شده، بلکه خود نقوش تزئینی نیز رنگ آمیزی می شدند. بر اساس شواهد موجود، رنگ آبی لاجوردی پرکاربردترین رنگ در گچبری های رنگین دوره سلجوقی به شمار می رود که عمدتاً با هدف ایجاد عمق بصری و تقویت جلوه نقوش در پس زمینه به کار گرفته می شده است. افزون بر این، رنگ هایی چون فیروزه ای، سفید، نخودی و قرمز نیز در تزئین گچبری ها رواج داشته است. نمونه های شاخص این آرایه های گچی رنگین را می توان در مسجد جامع اردستان (۵۳۳ ه.ق) مشاهده کرد. تداوم این سنت در دوره خوارزمشاهیان نیز مشهود است؛ به گونه ای که گچبری های رنگ آمیزی شده در محراب مسجد ملک زوزن مورد استفاده قرار گرفته اند. رنگ آمیزی آرایه های گچی در دوره سلجوقی و قبل از آن نیز رایج بوده است. در این دوره، هم زمینه کار و هم خود نقوش تزئینی گچبری، رنگ آمیزی می شده است (Shekofteh, et al, 2015).

در ادوار پیش از ایلخانی، کاربرد رنگ در گچبری عمدتاً محدود به رنگ آمیزی زمینه کتیبه ها یا اجرای خود کتیبه با رنگ بود، اما در دوره ایلخانی استفاده از رنگ به طور چشمگیری گسترش یافت و روندی صعودی را طی کرد؛ به گونه ای که رنگ، به ویژه آبی لاجوردی، برای تأکید بر نقوش برجسته و ایجاد عمق بصری در زمینه تزئینات گچی به کار می رفت، چنان که در محراب امامزاده ربیع خاتون اشترجان مشاهده می شود (Wilber, D. N, 1967). به طور کلی، در این دوره استفاده از رنگ برای تزئین سطوح گچی رواج بسیاری یافت و انواع مختلف رنگ آمیزی در اجرای نقش مایه های تزئینی بر سطوح مسطح گچی به کار گرفته شد (Mahdinejad Moghadam & Godarzi, 2014).

در واقع می توان گفت که در دوره های ایلخانی و آل مظفر، گچبری رنگین به عنوان یکی از شیوه های شاخص تزئینی در بسیاری از بناها به کار گرفته شد. رنگ آمیزی گچ در تزئینات معماری، افزون بر گچبری های برجسته، در نقوش دویعدی اجرا شده بر سطوح صاف گچی نیز رواج داشت. استفاده از این تکنیک در آرایه های گچی دوره ایلخانی پدیده ای نوظهور نبود؛ چراکه پیش تر نیز از کتیبه های تزئینی خطی با رنگ های آبی روشن یا لاجوردی بر زمینه سفید گچ استفاده می شد. با این حال، شکل گیری و تکامل کامل آرایه های گچی رنگین به طور کلی در دوره ایلخانی تحقق یافت. این شیوه ظریف و پرکار از دوره ایلخانی تا عصر تیموری تداوم یافت و در تزئین شمار زیادی از بناهای تاریخی مورد استفاده قرار گرفت (Shekofteh, 2013).

در دهه نخست قرن هشتم هجری، رنگ برای افزایش جلوه تزئینات گچبری در بناهای متعددی به کار گرفته شد و این گرایش در گنبد سلطانیه به اوج خود رسید، جایی که استفاده از رنگ در

اخراى قرمز، اخراى زرد، دوده (سیاه) و گچ هیدراته (سفید) بوده اند که با آنالیزهای XRF و FT-IR شناسایی شده‌اند. ساختار معدنی این رنگ‌ها موجب ماندگاری طولانی آن‌ها در برابر عوامل محیطی شده است این مطالعات حاکی از آن است که ترکیب رنگ و بستر در اغلب بناهای ایلخانی مشابهت دارد (Shirvani, 2019).

در پژوهشی که توسط حمزوی (۱۳۹۹) انجام شد، ساختار رنگدانه‌های تزیینی کتیبه گچی ایوان بقعه سید شمس‌الدین یزد مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه با نمونه‌برداری از لایه‌های رنگ و تحلیل‌های آزمایشگاهی با روش‌های SEM-EDS و بررسی میکروسکوپی دیجیتال انجام شد تا نوع و ویژگی‌های رنگدانه‌های به کار رفته مشخص شود. نتایج نشان داد که رنگ‌های آبی، قرمز و سبز به ترتیب شامل: آزوریت، سنگرف و مالاکیت بوده‌اند و پیش از اجرای رنگ، لایه تدارکاتی شامل: هانتیت بر روی بستر گچی اعمال شده است. همچنین، در لایه طلایی موجود بر روی آرایه‌های گچی قالبی در غرفه ایوان از ورق قلع با پوشش رزین یا روغن کمان استفاده شده بود تا از فاصله معمولی شبیه ورق طلا دیده شود (Hamzavi, 2021).

باتر و نظری (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای ساختاری و آزمایشگاهی بر آرایه‌های گچی مسجد کبودانی خواف، از آثار شاخص عصر تیموری، در پیرامون مزار سلطان محمود کبودانی با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD)، فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی (SEM-EDS)، ساختار و ترکیب مواد به کار رفته در دیوارنگاره‌ها و تزیینات گچی این مجموعه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بستر دیوارنگاره‌ها از گچ کشته و گچبری‌ها از گچ زنده ساخته شده و رنگدانه‌های به کار رفته، معدنی و شامل گل اخرا (قرمز)، گل سفید (سفید) و لاجورد طبیعی (آبی) بوده‌اند. استفاده از رنگ‌های گرم و طیف محدود قرمز و نقوش هندسی صرفاً دینی، از ویژگی‌های شاخص این مجموعه در معماری تیموری مناطق گرم و خشک به شمار می‌رود. (Bater & Nazari Boron, 2021)

رازانی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی مواد رنگ‌ساز در نقوش ایوان‌های شمالی و جنوب شرقی گنبد سلطانیه پرداختند. این پژوهش با نمونه‌برداری محدود و به کارگیری روش‌های XRD، SEM و تحلیل شیمیایی نمونه‌های رنگ، انجام و ترتیب لایه‌های نقاشی شامل تکیه‌گاه، آستر، بستر، لایه تدارکاتی و لایه رنگ مشخص شد. مواد رنگ‌ساز شناسایی شده عبارت بودند از: سبز (مالاکیت و استات مس با آرسنیک)، آبی (آزوریت)، قرمز و زرد (اکسید آهن و اکر) و سفید و سیاه (انیدرید و کربن). نتایج این پژوهش حاکی از آن است که رنگ سبز روشن نقوش گیاهی، ترکیبی از استات مس و آرسنیک مس بوده و این رنگ مشابه نمونه‌های دیگر دوره ایلخانی است (Razani, et al, 2022).

در مطالعات انجام شده توسط کریمی و هلاکویی در سال ۱۳۸۷ شمسی بر بنای پیر حمزه سبزه‌پوش ابرکوه، از آثار دوره ایلخانی، مشخص شد که رنگدانه‌های به کار رفته در اجرای دیوارنگاره‌ها شامل گل سفید، آبی آزوریت، اخراى سرخ، مالاکیت و دوده بوده است (Karimi & Holakoe, 2008). ترابی (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای بر چله‌خانه بقعه پیربکران اصفهان، از آثار دوره ایلخانی، نشان داد که رنگ‌های به کار رفته در تزیینات این بنا شامل گل سفید، قرمز اخرا، سبز مالاکیت، آبی آزوریت و سیاه دوده بوده است (Torabi, 2009). بررسی و شناسایی ترکیب شیمیایی رنگ‌های به کار رفته در آرایه‌های نقاشی روی گچ پنج بنای متعلق به دوره ایلخانی در شهر تاریخی یزد، که توسط فرهنگد و همکاران انجام شده است، نشان می‌دهد تمامی رنگ‌های مورد استفاده در این آثار منشأ معدنی داشته‌اند. بر اساس نتایج این پژوهش، طیف رنگی به کار رفته شامل آبی آزوریت و آبی لاجورد، سبز مالاکیت و سبز سیلو، قرمز اخرا، قرمز سرنج و سنگرف، به همراه ورق طلا و گل سفید بوده است (Farahmand Boroujeni, et al, 2013).

مطالعات و بررسی‌های فنی انجام شده بر آرایه‌های گچی خانه شهشهان اصفهان، متعلق به دوره قاجار و مبتنی بر مجموعه‌ای از روش‌های آزمایشگاهی، نشان می‌دهد که این تزیینات بر روی آستری از کاهگل و بستری متشکل از گچ و خاک اجرا شده‌اند. نتایج آنالیز ساختار گچ به روش پراش‌سنجی، حضور غالب فاز ژئیس را تأیید می‌کند. همچنین، مطالعه ریزساختار گچبری‌ها با بهره‌گیری از تصاویر میکروسکوپ الکترونی بیانگر استفاده از گچ نیم‌کشته در اجرای این آرایه‌ها است. افزون بر این، شناسایی شیمیایی رنگ آبی به کار رفته در نقوش گچبری‌های این بنا، وجود رنگدانه آبی اولترامارین را نشان داده است (Mohtasham, et al, 2014). یونسی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان مطالعات باستان‌سنجی بر روی گچ‌بری محراب بزرگ و تزیینات مسجد جامع کاشان، به بررسی مواد، مصالح و رنگدانه‌های به کار رفته در گچ‌بری‌ها و نقوش تزیینی این بنا در دوره‌های مختلف تاریخی پرداختند. شناسایی رنگدانه‌ها و لایه‌های تزیینی این محراب تیموری با بهره‌گیری از روش‌های آزمایشگاهی FTIR، SEM-EDX، PLM، XRD نشان داد که در تزیینات محراب اصلی، از رنگدانه‌های معدنی شامل لاجورد برای رنگ آبی و سرنج (تترااکسید سرب) برای رنگ قرمز استفاده شده است. همچنین لایه‌های بستر عمدتاً از گچ، همراه با ترکیباتی چون کوارتز، کلسیت و کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند. (Younesi, et al, 2017).

شیروانی (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای بر آرایه‌های گچی ایوان‌های بیرونی گنبد سلطانیه زنجان نشان داد که در دوران ایلخانی، استفاده از گچ و گل سفید به عنوان بستر و لایه بوم‌کننده رایج بوده است. رنگدانه‌های به کار رفته عمدتاً معدنی شامل

مواد و روش ها

به منظور مطالعه دقیق فن شناسی کتیبه گچبری مسجد آق قلعه و تحلیل مواد و مصالح بکار رفته در تزئینات گچبری در این بنا از روش های مختلف مطالعه میدانی در ترکیب با روش های آزمایشگاهی کلاسیک و دستگاهی استفاده شد. به منظور شناسایی رنگدانه های به کار رفته در کتیبه گچبری که شامل رنگ های آبی لاجوردی و قرمز بود، این روش های آزمایشگاهی عبارت بود از: پراش اشعه ایکس (XRD) و فلورانس اشعه ایکس (XRF).

برای نمونه برداری از رنگدانه های قرمز و آبی به کار رفته در کتیبه گچبری، از روش نمونه برداری تصادفی در سه ناحیه مختلف که در بررسی های میدانی و میکروسکوپی اصالت آن ها تایید شده بود، استفاده گردید. نمونه رنگدانه قرمز از سه ناحیه از زمینه کتیبه گچبری در بخش بالایی آن، از جبهه های غربی، جنوبی و شمالی برداشته شد، در حالی که نمونه رنگدانه آبی از سه ناحیه در دو جبهه جنوبی و شرقی از زمینه کتیبه اصلی گچبری برداشت گردید. به منظور رعایت اصول اخلاقی مرمت و جلوگیری از آسیب به ساختار اصلی کتیبه، تنها مقادیر بسیار اندکی از نمونه ها برداشته شد. این نمونه ها به وسیله روش های آزمایشگاهی نظیر دستگاه های پراش پرتو ایکس (XRD) و فلورانس پرتوی ایکس (XRF) مورد آنالیز و شناسایی قرار گرفتند.

پراش اشعه ایکس (XRD)، روش دستگاهی بسیار دقیقی است که برای تحلیل ساختار کریستالی مواد و شناسایی ترکیب شیمیایی مواد معدنی به کار می رود. در این روش، پرتوهای ایکس به نمونه تابانده می شوند و الگوی پراش ایجاد شده تحلیل می شود تا اطلاعاتی در مورد ساختار بلوری و ترکیب شیمیایی نمونه به دست آید. با این روش، می توان مواد معدنی و رنگدانه های کریستالی را شناسایی کرده و ترکیبات دقیق آن ها را مشخص نمود. در کنار این روش، از آنالیز دستگاهی به شیوه فلورانس اشعه ایکس (XRF) نیز برای شناسایی دقیق تر ترکیب شیمیایی رنگدانه ها استفاده شد که بر اساس تحلیل تابش های فلورانس منتشر شده از نمونه در پاسخ به تابش اشعه ایکس استوار است. با این روش، می توان عناصر شیمیایی موجود در نمونه را شناسایی کرد و اطلاعات دقیق تری در مورد حضور و غلظت عناصر مختلف ارائه داد و به شناسایی قطعی رنگ آبی به کار رفته در کتیبه گچبری کمک کرد.

