تبیین راه حل‌های حفاظتی براساس شناخت و گونه شناسی و آسیب شناسی مقرنس‌ها در مساجد (نمونه موردی مجموعه مشتاقیه کرمان)

حسین اسمعیلی سنگری[1*]، مینا حیدری ترکمانی[2]، امیرحسین جعفرپور[3]

h.esmaeeli@richt.ir*

۱. استادیار گروه بنا، پژوهشکده ابنیه و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی کشور، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد (استحکام بخشی بناهای تاریخی) دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۲۷

تعداد صفحات: ۲۰

شناسه دیجیتال(doi):

فصلنامه علمی- پژوهشی دانش حفاظت و مرمت

شاپای الکترونیکی: ۶۲۱۷-۳۰۶۰

شاپای چاپی: ۶۰۹۳-۲۵۳۸

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

چکیده

مقرنس‌کاری به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین جلوه‌های تزیین معماری اسلامی، همواره نقش مهمی در غنای بصری و هویتی بناهای تاریخی داشته است. مجموعه تاریخی مشتاقیه کرمان به‌عنوان یکی از آثار برجسته دوره قاجار در جنوب شرق ایران، دارای نمونه‌های ارزشمندی از تزئینات مقرنس‌کاری است که به‌مرور زمان دچار فرسایش و آسیب‌های متعددی شده‌اند. این پژوهش با هدف تبیین راهکارهای حفاظتی و مرمتی، بر پایه گونه‌شناسی و آسیب‌شناسی مقرنس‌های این مجموعه، به‌صورت یکپارچه و نظام‌مند انجام شده است. در مرحله نخست، با انجام مستندنگاری دقیق، ویژگی های فرمی، هندسی و ساختاری مقرنس‌ها شناسایی و طبقه‌بندی شده و در گام بعد، انواع آسیب‌های ساختاری و سطحی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در ادامه، طرح‌های حفاظتی، مرمتی و استحکام‌بخشی متناسب با اصالت و ارزش های تاریخی بنا ارائه شده است. همچنین بازسازی دیجیتالی سه بعدی وضعیت قبل و بعد از مرمت، به‌منظور مستندسازی دقیق و انتقال دانش مرمت، انجام پذیرفته است. نتایج این پژوهش می تواند الگویی کاربردی برای حفاظت و مرمت تزئینات مشابه در سایر بناهای تاریخی ایران فراهم آورد.

واژگان کلیدی: مقرنس، معماری، مشتاقیه کرمان، آسیب شناسی، حفاظت و مرمت

۱. مقدمه

فن مقرنس کاری هنری است ساخته شده از آجر، گچ و کاشی که در زیباسازی بنا نقش مهمی را ایفا می‌نماید. در واقع، عنصر مقرنس در بنا به شکل طبقاتی که بر روی یکدیگر ساخته شده برای آرایش بنا یا تبدیل آن از شکلی هندسی به شکل هندسی دیگر به کار می‌رود. به عبارتی می‌توان گفت که مقرنس نوعی کاربندی است متشکل از طاسه هایی که در ردیف‌هایی انتظام می‌یابد و هر ردیف خود حامل ردیف دیگری است که از بالای آن بیرون می‌زند (نجیب اوغلو، ۴۰۷:۱۳۷۹). نتیجه این تشکیلات ترکیبی پلکانی است که گاه به آن طاقبندی کندویی یا استالاکتیت نیز می‌گویند. در بسیاری از منابع مقرنس بخشی از طاق خوانده شده که تأثیر تزیینی سه بعدی ایجاد می کند و هدف ابتدایی آن احتمالاً ایجاد انگاره‌ای فضایی برای پیوستن آرام و زیبای مربع پایه به دایره گنبد می‌باشد. با بررسی آثار اولیه به جای مانده می‌توان دریافت که مقرنس ابتدایی به کار رفته در ابنیه نقشی کاربردی ایفا می‌کرده است و در بسیاری از عمارت‌های اولیه مقرنس در خدمت تبدیل یک پلان مربع به گنبد بوده است. اما به تدریج نقش کاربردی مقرنس تبدیل به نقشی تزیینی می‌شود و این عنصر به جهت زینت سر ستون تاقچه، سردر و غیره در ابنیه جلوه گر می‌گردد. مقرنس مخلوق اسلام نیست و قبل از اسلام نیز در اکثر کشورها به طور ساده و مفصل به کار رفته است ولی در دوره اسلام تحول بیشتری یافته و به یک ساخته اسلامی مشهور شده است (زمانی، ۴۷:۱۳۵۰). مقرنس‌ها تنها عناصر تزئینی نیستند، بلکه حامل ارزش های هنری، فرهنگی و تاریخی‌اند که هویت معماری اسلامی و ایرانی را شکل داده‌اند. درک زیبایی‌شناسی خاص این ساختارها، به شناخت روح معماری تاریخی ما منجر می‌شود. افزون بر ارزش هنری، این عناصر بازتابی از دانش مهندسی و فناوری ساخت در دوره‌های مختلف تاریخی نیز به شمار می‌آیند. از این‌رو، حفظ و نگهداری مقرنس‌ها، حفظ بخشی از تاریخ معماری و فرهنگ است. مجموعه

مشتاقیه کرمان، یکی از بناهای تاریخی ارزشمند در جنوب شرقی ایران، دربردارنده سه گنبدخانه متعلق به دوره‌های مختلف تاریخی است که از نظر معماری و تزئینات به‌ویژه مقرنس‌کاری، اهمیت بسیار دارد. با وجود اهمیت هنری و تاریخی، متأسفانه مقرنس‌های این مجموعه دچار آسیب‌های متعددی شده‌اند. فرسایش ناشی از شرایط اقلیمی کرمان، ورود رطوبت به بافت گچی، آلودگی‌های محیطی و همچنین انجام مرمت‌های غیراصولی در گذشته باعث شده بخش هایی از این مقرنس‌ها ترک بردارند، پوسته‌پوسته شوند یا حتی به‌کلی فرو بریزند. در برخی موارد، الحاقات جدید و ناهماهنگ نیز به ساختار آسیب زده‌اند و هویت اصیل آن را مخدوش کرده‌اند. علاوه بر آسیب‌های فیزیکی، نبود برنامه منظم برای پایش و نگهداری، نبود مستندنگاری دقیق از مراحل آسیب و مرمت و نیز کم‌توجهی به اصول حفاظتی در مواجهه با این آثار، مشکلات موجود را تشدید کرده است. این درحالی است که مجموعه مشتاقیه نه تنها به دلیل جایگاه عرفانی و مذهبی خود بلکه از منظر هنری و معماری نیز شایسته توجه و مراقبت ویژه است. با توجه به جایگاه ویژه مجموعه مشتاقیه در بافت تاریخی کرمان و نقش آن در هویت فرهنگی شهر، مرمت و حفاظت از مقرنس‌های آن ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. این عناصر نه تنها بخشی از تزیینات سازه‌ای هستند، بلکه حامل ارزش های فنی، هنری و تاریخی نیز می‌باشند. مرمت علمی این مقرنس‌ها می تواند ضمن حفظ اصالت بنا، بستری مناسب برای توسعه گردشگری فرهنگی، مطالعات دانشگاهی و آموزش فنون سنتی معماری فراهم آورد. تزئینات وابسته به معماری، به‌ویژه عناصر ظریف و پیچیده‌ای همچون مقرنس، نه‌تنها از منظر زیبایی‌شناسی بلکه از حیث ارزش های تاریخی، هنری و فنی، بخشی جدایی‌ناپذیر از هویت معماری ایرانی–اسلامی به شمار می‌آیند. با این حال، در فرآیند حفاظت و مرمت بناهای تاریخی، اغلب به این عناصر به‌عنوان اجزای صرفاً تزئینی نگریسته می‌شود و بررسی‌های تخصصی و جامع درباره آن ها به‌ویژه در حوزه‌هایی چون گونه‌شناسی، آسیب‌شناسی و ارائه راهکارهای دقیق مرمتی و حفاظتی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعات پیشین، منبعی جامع که به‌صورت نظام‌مند و میدانی تمامی مراحل یاد شده را بر روی یک نمونه مشخص از مقرنس‌ها بررسی کرده باشد، شناسایی نشده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این خلأ علمی، مقرنس‌های مجموعه تاریخی مشتاقیه کرمان را به‌عنوان نمونه موردی انتخاب کرده است. ضرورت این تحقیق از آنجا ناشی می‌شود که مقرنس‌های مشتاقیه، با توجه به موقعیت تاریخی، تنوع ساختاری و وضعیت آسیب‌دیدگی موجود، ظرفیت مناسبی برای بررسی همه‌جانبه دارند. هدف اصلی پژوهش آن است که با گونه‌شناسی این مقرنس‌ها، تحلیل آسیب‌ها و ارائه راهکارهای حفاظتی و مرمتی، الگویی قابل تعمیم برای مواجهه علمی با تزئینات مشابه در سایر بناهای تاریخی کشور ارائه شود. براساس پیشینه تاریخی، دورهٔ سامانیان دوره‌ای است که در آن از الگوهای هندسی منظم در پوشش فضاهای مدولار استفاده شده است. در معماری سلجوقی این الگوها برای پوشش دهانه‌های طاق های دایره‌ای‌وار استفاده شده که تأثیر مهمی در توسعه مقرنس داشته است (Bonner, 2017:24). این عنصر تزئینی در معماری باستان و نیز معماری سنتی و اسلامی ایران از جایگاه والایی برخوردار است و در نوع خود نمایشی از هنر استادکاران فن به شمار می‌آید (انصاری، ۱۴:۱۳۶۰). شکل مقرنس بستگی به فکر و سلیقه استادکاران دارد به همین دلیل شکل مقرنس‌ها متنوع می‌باشد؛ اما کلیه آن ها با استفاده از چند آلت محدود ساخته می‌شوند؛ و به دو نوع مشخص اجرا می‌شوند (شعرباف، ۱۱:۱۳۷۲). مقرنس مخلوق اسلام نیست و قبل از اسلام نیز در اکثر کشورها به‌طور ساده و مفصل به کار رفته است ولی در دوره اسلام تحول بیشتری یافته و به یک ساخته اسلامی مشهور شده است (زمانی، ۴۷:۱۳۵۰). مقرنس مشتمل بر ردیف‌هایی از مثلث‌های محدب است که عموماً به شکل ربع گنبدهای کوچکی روی هم قرار گرفته است. نوک آن ها به سوی فضای خالی خم شده است و نقطه هر پایه خط مقسم ردیف فوقانی را تشکیل می‌دهد و این وضع تا آن جا که طرح کلی اقتضا کند تکرار می‌گردد و اضلاع مقرنس پایه‌هایی است که ردیف‌های فوقانی را نگاه می‌دارد (پوپ، ۱۴۰:۱۳۸۴). طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در تحقیقات پیشین صفایی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «فهم چیستی پوشش پتکانه از طریق تحلیل نمونه‌های نخستین در معماری ایران»، پژوهشگران با انجام بررسی میدانی اولیه، مصاحبه با استادکاران و مدل‌سازی سه بعدی نشان می‌دهند که پتکانه اصالتاً با ایده گوشه‌سازی در گنبدخانه‌های پیش از اسلام آغاز شده و سپس با پیشرفت‌های فنی معماران مسلمان، به ترکیبی ساختاری و هندسی پیچیده تکامل یافته است که امروزه به عنوان پوشش مستقل «پتکانه» شناخته می‌شود. ساخت مقرنس از سقف آغاز شده و به سمت پایین ادامه می‌یابد و در مقرنس، تخت‌ها از مهم ترین عناصر شکل‌دهنده پوشش هستند که کانون هندسی مناسبی برای شکل گیری آن ایجاد می کنند. نژاد ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله ای باعنوان «الگو شناسی تزیینات مقرنس در معماری ابنیه بازار تاریخی تبریز» به گونه شناسی‌هایی در رابطه با مقرنس‌های تبریز پرداخته شده است و چند نوع مقرنس را مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند. احسان زهره وندی (۱۳۹۵) در مقاله ای تحت عنوان «مرمت مقرنس‌های مصلی مشهد» به بررسی مقرنس‌های مصلی پرداخته است و قسمت‌های آسیب دیده و ریخته مقرنس را با قسمت‌های سالم مورد بررسی قرار می‌دهد و در انتها تئوری‌های نظریه پردازان را به عنوان راهکار مرمتی و حفاظتی ارائه می‌دهد. دکتر محمود طاووسی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی مقرنس کاری دوره صفویه با تکیه بر بناهای شهر اصفهان» به مسائلی همچون الگوهای مقرنس و دسته بندی مقرنس‌ها می‌پردازد و در پایان مقرنس‌های موجود در بناهای تاریخی اصفهان را مورد بررسی قرار می‌دهد. کاظمیان و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «آسیب‌شناسی و ارائه طرح حافظتی-مرمتی آرایه‌های گچی بند آجری مسجد جامع عتیق اصفهان» با بررسی فنون اجرایی، عوامل موضعی و فنی، آسیب‌ها را شناسایی و راه‌کارهایی برای افزایش ماندگاری تزئینات گچی ارائه کرد. مختاری (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «آسیب‌شناسی و طرح مرمت مسجد جامع سرشک نطنز و ساماندهی گذر مجاور» با آسیب‌شناسی معماری و زیبایی‌شناختی مسجد، ضرورت مداخلات حفاظتی و مرمتی را برای ارتباط مؤثر میان هویت تاریخی و زندگی امروز شهر بیان کرد. کیوانی نژاد (۱۳۹۲) با عنوان «آسیب‌شناسی بناهای تاریخی؛ مطالعه موردی مسجد جامع ساوه» با استفاده از روش توصیفی–تحلیلی و مطالعات میدانی، شناسایی کرد که ترکیب ترک‌های سازه‌ای، فرسایش، رطوبت صعودی و نزولی، نشست و پوسته‌شدن اندودها، از جمله آسیب‌های جدی این بنا هستند. نژاد ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۲) باعنوان «مطالعه معماری و آسیب‌شناسی گوی‌مچید (مسجد کبود) تبریز با رویکرد تطبیقی مرمتی» آثار آسیب‌زا بر کالبد طرح و تزئینات معماری تبریز را بررسی و چارچوب مرمتی براساس اسناد تاریخی فراهم کرد. هادی احمدی (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان «مطالعه آسیب‌شناسی مقرنس‌های مساجد تاریخی» با موضوع تحقیق درخصوص آسیب‌شناسی مقرنس‌ها در مساجد تاریخی ایران با تمرکز بر نمونه‌های استان کرمان مطالعاتی صورت گرفته است. (Sarah Williams،2023) در مقاله ای با عنوان «تجزیه و تحلیل سازه‌ای مقرنس‌های گچی و سیمانی» مطالعه سازه‌ای مقرنس‌ها به‌ویژه در مناطق با اقلیم‌های خشک و تاثیر آن بر استحکام ساختارهای گچی و سیمانی. علی اکبر فتحی (۱۴۰۲) درمقاله ای با عنوان «مقرنس‌ها و نقوش تزئینی در معماری اسلامی: تاثیرات اقلیمی» بررسی تاثیرات اقلیمی مختلف بر طراحی و حفظ مقرنس‌ها و نقش آن ها در