با توجه به عنوان، اهداف و ماهیت تحلیلی این پژوهش، استفاده هم زمان از روش های دستگاهی مبتنی بر پرتو ایکس، یعنی XRD و XRF، به عنوان تکنیک هایی مکمل، نقش مؤثری در تقویت بنیان علمی تحقیق و افزایش صحت و اعتبار نتایج ایفا کرده است. XRD با شناسایی فازهای معدنی و ساختارهای بلوری مواد به کار رفته در تزئینات گچبری و XRF با تعیین ترکیب عنصری رنگدانه ها و مواد افزودنی، امکان

حمزوی و همکارانش در پژوهشی دیگر بر روی مدرسه (کاروانسرای) گنجعلی خان کرمان، به بررسی فنی و آزمایشگاهی آرایه های گچی رنگی این بنای شاخص دوره صفوی پرداختند. در این مطالعه، با نمونه برداری حداقلی از لایه های مختلف آرایه های بوم ساز و به کارگیری روش های FT-IR و SEM-EDS، ساختار ملات ها، فازهای تشکیل دهنده و مواد رنگزا شناسایی شد. نتایج نشان داد فازهای اصلی ملات ها ژیبس و انیدریت بوده و فازهای فرعی شامل کوارتز، کائولینیت و گوئیتیت است. برای ایجاد رنگ های قرمز و زرد از ترکیبات آهن دار به ویژه گوئیتیت (اخرای قرمز و زرد) استفاده شده و رنگ خاکستری احتمالاً حاصل افزودن خاکستر و آهک به ملات گچی است (Hamzavi, et al, 2021). عباسی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی بر روی بقعه قدمگاه نیشابور، متعلق به اوایل قرن ۱۱ ه.ق، به بررسی تزئینات شامل کتیبه ها، گچبری ها و دیوارنگاره ها پرداختند. با استفاده از روش های دستگاهی مانند XRD، PLM، FTIR، SEM-EDX و میکرو-رامان، مشخص شد رنگ آبی از لاجورد مصنوعی، رنگ طلایی از آلیاژ مس و روی، رنگ سبز از مس فتالوسیانین و رنگ های قرمز و نارنجی از اُخرا و آهن اکسید تشکیل شده است (Abbasi, et al, 2023).

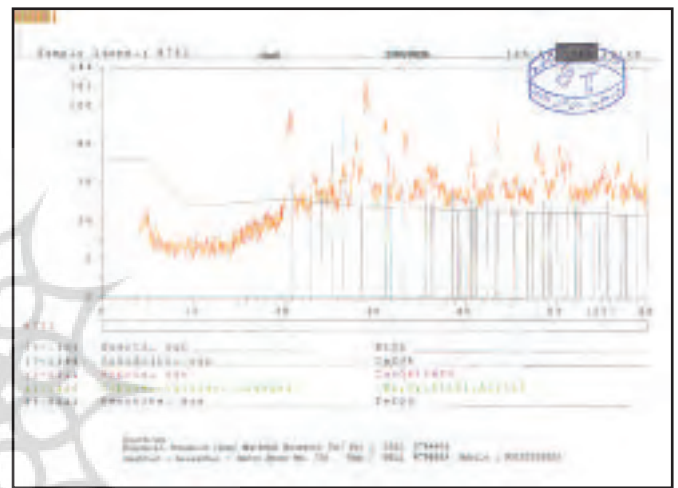
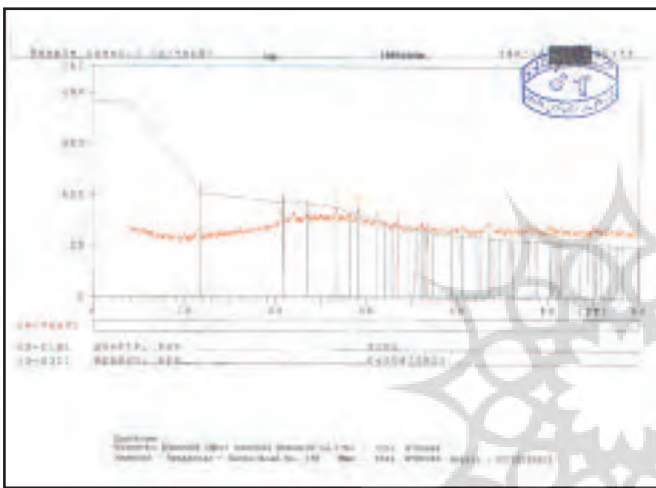
پژوهش های انجام شده در مورد گچبری های دوره اسلامی نشان می دهد که تزئینات معماری، به ویژه گچبری، از عناصر اصلی هویت بصری معماری اسلامی ایران بوده و از دوره سلجوقی به بعد به طور چشمگیری توسعه یافته است. هنر گچبری در دوره ایلخانی، ضمن تداوم سنت سلجوقی، با افزایش ظرافت، پیچیدگی نقوش، تنوع اقلام خط، برجستگی بیشتر و کاربرد گسترده رنگ به خصوص آبی لاجوردی به اوج شکوفایی خود رسید. مطالعات تاریخی و تحلیلی بر پیچیده تر شدن نقوش هندسی و گیاهی و گسترش سطح تزئینات در این دوره تأکید دارد. بررسی های آزمایشگاهی نیز نشان می دهد که رنگدانه های به کار رفته در این تزئینات عمدتاً منشأ معدنی داشته و ساختار فنی آرایه های گچی در بناهای دوره ایلخانی از الگوی نسبتاً مشترکی پیروی می کند. با این حال، بخش عمده پژوهش های پیشین بیشتر بر توصیف و شناسایی مواد و نقوش متمرکز بوده و تحلیل های تطبیقی و ساختاری جامع مبتنی بر به کارگیری روش های تجربی کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ از این رو، ضرورت انجام پژوهش های تحلیلی-ترکیبی با رویکردی یکپارچه و آزمایشگاهی بیش از پیش احساس می شود.

این تحقیق فراهم نکرد.

تحلیل جامع تر و راستی آزمایی متقابل داده‌ها را فراهم ساخته است. این هم‌افزایی روش‌شناختی، ضمن کاهش خطاهای تفسیری و محدودیت‌های ناشی از اتکا به یک روش منفرد، دستیابی دقیق‌تر به اهداف پژوهش در زمینه شناخت مواد، فنون اجرایی و ویژگی‌های فناوریانه آثار مورد مطالعه را با اعتبار علمی بالاتری ممکن کرده است. البته با توجه به ظرافت و حساسیت تزئینات گچبری مسجد آق قلعه، شایسته بود در کنار روش‌های آنالیز دستگاهی مبتنی بر پرتو ایکس، یعنی XRD و XRF، از روش‌های کم‌تهاجمی دیگری، همچون: SEM-EDS نیز برای بررسی و مطالعه نمونه‌ها بهره گرفته شود؛ با این حال، محدودیت‌های فنی مرتبط با نمونه‌برداری و نیز کمبود اعتبارات پژوهشی، امکان به‌کارگیری این روش‌ها را در

نتایج مطالعات آزمایشگاهی رنگدانه‌های به کار رفته در کتیبه گچبری

آنالیز ترکیب کانی شناختی رنگ قرمز حاکی از حضور بارز کانی هماتیت است که نشان از به‌کارگیری رنگ قرمز اخرا با ترکیب اکسید آهن به فرمول شیمیایی Fe_2O_3 در ترکیب این رنگدانه است (شکل ۱۲) و آنالیز رنگدانه آبی زمینه کتیبه گچبری نیز به شیوه پراش سنجی و فلورانس اشعه ایکس حاکی از استفاده از رنگ آبی لاجورد برای این کار است (جدول ۱-۳) (اشکال ۱۵ و ۱۴).



شکل ۱۵. طیف پراش سنجی پرتوی ایکس (XRD) رنگدانه آبی به کار رفته در کتیبه گچبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار

شکل ۱۴. طیف پراش سنجی پرتوی ایکس (XRD) رنگدانه قرمز به کار رفته در کتیبه گچبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
مرکز جامع علوم انسانی

جدول ۱. نتایج حاصل از آنالیز پراش سنجی رنگدانه‌های به کار رفته در کتیبه گچبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار به روش XRD

فرمول	نتایج پراش سنجی و ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌ها	نوع رنگدانه
SiO2	Quartz, syn	رنگدانه قرمز
CaSO4	Anhydrite, syn	
CaSO4.2H2O	Gypsum	
(Na,Ca) Al(Si,Al)3O8	Albite, calcian, ordered	
Fe2O3	Hematite, syn	رنگدانه آبی
SiO2	Quartz	
CaSO4.2H2O	Gypsum	

جدول ۲. نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی رنگدانه آبی در کتیبه گچبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار به روش فلورانس اشعه ایکس (XRF)

No	Chemical Compound	Weight Percentage (wt %)
1	SiO ₂	40.80
2	SO ₃	15.30
3	CaO	6.70
4	K ₂ O	6.50
5	MgO	1.35
6	Fe ₂ O ₃	1.16
7	Al ₂ O ₃	1.01
8	Co ₃ O ₄	0.44
9	Na ₂ O	0.35
10	P ₂ O ₅	0.22
11	Cl	0.20
12	MnO	0.16
13	NiO	0.15
14	TiO ₂	0.14
15	BaO	0.13
16	CuO	0.02
17	PbO	0.01
18	SrO	0.01

جدول ۳. نتایج حاصل از آنالیز رنگدانه های به کار رفته در کتیبه گچبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار

پراش پرتوی ایکس XRF	پراش پرتوی ایکس XRD	نوع آنالیز / رنگدانه
قرمز اخرا	قرمز اخرا	رنگدانه قرمز
آبی لاجوردی	آبی لاجوردی	رنگدانه آبی

بررسی آسیب شناسی تزیینات گچبری بنا و تحلیل

علل بروز آسیب ها

آثار تاریخی همواره در گذر زمان دچار فرسایش و آسیب‌های تدریجی می‌شوند. این آسیب‌ها، اگرچه تا حدی طبیعی و ناشی از قدمت بنا است، اما با شناخت دقیق نوع و علت آن‌ها می‌توان از تخریب بیشتر آنها جلوگیری کرد و روند فرسودگی را به تأخیر انداخت. کتیبه گچبری مسجد آق‌قلعه نیز از این قاعده مستثنی نیست و با گذشت بیش از هشت قرن، از زمان آفرینش آن، دچار آسیب‌های متعدد و متنوعی شده است (اشکال ۱۶ تا ۲۳) که دلایل بروز این آسیب‌ها را می‌توان در دو دسته کلی عوامل درونی و بیرونی بررسی نمود (جدول ۴) که مهمترین این اشکال آسیب عبارتند از:

● آلودگی، چرکی و رسوبات ایجاد شده در سطح کتیبه:

در بسیاری از بخش‌های کتیبه گچبری این مسجد، سطح بدنه کتیبه در اثر نفوذ آلودگی و چرکی ناشی از عوامل محیطی، به ویژه آلاینده‌های جوی کارخانه‌های منطقه صنعتی جوی و نیز نشست رسوبات گل و لای حاصل از بارش نزولات جوی از طریق فضای باز پنجره‌های مسجد که فاقد شیشه بوده به شدت دچار آسیب و تخریب شده است (اشکال ۲۴ و ۲۵).

● ریزش لایه گچبری:

از دیگر آسیب‌های بسیار مهم وارده به تزیینات گچبری، ریزش شدید و گسترده آن در بخش‌های مختلف بنا به ویژه در پایین پنجره‌های اصلی بنا است که در این بخش‌ها تزیینات گچبری به‌طور کامل فرو ریخته است و سطح آرایه به لایه بستر زیرین کار؛ یعنی اندود کاهگل رسیده است. این ریزش، به دو شکل سطحی و عمقی در گچبری‌های این بنا، هم در نقوش و حاشیه تزیینی گچبری و هم در کتیبه آن مشاهده می‌شود. این آسیب، عمدتاً به دلایل مختلفی، همچون: ضعف در چسبندگی لایه‌ها، نفوذ رطوبت و لرزش‌های ناشی از فعالیت عوامل انسانی در محیط پیرامون بنا ایجاد شده است. (شکل ۲۸).

● ترک‌ها و ریزترک‌ها:

به دلیل عدم رسیدگی به موقع به بنا و متروکه شدن آن برای مدت طولانی، در گذر زمان آسیب‌های بسیاری به سازه بنا وارد شده است. آثار آسیب وارده به سازه بنا به بسیاری از بخش‌های بنا و عناصر معماری آن، خود را به صورت ترک‌های بسیار عمیق بر بدنه بنا نشان داده است. شواهد این ترک‌ها را می‌توان در گنبدخانه بنا، به‌ویژه در اضلاع شرقی و غربی آن، مشاهده نمود که به صورت ترک‌هایی بسیار وسیع و گسترده از بالای پنجره‌ها تا پایین بدنه بنا امتداد یافته است. علت بروز برخی از این ترک‌ها ناشی از فشار وزن سنگین گنبد و برخی دیگر بخاطر انقباض و انبساط‌های مکرر بدنه در اثر تغییرات دما و رطوبت محیطی رخ داده است (اشکال ۲۶ و ۲۷).

● سوراخ شدگی سطح کتیبه گچبری و دیوارها:

در بسیاری از بخش‌های بدنه بنا اثر سوراخ شدگی بدنه و تزیینات مشاهده می‌گردد که این سوراخ‌ها به شدت باعث آسیب به کتیبه گچبری زیبای مسجد آق‌قلعه شده است. این سوراخ‌ها که به دو شکل مختلف سوراخ‌های ریز و سطحی و سوراخ‌های بزرگ و عمیق تقسیم می‌شود، به دلایل مختلفی، همچون: فعالیت موربانه‌ها در بنا، پرتاب اشیاء نوک تیز و صلب توسط عوامل انسانی به سطح بدنه و گچبری‌ها و سوراخ کردن بدنه و بخش‌های مختلف با هدف گنج‌یابی در داخل بنا و دیواره‌های آن در طی کاوش‌های غیرمجاز در گذشته رخ داده است که به شدت موجب تضعیف ساختار گچ در بدنه داخلی بنا و آرایه‌های گچی آن شده است (اشکال ۳۱ و ۳۳).

● ریختگی رنگ نقوش و کتیبه گچبری:

از دیگر آسیب‌های مهمی که در آرایه گچبری این بنا مشاهده می‌شود؛ آسیب دیدگی لایه رنگ به کار رفته برای رنگ آمیزی زمینه، نقوش و متن کتیبه گچبری بناست که با دو رنگ قرمز و آبی لاجوردی برای جلوه و زیبایی بیشتر گچبری‌های بنا استفاده شده است. این آسیب به شکل‌هایی همچون، محو و مات شدگی و تغییر رنگ و نیز پوسته شدن و ریزش لایه رنگ در بخش‌های مختلف گچبری مشاهده می‌گردد. در جبهه‌های شمالی و غربی کتیبه گچبری، بستر رنگ و رنگ لاجوردی زمینه کتیبه گچبری، تقریباً از میان رفته است و تنها در جبهه‌های جنوبی و شرقی، بخش‌هایی از این رنگ باقی‌مانده است (شکل ۲۹). در بخش‌هایی از کتیبه گچبری نیز، مانند "بسم‌الله الرحمن الرحیم" ابتدای کتیبه گچبری در جبهه جنوبی بنا، نقوش کتیبه گچبری‌ها تقریباً دچار ریزش کامل شده و بدین ترتیب، آثار رنگ زمینه و متن کتیبه نیز به‌طور کامل محو شده است. در برخی از نقاط دیگر کتیبه نیز، شاهد تغییر رنگ می‌باشیم، همچون خاکستری شدن رنگ آبی لاجوردی به کار رفته در گچبری. تخریب بست رنگ و از دست رفتن چسبندگی آن، نبود تثبیت‌کننده مناسب و عوامل محیطی و آلاینده‌های جوی از دلایل اصلی این تخریب هستند (اشکال ۳۰ و ۲۹).

● طبله کردن لایه گچ:

در برخی از بخش‌های کتیبه گچبری، به‌ویژه در جبهه جنوبی و انتهای اضلاع شرقی و شمالی بنا، بین لایه گچ و کاهگل زیرین، فاصله و جدایش افتاده و موجب طبله کردن لایه گچ شده است. این جدایش که نهایتاً به طبله‌کردگی سطح اندود گچ و گچبری‌ها منجر می‌شود، نتیجه‌ی برهم خوردن پیوستگی فیزیکی و مکانیکی میان لایه‌های مختلف اندود است. عدم هم‌زمانی فرآیند خشک‌شدن و گیرش لایه‌ها، نفوذ و تجمع رطوبت در بستر یا میان لایه‌ها و نیز فعالیت عوامل بیولوژیک به‌ویژه آفات چوب‌خوار مانند موربانه‌ها از جمله مهمترین عوامل بروز این آسیب است.

● ریزش بستر رنگ و زمینه تزئینات گجبری:

در بسیاری از بخش های بنا، بستر مورد استفاده برای رنگ آمیزی آرایه گجبری دچار ریزش شده است و در خود نقوش و کتیبه های گجبری نیز، این آسیب به صورت ریزش زمینه گچی نقوش خود را نشان می دهد. در جبهه های شمالی و غربی کتیبه گجبری، بستر رنگ به کار رفته که بیشتر به رنگ لاجوردی است، تقریباً از میان رفته است به طوری که در این بخش ها، شاهد آسیب جدی و وسیع در آرایه گجبری بنا هستیم (شکل ۲۸).

بررسی و تحلیل آسیب شناسی این بنا و تزئینات آن، با توجه به مطالعات میدانی و آزمایشگاهی نشان داد که مهمترین علل و عوامل تخریب و فرسایش گجبری های رنگین مسجد آق قلعه در منطقه نقاب سبزوار به شرح زیر است:

عوامل فیزیکی:

یکی از مهمترین عوامل آسیب رسان به بنا و تزئینات آن در مسجد آق قلعه سبزوار، عوامل فیزیکی مختلف، به ویژه رطوبت نزولی و صعودی و نوسانات دما در طی فصول مختلف سال و در طول شبانه روز بوده است. آسیب حاصل از رطوبت نزولی به شکل باران و برف در بخش های مختلف بنا به ویژه در جبهه های شمالی و جبهه غربی بنا که به شدت در معرض باد و بارندگی بوده است، سبب ریزش لایه گجبری و بستر رنگ در کتیبه گچی بنا شده است (شکل ۲۴). علاوه بر این، مطالعات میدانی در بنا حاکی از آن بود که عبور آب های زیرزمینی ناشی از قناتی که زمانی در زیر بنا، جریان داشته است، باعث نفوذ رطوبت صعودی به داخل پی بنا و دیوارهای آن شده است که نتیجه آن نشست پی بنا و ایجاد ترک های سازه ای در بدنه بنا و لایه گجبری مسجد آق قلعه است رطوبت ناشی از نزولات جوی در کنار رطوبت صعودی حاصل از قنات زیر بنا، موجب شکل گیری چرخه های پیچیده از آسیب های فیزیکی در اندود گچ، لایه های گجبری و نقوش رنگی آنها می گردد. رطوبت صعودی با حرکت موئینی در مصالح بنا، به ویژه آستر کاهگلی زیر کار و لایه گچی تزئینی، سبب افزایش درجه اشباع رطوبت، تورم حجمی، کاهش چسبندگی بین لایه ای و انتقال املاح محلول به نواحی سطحی تزئینات می شود. املاح منتقل شده در اثر تبخیر، در سطح و زیر سطح اندود متبلور شده و با ایجاد فشار کریستالیزاسیون، زمینه ساز پوسته پوسته شدن، طبله کردگی و ریزش تدریجی تزئینات گچی می شوند. از سوی دیگر، رطوبت نزولی با نفوذ به شکاف ها و ناهمگونی های مصالح موجب انبساط موضعی، گسترش ترک های موجود می شود که این فرایند به ورقه ورقه شدن و شکست اجزای ظریف گجبری می انجامد. افزون بر این، سطح کتیبه در بسیاری از بخش ها بر اثر رسوب آلاینده های جوی، گردوغبار و ذرات همراه با نزولات جوی دچار آلودگی شده است؛ رسوباتی که غالباً حاوی یون های سولفات بوده و با نفوذ در بافت

متخلخل گچ، در حضور رطوبت محلول شده و با تبلور ثانویه، فشار داخلی مضاعفی بر ساختار گچ و رنگدانه ها وارد می کنند. نتیجه این برهم کنش رطوبت از بالا و پایین، همراه با حضور املاح مهاجم، کاهش شدید مقاومت مکانیکی گچ، ناپایداری رنگدانه ها، تشدید فرسایش سطحی و ازهم گسیختگی پیش رونده تزئینات معماری بوده.

در اقلیم سرد و خشک کویری منطقه سبزوار که زمستان آن با میانگین دمای روزانه حدود $11-8^{\circ}\text{C}$ و افت شبانه تا نزدیکی یا زیر نقطه انجماد مشخص می شود و دامنه نوسانات دما در طول روز و شب نیز معمولاً بسیار بالا است، تغییرات شدید دما مجموعه ای از مکانیسم های آسیب رسان کاملاً فیزیکی را در تخریب اندود گچ و گجبری های موجود در بنا را فعال می کند. نوسانات حرارتی مداوم باعث انبساط و انقباض متناوب در لایه های مختلف مصالح (گچ، ملات زیرکار، بستر خشت و آجری) شده و به دلیل اختلاف ضرایب انبساط حرارتی این مصالح نسبت به یکدیگر، تنش های برشی و کششی مرزی ایجاد می شود که نتیجه آن ایجاد ریز ترک ها، رشد ترک ها، جداشدگی و لایه لایه شدن مصالح و گچ (Delamination) و طبله کردگی آنها است. از سوی دیگر، رطوبت نزولی که از طریق بخش های فوقانی وارد بنا شده است با نفوذ به داخل شکاف ها و ترک های بدنه بنا و بافت متخلخل مصالح در فصول سرد سال، چرخه یخبندان-ذوب را فعال نموده و فشار ناشی از انجماد آب محبوس در این بخش ها (تا 9% افزایش حجم) سبب خردشدگی دانه ای، ورقه ورقه شدن لایه ها و ریزش مواد سطحی گجبری های ظریف می گردد. هم زمان، با توجه به بالا بودن گرادیان دمایی روز-شب، در منطقه جوی سبزوار، این امر، مهاجرت رطوبت و تبخیر موضعی آن را تشدید می کند و در حضور املاح محلول، چرخه مکرر تبلور نمک به وجود می آید که فشار کریستالیزاسیون حاصل از آن، ترک های موجود را گسترش داده و پوسته شدن را تعمیق می کند. در مجموع، نوسانات دمایی سبزوار با فعال سازی هم زمان خستگی حرارتی، چرخه های یخ زدگی و ذوب و تبلور نمکی، به صورت فیزیکی موجب شبکه ای شدن ترک ها، گسترش شکست های سطحی، کاهش چسبندگی، ناپایداری لایه ها و ریزش تدریجی اجزای ظریف گجبری می شود.

● عوامل شیمیایی:

بررسی های میدانی و آزمایشگاهی لایه های تزئینی گجبری و رنگ های آن در مسجد آق قلعه سبزوار نشان دهنده تأثیر شدید عوامل شیمیایی در تخریب و فرسایش این تزئینات است. طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه های رنگ قرمز اخرایی برداشته شده از سطح نقوش گجبری و زمینه نقوش که هنگام نمونه برداری، بخشی از لایه گچ زیرین به آن چسبیده بود، وجود همزمان ژپیس ($\text{CASO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) و انیدریت (CASO_4) را در این نمونه نشان می دهد که نشانه واضح هیدراتاسیون ناقص گچ در آرایه های گجبری در این بنا است؛ یعنی

بخشی از گچ نتوانسته واکنش شیمیایی کاملی با آب را انجام دهد و به فرم پایدار دی‌هیدرات تبدیل شود. هیدراتاسیون ناقص موجب کاهش مقاومت مکانیکی، افزایش شکنندگی و پودرشدگی، افزایش تخلخل و نفوذپذیری لایه گچ نسبت به آب و یون‌های مهاجم و تشدید آسیب‌های رطوبتی نظیر طبله‌کردگی، ترک‌زایی و پوسته‌پوسته شدن سطح گچبری‌ها می‌شود. از سوی دیگر، نفوذ رطوبت نزولی و صعودی باعث حل شدن و مهاجرت یون‌های محلول (سولفات و کلرید) به درون لایه گچ شده و پس از تبخیر، تبلور نمک‌ها و فشار کریستالیزاسیون داخلی را موجب می‌شود. این امر زمینه خردشدگی گچ، کاهش چسبندگی لایه‌ها و آسیب به لایه رنگ و بست رنگدانه‌ها را فراهم می‌آورد. علاوه بر این، گسترش صنایع آلاینده در منطقه جوبین در نزدیکی بنا و افزایش آلاینده‌های جوی حاصل از فعالیت مداوم این صنایع در منطقه به ویژه دی‌اکسید گوگرد و نیتروژن و واکنش شیمیایی این آلاینده‌ها با رطوبت هوا و نزولات جوی و اندود گچ، به ویژه کلسیم گچ، سولفات و نیترات کلسیم محلول تولید می‌کند که موجب مات شدن، کدری، تغییر رنگ و فرسایش تدریجی لایه‌های رنگی در نقوش گچبری می‌گردد که این پدیده به خوبی در لایه رنگ آبی لاجوردی که به آلاینده‌های جوی حساس است به صورت تغییر رنگ خاکستری و مات شدگی رنگ مشاهده می‌شود. ترکیب این فرآیندهای شیمیایی با رطوبت و نوسانات حرارتی، منجر به زوال تدریجی ساختار گچبری و رنگ‌های تزئینی، کاهش پایداری و شفافیت بصری و تضعیف مکانیکی لایه‌های تزئینی در این بنا شده و آسیب‌های شیمیایی را به عنوان یکی از عوامل کلیدی فرسایش در این بنا تأیید می‌کند.