زیبایی‌شناسی معماری اسلامی مطالعاتی صورت گرفته. (John Smith 2020) در مقاله‌ای با عنوان «پایداری و حفاظت از معماری اسلامی: چالش‌ها و راه‌حل‌ها» کتابی که به چالش‌های حفظ و مرمت آثار معماری اسلامی پرداخته و راه‌حل‌هایی برای حفاظت از جزئیات تزئینی مانند مقرنس‌ها ارائه می‌دهد.

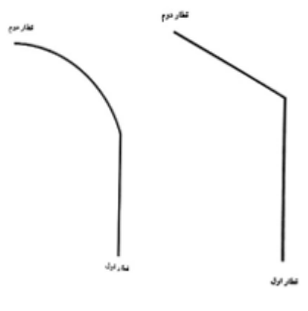
۲. روش پژوهش

این پژوهش در چارچوب روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است تا بتواند ماهیت، ساختار و آسیب‌های موجود در مقرنس‌ها را به‌طور جامع بررسی کند. اطلاعات پژوهش از دو مسیر اصلی گردآوری شده است: مطالعات کتابخانه‌ای برای شناخت نظری و تاریخی مقرنس‌ها و عکس برداری از نمونه موردی برای ثبت جزئیات عینی و واقعی آن ها. ابتدا با استفاده از منابع علمی و تاریخی، انواع و گونه‌های مختلف مقرنس‌ها شناسایی و دسته‌بندی شده است تا چارچوبی دقیق برای تحلیل فراهم شود. در مرحله بعد، نمونه موردی مورد بررسی میدانی قرار گرفت و گونه‌شناسی مقرنس‌ها به صورت تفصیلی انجام شد تا تفاوت ها و ویژگی های هر نوع مشخص گردد. سپس آسیب‌های موجود در سطح سازه‌ای و تزئینی مقرنس‌ها، براساس چک‌لیست طراحی‌شده و معیارهای علمی مورد تحلیل قرار گرفت. این بخش امکان تشخیص نقاط ضعف و تهدیدهای حفاظتی را فراهم می‌آورد و زمینه‌ساز ارائه راهکارهای مرمتی دقیق می‌شود. در مرحله پایانی، پیشنهادهای حفاظتی و مرمتی برای نمونه موردی ارائه شد تا با نگاه علمی و عملی بتوان از میراث معماری حفاظت کرد. همچنین، با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای طراحی و معماری، وضعیت قبل و بعد مرمت به صورت تصویری و جدول‌بندی شده ارائه گردید تا تغییرات و بهبودهای ایجادشده قابل مشاهده باشد. این روش پژوهش، هم زمان رویکردی تحلیلی و خلاقانه دارد و به مخاطب اجازه می‌دهد فرایند تحول آثار معماری را از مرحله شناخت تا بازسازی تجربه کند. به این ترتیب، پژوهش نه تنها به بررسی فنی مقرنس‌ها می‌پردازد، بلکه با نگاه فلسفی و زیبایی‌شناسانه، اهمیت حفاظت از میراث معماری را نیز برجسته می کند.

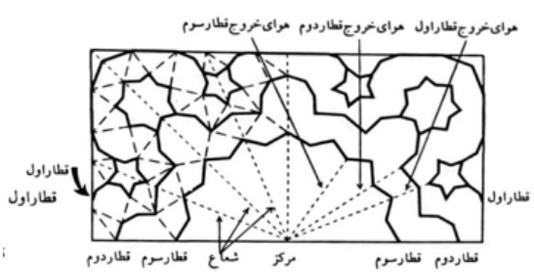
۳. مقرنس

تحلیل هندسی مقرنس مستلزم تجزیهٔ آن به اجزای سازنده‌اش است (نجیب اوغلو، ۴۰۸:۱۹۹۵). مقرنس از اجزای مختلف تشکیل می‌شود و عنصری تزیینی و سازه‌ای محسوب می‌شود. این عنصر زیبا با ساختار سه بعدی اش، مفاهیمی هم چون نظم، وحدت در کثرت، عروج از زمین به آسمان را به نمایش می‌گذارد. در (جدول شمارهٔ۱) آلت‌های مقرنس با توجه به شکل و جهت و موقعیت قرارگیری آن ها دسته بندی شده است. این اجزا با توجه به شکل و جهتی که دارند در محل‌های متفاوت قرار داده می‌شوند و از کنار هم قرار گرفتن این اجزا شکل‌های متفاوت مقرنس به وجود می‌آید. مقرنس را می‌توان بر روی یک نیم کار، چشمه، سرستون، سرمنار، گیلویی سقف‌ها، کتیبه و... اجرا کرد (لرزاده، ۸۵:۱۳۶۰). معمار هنرمند با ابداع ترکیب این عنصر تزیینی تماشاگر را محو خود می‌سازد و چهار نوع متفاوت از آن را پدید می‌آورد که شامل: مقرنس‌های جلو آمده: مصالح آن غالباً از خود بنا است. در نهایت سادگی، بدون هیچ پیرایه‌ای، به صورت آجر یا گچ، انتهای سطوح خارجی نمای بیرون ساختمان را آرایش می‌دهند. برج طغرل و گنبد عالی ابرکوه دارای مقرنس‌هایی از این دسته هستند و کاملاً از آجر ساخته شده‌اند. مقرنس کاری پیش آمده شامل، مصالحی شبیه مصالح کالبد ساختمان است، که به خود ساختمان متصل شده است. این نوع مقرنس کاری زیاد مشاهده نمی‌شود، زیرا اغلب آن ها قسمتی از عملیات پوشش تزئینی ساختمان را تشکیل می‌دهند. مقرنس‌های روی هم قرار گرفته: در سطوح مختلف ساختمان ساخته می‌شد. معمولاً از مصالح به کار رفته اصلی بنا، مانند گچ، آجر و سنگ استفاده می‌شود. غالباً در چند ردیف دو تا پنج یا بیشتر روی هم قرار می‌گیرند. مانند: سقف بازار کاشان. مقرنس‌های معلق: معادل استالاکتیت ها هستند که غالباً از طریق چسباندن یا اتصال مصالحی از قبیل گچ، سفال و کاشی به سطوح مقعر و فرو رفته داخل بناها صورت می‌گیرند، که آویزان بنظر می‌رسند. مانند: مسجد گوهرشاد مشهد. مقرنس‌های لانه زنبوری: شبیه لانه زنبور و در مجموع، کندوهای کوچک بر روی هم می‌باشند. از نظر شکل ظاهری شبیه مقرنس‌های معلق هستند. به ندرت در ایران استعمال شده‌اند. تنها نمونه یافت شده از این نوع در ایران: مقبره شیخ عبدالصمد اصفهانی واقع در نطنز کاشان می‌باشد که در سال ۷۰۷ هجری ساخته شده است. تقسیم بندی مقرنس از لحاظ ساخت: ۱) مقرنس دستپوش: مقرنس را در محلی که قرار است قرار بگیرد می‌سازند. ۲) مقرنس قالبی: در این روش ابتدا قالب منفی مقرنس ساخته می‌شود، پس از ساخت قالب مقرنس روی قالب ریخته می‌شود و سپس به محل نصب انتقال و در محل مورد نظر نصب می‌گردد. انواع قالب عبارتند از: گچی، سیمانی، فایبر گلاس و... مقرنس دستپوش دارای ارزش هنری بیشتری از مقرنس قالبی می‌باشد ولی سرعت ساخت در روش قالبی از روش دستپوش بسیار بیشتر می‌باشد. مقرنس‌های معرق، سنگی، فلزی و ترکیبی را الزاماً باید توسط قالب ساخت، مقرنس‌های گچی و آجری را هم می‌توان به صورت دستپوش وهم به صورت قالبی ساخت.

در جدول شماره ۲، نمونه‌هایی از مقرنس‌ها با تعداد قطارهای متفاوت و قابلیت اجرا در موقعیت‌های مختلف معماری معرفی شده‌اند. این جدول با توجه به ویژگی های فرمی و اجرایی، الگوهایی متناسب با فضاهایی چون ورودی، کنج و زیرگنبد ارائه می‌دهد. هدف، تسهیل انتخاب مقرنس مناسب برای طراحان و مرمت گران است.

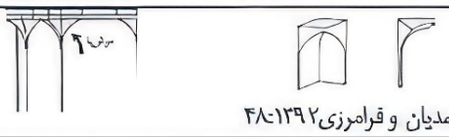
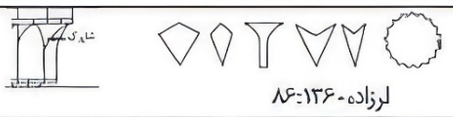
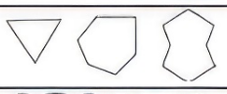
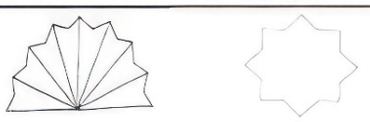
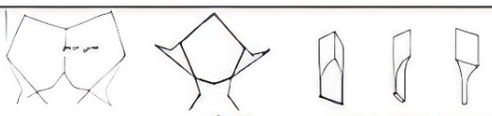
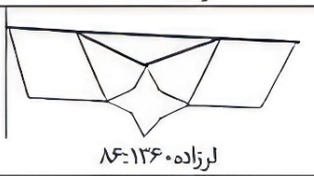


شکل۱. تصویر شکل آلت مقرنس (نگارندگان)

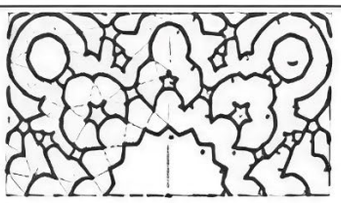
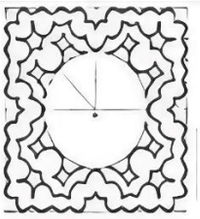
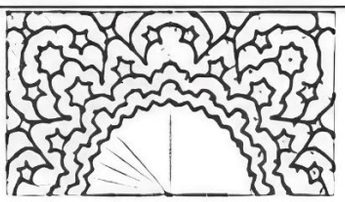
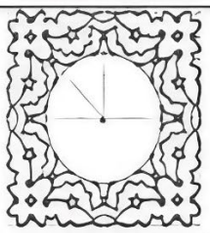
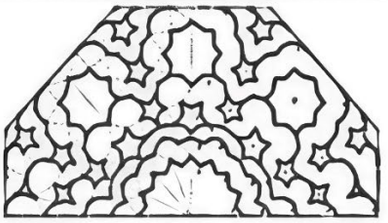
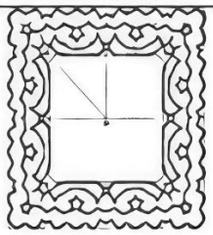
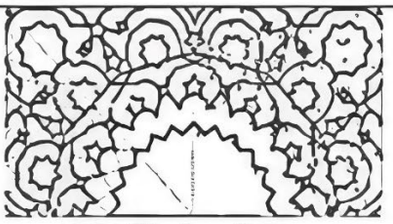
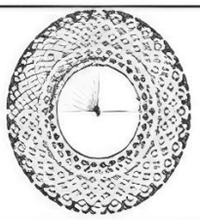
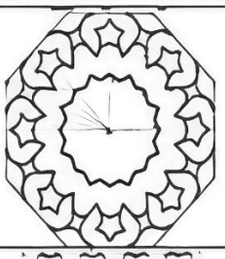
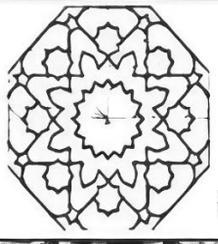
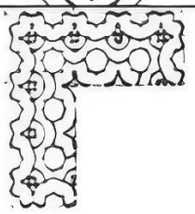
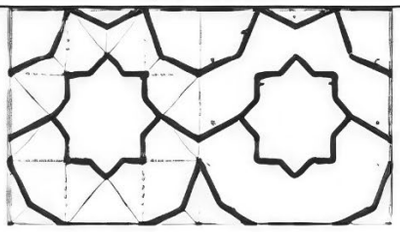


شکل ۲. تصویر هوای خروج (هنر های از یاد رفته، لر زاده)

جدول شماره۱. اجزای سازنده مقرنس، (نگارندگان)

جدول اجزای سازنده مقرنس		
نام اجزا	شکل	توضیحات
موش پا	 محمدیان و قرامرزی۱۳۹۲:۴۸	آلتی که از قطار اول به دیوار متصل شده و کمی بر روی دیوار امتداد می‌یابد
تخت منظم	 لرزاده۱۳۶۰:۸۶	به دو حالت در مقرنس دیده می‌شود: ۱)مثلث، مربع، پنج ضلعی و ... ۲)به صورت ستاره‌های چند پر: سه پر و چهار پر و....
تاپرک	 لرزاده۱۳۶۰:۸۶	عامل اتصال اجزای مقرنس و متناسب با محلی که قرار می‌گیرد از بسیار بسته تا بسیار باز قابل انعطاف است
تخت غیر منظم		مانند تخت طبل ویا تخت مثلث مانند آلت‌های گره به کار گرفته می‌شوند و مابین تنوره‌ها و کنج طاسه ها قرار می‌گیرند.
طاس	 لرزاده۱۳۶۰:۸۶	بین دو تاپرک و بین دو ترنج و گاه بین دو (تی) قرار می‌گیرد و فضاهای قرو رفته مقرنس را به وجود می‌آورد
شمسه		در وسط هر چشمه یا تیم کار مانند عرقچین در پایان کار قرار می‌گیرد.
مدئی	 مدئی یک سو Yaghan,2001,301	هرگاه طاسی به جای ارتفاع معادل یک قطار، دارای۲ و یا ۳ ارتفاع شود و طاسی مرتفع را تشکیل دهد به آن مدنی گویند.
تی	 Kashef,2017,499	هرگاه مابین دو طاس تاپرکی قرار نگیرد و در واقع تاپرک صفر درجه باشد دو طاس به یک دیگر می‌چسبند و ضخامتی معادل دو کاشی پشت به پشت به وجود می‌آورند
ترنج	 لرزاده۱۳۶۰:۸۶	زیر شمسه یا آخر هر کار و یا زیر آلت‌های تخت و چهار لنگه به کار می‌رود
سوسن	 لرزاده۱۳۶۰:۸۶	معمولاً بعد از تخت منظم اجرا می‌شده است تا تاپرک‌ها را به هم اتصال دهد و فضای خالی بین آنها را پر کند.

جدول شماره۲. نمونه هایی از طرح های مختلف مقرنس، (لر زاده)

جدول طرح‌های مختلف مقرنس			
طرح‌های مقرنس	شکل	طرح‌های مقرنس	شکل
مقرنس ۵ قطاره تنوره برای نیمکارمربع		مقرنس ۳ قطاره مربع (برای سر ستون دایره)	
مقرنس ۶قطاره برای نیمکار مربع		مقرنس ۴ قطاره آویزه دار مربع (برای سر ستون دایره)	
مقرنس ۶قطاره		مقرنس ۴ قطاره مربع (برای سر ستون مربع)	
مقرنس ۷ قطاره تنوره دار		مقرنس ۸ قطاره برای زیر گنبد	
مقرنس ۳ قطاره برای چشمه		مقرنس ۴ قطاره برای چشمه	
مقرنس ۵ قطاره برای کتیبه یا گیلویی		مقرنس ۳ قطاره برای کتیبه	

۴. تقسیم بندی مقرنس از لحاظ جنس مصالح

مقرنس‌ها از لحاظ مصالح شامل مقرنس گچی، سنگی، معرق، آجری، فلزی، هفت رنگ و ترکیبی می‌باشد که متناسب با اقلیم و دسترسی به منابع در آن زمان مورد استفاده قرار می‌گرفتند. مقرنس گچی: هم به صورت دستپوش و هم به صورت قالبی اجرا می‌شود. تنها نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که با توجه به ضعف گچ در مقابل رطوبت باید مقرنس در محلی اجرا شود که رطوبت به آن نرسد. مقرنس معرق: این نوع مقرنس تنها به صورت قالبی قابل اجرا است. برای این کار ابتدا باید قالب منفی کار ازجنس گچ ساخته شود. پس از ساخت قالب در محل کارگاه معرقکاری قطعات معرق (آلات معرق) طبق نقشه معرق با چسب (سریش) بر روی قالب گچی چسبانده شده و پشت آن را ملات سیمان می‌ریزند. پس از گرفتن وسفت شدن ملات قطعات معرق از قالب جدا شده و به محل اجرای مقرنس منتقل می‌گردند ودر آنجا در محل خودشان با دوغاب ریزی ثابت می‌شوند. با توجه به ملات سیمان، این نوع مقرنس ضعف مقرنس گچی در مقابل رطوبت را ندارد. مقرنس آجری: شبیه مقرنس معرق با این تفاوت که به جای کاشی (معرق) از آجر استفاده می‌شود و نقشه پیچیده‌ای ندارد. مقرنس سنگی: شبیه به مقرنس آجری است مقرنس ترکیبی: شبیه به مقرنس معرق است با این تفاوت که در ساخت آلات آن از ترکیب دو یا سه جنس مختلف استفاده می‌شود. نظیر ترکیب معرق وسنگ یا ترکیب معرق و آجرو یا ترکیب معرق، سنگ و آجر. مقرنس فلزی: کاربرد آن بیشتر در گلدسته‌ها و ایوان‌های طلا و همچنین ضریح قبور ائمه معصومین (ع) وامامزادگان است. ابتدا قالب منفی آن ساخته شده و سپس با ورق‌های مسی کار مقرنس به دست می‌آید. مقرنس هفت رنگ: دراین نوع مقرنس ابتدا قالب کار ساخته شده و سپس با اندازه گیری آلات به ساخت آن ها با کاشی هفت رنگی اقدام می‌شود. در انتها قطعات ساخته شده در محل بر روی یکدیگر نصب می‌شوند.

۵. آسیب شناسی مقرنس

برای آسیب‌شناسی دقیق مقرنس‌ها، بررسی تحلیلی و همه‌جانبه مؤلفه‌های مؤثر امری ضروری است، چراکه تنها از این طریق می‌توان علل اصلی فرسایش، تخریب یا آسیب‌دیدگی را شناسایی و راهکارهای مناسبی برای حفاظت و مرمت ارائه داد. یکی از مهم‌ترین عوامل، نوع مواد و مصالح به‌کار رفته در ساخت مقرنس است؛ مصالحی مانند گچ، آجر، چوب یا کاشی که ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن ها در میزان مقاومت و آسیب‌پذیری نقش تعیین‌کننده دارند. در کنار آن، شرایط اقلیمی و عوامل طبیعی مانند رطوبت، تغییرات دمایی، یخ‌زدگی، تابش خورشید، گردوغبار و آلودگی‌های محیطی به‌تدریج موجب تخریب کالبدی و تزئینی مقرنس‌ها می‌شوند. آسیب‌های بصری همچون پوسته‌شدن، ریزش قطعات، ترک‌خوردگی، شوره‌زدگی و کم‌رنگ‌شدن نقوش، از جمله نمود های آشکار آسیب هستند که نه‌تنها به ظاهر بلکه به ساختار مقرنس نیز لطمه می‌زنند. از سوی دیگر، مداخلات انسانی در طول تاریخ از جمله مرمت‌های نادرست، تغییر کاربری‌های ناسازگار یا بی‌توجهی به ارزش های فرهنگی، اغلب منجر به آسیب‌های ثانویه شده‌اند. همچنین، بررسی ساختار، فرم هندسی و روش اجرای مقرنس در شناخت ظرفیت‌های پایداری و آسیب‌پذیری آن نقش دارد. در نهایت، عوامل انسانی نظیر نگهداری ضعیف، فقدان نظارت تخصصی و استفاده نادرست از فضای پیرامونی نیز بر شدت تخریب می‌افزایند. بررسی همه‌جانبه این مؤلفه‌ها و طبقه‌بندی آن ها در یک چارچوب تحلیلی، گامی اساسی برای تدوین راهبردهای مرمتی مؤثر و پایدار به‌شمار می‌رود

جدول شماره۳. آسیب شناسی مقرنس (نگارندگان)

جدول عوامل آسیب	
مواد و مصالح	نوع مصالح (گچ، آجر، چوب، سنگ و...)
	کیفیت و دوام مصالح اولیه
	واکنش مواد به رطوبت، تغییرات دما و آلودگی
عوامل محیطی و طبیعی	رطوبت و نفوذ آب: یکی از اصلی‌ترین عوامل آسیب به گچ و آجر
	تغییرات دمایی: انبساط و انقباض منجر به ترک خوردگی
	نورخورشید: تاثیر بر رنگدانه‌ها و تضعیف مصالح آلی
ساختار و روش اجرای مقرنس	زلزله یا حرکات سازه‌ای: تاثیر مستقیم بر پایداری مقرنس‌ها
	نحوهٔ اتصال اجزای به یکدیگر و به بدنه بنا
	لایه‌های زیرین و پشتیبان مقرنس
عوامل انسانی	وجود ترک‌ها یا ناپیوستگی‌های ساختاری
	مرمت‌های غیر اصولی با مصالح ناسازگار
	آسیب ناشی از نگهداری نادرست یا بازسازی‌های غیر فنی
آسیب‌های بصری و تزئینی	وندالیسم (تخریب عمدی)
	رنگ پریدگی، پوسته پوسته شدن یا کنده شدن لایه‌های رنگ یا کاشی
	تغییر ات دمایی: انبساط و انقباض منجر به ترک خوردگی

در ادامه بعد از آسیب شناسی در مجموعه نوبت به ثبت و آزمایش روی این آسیب‌ها می‌رسد که مستند سازی و بررسی‌های فنی روی این آسیب‌ها انجام می‌شود.