● عوامل مکانیکی و سازه‌ای:

سنگینی و فشار بار ناشی از گنبد اصلی بنا، انباشت لایه‌های مکرر کاهگل و بار مرده ناشی از برف در طول سالیان، فشار مضاعفی بر ساختار و سازه بنا وارد کرده و منجر به ایجاد شکاف‌ها و ترک‌های عمیقی در گنبد و دیوارهای بنا شده است (اشکال ۳ و ۴). این تنش‌های مکانیکی به مرور باعث کشش، فشردگی و جابجایی موضعی مصالح زیرکار و لایه‌های اندود گچی می‌شوند و در نهایت به پوسته پوسته شدن، طبله‌کردگی و خردشدگی لایه‌های گچبری و رنگ‌های تزئینی می‌انجامد. علاوه بر این، لرزش‌های مکرر ناشی از عبور وسایط نقلیه سنگین و فعالیت‌های کشاورزی در اطراف بنا، با ایجاد ارتعاشات دینامیکی در سازه، شبکه‌ای از ریزترک‌ها و گسترش ترک‌های موجود را فعال می‌کنند که مقاومت مکانیکی اندود و چسبندگی لایه‌های تزئینی را کاهش می‌دهد. به این ترتیب، عوامل مکانیکی و سازه‌ای نه تنها موجب تخریب ساختاری بنا می‌شوند، بلکه به طور مستقیم فرسایش و آسیب‌های فیزیکی به گچبری‌ها و رنگ‌های لایه سطحی را تشدید کرده و پایداری و انسجام تزئینات تاریخی را

تهدید می‌کنند.

● عوامل انسانی:

عوامل انسانی آسیب‌رسان به گچبری‌ها و لایه‌های رنگی مسجد آق قلعه نقش قابل توجهی در تخریب و فرسایش این تزئینات داشته‌اند. متروکه شدن بنا و عدم رسیدگی به موقع به بنا و تزئینات آن و فقدان حفاظ و پنجره در بنا، موجب نفوذ مستقیم باد، باران، برف و گردوغبار به فضای داخلی بنا و ایجاد فرسایش سطحی اندود و رنگ‌های تزئینی گچبری‌ها شده است (اشکال ۴، ۵ و ۶). فعالیت‌های مستقیم انسانی مانند یادگاری‌نویسی، ضربه‌زدن، سوراخ‌کاری، حفاری‌های غیرمجاز و پرتاب اشیاء صلب، باعث ایجاد ترک، سوراخ و تضعیف ساختار گچ و لایه‌های رنگ شده است و شبکه‌ای از آسیب‌های موضعی و پراکنده را بر بدنه بنا و آرایه‌های آن بر جای گذاشته است (اشکال ۳۳ و ۳۱). مرمت‌های غیراصولی و پر کردن حفره‌های ایجاد شده در سطح گچبری به صورت غیر اصولی که منجر به حبس رطوبت و پوشاندن متن کتیبه‌ها شده، شدت آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی وارده به گچبری‌ها را افزایش داده است. علاوه بر این، استفاده از شمع و وسایل روشنایی نفتی در داخل بنا، سبب دوده‌گرفتگی و آلودگی شدید سطح گچبری‌ها شده و با تغییر شرایط شیمیایی سطح، حساسیت لایه‌ها نسبت به رطوبت و آلاینده‌ها افزایش یافته است (اشکال ۳۴، ۳۲ و ۳۱). ترکیب این اقدامات انسانی با لرزش‌های محیطی ناشی از عبور وسایط نقلیه سنگین از کنار بنا و فعالیت‌های کشاورزی در اطراف بنا، موجب فعال شدن ریزترک‌ها، کاهش چسبندگی لایه‌ها و تشدید ناپایداری ساختاری اندود و تزئینات آن شده است. به طور کلی، این عوامل انسانی با اعمال فشار مکانیکی مستقیم، تغییر شرایط فیزیکی-شیمیایی سطح و تشدید آسیب‌های محیطی، یکی از مهم‌ترین عوامل تسریع‌کننده فرسایش و تخریب گچبری‌ها و رنگ‌های تزئینی آن شده است.

● عوامل بیولوژیک:

منطقه کویری جوبین و سبزوار به دلیل شرایط اقلیمی خشک و بیابانی، مستعد فعالیت موربانه‌هاست و شواهد آلودگی این حشرات در بخش‌های متعددی از مسجد آق قلعه قابل مشاهده است (شکل ۳۳). موربانه‌ها با تغذیه از کاه موجود در اندود کاهگل و ایجاد دالان‌ها و تونل‌های شبکه‌ای در داخل این مصالح که آستر زیرین لایه گچبری است، باعث کاهش چسبندگی و مقاومت مکانیکی لایه‌های گچی می‌شوند و ساختار لایه‌ها را به تدریج سست و پوک می‌کنند. این تخریب داخلی، فرآیندهای حاصل از آسیب‌های شیمیایی محیطی مانند نفوذ رطوبت و تبلور نمک را تشدید کرده و منجر به ریزش موضعی یا گسترده گچبری‌ها و لایه‌های رنگی می‌گردد. به این ترتیب، فعالیت موربانه‌ها به عنوان یک عامل بیولوژیک مخرب، نه تنها موجب آسیب مستقیم به اندود و تزئینات گچبری می‌شود، بلکه با افزایش آسیب‌پذیری

را فراهم می‌آورد، که شانس موفقیت مرمت‌های آینده و پایداری بلندمدت تزئینات تاریخی را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد (جدول ۴).



شکل ۲۴. آلودگی سطح کتیبه در اثر ریزش نزولات جوی از طریق سقف (عکس از نگارنده)



شکل ۲۵. تیره و چرک شدن سطح کتیبه در اثر آلودگی‌های محیطی (عکس از نگارنده)

مصالح نسبت به سایر عوامل محیطی و شیمیایی، فرسایش و تخریب تدریجی تزئینات تاریخی در این بنا را تسریع نموده است.

● بلایای طبیعی:

منطقه سبزوار و محدوده جویین به دلیل وجود چند گسل فعال و سابقه لرزه‌های تاریخی، جزو نواحی با پتانسیل زلزله‌خیزی بالاست. لرزش‌های ناشی از زلزله‌ها باعث ایجاد تنش‌های ناگهانی و دینامیکی در سازه بنا شده و منجر به بروز ترک‌ها و شکاف‌های ساختاری در دیوارها، گنبد و طاق‌ها می‌گردد. این آسیب‌های لرزه‌ای، انسجام مصالح زیرکار و چسبندگی لایه‌های اندود گچی و تزئینی را کاهش می‌دهد و مقاومت مکانیکی گچبری‌ها و رنگ‌های سطحی را تضعیف می‌کند. در نتیجه، شبکه‌ای از ریزترک‌ها و گسترش ترک‌های موجود فعال می‌شود که فرسایش تدریجی، طبله‌کردگی، ورقه‌ورقه شدن و ریزش موضعی یا گسترده لایه‌های تزئینی را تسریع می‌کند، به‌ویژه در بخش‌های ظریف و برجسته گچبری که حساسیت بالاتری نسبت به ارتعاشات دینامیکی دارند.

بررسی آسیب‌شناسی مسجد آق قلعه سبزوار نشان می‌دهد که تخریب و فرسایش گچبری‌ها و رنگ‌های تزئینی آن، نتیجه تعامل پیچیده و هم‌زمان عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، انسانی، بیولوژیک و لرزه‌ای است. نوسانات دما و چرخه‌های یخبندان-ذوب موجب انقباض و انقباض متناوب لایه‌های گچ و بستر زیرین شده و تنش‌های کششی و برشی ایجاد می‌کنند که به شکل ترک، ورقه‌ورقه شدن، طبله‌کردگی و ریزش مواد سطحی نمود پیدا می‌کند. هیدراتاسیون ناقص گچ، همراه با نفوذ رطوبت، املاح مهاجم و آلاینده‌های صنعتی، باعث کاهش چسبندگی، افزایش شکنندگی و تغییر رنگ لایه‌های رنگی می‌شود. فشار وزن گنبد، بار مرده ناشی از لایه‌های مکرر کاهگل و برف و ارتعاشات محیطی ناشی از عبور وسایط نقلیه سنگین و فعالیت‌های کشاورزی، ساختار گچ و ملات زیرکار را سست کرده و ترک‌ها و ریزترک‌ها را فعال می‌کنند. فعالیت‌های انسانی مانند سوراخ‌کاری، پرتاب اشیاء و مرمت‌های غیراصولی، همراه با حمله موربانه به اندود کاهگل، استحکام لایه‌ها را کاهش داده و زمینه فرسایش تدریجی گچبری‌ها را فراهم می‌آورد. نهایتاً، لرزش‌های ناشی از زلزله، به‌ویژه در بخش‌های ظریف و برجسته گچبری، مقاومت مکانیکی و انسجام تزئینات را کاهش داده و تخریب تدریجی، پوسته‌پوسته شدن و ریزش موضعی یا گسترده لایه‌های تزئینی را تسریع کرده است. مطالعه و تحلیل دقیق این آسیب‌ها از طریق بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی، نقش حیاتی در شناسایی مکانیزم‌های تخریب و فرسایش تزئینات گچبری بنا و انتخاب راهکارهای مناسب حفاظتی و مرمتی مؤثر برای این آرایه‌ها دارد و امکان طراحی روش‌ها و انتخاب مواد مناسب برای تثبیت، بازسازی و محافظت از گچبری‌ها و رنگ‌های تزئینی



شکل ۱۶. کتیبه گچبری جبهه جنوبی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۱۷. طرح آسیب شناسی کتیبه گچبری جبهه جنوبی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)
خطوط آبی: خطوط گچبریهای بجای مانده، خطوط زرد: داغ خطوط گچبریهای بجای مانده، خطوط قرمز: ریزش بخشهای مختلف، کتیبه گچبری



شکل ۱۸. کتیبه گچبری جبهه شمالی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۱۹. طرح آسیب شناسی کتیبه گچبری جبهه شمالی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۲۰. کتیبه گچبری جبهه شرقی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۲۱. طرح آسیب شناسی کتیبه گچبری جبهه شرقی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۲۲. کتیبه گچبری جبهه غربی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)



شکل ۲۳. طرح آسیب شناسی کتیبه گچبری جبهه غربی مسجد آق قلعه نقاب سبزوار (عکس از نگارنده)