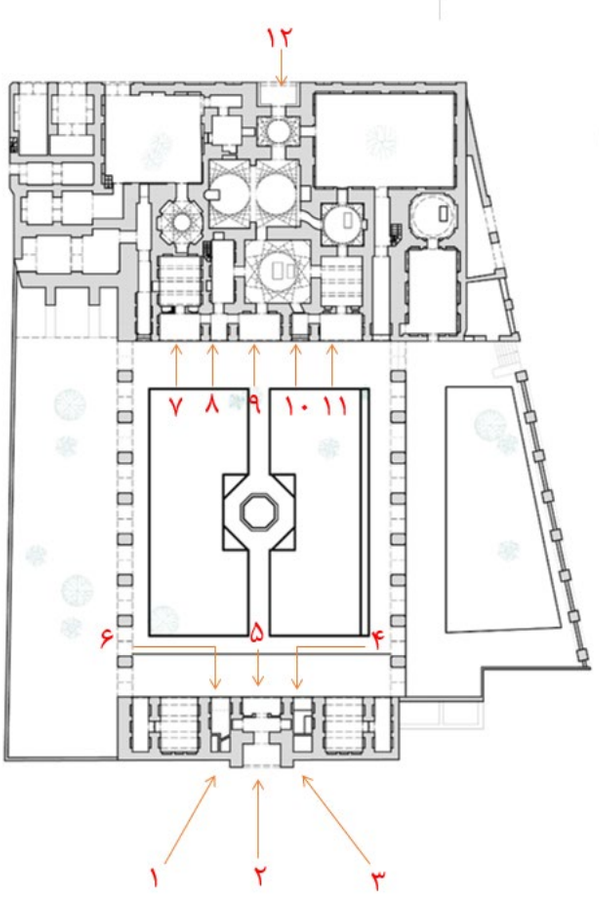
جدول شماره۴. مستند سازی مقرنس، (نگارندگان)

مستندسازی و بررسی‌های فنی	مستندنگاری تصویری و ترسیمی دقیق
	آنالیزهای آزمایشگاهی مانند: XRD, SEM, FTIR
	نقشه برداری سه بعدی یا لیزری جهت ثبت دقیق فرم‌ها

۶. نمونه موردی: مقرنس‌های مجموعه مشتاقیه یا سه گنبدان کرمان

مجموعه‌ی آرامگاهی مشتاقیه یکی از بناهای تاریخی ارزشمند شهر کرمان است که در ضلع جنوب‌شرقی میدان مشتاق و در تقاطع خیابان‌های مشتاقیه و هفده شهریور قرار گرفته است. این مجموعه در گذشته، خارج از حصار اصلی شهر واقع بود و تا اوایل قرن چهاردهم هجری قمری، به‌عنوان گورستان عمومی شهر شناخته می‌شد (گلاب‌زاده، ۱۴۰۰: ۱۵۶). پیشینه شکل‌گیری آن به دوره زندیه بازمی‌گردد؛ زمانی که محمدعلی‌خان، بنایی ساده از گل و خشت بر مزار پدرش، میرزا حسین‌خان، بنا کرد. بنابر روایت‌های تاریخی: «... و این محل در آن موقع مزاری بود از گل و خشت که محمدعلی‌خان بر سر مقبره پدرش میرزا حسین خان ساخته بود و بعد هرکس از سلسله دراویش نعمت‌اللهی فوت می‌نمود و از اکابر و سرشناسان این طایفه بود در همین محل دفن می‌نمودند.» (همت کرمانی، ۱۳۶۴: ۲۲۳). این روایت نشانگر جایگاه اجتماعی و عرفانی برجسته این مجموعه درمیان پیروان طریقت نعمت‌اللهیه است. در دوره قاجار، با گسترش نفوذ طریقت‌های صوفیه و اهمیت یافتن شخصیت‌هایی چون مشتاق‌علیشاه، کوثرعلیشاه و شیخ اسماعیل هراتی، آرامگاه‌هایی در این محل ایجاد شد و بدین‌گونه مجموعه‌ای با هویتی عرفانی، معماری منسجم و کارکرد آیینی شکل گرفت. از برجسته‌ترین ویژگی های معماری مجموعه می‌توان به گنبدهای دوپوش، ایوان‌های بلند، تزئینات کاشی‌کاری، کاربندی‌های سقفی و مقرنس‌کاری‌های نفیس اشاره کرد که بازتابی از شکوه معماری قاجاری با تلفیقی از عناصر بومی، مذهبی و اقلیمی جنوب شرق ایران‌اند. در بررسی فنی مقرنس‌های این مجموعه، می‌توان به کاربرد مصالح سنتی چون گچ خاکی (کلوخی) و سازو (ساسو) اشاره کرد که نقش مهمی در استحکام و ظرافت این تزئینات داشته‌اند. گچ خاکی که رنگی متمایل به زرد دارد، از جمله مصالح رایج در مناطق مرکزی ایران بوده و به‌سبب ترکیب طبیعی با ناخالصی‌هایی نظیر خاک رس و شن ریزه، از گیرایی کند و انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار است. این ویژگی‌ها آن را به گزینه‌ای ایده‌آل برای اجرای تزئینات پیچیده‌ای چون مقرنس تبدیل کرده‌اند (زمرشیدی، ۱۳۸۱: ۸۶). نوع مرغوب این گچ، که خاصیت روغن‌دار بودن دارد، انسجام و ظرافت مورد نیاز را برای ساخت مقرنس‌های پرجزئیات فراهم می‌ساخته است. علاوه بر گچ، در لایه‌های زیرین مقرنس‌ها از سازو، که بافته‌ای از موی حیوانات به‌ویژه موی اسب است، استفاده شده تا پیوستگی ساختاری تزئینات تقویت گردد. این الیاف به‌صورت یکنواخت با ملات گچ آغشته می‌شده‌اند و در لایه‌های داخلی تزئینات قرار می‌گرفته‌اند تا در برابر ترک‌خوردگی و ریزش مقاومت بیشتری ایجاد شود (رئیس‌زاده، ۱۳۷۴: ۸۵). این شیوه که حاصل دانش فنی و تجربه استادکاران کهن ایرانی است، در مجموعه مشتاقیه نیز به‌کار گرفته شده و سهم به سزایی در دوام مقرنس‌های ایوان‌ها و سطوح گنبدی آن داشته است. در کنار ارزش های معماری، این مجموعه دارای بار فرهنگی و معنوی عمیقی نیز هست؛ به‌گونه‌ای که با باورهای دینی، عرفانی و حافظه‌ی تاریخی مردم کرمان پیوند خورده است. مجموعه مشتاقیه در سال ۱۳۴۵ با شماره ۵۲۵ در فهرست آثار ملی ایران به ثبت رسید و تاکنون مورد توجه پژوهشگران، معماران سنتی، علاقه‌مندان به میراث فرهنگی و پیروان طریقت‌های عرفانی بوده است. امروزه این مجموعه را می‌توان یکی از شاخص‌ترین نمونه‌های آرامگاه‌های دوره قاجار در جنوب‌شرق ایران دانست که نیازمند نگاه دقیق حفاظتی، مرمتی و مطالعاتی برای تداوم حیات فرهنگی و کالبدی آن است. با توجه به شرایط اقلیمی کرمان و آسیب‌پذیری تزئینات گچی در برابر نوسانات دمایی و رطوبت، شناخت دقیق این مصالح سنتی از جمله گچ خاکی و سازو، نقش کلیدی در تدوین راهکارهای مرمتی ایفا می کند. بررسی‌های میدانی و مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های موجود در مقرنس‌های مشتاقیه، می تواند منجر به بازسازی اصولی این تزئینات در فرآیند حفاظت شود. همچنین بهره‌گیری از الگوهای ساخت سنتی، به‌ویژه در مقرنس‌کاری، به‌عنوان یک ظرفیت آموزشی و پژوهشی، زمینه‌ساز احیای مهارت‌های بومی فراموش شده خواهد بود. از این منظر، مجموعه مشتاقیه نه تنها عرصه‌ای برای حفظ یک میراث تاریخی است، بلکه می تواند به‌عنوان آزمایشگاهی زنده برای آموزش فنون مرمت و انتقال دانش فنی معماری سنتی به نسل‌های جدید تلقی شود. بازنگری در شیوه های نگهداری و استفاده از مصالح همخوان با بافت تاریخی، گامی مهم در جهت احیای هویت معماری منطقه به‌شمار می‌آید.

۷. بررسی مقرنس‌های مجموعه



تصویر شماره۳: شماره گذاری مقرنس های مجموعه مشتاقیه
کرمان ، ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان

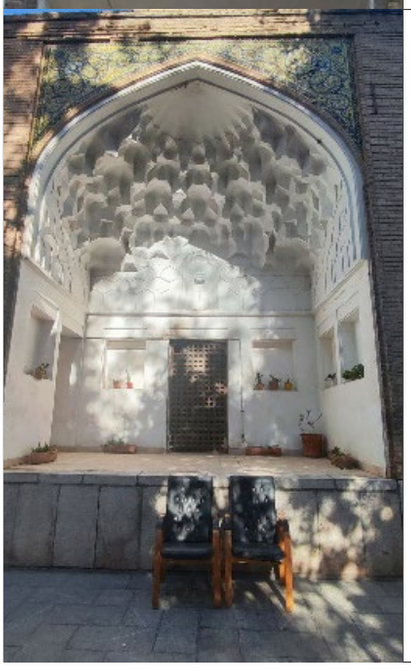
جدول شماره۵. دسته بندی مقرنس های مجموعه مشتاقیه، (نگارندگان)

مقرنس‌ها	جنس مصالح	تعداد قطار	نوع مقرنس	محل اجرا	تصویر
مقرنس شماره ۱	سازو و گچ خاکی	۵	مقرنس روی هم قرار گرفته، قالبی، چون می‌توان از قسمت‌هایی که ریخته تشخیص داد پشت بند پرشده‌ای دارند.	محراب غربی ایوان جنوبی بیرونی	
مقرنس شماره ۲	سازو و گچ خاکی	–	از قسمت موش پا و بخش هایی از قطار سالم پایین می‌توان تشخیص داد که از نوع روی هم قرار گرفته می‌باشد، و به صورت دستپوش اجرا شده است زیرا سوراخ‌هایی در قسمت آجر چینی طاق دیده می‌شود که کاربرد این سوراخ‌ها به این جهت بوده که با قرار دادن الوارهای چوبی در آن ها و سپس محکم کردن آن ها با ملات گچ به سقف، قطارهای مقرنس را با استفاده از سازو و گچ به آن ها می‌بستند.	ایوان جنوبی بیرونی	
مقرنس شماره ۳	سازو و گچ خاکی	۵	مقرنس روی هم قرار گرفته، قالبی، چون می‌توان از قسمت‌هایی که ریخته تشخیص داد پشت بند پرشده‌ای دارند.	محراب شرقی ایوان جنوبی بیرونی	

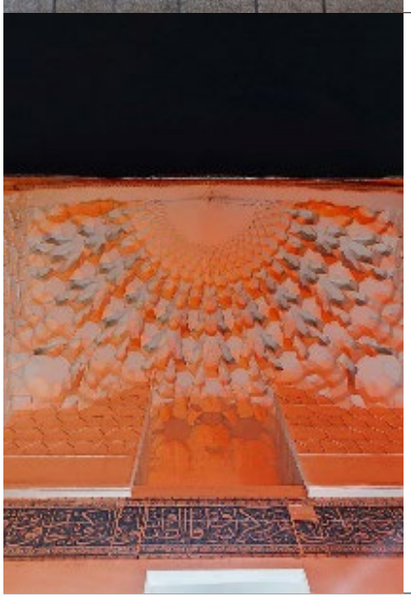
جدول شماره۵. دسته بندی مقرنس های مجموعه مشتاقیه، (نگارندگان)

مقرنس‌ها	جنس مصالح	تعداد قطار	نوع مقرنس	محل اجرا	تصویر
مقرنس شماره ۴	سازو و گچ	۸	مقرنس معلق، قالبی و از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مرمت شده است	محراب غربی ایوان جنوبی داخلی	
مقرنس شماره ۵	سازو و گچ	۷	مقرنس روی هم قرار گرفته و به شکل دستپوش و همچنین از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مورد مرمت قرار گرفته است	ایوان جنوبی داخلی	
مقرنس شماره ۶	سازو و گچ	۸	مقرنس معلق، قالبی و از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مرمت شده است	محراب شرقی ایوان جنوبی داخلی	

جدول شماره۵. دسته بندی مقرنس های مجموعه مشتاقیه، (نگارندگان)

مقرنس‌ها	جنس مصالح	تعداد قطار	نوع مقرنس	محل اجرا	تصویر
مقرنس شماره ۷	سازو و گچ	۸	مقرنس روی هم قرار گرفته و به شکل دستپوش و همچنین از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مورد مرمت قرار گرفته است	اولین ایوان شمالی از سمت چپ نمای جنوبی	
مقرنس شماره ۸	سازو و گچ	۸	مقرنس معلق، قالبی و از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مرمت شده است	اولین محراب شمالی از سمت چپ نمای جنوبی	
مقرنس شماره ۹	سازو و گچ	۶	مقرنس معلق و به شکل دستپوش و همچنین از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مورد مرمت قرار گرفته است	دومین ایوان شمالی از سمت چپ نمای جنوبی	

جدول شماره۵. دسته بندی مقرنس های مجموعه مشتاقیه، (نگارندگان)

مقرنس‌ها	جنس مصالح	تعداد قطار	نوع مقرنس	محل اجرا	تصویر
مقرنس شماره ۱۰	سازو و گچ	۸	مقرنس معلق، قالبی و از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مرمت شده است	دومین محراب شمالی از سمت چپ نمای جنوبی	
مقرنس شماره ۱۱	سازو و گچ	۸	مقرنس روی هم قرار گرفته و به شکل دستپوش و همچنین از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مورد مرمت قرار گرفته است	سومین ایوان شمالی از سمت چپ نمای جنوبی	
مقرنس شماره ۱۲	سازو و گچ	۶	مقرنس معلق و به شکل دستپوش و همچنین از رنگ مصالح می‌توان فهمید که مورد مرمت قرار گرفته است	ایوان شمالی از نمای شمالی (خیابان)	

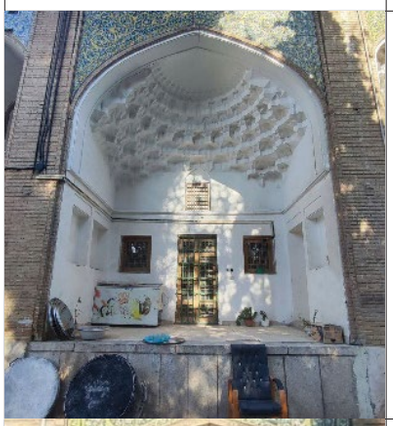
۸. عوامل آسیب‌زا و آسیب‌های شناسایی شده در مجموعه مشتاقیه

براساس بررسی‌های میدانی و عکس‌برداری‌های انجام‌شده در مجموعه مشتاقیه کرمان و با در نظر گرفتن مؤلفه‌های آسیب‌شناسی که پیش‌تر به تفصیل بیان شد، آسیب‌های وارد شده به مقرنس‌های این مجموعه ارزشمند را می‌توان در چهار گروه اصلی دسته‌بندی کرد: عوامل محیطی، عوامل انسانی، آسیب‌های سازه‌ای و آسیب‌های بصری. هر یک از این دسته‌ها شامل طیف گسترده‌ای از آسیب‌ها و فرآیندهای مخرب است که در طول زمان، زیبایی، انسجام و کارکرد تزئینی این عناصر معماری را تحت تأثیر قرار داده‌اند. نخست، در زمینه عوامل محیطی، اقلیم خاص کرمان با وجود خشکی کلی، نوسانات دمایی محسوس بین روز و شب، وزش بادهای شدید و بارندگی‌های گهگاه اما نافذ، آسیب‌های متعددی به مقرنس‌ها وارد کرده است. نوسانات حرارتی شدید سبب انبساط و انقباض مداوم مصالح شده و در نتیجه ترک‌خوردگی، پوسته‌پوسته شدن و فرسایش سطحی مقرنس‌ها رخ داده است. از سوی دیگر، نفوذ آب باران از بخش هایی از بام که فاقد عایق‌بندی مناسب هستند، باعث ایجاد شوره‌زدگی و سفیدک در لایه‌های گچی و کاشی‌کاری شده و به تدریج به ریزش و زوال تزئینات انجامیده است. همچنین نور شدید آفتاب در فصول گرم، رنگدانه‌های سطحی را تخریب کرده و موجب کاهش درخشندگی و وضوح نقوش تزئینی شده است. در بخش عوامل انسانی، مداخلات غیراصولی در مرمت‌های چند دهه گذشته از مهم‌ترین دلایل تخریب مقرنس‌ها به شمار می‌رود. استفاده از مصالح ناسازگار نظیر سیمان، رنگ‌های شیمیایی صنعتی و افزودنی‌های مدرن در کنار مصالح سنتی، منجر به بروز ناسازگاری‌های فیزیکی و شیمیایی شده است. این امر باعث ایجاد ترک‌های موضعی، افت رنگ و از بین رفتن یکپارچگی اثر شده است. در برخی موارد، رنگ‌آمیزی‌های سطحی و غیرتخصصی نیز اصالت تزئینات مقرنس را تحت‌الشعاع قرار داده و ویژگی های تاریخی و هنری آن ها را کاهش داده است. در زمینه آسیب‌های سازه‌ای، ایوان‌های مجموعه که مقرنس‌ها بر پایه آن ها استوارند، در اثر نشست‌های تدریجی زمین و زلزله‌های گذشته دچار تغییر مکان جزئی و حرکات سازه‌ای شده‌اند. این تحرکات موجب گسیختگی در اتصال اجزای مقرنس‌ها شده و در برخی نقاط، قطعاتی از مقرنس جدا شده یا در آستانه سقوط قرار گرفته‌اند. نبود اقدامات فوری برای تثبیت این قطعات می تواند خطرات جدی برای پایداری بنا و ایمنی بازدیدکنندگان به همراه داشته باشد. در نهایت، آسیب‌های بصری و منظر شهری نیز سهم قابل توجهی در کاهش ارزش زیبایی‌شناختی مجموعه دارند. در بسیاری از بخش‌ها، نبود نگهداری مستمر و پاک سازی منظم باعث انباشت نخاله‌ها، فرسودگی سطوح و آشفتگی بصری شده است. تاسیسات مکانیکی و سیم‌کشی‌های برق که بدون برنامه‌ریزی و به‌صورت روکار اجرا شده‌اند، تضاد آشکاری با ارزش های تاریخی بنا ایجاد کرده و موجب آلودگی بصری و خدشه به یکپارچگی نمای اثر شده‌اند. همچنین نشانه‌هایی از ونداليسم یا آسیب‌رسانی عمدی نیز در بخش هایی از مقرنس‌ها و دیواره‌ها مشاهده می‌شود که ضرورت مراقبت‌های حفاظتی و فرهنگی را دوچندان می‌سازد. با در نظر گرفتن این چهار دسته آسیب، می‌توان نتیجه گرفت که مقرنس‌های مجموعه مشتاقیه در معرض فرسایش تدریجی اما گسترده قرار دارند و نیازمند تدوین برنامه های جامع برای مرمت، بازپیرایی، تثبیت و حفاظت اصولی هستند. این امر مستلزم رویکردی علمی، چندرشته‌ای و مبتنی بر شناخت دقیق آسیب‌ها و منشأ آن ها است.

جدول شماره۶. جدول آسیب شناسی مقرنس‌ها مجموعه مشتاقیه (نگارندگان)

جدول آسیب شناسی						
نوع آسیب و مقرنس	عوامل محیطی	عوامل انسانی	عوامل سازه‌ای	آسیب بصری	توضیحات	تصویر
مقرنس شماره۱	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • حرکات سازه‌ای ایوان‌ها (ناشی از نشست زمین یا زلزله‌های گذشته) • قطعات مقرنس جدا شده یا در آستانهٔ سقوط هستند • عدم رسیدگی و جمع‌آوری نخاله‌ها و خرابی‌های قسمت‌های جنوبی	
مقرنس شماره۲	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • حرکات سازه‌ای ایوان‌ها (ناشی از نشست زمین یا زلزله‌های گذشته) • قطعات مقرنس جدا شده یا در آستانهٔ سقوط هستند • عدم رسیدگی و جمع‌آوری نخاله‌ها و خرابی‌های قسمت‌های جنوبی	

جدول آسیب شناسی						
نوع آسیب و مقرنس	عوامل محیطی	عوامل انسانی	عوامل سازه‌ای	آسیب بصری	توضیحات	تصویر
مقرنس شماره۳	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • حرکات سازه‌ای ایوان‌ها (ناشی از نشست زمین یا زلزله‌های گذشته) • قطعات مقرنس جدا شده یا در آستانهٔ سقوط هستند • عدم رسیدگی و جمع آوری نخاله‌ها و خرابی‌های قسمت‌های جنوبی	
مقرنس شماره۴	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود • عدم رسیدگی به ظاهر بنا	
مقرنس شماره۵	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود • عدم رسیدگی به ظاهر بنا	
مقرنس شماره۶	*		*	*	• رطوبت و تغییرات اقلیمی کرمان • نفوذآب باران از بام • نور شدید آفتاب • استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود • عدم رسیدگی به ظاهر بنا	

جدول آسیب شناسی						
نوع آسیب و مقرنس	عوامل محیطی	عوامل انسانی	عوامل سازه‌ای	آسیب بصری	توضیحات	تصویر
مقرنس شماره۷		*		*	● استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود ● عدم رسیدگی به ظاهر بنا ● تاسیسات رو کار	
مقرنس شماره۸		*		*	● استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود ● عدم رسیدگی به ظاهر بنا ● تاسیسات رو کار	
مقرنس شماره۹		*		*	● استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود ● عدم رسیدگی به ظاهر بنا	
مقرنس شماره۱۰		*		*	● استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود ● عدم رسیدگی به ظاهر بنا	

جدول آسیب شناسی						
نوع آسیب و مقرنس	عوامل محیطی	عوامل انسانی	عوامل سازه‌ای	آسیب بصری	توضیحات	تصویر
مقرنس شماره۱۱		*		*	• استفاده از مصالح ناسازگار در مرمت‌های اخیر که باعث شده ترک‌هایی روی مقرنس دیده شود • عدم رسیدگی به ظاهر بنا • تاسیسات رو کار	
مقرنس شماره۱۲					• هیچ آسیبی شناسایی نشد	

طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در رابطه با آسیب‌شناسی مقرنس‌های مجموعه، می‌توان نتیجه گرفت که عمده‌ترین نوع آسیب، ناشی از رطوبت است که به اقلیم کرمان بازمی‌گردد و باعث ریزش قطعات مقرنس شده است. همچنین در مرمت‌های اخیر، ترک‌های ریز و درشتی روی اجزای مقرنس مشاهده می‌شود که دلیل آن، استفاده نکردن از مصالح سازگار با اقلیم منطقه بوده است. اکثر این ترک‌ها موئی و روی اندود مشاهده شده‌اند؛ در صورتی که استفاده از مصالح مناسب با شرایط اقلیمی، می‌توانست از ایجاد این ترک‌های ریز روی بخش های مرمت شده جلوگیری کند. یکی دیگر از آسیب‌های غالب، آسیب بصری است که در عکس‌برداری‌های انجام شده نیز مشهود است. به طور کلی، قسمت‌های جنوبی مجموعه تقریباً به حال خود رها شده‌اند و توجه کافی به آن ها نشده است، به‌ویژه نمای شمالی ایوان جنوبی. به تدریج با نزدیک شدن به قسمت شمال مجموعه، میزان این آسیب‌ها کاهش می‌یابد؛ زیرا تاریخ مرمت‌ها در این بخش‌ها جدیدتر است. این موضوع با توجه به جدول شماره ۴ نیز قابل تأیید است؛ هرچه به ضلع شمالی مسجد نزدیک‌تر می‌شویم، میزان آسیب‌ها کمتر می‌شود. در نتیجه، پس از بررسی وضعیت اثر و به‌ویژه تزئینات بخش های مختلف بنا، لازم است توجه ویژه‌ای به روش های حفاظت و مرمت این تزئینات داشته باشیم. در مقرنس‌هایی که در آستانه ریزش قرار دارند، می‌توان از روش های حفاظتی ارائه شده در ادامه استفاده کرد و در صورت لزوم، مداخلات جدی برای حفظ این مقرنس‌های آسیب‌دیده انجام داد. در ادامه، تلاش شده است راهکارهای مناسب حفاظتی و مرمتی برای انواع مقرنس‌ها ارائه شود.