جدول ۴. آسیب شناسی کتیبه گچبری مسجد آق قلعہ

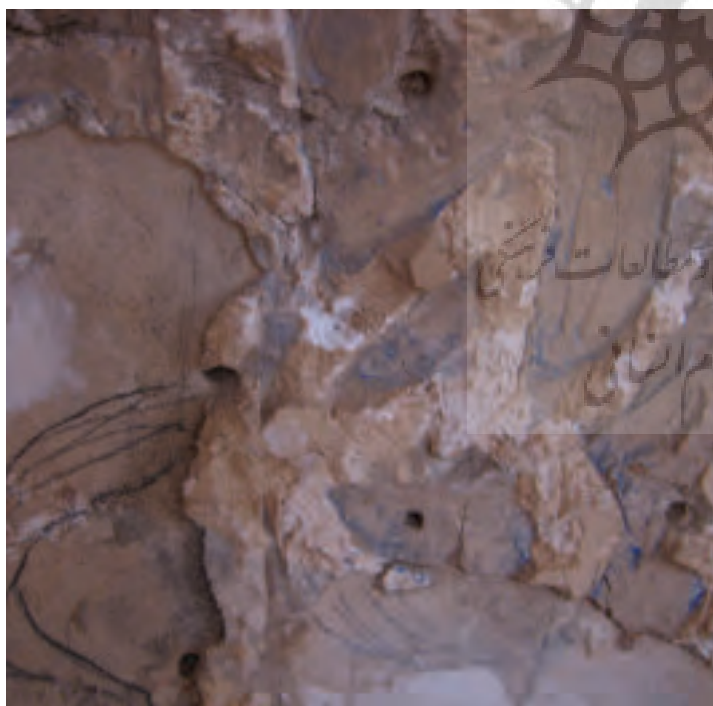
ردیف	شکل آسیب	محل بروز	شدت آسیب	علل احتمالی آسیب
۱	ریزش بخش های روی گچبری های اصلی	تمامی جبهه ها به ویژه شمالی و غربی	زیاد	نفوذ رطوبت، ضعف در بستهای زیرساخت، فرسایش طبیعی
۲	ریزش گچبری تا سطح کاهگل زیرین	تمامی جبهه ها در بخش پای پنجره ها	زیاد	نفوذ رطوبت نزولی از طریق پنجره های بالا
۳	ترکها و ریزترکها	ترکها بیشتر در ضلع شرقی و غربی و ریزترک در تمامی بخش های کتیبه گچبری	متوسط تا زیاد	نوسانات دمایی، نشست سازه، ضعف در پیوستگی مصالح
۴	سوراخ شدگی سطح کتیبه گچبری	انتهای جبهه غربی و بخش انتهایی جبهه شرقی و انتهای جبهه شمالی	متوسط	عوامل انسانی، نفوذ موربانه، فرسایش ناشی از رطوبت موضعی
۵	ریختگی خطوط کتیبه	در ابتدای جبهه جنوبی، جبهه شرقی؛ بخش انتهایی جبهه شمالی و ابتدای جبهه غربی	زیاد	استفاده از گچ نامرغوب و ضعف تکنیکی و رطوبت
۶	تخریب و فرسایش خطوط کتیبه	جبهه جنوبی و جبهه غربی	زیاد	گذر زمان، آسیب های محیطی، عدم مرمت اصولی قبلی، ضعف تکنیکی و رطوبت
۷	عدم پیوستگی بین گچ و کاهگل	بخشهای ابتدایی و انتهایی کتیبه هر چهار جبهه	متوسط	انبساط و انقباض حرارتی، ضعف در چسبندگی گچ به زیر لایه، رطوبت بین لایه ای
۸	ریزش بستر رنگ	در ضلع شمالی و ابتدا و انتهای ضلع غربی	بالا در شمال و غرب	رطوبت بالا، تغییرات دما، استفاده از رنگهای غیر پایدار
۹	ریزش رنگ زمینه لاجوردی	جبهه شمالی و غربی	زیاد	فرسایش رنگ، نبود پوشش محافظ، عوامل طبیعی و گازهای آلاینده شیمیایی موجود در هوا
۱۰	تغییر رنگ زمینه آبی لاجوردی به خاکستری	دو جبهه جنوبی و شرقی	متوسط	عوامل شیمیایی و تغییر ماهیت رنگ همراه با تاثیر رطوبت
۱۱	آلودگی و چرکی های سطحی کتیبه	تمامی بخشهای کتیبه به ویژه ابتدای جبهه غربی	زیاد	آلاینده های محیطی، استفاده نادرست و نگهداری نامناسب



شکل ۲۷. ایجاد ترک در سطح کتیبه گچبری تزئینی (عکس از نگارنده)



شکل ۲۶. ایجاد شکاف در سطح کتیبه گچبری تزئینی (عکس از نگارنده)

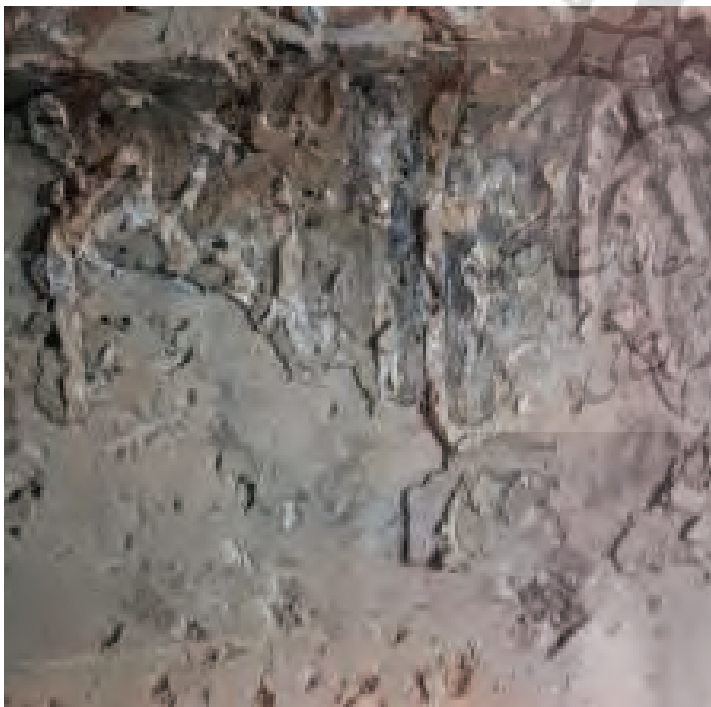


شکل ۲۸. راست: تخریب و ریزش کتیبه گچبری از بستر آن؛ چپ: نمای نزدیک نحوه تخریب و ریزش کتیبه گچبری از بستر آن (عکس از نگارنده)





شکل ۲۹. ریزش رنگ آبی بستر کتیبه گچبری چپ و راست (عکس از نگارنده)



شکل ۳۰. راست: دور نمایی از ریزش کل کتیبه گچبری به همراه بستر زیرین کار از سطح بدنه بنا؛ چپ: نمایی نزدیک از ریزش کل کتیبه گچبری به همراه بستر (عکس از نگارنده)



شکل ۳۲. یادگاری نویسی در سطح کتیبه گچبری توسط عوامل انسانی (عکس از نگارنده)



شکل ۳۱. تخریب کتیبه گچبری در اثر اصابت سنگ توسط عوامل انسانی (عکس از نگارنده)



شکل ۳۳. راست: سوراخ های بزرگ ایجاد شده در سطح کتیبه گچبری در اثر فعالیت موربانه؛ چپ: سوراخ های کوچک ایجاد شده در سطح کتیبه گچبری توسط موربانه (عکس از نگارنده)



شکل ۳۴. مرمت غلط کتیبه گجبری با پر کردن کمبودها به شکل ناشیانه با گچ که موجب زشت و بدنما شدن سطح کار شده (عکس از نگارنده)

عملیات حفاظت و مرمت کتیبه گجبری بنا

عملیات حفاظت و مرمت کتیبه گجبری مسجد تاریخی آق قلعه سبزوار با مستندسازی کامل کتیبه آغاز شد. برای این منظور ابتدا از سطح کتیبه عکسبرداری شد و سپس با استفاده از سلفون شفاف، طرح برداری نقوش و نقشه آسیب شناسی آن تهیه گردید (اشکال ۱۷ تا ۲۳). پس از تکمیل مستندسازی، پاکسازی و تمیزکاری سطح کتیبه انجام گرفت، چرا که رسوبات، چرکی‌ها و آلودگی‌های سطحی موجب موجب زشت و بدنما شدن ظاهر گجبری شده بود. ابتدا با روش مکانیکی، با استفاده از برس نرم و قلموهای کوچک، تمام سطح گجبری و داخل حروف و علائم پاکسازی و غبارگیری شد. سپس با ابزارهای دیگر مکانیکی، مانند تیغ بیستوری و کاردک نقاشی، رسوبات سخت به آرامی و با دقت برداشته شد (اشکال ۳۶ و ۳۷). در مناطقی که کتیبه دارای رنگ آمیزی بود، با توجه به سستی لایه رنگ و خطر ریزش آن، ابتدا سطح کار با اسپری کردن محلول رقیق ۳ درصد پریمال، استحکام بخشی شد و سپس پاکسازی شیمیایی ادامه یافت (شکل ۳۵). برای پاکسازی آلودگی‌های سیاه رنگ ناشی از نشست دوده، از محلول آمونیاک رقیق استفاده شد و برای سایر بخش‌ها، به‌ویژه دو جبهه شمالی و غربی که تقریباً بدون رنگ بودند، محلول اتانول کاربرد داشت (شکل ۳۸).

پس از اتمام مرحله تمیزکاری، بخش‌های مختلف کتیبه گجبری تحکیم و استحکام بخشی شد تا دوام، مقاومت مکانیکی و یکپارچگی لایه‌های گجبری و رنگ تزئینی حفظ شده و از گسستگی، ریزش و تخریب اجزای تزئینی آن جلوگیری شود (اشکال ۳۶-۴۴). عملیات استحکام بخشی در دو

مرحله انجام شد:

۱. **تحکیم ساختاری لایه‌های گجبری:** با تزریق محلول پلکستول همراه با پرکننده گچ به پشت کتیبه و ترک‌ها، لایه‌های جدا شده مجدداً متصل شدند و پیوستگی مکانیکی به آنها بازگردانده شد (اشکال ۳۹ و ۴۰). شکاف‌ها و ریزش‌های سطحی نیز به ترتیب با خمیر گچ و آغستن سطح ریزش‌ها به محلول ۵ درصد پریمال با کمک پنبه تقویت گردید.
۲. **تحکیم لایه رنگ و نقوش تزئینی:** در این مرحله، کل سطح کتیبه گجبری با اسپری کردن محلول ۳ درصد پارالوئید B72 در استون پوشش داده شد تا چسبندگی لایه‌های رنگ و گجبری افزایش یابد و از پوسته شدن آن جلوگیری شود و نفوذ ماده استحکام بخش به‌طور یکنواخت و کنترل شده انجام گیرد (شکل ۴۱). این اقدامات، ضمن حفاظت از کتیبه گجبری عصر ایلخانی، پایداری، یکپارچگی و دوام طولانی مدت آن را تضمین می‌کند. نتایج این عملیات به‌طور خلاصه شامل موارد زیر است:
 - اتصال مجدد لایه‌های جدا شده و جلوگیری از گسترش ترک‌ها
 - بهبود یکپارچگی ساختاری لایه‌های مختلف گجبری و زمینه رنگی
 - تثبیت مؤثر تزئینات در برابر ارتعاشات و آسیب‌های مکانیکی
 - آماده‌سازی بستر کار برای مراحل بعدی حفاظت، مرمت و بازسازی بخش‌های آسیب دیده

تثبیت نهایی: در ادامه کار، عملیات تثبیت نهایی به‌عنوان مرحله پایانی مرمت انجام شد تا مقاومت اثر در برابر عوامل آسیب‌زای محیطی افزایش یابد. این مرحله با ایجاد یک لایه محافظ، از نفوذ گرد و غبار، آلاینده‌های شیمیایی، رطوبت و سایر عوامل محیطی به بافت اثر جلوگیری می‌کند. برای این منظور، از محلول ۳ درصد پارالوئید B72 در استون استفاده شد که به دلیل شفافیت بالا، پایداری مناسب و بازگشت‌پذیری، یکی از مطمئن‌ترین و رایج‌ترین مواد تثبیت‌کننده در مرمت آثار تاریخی و هنری به شمار می‌آید (شکل ۴۴).

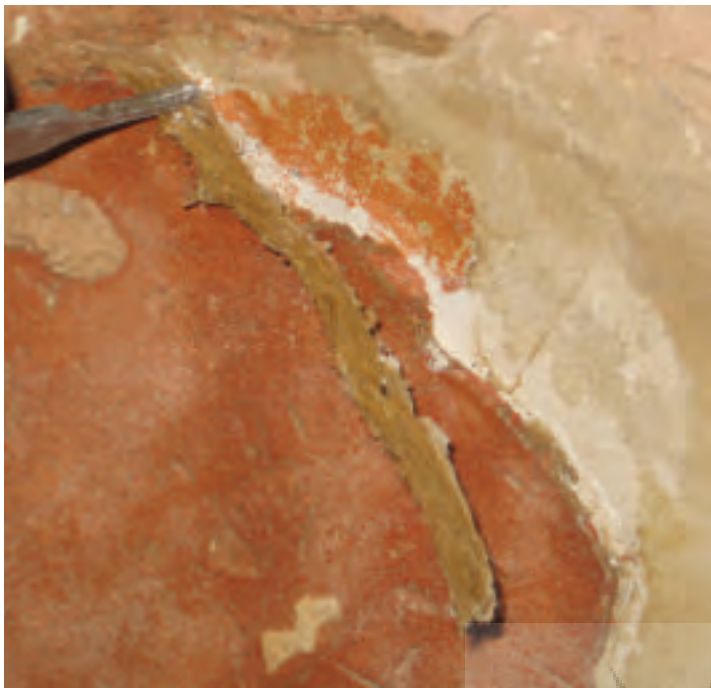
پس از انجام عملیات استحکام‌بخشی، مرحله بازسازی بخش‌های از بین‌رفته، فروریخته و آسیب‌دیده کتیبه گچبری آغاز شد. این مرحله خود شامل سه بخش اصلی به شرح زیر بود:

- بازسازی و پرکردن بخش‌های آسیب‌دیده آرایه گچبری: بخش‌های فرو ریخته و آسیب‌دیده کتیبه با بتونه‌ای شامل گچ، پودر رنگ و محلول ۵ درصد چسب پریمال هم‌سطح با سطح اصلی کار ترمیم شد (شکل ۴۲). تا هماهنگی رنگی، تمامیت و یکپارچگی بصری اثر حفظ شود. پیش از آن، لبه‌های کتیبه اصلی با محلول ۳ درصد پارالوئید B72 در استون تثبیت گردید تا از نفوذ مواد جدید و آسیب به مرزهای اصلی گچبری جلوگیری شود.