۹. راهکارهای حفاظتی و مرمتی مقرنس‌ها

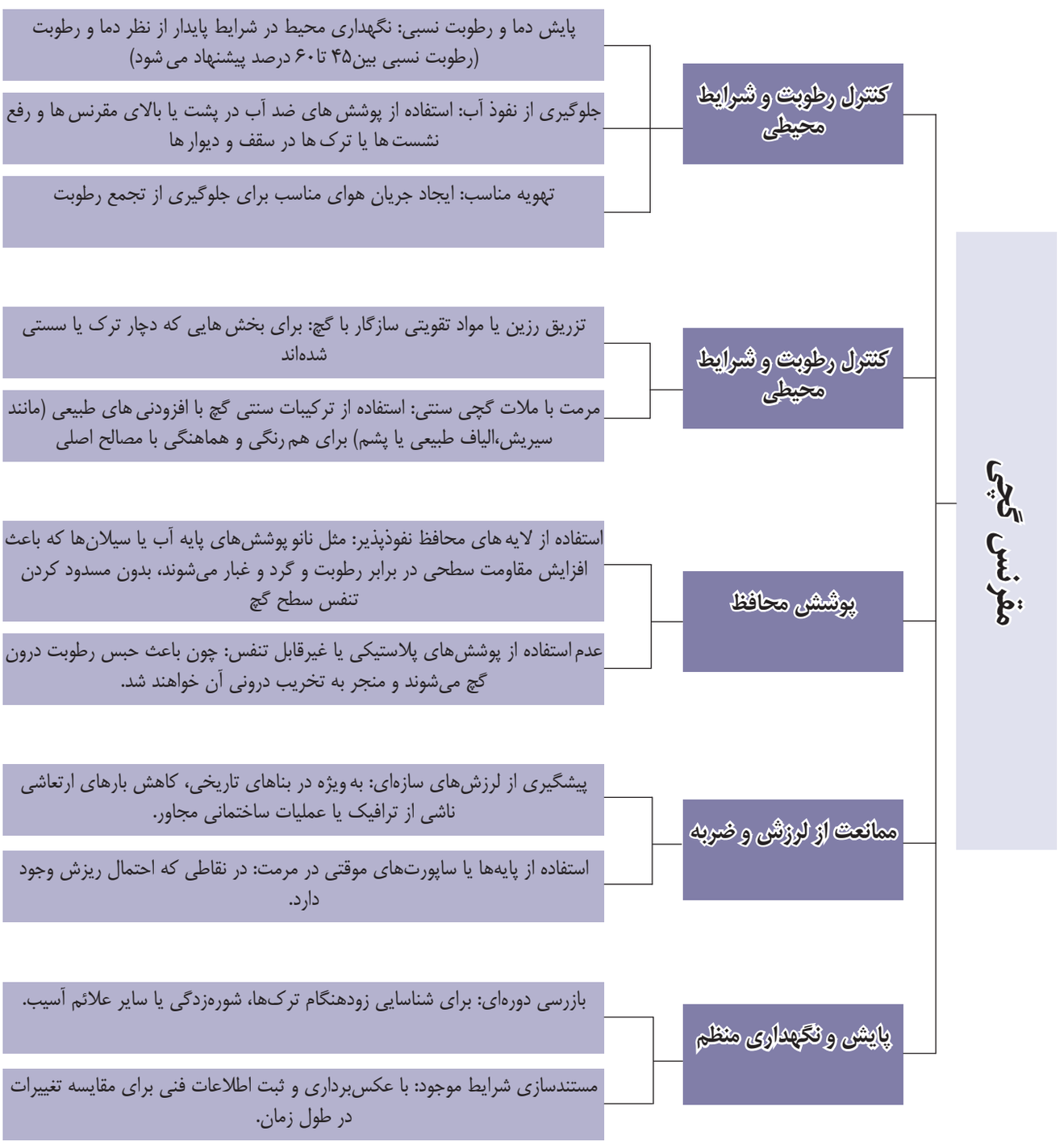
حفاظت پیشگیرانه نقش مهمی در جلوگیری از تخریب مقرنس‌ها دارد و شامل کنترل عوامل محیطی، نگهداری و پایش مداوم است. در کنترل عوامل محیطی، باید مواردی همچون رطوبت و دما، جلوگیری از نفوذ آب، محافظت در برابر نور و باد و حفاظت بیولوژیکی (مانند جلوگیری از رشد گیاهان، خزه و...) مدنظر قرار گیرد. همچنین، در زمینه نگهداری و پایش مداوم، مستندسازی دقیق وضعیت مقرنس‌ها شامل عکس‌برداری، نقشه برداری و اسکن سه بعدی ضروری است و بازدیدهای دوره‌ای برای شناسایی آسیب‌های احتمالی انجام می‌شود. پس از مرحله پیشگیرانه، حفاظت به مرحله درمانی و مرمت منتقل می‌شود. مرمت مقرنس‌ها باید با رعایت اصول علمی، حداقل مداخله و استفاده از مصالح همخوان با اثر انجام شود. در ادامه، در جدول شماره ۷، راهکارهای حفاظتی ارائه شده است که متناسب با نوع مصالح، روش های متفاوتی پیشنهاد می‌شوند.

جدول شماره۷. جدول راه کار های حفاظتی ومرمتی مقرنس ها (نگارندگان)

جدول راه کارهای حفاظتی	
راه کارهای حفاظتی مقرنس معرق	شناخت دقیق مواد سازنده
	ممانعت از نفوذ رطوبت و گرد و غبار
	حفاظت در برابر نور و دما
	مرمت اصولی اجزای سست شده یا افتاده
	حفاظت مکانیکی
	پایش مستمر و مستندسازی
	آموزش و محدودسازی دسترسی
راه کارهای حفاظتی مقرنس گچی	کنترل رطوبت و شرایط محیطی
	استحکام بخشی و مرمت
	پوشش محافظ
	ممانعت از لرزش و ضربه
	پایش و نگهداری منظم
راه کارهای حفاظتی مقرنس آجری	کنترل رطوبت و نفوذ آب
	تثبیت و مرمت ملات و آجرها
	حفاظت مکانیکی و جلوگیری از آسیب‌های فیزیکی
	کنترل رشد گیاهان و جلبک‌ها
	نظارت و بازدید دوره‌ای
	حفاظت در برابر عوامل جوی و آلودگی
	آموزش و فرهنگ سازی
راه کارهای حفاظتی مقرنس سنگی	کنترل رطوبت و جلوگیری از نفوذ آب
	مرمت و تثبیت سنگ‌ها
	حفاظت در برابر آلودگی‌های جوی و شیمیایی
	محافظت مکانیکی
	پایش شرایط محیطی و مستندسازی
	آموزش نیروهای حفاظت و بازدید کنندگان
راه کارهای حفاظتی مقرنس چوبی	استفاده از پوشش‌های محافظ
	حفظ شرایط محیطی مناسب
	تمیزکاری منظم و ملاتیم
	مراقبت در مقابل آفات چوبی
	تعمیر و بازسازی به‌موقع
	جلوگیری از تماس با آب مستقیم

با توجه به این که مقرنس‌های مجموعه تاریخی مشتاقیه کرمان از نوع گچی هستند، اتخاذ رویکردی تخصصی در زمینه حفاظت و مرمت این مقرنس‌ها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. مصالح گچی به دلیل ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاص خود، در برابر عوامل محیطی مانند رطوبت، نوسانات دمایی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ضربات مکانیکی بسیار آسیب‌پذیر هستند. از این‌رو، هرگونه مداخله مرمتی باید با درک دقیق نوع آسیب، ساختار اثر و شرایط محیطی صورت گیرد. در این راستا، راهکارهای حفاظتی و مرمتی مقرنس‌های گچی در قالب جدول شاخه‌ای ارائه می‌شود که در آن تلاش شده شاخه‌های اصلی به زیرشاخه‌های دقیق‌تر و جزئی‌تر تقسیم شوند. این تفکیک به درک بهتر مراحل مداخله، انتخاب روش مناسب برای هر نوع آسیب و اولویت‌بندی اقدامات مرمتی کمک می کند. همچنین این رویکرد تحلیلی امکان بررسی علمی‌تر آسیب‌ها و ارائه راهکارهای متناسب با شرایط خاص مجموعه را فراهم می‌سازد.

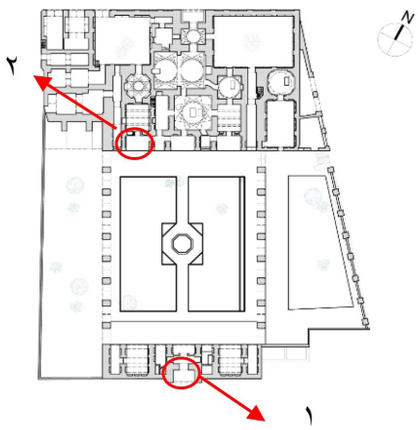
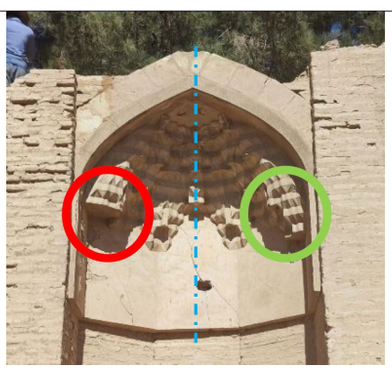
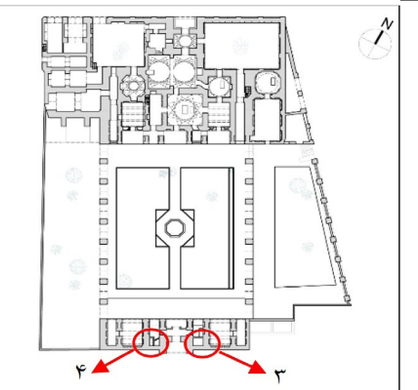
نمودار شماره۱. راه کار های حفاظتی و مرمتی مقرنس گچی، (نگارنگان)



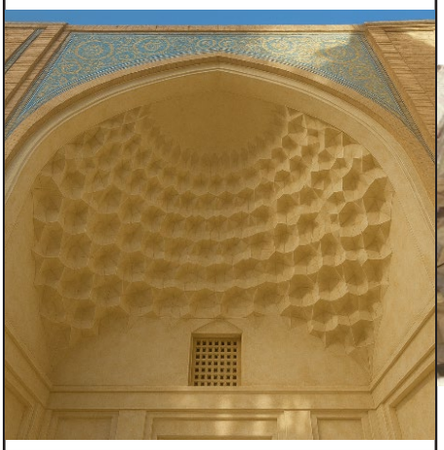
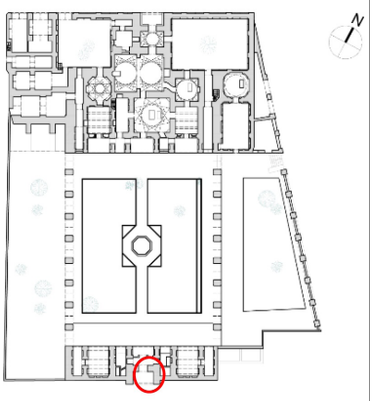
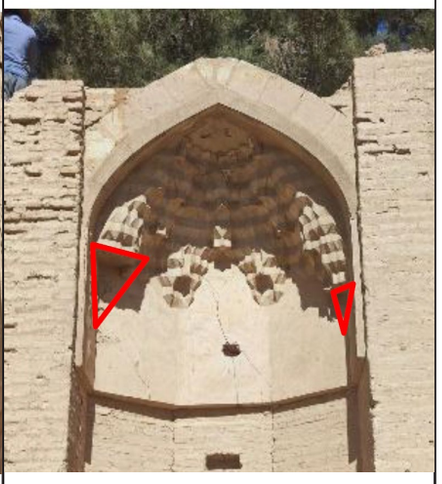
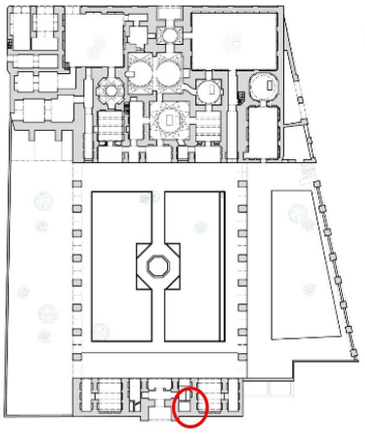
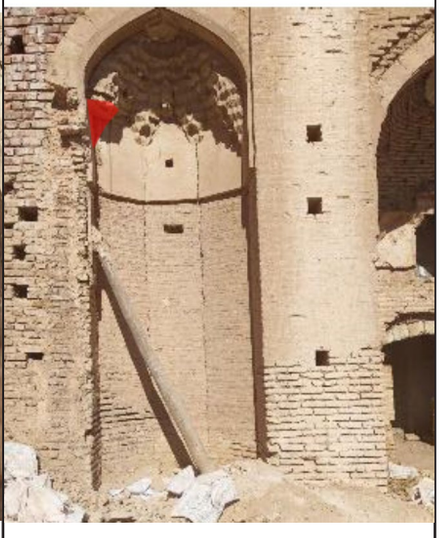
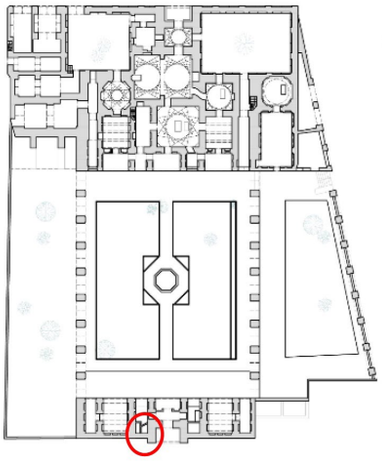
۱۰. بازسازی و مرمت مقرنس‌های آسیب دیده

در این بازسازی که در جدول شماره ۷ مشاهده می‌شود، تلاش شده است برای قسمت‌های ریخته شده، از مقرنس‌های سالم مشابه موجود در مجموعه الگوبرداری شود. به‌عنوان مثال، برای قسمت‌های ریخته شده در ایوان ورودی جنوبی، از الگوی مقرنس ایوان شمالی که شباهت زیادی با آن دارد استفاده شده است. همچنین، ایوان‌های کناری که فقط قطارهای پایین آن ها آسیب دیده‌اند، به صورت متقارن هستند و از مزیت تقارن نیز می‌توان برای مرمت این ایوان‌ها بهره برد؛ زیرا تنها یک طرف از مقرنس‌های این ایوان‌ها آسیب دیده و طرف دیگر سالم باقی مانده است (جدول شماره ۶). برای انجام این فرآیند، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار رویت، بیس اولیه کار ایجاد شد و رندر و متریال‌دهی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی چت‌جی‌پی‌تی انجام گردید تا رندر واقع گرایانه‌تری به دست آید. همچنین برای قسمت‌های ریخته شده متقارن، از برنامه ادوبی فتوشاپ و هوش مصنوعی باترفلای استفاده شد تا قسمت‌های آسیب‌دیده مطابق با الگوی کامل مقرنس بازسازی شوند.

جدول شماره۸. ارائه راه حل مرمتی مقرنس های آسیب دیده (نگارندگان)

جدول راهکار مرمتی مقرنس‌های آسیب دیده		
مقرنس آسیب دیده	**الگوی مقرنس مشابه**	**موقعیت در پلان**
		
مقرنس شماره ۱	مقرنس شماره ۲ تمامی اجزا از جمله شکل شمسه مقرنس، با اجزای مقرنس آسیب دیده مشابه است	
 		
مقرنس شماره ۳	مقرنس شماره ۴	با استفاده از تقارن می‌توان الگوی قسمت‌های ریخته شده را پیدا کرد
دو ایوان مشابه‌اند و الگوی مشابهی دارند		

جدول قسمت‌های مرمت شده مجازی

تصویر وضع موجود	تصویر بعد از مرمت مقرنس	موقعیت مقرنس
		
		
		

۱۱. نتیجه گیری

هر بنای تاریخی، به‌عنوان یک پیکره فرهنگی منحصربه‌فرد، دارای ویژگی های ساختاری، مصالح‌شناسی و هنری خاص خود است. از این رو، نمی‌توان یک الگوی ثابت و کلی برای تمامی آثار تاریخی به‌کاربرد؛ بلکه لازم است هر اثر به‌عنوان یک پروژه مستقل با رویکرد حفاظتی و مرمتی خاص خود مورد بررسی قرار گیرد. این مسئله در مورد مقرنس‌های گچی مجموعه مشتاقیه کرمان نیز کاملاً صادق است. مقرنس‌های این مجموعه صرفاً جنبه تزئینی دارند و فاقد عملکرد سازه‌ای یا کاربری جانبی هستند. بنابراین، هرگونه بازسازی یا مداخله ناآگاهانه بدون استناد به مدارک مستند، می تواند آسیب‌های جدی و جبران‌ناپذیری به اصالت و یکپارچگی اثر وارد آورد. در بررسی میدانی مجموعه مشخص شد که وضعیت حفاظتی مقرنس‌ها در بخش های مختلف متفاوت است. مقرنس‌های بخش جنوبی، به‌ویژه آن هایی که در معرض مستقیم عوامل جوی قرار دارند، در وضعیت بحرانی بوده و بعضاً در آستانه فروریزش هستند. همچنین بخشی از مقرنس‌های ایوان ورودی نیز به‌طور کامل فرو ریخته‌اند. در چنین شرایطی، ضرورت مستندسازی دقیق وضعیت موجود با استفاده از فناوری‌هایی مانند اسکن لیزری سه بعدی بیش از پیش احساس می‌شود. این اقدام نه تنها در راستای حفاظت پیشگیرانه مؤثر است، بلکه در صورت بروز تخریب کامل، به‌عنوان منبعی مستند برای مرمت مبتنی بر شواهد معتبر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، مقرنس‌های داخلی مجموعه که در گذشته مورد مرمت قرار گرفته‌اند، اگرچه از نظر ظاهری حفظ شده‌اند، اما نشانه‌هایی از آسیب مجدد به‌ویژه به شکل ترک‌خوردگی در قطارهای مقرنس مشاهده می‌شود. این آسیب‌ها اغلب ناشی از استفاده از مصالح ناسازگار با بستر تاریخی گچ بوده و نشانگر عدم توجه کافی به اصول موادشناسی و هم‌خوانی مصالح در فرآیند مرمت است. بنابراین، با در نظر گرفتن شرایط خاص مقرنس‌های گچی در مجموعه مشتاقیه، می‌توان چنین نتیجه گرفت که:

۱. هرگونه مداخله در مقرنس‌های گچی باید کاملاً مستند، حداقلی و قابل بازگشت باشد و تنها در صورت وجود شواهد کافی تاریخی یا تصویری به بازسازی بخش های فروریخته اقدام شود.

۲. پایش مستمر، مستندسازی دقیق و تهیه نقشه های سه بعدی از وضعیت فعلی مقرنس‌ها، برای مدیریت ریسک‌های آتی و تسهیل مرمت علمی در آینده ضروری است.

۳. در بخش هایی که مرمت قبلی انجام شده اما با آسیب ثانویه مواجه شده‌اند، لازم است با بهره‌گیری از مواد همخوان با گچ سنتی و با رعایت اصول مرمت علمی، از گسترش آسیب‌ها جلوگیری شود.

۴. در نهایت، هماهنگی میان تخصص‌های مرمت، معماری و موادشناسی برای تدوین و اجرای یک طرح حفاظتی جامع، شرط لازم برای حفظ اصالت و پایداری تزئینات مقرنس در این مجموعه ارزشمند تاریخی است.

سپاسگزاری

از تمامی اساتید و پژوهشگرانی که با راهنمایی‌های ارزنده‌شان در پیشبرد این تحقیق نقش داشتند، صمیمانه سپاسگزارم. قدردان همراهی خانواده‌ام هستم که همواره با حمایت‌های بی‌دریغ‌شان انگیزه‌بخش مسیر پژوهش بوده‌اند.

همچنین از تمامی منابع و نهادهایی که داده‌ها یا امکانات لازم را فراهم کردند، صادقانه تشکر می کنم.

فهرست منابع/Reference

انصاری، جمال، (۱۳۶۰)، «هنر مقرنس‌سازی در آثار معماری ایران» موزه‌ها، شماره ۱.

بصیرت قهفرخی، مرضیه؛ خلیلی‌پور، اکرم؛ طاووسی، محمود، (۱۳۹۲)، «بررسی مقرنس‌کاری دوره صفویه با تکیه بر بناهای شهر اصفهان» نقش‌مایه، شماره ۱۵، ص. ۷-۱۴.

پوپ، آرتور، (۱۳۸۴)، «معماری ایران» ترجمه: کرامت‌الله افسری، نشریه فرهنگسرا، تهران.

پیرنیا، محمدکریم، (۱۳۸۲)، «سبک‌شناسی معماری ایران» نشر پژوهنده-نشر معمار، تهران.

جوادپور، ع.؛ نژادابراهیمی، م.، (۱۴۰۲)، «مطالعه معماری و آسیب‌شناسی گوی‌مچید (مسجد کبود) تبریز با رویکرد تطبیقی مرمتی» فصلنامه مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی، شماره ۱۷، ص. ۲۴-۳۳، تبریز.

زمانی، عباس، (۱۳۷۰)، «مقرنس تزئینی در آثار تاریخی معماری ایران» مجله هنر و مردم، دوره جدید، شماره ۱۰۲ و ۱۰۳.

زهره‌وندی، احسان، (۱۳۹۵)، «مرمت مقرنس‌های مصلی مشهد» کنفرانس بین‌المللی نوآوری در علوم و تکنولوژی.

زمرشیدی، حسین، (۱۳۷۴)، «مسجد در معماری ایرانی» تهران، نشر کیهان.

زمرشیدی، حسین، (۱۳۸۱)، «معماری ایران: مصالح‌شناسی سنتی» انتشارات زمرد، تهران.

صفایی‌پور، ... ؛ معماریان، ... ؛ بمانیان، ... (۱۳۹۳)، «فهم چیستی پوشش پتکانه از طریق تحلیل نمونه‌های نخستین در معماری ایران» معماری ایران، شماره ۵، ص. ۵-۱۹، تهران.

شعرباف، اصغر، (۱۳۷۲)، «گره و کاربندی» سازمان میراث فرهنگی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، تهران.

عقابی، محمدمهدی، (۱۳۷۶)، «دایرةالمعارف بناهای تاریخی ایران در دوره اسلامی» انتشارات سوره، تهران.

علیزاده، سیامک، (۱۳۸۹)، «مقدمه‌ای بر تکنیک‌های ویژهٔ حفاظت و مرمت بناهای تاریخی» انتشارات سمیرا، تهران.

فلاح‌فر، سعید، (۱۳۸۸)، «فرهنگ واژه‌های معماری سنتی ایران» انتشارات کاوش‌پرداز، تهران.

کرمانی، همت، (۱۳۷۸)، «تاریخ کرمان و رویدادهای صدساله اخیر ایران» تهران، نشر گلی.

کاظمیان، م.؛ اصلانی، ف.پ.، (۱۳۹۲)، «آسیب‌شناسی و ارائه طرح حافظتی-مرمتی آرایه‌های گچی بند آجری مسجد جامع عتیق اصفهان» نشریه مرمت و معماری ایران، شماره ۲، ص. ۶-۱۸، اصفهان.

کیوانی‌نژاد، ر.، (۱۳۹۲)، «آسیب‌شناسی بناهای تاریخی؛ مطالعه موردی مسجد جامع ساوه» نشریه مطالعات مرمت و معماری ایران، شماره ۱، ص. ۷-۱۸، تهران.