- پر کردن سوراخ‌ها، ترک‌ها و شکاف‌ها: ابتدا تمامی منافذ و ترک‌های سطح کار به‌طور کامل پاک‌سازی شدند و سپس لبه‌های آن‌ها با محلول ۳ درصد پارالوئید B72 در استون تثبیت گردید و بعد فضای داخلی شکاف‌ها با ترکیبی از گچ، محلول ۵ درصد پریمال و پودر رنگ پر شد تا بافت و رنگ نهایی آن بیشترین هماهنگی را با بخش‌های اصلی کتیبه داشته باشد (اشکال ۴۱ تا ۴۴).

- بازسازی بخش‌های کمبود کتیبه: در این مرحله عملیات بازطراحی بخش‌های از میان رفته کتیبه اصلی و اجرای خطوط نوشتاری آن انجام شد. برای هماهنگی سبک نوشتاری کتیبه در بخش مرمتی با متن اصلی، از مشاوره اساتید برجسته خط ثلث و خوشنویسان بنام منطقه بهره گرفته شد. طرح‌ها ابتدا روی کاغذ پوستی ترسیم و با روش گرده‌کاری به سطح کتیبه منتقل و اجرا شدند. به منظور رعایت اصول مرمتی و تفکیک بخش‌های مرمتی از قسمت‌های اصیل کتیبه، تنها کلمات اصلی کتیبه اجرا شدند و از بازسازی علائم و تزئینات جانبی خودداری شد. در نوار قرمز بالای کتیبه نیز به دلیل تخریب شدید و نبود نمونه مرجع، تنها تثبیت بقایای موجود انجام شد.

- مرحله موزون‌سازی رنگی: پس از اتمام مراحل مرمت کتیبه گچبری، عملیات موزون‌سازی رنگی به منظور ایجاد هماهنگی بصری بین بخش‌های مرمتی و قسمت‌های اصیل انجام شد (شکل ۴۳). برای این کار، نوار قرمز رنگ بالای کتیبه با رنگی روشن‌تر و دو پرده اختلاف، نسبت به نمونه اصلی بازسازی شد، به‌گونه‌ای که از فاصله نزدیک تفاوت قابل تشخیص باشد اما از دور یکدستی اثر حفظ شود (اصل ۶ فوت و ۶ اینچ). رنگ آبی لاجوردی زمینه گچبری نیز با اختلاف تناوبه مشابه، روشن‌تر از نمونه اصلی موزون‌سازی شد. در تمامی بخش‌های مرمتی، برای موزون‌سازی رنگی از آبرنگ استفاده شد که علاوه بر ویژگی‌های غیرمخرب، بازگشت‌پذیری و قابلیت پاک‌سازی آسانی نیز دارد.



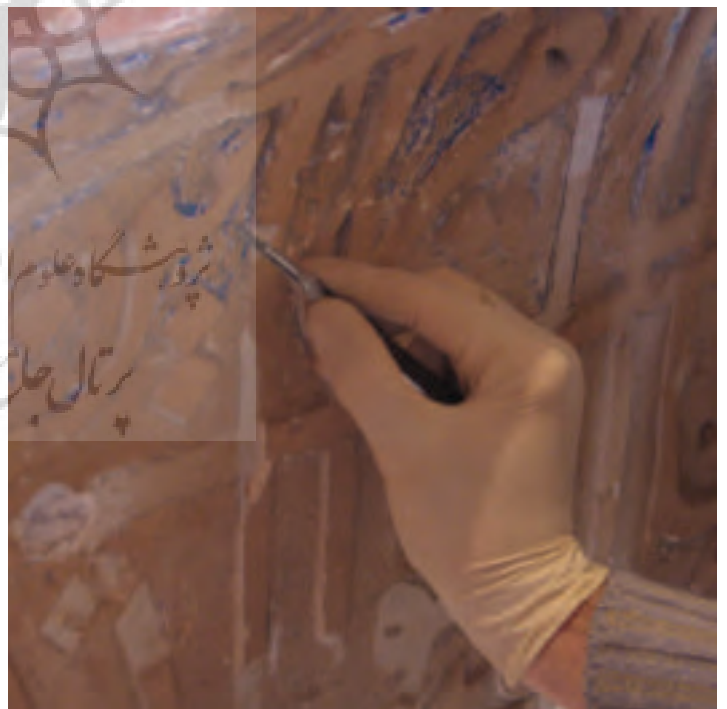
شکل ۳۶. پاکسازی گچبری به شیوه مکانیکی با تیغ بیستوری (عکس از نگارنده)



شکل ۳۵. تثبیت اولیه لایه های سست رنگ و گچبری با اسپری پریمال ۳ درصد (عکس از نگارنده)



شکل ۳۸. پاکسازی گچبری به روش شیمیایی با الکل اتانول (عکس از نگارنده)



شکل ۳۷. پاکسازی گچبری به شیوه مکانیکی با تیغ بیستوری (عکس از نگارنده)



شکل ۴۰. تزریق محلول استحکام بخش پلکستول و گچ به پشت کتیبه (عکس از نگارنده)



شکل ۳۹. ایجاد سونداژ و قرار دادن نوارهای گلی در اطراف برای تزریق محلول استحکام بخش (عکس از نگارنده)



شکل ۴۱. استحکام بخشی تمام سطح کتیبه گچبری با محلول پارالوئید ۲۷B سه درصد در استون به روش اسپری کردن (عکس از نگارنده)





شکل ۴۲. پر کردن و بازسازی بخش های کمبود بزرگ کتیبه گچبری با ملات گچ اشکال چپ و راست (عکس از نگارنده)



شکل ۴۴. تثبیت نهایی بخش های بازسازی شده با محلول پارالوئید (عکس از نگارنده)

شکل ۴۳. موزون سازی رنگی بخش های بازسازی شده کتیبه گچبری (عکس از نگارنده)

پس از پایان عملیات مرمت کتیبه گچبری مسجد تاریخی آق قلعه، مستندنگاری‌های مرحله پس‌مرمت تکمیل شد و گزارش علمی و فنی عملیات مرمت به سازمان میراث فرهنگی ارائه گردید. همچنین، به منظور تضمین حفاظت مؤثرتر از کتیبه تزئینی دوره ایلخانی در این بنا و افزایش دوام مرمت‌ها، مجموعه‌ای از راهبردهای حفاظت پیشگیرانه به شرح زیر تدوین شد:

کنترل شرایط محیطی، حفاظت در برابر آلودگی‌ها، نظافت غیرتهاجمی و ایمن، پایش وضعیت ساختاری و مرمتی، آموزش و آگاهی‌بخشی کارکنان و مردم منطقه برای حفاظت و نگهداری صحیح بنای مسجد. علاوه بر این، لازم است که رطوبت نسبی و دمای محیط داخلی مسجد به طور منظم پایش شود تا از ترک‌خوردگی، شوره‌زدگی و پوسته‌شدن سطوح گچبری جلوگیری گردد. همچنین، نوسانات شدید دما و رطوبت باید با نصب سیستم تهویه مناسب کنترل شده و نفوذ مستقیم عوامل محیطی مهار شود. برای حفاظت از تزئینات، بایستی از تماس مستقیم بازدیدکنندگان با کتیبه‌ها از طریق علائم هشداردهنده و موانع نامحسوس جلوگیری شود و استفاده از مواد شیمیایی پاک‌کننده در نزدیکی کتیبه ممنوع باشد تا رنگ و ساختار مرمتی آن حفظ گردد. نظافت باید به طور منظم و با استفاده از ابزار نرم مانند برس‌های مویی طبیعی و پارچه بدون پرز انجام گیرد و از نظافت مرطوب یا مالشی مستقیم روی سطح کتیبه اجتناب شود. بازدیدهای دوره‌ای از کتیبه و مستندسازی تغییرات و آسیب‌ها ضروری است تا برنامه‌ریزی مداخلات حفاظتی به‌موقع انجام شود. علاوه بر این، نصب تابلوهای آموزشی برای بازدیدکنندگان و متولیان بنا در خصوص اهمیت کتیبه و اصول حفاظت و برگزاری دوره‌های آموزشی برای نگهبانان و کارکنان مسئول نگهداری بنا از دیگر اقدامات مهم است. در زمینه مرمت بنا نیز پیشنهاد می‌شود که کانال‌های دفع رطوبت در پای دیوارها ایجاد گردد تا تهویه مناسب در اطراف ساختار بنا صورت گیرد و از نفوذ رطوبت به سازه و تزئینات بنا جلوگیری شود. همچنین، نصب درب و پنجره‌های متناسب با معماری تاریخی بنا برای محافظت از فضای داخلی و ایجاد شرایط محیطی پایدار برای آن، کاملاً ضروری است.

حث در یافته‌ها

نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی، مطالعات میدانی و عملیات حفاظتی-مرمتی کتیبه گچبری مسجد آق قلعه سبزوار، تصویری جامع از ویژگی‌های فنی، آسیب‌شناسی و رفتار تخریبی این اثر تاریخی ارائه می‌دهد. تحلیل داده‌های پراش‌سنجی پرتو ایکس (XRD) و فلورسانس اشعه ایکس (XRF) نشان می‌دهد که انتخاب رنگدانه‌ها، بستر گچی و تکنیک‌های اجرایی به‌کاررفته در این کتیبه، کاملاً منطبق با سنت‌های رایج در گچبری‌های رنگین دوره ایلخانی است.

تحلیل ترکیب رنگدانه‌ها:

حضور غالب کانی هماتیت (Fe_2O_3) در رنگ قرمز، بر اساس

نتایج حاصل از آنالیز پراش‌سنجی این رنگدانه، مؤید استفاده از رنگ معدنی آخ‌رای قرمز است؛ رنگدانه‌ای پایدار، ارزان و در دسترس که در تزئینات معماری اسلامی کاربرد گسترده‌ای داشته است. شناسایی هم‌زمان کانی‌هایی نظیر کوارتز، ژپس و انیدریت در نمونه رنگ قرمز، نشان می‌دهد که لایه رنگ در ارتباط مستقیم با بستر گچی اجرا شده و بخشی از مواد شناسایی شده، ناشی از نفوذ یا همراهی ملات و اندود زیرکار با نمونه رنگ بوده است. حضور هم‌زمان ژپس و انیدریت، به‌ویژه، دلالت بر هیدراتاسیون ناقص گچ دارد که یکی از عوامل مهم کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش تخلخل اندود گچی و فرسایش و تخریب شدید آن تحت تاثیر عوامل محیطی به‌شمار می‌رود.

در رنگدانه آبی، نتایج XRD و XRF به‌طور هم‌زمان نشان‌دهنده استفاده از رنگ آبی لاجوردی است. درصد بالای SiO_2 ، همراه با مقادیر قابل توجه CaO و SO_3 نشان‌دهنده حضور گچ به‌عنوان بستر اصلی و ماده زمینه‌ای رنگ است. شناسایی مقادیر اندک اما معنادار Co_3O_4 در آنالیز XRF، احتمال استفاده از رنگدانه‌های آبی با کیفیت بالا یا ترکیب لاجورد طبیعی با ناخالصی‌های کبالت‌دار را تقویت می‌کند. این ترکیب، ضمن ایجاد جلوه بصری مطلوب، حساسیت بالاتری نسبت به عوامل محیطی، به‌ویژه آلاینده‌های جوی و رطوبت، دارد که در تغییر رنگ و خاکستری شدن لاجورد به‌وضوح مشاهده شده است.

پیوند نتایج آزمایشگاهی با آسیب‌شناسی

یافته‌های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی با نتایج آسیب‌شناسی میدانی تزئینات گچبری هم‌خوانی کامل دارند. تخلخل بالای گچ، هیدراتاسیون ناقص و حضور یون‌های مهاجم نظیر سولفات و کلرید، موجب افزایش نفوذپذیری اندود و تسهیل مهاجرت املاح شده است. این فرآیند، در کنار رطوبت صعودی ناشی از قنات زیر بنا و رطوبت نزولی حاصل از نزولات جوی، به تبلور نمک‌ها، ایجاد فشار کریستالیزاسیون، طبله‌کردگی، پوسته‌پوسته شدن و در نهایت ریزش لایه‌های گچبری و رنگ انجامیده است.

از سوی دیگر، اقلیم سرد و خشک منطقه سبزوار با نوسانات شدید دمایی شبانه‌روزی، چرخه‌های یخ‌زدگی ذوب، خستگی حرارتی را فعال کرده و این امر به تشدید ترک‌زایی، جدایش لایه‌ها و کاهش چسبندگی بین بستر گچ، کاهش زیرین و لایه رنگ منجر شده است. آثار این فرایندها به‌ویژه در جبهه‌های شمالی و غربی بنا که بیشترین تماس را با عوامل جوی دارند، شدیدتر بوده است.

نقش عوامل انسانی، بیولوژیک و سازه‌ای

تحلیل آسیب‌ها نشان می‌دهد که تخریب کتیبه صرفاً نتیجه عوامل طبیعی نیست، بلکه برهم‌کنش عوامل انسانی، بیولوژیک و سازه‌ای نقش تعیین‌کننده‌ای داشته است. فعالیت موربانه‌ها با تخریب اندود کاهش زیرین، موجب تضعیف

رنگ‌پردازی کتیبه را تأیید می‌کند. تحلیل کانی‌شناسی نمونه‌ها، به‌ویژه شناسایی هم‌زمان ژئیس و انیدریت، بیانگر هیدراتاسیون ناقص گچ و تخلخل بالای اندود است که نقش مهمی در کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش آسیب‌پذیری تزئینات در برابر عوامل محیطی ایفا کرده است.

یافته‌های آزمایشگاهی در تطابق کامل با نتایج آسیب‌شناسی میدانی نشان می‌دهد که تخریب کتیبه گجبری این بنا حاصل برهم‌کنش پیچیده عوامل طبیعی، اقلیمی، شیمیایی، سازه‌ای، بیولوژیک و انسانی است. نوسانات شدید دمایی، چرخه‌های یخ‌زدگی-ذوب، رطوبت صعودی و نزولی، مهاجرت و تبلور املاح، فشارهای سازه‌ای ناشی از گنبد، نفوذ آلاینده‌های شیمیایی مرتبط با فعالیت‌های صنعتی در مجاورت بنا، آلودگی‌های زیستی، وانادالیسم و مرمت‌های نادرست گذشته، به‌طور هم‌زمان موجب ترک‌زایی، جدایش لایه‌ها، پلله‌کردگی، پوسته‌شدن و ریزش تدریجی لایه‌های گجبری و رنگ آن شده است و کیفیت ساختاری و بصری اثر را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند.

بر این اساس، راهبردهای حفاظتی مرمتی این پژوهش بر پایه شناخت دقیق مواد تاریخی، سازوکارهای تخریب و اصول مرمت علمی، حفاظت پیشگیرانه و حداقل مداخله انتخاب و اجرا شده است. این اقدامات شامل مستندنگاری دقیق، پاک‌سازی ترکیبی مکانیکی و شیمیایی، استحکام‌بخشی لایه‌های گچ و رنگ، بازسازی حداقلی بخش‌های آسیب‌دیده با استفاده از مواد سازگار و برگشت‌پذیر، و موزون‌سازی رنگی کنترل‌شده با رعایت اصول تشخیص‌پذیری و مبنای خوشنویسی ایرانی بوده است. تثبیت نهایی با پارالوئید B۷۲ به‌عنوان لایه محافظ، در کنار استفاده از موادی چون آبرنگ، پریمال و پلکستول، بیانگر رعایت ملاحظات اخلاقی و فنی مرمت و حفظ اصالت اثر است.

از مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش می‌توان به احیای جلوه‌های اصیل هنری، ساختاری و معنایی کتیبه، مهار روند تخریب پیش‌رونده و بازگرداندن اعتبار بصری، فرهنگی و هنری اثر اشاره کرد. افزون بر این، ارائه مجموعه‌ای از پیشنهادات حفاظتی و مدیریتی، از جمله ایجاد سامانه دفع رطوبت، نصب عناصر حفاظتی، کنترل شرایط محیطی و آموزش متولیان، زمینه‌ای عملی برای پیشگیری از تکرار آسیب‌ها را فراهم آورده است.

در نهایت، این مطالعه با تلفیق داده‌های آزمایشگاهی و مطالعات میدانی، ضمن تبیین دقیق مکانیسم‌های فرسایش گجبری‌های رنگین، الگویی کارآمد و قابل تعمیم برای مرمت علمی تزئینات وابسته به معماری دوره ایلخانی در اقلیم‌های مشابه ارائه می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان مرجعی مؤثر در سیاست‌گذاری‌های حفاظتی، آموزش متخصصان و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت صیانت از میراث معماری ایرانی اسلامی مورد استفاده قرار گیرد.

پیوستگی مکانیکی لایه‌ها شده و زمینه را برای نفوذ رطوبت و تشدید آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی فراهم کرده است. هم‌زمان، فشار ناشی از وزن گنبد، بار مرده برف و لرزش‌های محیطی، موجب گسترش ترک‌های سازه‌ای و انتقال تنش به لایه‌های تزئینی شده است. مداخلات انسانی مخرب، مرمت‌های غیراصولی، حفاری‌های غیرمجاز و فقدان حفاظت مناسب، این روند تخریبی را تسریع کرده است.

ارزیابی اقدامات حفاظتی - مرمتی

انتخاب روش‌ها و مواد مرمتی در این پژوهش، بر پایه شناخت دقیق ترکیب مواد، مکانیسم‌های تخریب و اصول حفاظت حداقلی انجام شده است. استفاده از پریمال، پلکستول و پارالوئید B۷۲ با غلظت‌های کنترل‌شده، برای استحکام بخشی گجبری و لایه رنگ تزئینی آن، ضمن افزایش چسبندگی و انسجام لایه‌ها، اصل بازگشت‌پذیری و سازگاری با مصالح تاریخی را تأمین کرده است. موزون‌سازی رنگی با آبرنگ و رعایت اصل تشخیص‌پذیری، موجب حفظ خوانایی بصری اثر بدون مخدوش کردن اصالت تاریخی آن شده است.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که رنگدانه‌ها و تکنیک‌های به‌کاررفته در کتیبه گجبری مسجد آق قلعه، از نظر مادی و فنی کاملاً منطبق با سنت‌های دوره ایلخانی است؛ با این حال، ترکیب نامناسب شرایط اقلیمی، رطوبت، آلاینده‌های شیمیایی، ضعف‌های سازه‌ای، عوامل بیولوژیک و مداخلات انسانی، منجر به تخریب تدریجی این تزئینات شده است. تلفیق داده‌های آزمایشگاهی و مطالعات میدانی، نه تنها به درک دقیق مکانیسم‌های فرسایش گجبری کمک کرده، بلکه مبنای علمی لازم برای انتخاب راهکارهای حفاظتی و مرمتی مؤثر را فراهم آورده است. این رویکرد تحلیلی-ترکیبی می‌تواند به‌عنوان الگویی قابل تعمیم در حفاظت و مرمت سایر گجبری‌های رنگین تاریخی در اقلیم‌های مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری نهایی

کتیبه گجبری مسجد آق قلعه نقاب سبزوار، به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین نمونه‌های هنر گجبری دوره ایلخانی در شرق ایران، واجد ارزش‌های برجسته تاریخی، مذهبی و هنری است. پژوهش حاضر با رویکردی چندوجهی و مبتنی بر تلفیق مطالعات میدانی، تحلیل‌های آزمایشگاهی و اقدامات اجرایی حفاظت و مرمت، امکان دستیابی به شناختی جامع از ساختار فنی، مواد به‌کاررفته، رنگدانه‌ها، مکانیسم‌های تخریب و شیوه‌های مرمت علمی این کتیبه را فراهم ساخته است.

نتایج آنالیزهای دستگاهی مبتنی بر روش‌های پراش‌سنجی (DRX) و فلورسانس پرتو ایکس (XRF) به‌روشنی نشان داد که در رنگ‌آمیزی تزئینات گجبری از رنگدانه‌های معدنی اصیل و منطبق با سنت‌های تاریخی دوره ایلخانی، شامل اُخرای قرمز مبتنی بر هماتیت (Fe_2O_3) و رنگ آبی لاجورد طبیعی استفاده شده است؛ امری که اصالت فنی و تاریخی

Translated by Abolhasan Sarvaghad Moghadam.

Mashhad: Foundation for Islamic Research Publications, Astan Quds Razavi. (In Persian)

[گدار، آ. (۱۳۸۷). آثار ایران (جلد دوم، ترجمه ابوالحسن سروقد مقدم، چاپ پنجم). مشهد: نشر بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی.]

Grube, E., & Chierato, U. (1997). *Ilkhanid and Timurid Art*. Translated by Yaqoub Azhand. Tehran: Mola Publications. (In Persian)

[گروه، ارنست و شرانو، امیرتو (۱۳۷۶). هنر ایلخانی و تیموری، ترجمه یعقوب آژند، تهران: انتشارات مولا]

Gurkan Dasht, S., & Mortezaei, M. (2025). A Study of the History of Aq Qala City in Khorasan with Regard to the Periodic Journeys of the Ilkhanids and the Urban Structures of the Yuan Dynasty. *Parseh Archaeological Studies*, 9(31), 260-272. (In Persian)

[گرکان دشته، شاهین؛ و مرتضایی، محمد (۱۴۰۴). بررسی پیشینه شهر آق‌قلعه خراسان با نگاهی به روند سفرهای دوره‌ای ایلخانان و ساختارهای شهری دوره یوان. مطالعات باستان‌شناسی پارسه، ۳۱(۹)، ۲۶۰-۲۷۲]

Hamzavi, Y. (2021). Structural study of pigments on Stucco inscription on the porch of Seyyed Shams-din tomb (Yazd-Iran). *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 8(12), 24-42. doi: 10.29252/ahdc.2021.15122.1433. (In Persian)

[حمزوی، یاسر. (۱۳۹۹). مطالعه ساختارشناسی رنگدانه‌های تزئینی کتیبه گچی ایوان بقعه سیدشمس الدین یزد. معماری اقلیم گرم و خشک،

[Doi: ۱۰.۲۹۲۵۲/ahdc.۲۰۲۱.۱۵۱۲۲.۱۴۳۳ ۸(۱۲), ۲۴-۴۲.

Hamzavi Y, Koochakzaei A, Negarestani A. (2021). Characterization of Colored Mortar of Boumsab Gypsum Arrays of Ganjali Khan School (Caravanserai) in Kerman. *Parseh J Archaeol Stud*. 5(17), 14 doi:10.30699/PJAS.5.17.28. (In Persian).

[حمزوی یاسر، کوچکزایی علیرضا، نگارستانی علی اصغر. (۱۴۰۰). ساختارشناسی ملات رنگی آرایه‌های گچی بوم‌ساب در مدرسه (کاروانسرا) گنجعلی‌خان کرمان مطالعات باستان‌شناسی پارسه

[۵ (۱۷) ۲۸۷-۳۰۲ ۲۸۷-۳۰۶۹۹ PJAS/۱۰.۳۰۶۹۹.۱۷.۱۷۰۲۸۷]

Hamzelo, M. (2001). *Applied arts at Soltaniye Dome*. Tehran: Makan.

[حمزه‌لو، م. (۱۳۸۰). هنرهای کاربردی در گنبد سلطانیه. تهران: ماکان]

Hill, D., & Grabar, O. (1967). *Islamic Architecture and Decorations*. Translated by Mehrdad Vahdati Daneshmand. Tehran: Scientific and Cultural

Abbasi, J., Bahadori, R., Cappa, F., Jembrih-Simbuerger, D., Schreiner, M., & Beheshti, S. I. (2023). Laboratory studies on materials and pigments used in inscriptions and mural paintings in the tomb of Ghadmagah in Neishabour. *Parseh J Archaeol Stud*, 7(23), 325-356. (In Persian)

[عباسی جواد، بهادری رویا، کاپا فدریکا، جمبریه-سیموگر دوبراوکا، شراینر مانفرد، بهشتی ایرج. (۱۴۰۲). مطالعات آزمایشگاهی بر روی مواد و رنگدانه‌های به‌کاررفته در کتیبه و دیوارنگاره‌های بقعه قدمگاه نیشابور. پژوهش‌های باستان‌شناسی پارسه ۳۲(۷):۳۲۵-۳۲۵]

Azarkhord, F., Hashemi Zarjabad, H., & Zarei, A. (2022). "An Investigation and Study of the Applied Geometry in the Ilkhanid Mosques of Khorasan: A Case Study of Jameh Sabzevar, Agh Qaleh Mosque, Kermaniha Mosques, and Jameh Qa'en." *Proceedings of The third national conference on the role of Khorasan in the flourishing of Iranian-Islamic art and architecture*, Mashhad.

[آذرخرداد، ف. هاشمی زرج‌آباد، ح. & زارعی، ع. (۱۴۰۱). واکاوی و مطالعه هندسه کاربردی در مساجد ایلخانی خراسان: مطالعه موردی: (جامع سبزوار، مساجد آق‌قلعه، کرمانی‌ها و جامع قائن). مجموعه مقالات سومین همایش ملی نقش خراسان در شکوفایی هنر و معماری ایرانی-اسلامی، مشهد.]

Bater, M., & Nazari Boron, A. (2021). Structural study and laboratory survey of the decoration of Kaboudani Mosque in Khaf. *JRA*, 7(1), 167-186. (In Persian)

[باتر مسعود، نظری برون افسر. (۱۴۰۰). مطالعه ساختاری و بررسی آزمایشگاهی آرایه‌های مسجد کبودانی خواف پژوهش باستان‌سنجی ۷ (۱) ۱۶۷-۱۸۶.]