لرزاده، حسین، (۱۳۵۸)، «احیای هنرهای از یاد رفته» تهران، مولی.

مکی‌نژاد، مهدی، (۱۳۸۷)، «تاریخ هنر ایران دوره اسلامی: تزیینات معماری» سمت، تهران.

مختاری، م.، (۱۳۹۳)، «آسیب‌شناسی و طرح مرمت مسجد جامع سرشک نطنز و ساماندهی گذر مجاور» فصلنامه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، شماره ۲، ص. ۷-۱۴، تهران.

نجیب‌اوغلو، گل‌رو، (۱۳۷۹)، «هندسه تزیین در معماری اسلامی» ترجمه: مهرداد قیومی بیدهندی، تهران، روزنه.

نژاد ابراهیمی، احد؛ سامی، زیبا، (۱۳۹۷)، «الگوشناسی تزیینات مقرنس در معماری ابنیه بازار تاریخی تبریز» مطالعات شهر ایران اسلامی، شماره ۳۱، ص. ۵-۱۷.
رجبی، محمد، (۱۳۹۰)، «مبانی نظری مرمت» انتشارات جمال هنر، تهران.
گلاب‌زاده، محمدعلی، (۱۳۹۲)، «پژوهشی در رویداد قتل مشتاق» کرمان، انتشارات ولی، مرکز کرمان‌شناسی.

Bonner,Jay. (2017). Islamic Geometric Patterns. SantaFe, New Mexico, USAHarmsen, Silvia. (2006). AlgorithmicComputer Reconstructions of Stalactite Vaults -Muqarnas - in Islamic Architecture. Thesis doctorate ofthe Natural Sciences and Mathematics Faculty Total ofthe Ruprecht-Karls-Universitat Heidelberg

Jones, Emily & Thompson, Mark. (2024). «Adaptive Reuse of Historical Buildings: Conservation Approaches,» *Journal of Heritage Conservation*, 32(4), pp. 45-60.

27. Al-Sayed, Nadia & Al-Zuhairi, Ahmad. (2023). «The Art of Islamic Architecture: Preservation and Restoration Techniques,» *International Journal of Architecture and Restoration*, 28(2), pp. 112-130.

Ragab, Hassan. (2022). «Hassan Ragab's Study on the Role of Climate in the Preservation of Architectural Elements,» *Climate and Heritage Journal*, 15(3), pp. 75-90.

Costa, Maria. (2023). «Methods of Protecting Ornamental Features in Islamic Religious Buildings,» *Architectural Conservation Review*, 19(1), pp. 30-47.

ferent types of muqarnas. Similarly, the works of other researchers, such as Zahraevandi and Mahdaviani (2017), as well as other notable studies, offer critical insights into the restoration and preservation strategies for muqarnas across Iran, including case studies from cities like Isfahan and Mashhad.This research aims to fill a gap in existing studies by conducting a detailed typological and pathological analysis of the muqarnas in the Mushtaqiya Complex and developing scientifically grounded strategies for their preservation and restoration.

Research Method

This research has been conducted using a descriptive-analytical approach to comprehensively examine the nature, structure, and existing damages of muqarnas. The data were collected through two main methods: library studies for theoretical and historical understanding of muqarnas, and photography of the case study to capture detailed and tangible features. Initially, based on scholarly and historical sources, various types and classifications of muqarnas were identified to establish a precise framework for analysis. In the next stage, the case study was examined in the field, and a detailed typology of muqarnas was conducted to distinguish the characteristics and differences of each type. Subsequently, the existing damages—both structural and decorative—were analyzed according to a specially designed checklist and scientific criteria, providing the basis for identifying weaknesses and protective priorities. In the final stage, preservation and restoration strategies were proposed for the case study to ensure the scientific and practical safeguarding of architectural heritage. Moreover, using architectural design software, the conditions before and after restoration were visually represented and tabulated to illustrate the improvements achieved. This research methodology combines both analytical and creative perspectives, allowing the audience to experience the transformation of architectural elements from identification to restoration. Consequently, the study not only addresses the technical aspects of muqarnas but also highlights, from an aesthetic and philosophical viewpoint, the significance of preserving architectural heritage.

Conclusion

Each historical building is a unique cultural entity with distinct structural, material, and artistic characteristics. Therefore, a universal restoration model cannot be applied; every site requires a tailored conservation approach. This is particularly true for the gypsum muqarnas of the Mushtaqieh Complex in Kerman, which serve a purely decorative purpose without structural function. Any unscientific or undocumented interventions could severely damage their authenticity. Field observations revealed condition, some near collapse. Portions of the entrance iwan's muqarnas have completely fallen. This highlights the urgent need for precise documentation using tools like 3D laser scanning, which can aid both preventive conservation and evidence-based restoration if full deterioration occurs. Interior muqarnas previously restored show signs of secondary damage, mainly due to incompatible materials.

Acknowledgments

I sincerely thank all the professors and researchers whose valuable guidance contributed to the progress of this study. I am deeply grateful to my family for their unwavering support, which has always been a source of motivation throughout this research journey. I also extend my honest appreciation to all the institutions and sources that provided the necessary data and resources.

fect, and its initial goal was likely to create a spatial pattern that smoothly joins the square base of a structure to the dome's circular shape. By examining early works, it can be observed that the initial muqarnas used in buildings had a functional role, often serving to convert a square plan into a dome. However, over time, the functional role of muqarnas evolved into a decorative one, and this element became a prominent feature for beautifying columns, alcoves, doorframes, and so on in buildings.Muqarnas is not a creation of Islam; it had been used in many countries in simple and elaborate forms even before the advent of Islam. However, during the Islamic period, it underwent further transformation and became a widely recognized Islamic creation. Muqarnas is not just a decorative element; it also carries artistic, cultural, and historical values that shape the identity of Islamic and Iranian architecture. Understanding the unique aesthetics of these structures leads to a deeper appreciation of the spirit of our historical architecture. In addition to their artistic value, these elements reflect the engineering knowledge and construction technologies of various historical periods. Therefore, preserving and maintaining muqarnas is crucial to preserving part of the architectural history and culture.The Mushtaqiya Complex in Kerman, one of the valuable historical buildings in southeastern Iran, contains three dome houses from different historical periods, which are of great importance in terms of architecture and decoration, especially muqarnas. Despite its artistic and historical significance, unfortunately, the muqarnas of this complex have suffered various damages. Erosion due to the climatic conditions of Kerman, the penetration of moisture into the plaster structure, environmental pollution, and past improper restoration efforts have caused parts of these muqarnas to crack, peel, or even collapse entirely. In some cases, new, incompatible additions have also caused damage to the structure, distorting its original identity. Additionally, the lack of a systematic monitoring and maintenance program, the absence of precise documentation regarding the stages of damage and restoration, and the negligence of protective principles when dealing with these works have exacerbated the issues.Given the Mushtaqiya Complex's cultural and architectural significance, especially its spiritual and religious value, it deserves special attention and protection. Given its prominent role in Kerman's historical fabric and its impact on the cultural identity of the city, restoring and preserving its muqarnas is an unavoidable necessity. These elements are not only part of the building's decoration but also carry technical, artistic, and historical values. Scientific restoration of these muqarnas can not only preserve the authenticity of the building but also provide a suitable platform for cultural tourism development, academic studies, and the teaching of traditional architectural techniques.Decorative elements in architecture, particularly intricate and complex ones like muqarnas, are an inseparable part of the identity of Iranian-Islamic architecture, not only from an aesthetic perspective but also in terms of their historical, artistic, and technical values. However, in the process of preserving and restoring historical buildings, these elements are often treated as mere decorative parts, and specialized and comprehensive studies, particularly in areas such as typology, pathology, and providing specific restoration and preservation solutions, are rarely given attention. In previous studies, a comprehensive source that systematically and field-wise examines all these stages on a specific example of muqarnas has not been identified. Therefore, this research aims to address this scientific gap by selecting the muqarnas of the Mushtaqiya Complex in Kerman as a case study.The necessity of this research stems from the fact that the muqarnas of the Mushtaqiya Complex, considering its historical significance, structural diversity, and current state of damage, presents an excellent opportunity for a comprehensive study. The primary objective of this study is to create a typology of these muqarnas, analyze the damages, and propose preservation and restoration strategies, thus providing a replicable model for scientifically addressing similar decorative elements in other historical buildings across the country.Historically, the Samanid period is known for using regular geometric patterns in the coverage of modular spaces. During the Seljuk period, these patterns were employed to cover the arches of circular openings, playing an essential role in the development of muqarnas. This decorative element holds a prominent place in both ancient and traditional Islamic Iranian architecture and is a reflection of the craftsmanship of the artisans. The shape of muqarnas depends on the thought and taste of the craftsmen, which is why the forms of muqarnas are diverse. However, all of them are constructed using a limited number of elements and are executed in two distinct types. Muqarnas is not an Islamic creation; it had been used in many countries in simple and elaborate forms even before Islam, but it underwent significant transformation during the Islamic period, becoming a renowned Islamic creation. Muqarnas consists of rows of convex triangles, typically arranged as small quarter-domes placed on top of each other. Their peaks bend toward the empty space, and the base of each triangle forms the dividing line of the row above. This arrangement repeats as required by the overall design, with the sides of the muqarnas acting as supports to hold the upper rows in place.Previous studies have identified various approaches to understanding and analyzing the muqarnas in Iranian architecture. For instance, Safaiepour et al. (2014) demonstrated that muqarnas originally began as a corner-building technique in pre-Islamic dome houses and later evolved into a more complex geometric structure. Also, Najaad-Ebrahimi and Ziba Sami (2018) studied the typology of muqarnas in the historical bazaars of Tabriz, examining dif-

Explaining Conservation Solutions Based on the Understanding, Typology, and Pathology of Muqarnas in Mosques (Case Study: Moshtaghieh Complex, Kerman)

Hossein Esmaeili Sangari1*, Mina Heydari Torkamani2, Amirhossein Jafarpour3

h.esmaeeli@richt.ir*

1. Assistant Professor, Department of Architecture, Research Institute of Historical Buildings and Contexts, Iranian Cultural Heritage Research Center, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Islamic Art University of Tabriz, Tabriz, Iran

3. M.A. Student in Structural Strengthening of Historical Buildings, Islamic Art University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 2025.8.2

Accepted: 2026.7.18

doi:

Knowledge of Conservation and Restoration

pISSN: 2538-6093 eISSN: 3060-6217

This journal adheres to COPE guidelines. Access to this article is free for all. Any non-commercial use of it is permitted, provided appropriate attribution is given.

Muqarnas, a key element of Islamic architecture, holds both artistic and structural significance. The Moshtaghieh Historical Complex in Kerman, from the Qajar era, features remarkable examples in domes, entrances, and niches. Over time, these elements have deteriorated due to environmental factors, aging materials, seismic events, and improper restorations. This study aims to develop effective conservation strategies through detailed typological and pathological analysis. Documentation included high-resolution photography, measurements, and architectural drawings to classify muqarnas into types such as stalactite-shaped, modular, and layered forms based on their architectural context. Damage assessment revealed issues like discoloration, biological growth, salt efflorescence, cracks, material loss, and deformation.Conservation proposals follow international heritage standards of minimal intervention, reversibility, and authenticity. Strategies include environmental control, compatible mortar consolidation, structural stabilization, and traditional restoration techniques. A significant aspect of the study is the use of 3D digital reconstruction through photogrammetry, enabling damage visualization and restoration planning.This research offers a practical and replicable model for the conservation of Islamic ornamentation by integrating traditional craftsmanship with modern documentation technologies, supporting sustainable heritage preservation and future educational efforts.

Keywords: Muqarnas, Islamic Architecture, Moshtaghieh Complex, Kerman, Typology, Pathology, Conservation, Restoration, Heritage Preservation

Introduction

Muqarnas is an artistic element made from brick, plaster, and tiles that plays a significant role in the beautification of buildings. In fact, the muqarnas element is used in a tiered form, one layer placed on top of another, for the decoration of a building or the transformation of one geometric shape into another. In other words, muqarnas can be considered a type of vaulting consisting of vaults arranged in rows, with each row carrying another row above it that protrudes from it. The result of this arrangement is a stepped structure, sometimes referred to as honeycomb vaulting or stalactite vaulting. In many sources, muqarnas is considered part of the vault that creates a three-dimensional decorative ef-