Blair, S., & Bloom, J. (2007). *Islamic Mongols: From the Mongol invasions to the Ilkhanids*. In M. Hattstein & P. Delius (Eds.), *Islam: Art and Architecture*.

Farahmand Boroujeni, H., Abed Esfahani, A., & Shishebori, T. (2013). The study of materials and techniques of mural painting in five Ilkhanid monuments of Yazd city. *Maremat-e Asar VA Baft-haye Tarikhi-Farhangi*, 2(4). (In Persian)

[فرهمند بروجنی، ح.، عابد اصفهانی، ع.، و شیشه‌بری، ط. (۱۳۹۱). شناخت مواد و فنون دیوارنگاری پنج بنای دوره ایلخانی شهر یزد. مرمت آثار و بافت‌های تاریخی و فرهنگی، ۴(۲). Godar, A. (2008). *The Works of Iran* (Vol. 2, 5th Ed.).

- انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی].
- MIT OpenCourseWare. (2002). Religious architecture of the Ilkhanids. Retrieved from <https://ocw.mit.edu/courses/4-614-religious-architecture-and-islamic-cultures-fall-2002/pages/lecture-notes/ilkhanids/>
- Mohtasham, A., Salehiyou, L., & Ahmadi, K. (2014). Technical study of stucco ornaments in the Shah-Shahan House using XRD, SEM-EDS, and wet chemistry. *Journal of Advanced Materials and Technologies*, 3(2). (In Persian)
- [محتشم، ع.، صالحیون، ل.، و احمدی، ک. (۱۳۹۳). بررسی فنی آرایه‌های گجبری خانه شهشهان اصفهان با استفاده از روش‌های دستگاهی XRD و SEM-EDS و شیمی تر. مواد فناوری‌های پیشرفته، ۳(۲)]
- Najiboglu, G. (2000). *Geometry and Decoration in Islamic Architecture (Topkapi Scroll)*. Translated by Mehrdad Qayoumi Bidehendi. Tehran: Rozaneh Publications. (In Persian)
- [نجیب اوغلو، گلرو (۱۳۷۹)، هندسه و تزیین در معماری اسلامی (طومار توپقاپی)، ترجمه مهرداد قیومی بیدهدی، تهران: نشر روزنه]
- Nekoee Isfahani, M., Khatabakhsh, F., Yazdani, M., Jabalamelli, R., & Omrani, R. A. (2005). Understanding and conservation of Oljaito Altar in Isfahan Mosque. In R. Vatandoust (Ed.), *7th Conference on Conservation and Restoration of Historical Objects, Architecture, and Decorations* (pp. 428–451). Tehran: Cultural Heritage Research Center. (In Persian)
- [نکویی اصفهانی، م.، خطابخش، ف.، یزدانی، م.، جبل‌عاملی، ر.، و عمراتی، ر.، اعظمی، ر. (۱۳۸۴). مطالعه، بررسی و حفاظت محراب اولجایتو در مسجد جامع اصفهان. در رسول وطن‌دوست (ویراستار)، مجموعه مقالات هفتمین همایش حفاظت و مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی و تزیینات وابسته به معماری (صص. ۴۵۱–۴۲۸). تهران: پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.]
- Papeli Yazdi, M.H (1988), *Iran's Encyclopedia of Villages and Religious Places*, Mashhad: Astan-e-Ghods Razavi Islamic Research Institution. (In Persian)
- [پاپلی‌یزدی، م.ح. (۱۳۶۷). فرهنگ آبادی‌ها و مکان‌های مذهبی کشور. مشهد: نشر آستان قدس رضوی.]
- Pop, A. (1994). *Architecture of Iran* (3rd ed.). Translated by Gholamhossein Sadri Ashfar. Farhang Publications. (In Persian)
- [پوپ، ایهام (۱۳۷۳)، معماری ایران، ترجمه غلامحسین Publications. (In Persian)
- [هیل، د.، گرابار، ا. (۱۳۷۵). معماری و تزیینات اسلامی (ترجمه مهرداد وحدتی دانشمند). تهران: انتشارات علمی و فرهنگی]
- Hosseini, M. (2014). *Historical Mosques of Khorasan (Volume 1)*. Mashhad: Astan Quds Razavi Publications. (In Persian)
- [حسینی، م. (۱۳۹۳). مساجد تاریخی خراسان (جلد یکم). مشهد: نشر آستان قدس رضوی.]
- Karimi, A., & Holakoe, P. (2008). Architecture and decorations in Pirhamze Sabz Posh in Abarkoh. *Gholestan Honar Magazine*, 14, 18–29. (In Persian)
- [کریمی، ا.، و هلاکویی، پ. (۱۳۸۷). معماری و تزیینات بنای پیر حمزه سبزویش ابرکوه. فصلنامه گلستان هنر، ۱۴، ۱۸–۲۹]
- Kiani, M. Y. (1998). *Period Islamic architecture of Iran with related decorations*. Tehran: The Cultural Heritage Organization. (In Persian)
- [کیانی، محمد یوسف. (۱۳۷۶). تزیینات وابسته به معماری دوران اسلامی. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.]
- Labaaf Khani, R. (1988). Report on the excavation of the Ilkhanid city of Aq Qala [Unpublished manuscript]. Archive of the Iranian Cultural Heritage and Tourism Organization, Razavi Khorasan. (In Persian)
- [لباف‌خانیک، ر. (۱۳۶۷). گزارش گمانه‌زنی شهر ایلخانی آق‌قلعه [دست‌نویس منتشر نشده]. آرشیو سازمان میراث فرهنگی و گردشگری خراسان رضوی.]
- Labaaf Khani, R. (۲۰۰۳). Report on the Archaeological Survey and Identification of the Jowin County. Tehran: Iranian Cultural Heritage Organization. (In Persian)
- [لباف‌خانیک، ر. (۱۳۸۲). گزارش بررسی و شناسایی باستان‌شناسی شهرستان جوین. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور]
- Mahdinejad Moghadam, L., & Godarzi, M. (2014). The Mihrab and the motifs used in it (Seljuk and Ilkhanid periods). *Naghsheh-Maye*, 8(19), 7-18. (In Persian)
- [مهدی‌نژادمقدم، ل.، & گودرزی، م. (۱۳۹۳). محراب و نقوش به کار رفته در آن (دوره سلجوقی و ایلخانی). نقش‌مایه، ۸(۱۹)، ۷–۱۸]
- Makinezhad, M. (2008). *Art history of Iran in the Islamic era: Architecture ornaments*. Tehran: The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT). (In Persian)
- [مکی‌نژاد، مهدی. (۱۳۸۷). تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی: تزیینات معماری. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم

- Shekofteh, A. (2022). The most significant visual characteristic in stucco decorations, Ilkhanid architecture of Iran. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 1(2), 79-98. (In Persian)
- [شکفته، عاطفه. (۱۴۰۰). ویژگی‌های بصری شاخص تزئینات گچبری معماری عصر ایلخانی. *مطالعات معماری ایران*, ۱(۲), ۷۹-۹۸.]
- Shirvani M. (2019). Study of Pigments in Decorations of Exterior Porch Painting in Soltanieh Dome of Zanjan. *JRA*. 5(1), 129-142. (In Persian)
- [شیروانی مریم. (۱۳۹۸). شناخت رنگدانه‌ها در آرایه‌های گچی ایوان بیرونی ضلع جنوب غربی گنبد سلطانیه زنجان پژوهش باستان‌سنجی ۵ (۱): ۱۲۹-۱۴۲]
- Torabi, S. (2009). Study on the technology of wall painting in Pir Bakran Tomb. *Maremat & Pazhoohesh*, 2(2), 71-82. (In Persian)
- [ترابی، س. (۱۳۸۸). مطالعه و بررسی فن‌شناسی دیوارنگاره‌های موجود در چله‌خانه بقعه پیربکران. *دو فصلنامه مرمت و پژوهش*, ۲(۲), ۷۱-۸۲.]
- Taghavi nejad B. (2019). The Comparative Study of Geometric Ornaments of Plaster Mihrabs Created during Seljuk Period versus the Ones Created during Ilkhanid Period in Iran. *Mmi* 2019; 9 (20): 21-40. (In Persian)
- [تقوی نژاد بهاره. مطالعه تطبیقی تزئینات هندسی محراب‌های گچ‌بری دوره سلجوقی با محراب‌های گچ‌بری دوره ایلخانی در ایران. *نشریه علمی مرمت و معماری ایران*. ۱۳۹۸، ۹ (۲۰): ۲۱-۴۰.]
- Wilber, D. N. (1967). *Islamic Architecture of Iran: The Ilkhanid Period*. Translated by Abdullah Faryar. Tehran: Book Translation and Publication Company. (In Persian)
- [ویلبر، دونالد. ن (۱۳۴۶)، معماری اسلامی ایران: دوره ایلخانیان، ترجمه عبدالله فریار، تهران: نگاه ترجمه و نشر کتاب.]
- Younesi, M., Askarpour, V., & Askarpour, V. (2017). Archaeometry of the western mihrab of the northern shabistan of Kashan Jami Mosque. *Kashan-Shenasi*, 10(1), 68-87. (In Persian)
- [یونسی، محسن، عسگرپور، وحید و بحرالعلومی، فرانک. (۱۳۹۶). مطالعات باستان‌سنجی محراب ضلع غربی شبستان شمالی جامع کاشان. *کاشان‌شناسی*, ۱۰(۱), ۶۸-۸۷]
- شکل روبرو محراب گچبری امامزاده ربیع‌خاتون اشترجان اصفهان با کتیبه‌هایی به خط کوفی، ثلث، دوره ایلخانی (۷۰۸ هجری قمری) اندازه ۵۰×۲۶۸×۴۱۲ سانتی متر
- شماره اثر: ۳۲۷۱
- عکس از آرشیو سایت موزه ملی ایران
- صدری افشار، چاپ سوم، نشر فرهنگان]
- Razani, M., Kordi, M., Mortazavi, M., & Sedghi, Y. (2022). Study of colorants materials on the decoration patterns on the north and southeast porches of Soltanieh Dome, Zanjan, Iran. *Archaeological Research of Iran*, 11(31), 265-288. (In Persian)
- [رازانی، مهدی، کردی، مهدی، مرتضوی، محمد و صدقی، یاسین. (۱۴۰۰). بررسی مواد رنگساز در نقوش تزئینی ایوان‌های شمالی و جنوب‌شرقی میراث جهانی گنبد سلطانیه. *پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران*, ۱۱(۳۱), ۲۶۵-۲۸۸.]
- Sadaqat, M. (2005). Religious Themes in the Epigraphy of Tombstones and Mihrabs at the National Museum. *Islamic Art Studies*, 2(3), 77-96. (In Persian)
- [صداقت، معصومه. (۱۳۸۴). مضامین مذهبی در خط‌نگاره‌های سنگ قبرها و محراب‌های موزه ملی. *مطالعات هنر اسلامی*, ۲(۳), ۷۷-۹۶]
- Sajadi, A. (1996). *The Evolution of the Mihrab*. Tehran: Iranian Cultural Heritage Organization Publications. (In Persian)
- [سجادی، علی (۱۳۷۵)، سیر تحول محراب، تهران: نشر سازمان میراث فرهنگی کشور.]
- Salehi Kakhki, A., Taghvinajad, B., & Rashidnia, Z. (2016). A study of the decorative features of plasterwork by Kerman artists from the Ilkhanid to early Timurid periods. *Negareh Quarterly*, 11(37), 19-31. (In Persian)
- [صالحی کاخکی، احمد، تقوی نژاد، بهاره، & راشدنیا، زهرا. (۱۳۹۵). مطالعه ویژگی‌های تزئینی آثار گچ‌بری هنرمندان کرمانی در دوره ایلخانی تا ابتدای دوره تیموری. *فصلنامه نگره*, ۱۱(۳۷), ۱۹-۳۱.]
- Shekofteh, A. (2013). The most significant visual characteristic in stucco decorations of Ilkhanid architecture of Iran. *Journal of Iranian Architectural Studies (JIAS)*, 1(2), 79-98. (In Persian)
- [شکفته، ع. (۱۳۹۱). ویژگی‌های بصری شاخص آرایه‌های گچبری معماری عصر ایلخانی. *مطالعات معماری ایران*, ۱(۲), ۷۹-۹۸]
- Shekofteh, A., Ahmadi, H., & Oudbashi, O. (2015). Seljuk brickwork decorations and their sustainability in Khwarezmid and Ilkhanid decorations. *Islamic Architecture Research*, 3(1), 84-104. (In Persian)
- [شکفته، ع، احمدی، ح. و عودباشی، ا. (۱۳۹۴). آرایه‌های اجرکاری سلجوقیان و تداوم آن در آرایه‌های دوران خوارزمشاهی و ایلخانی. *پژوهش‌های معماری اسلامی*, ۳(۱) (پیاپی ۶)، ۸۴-۱۰۴]



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

