

بسم الله الرحمن الرحيم

۱. موضوعات مقاله‌ها در زمینه‌های مختلف مرمت شامل روش‌های گوناگون حفاظت و مرمت اشیاء و بناهای تاریخی، تزئینات وابسته به معماری، مبانی نظری مرمت، تاریخ مرمت، مطالعات فن‌شناختی و آسیب‌شناسی آثار، اشیاء و ابنیه تاریخی و معماری ایران دربردارنده مباحث نظری معماری، تاریخ، فلسفه، آموزش، مطالعات بین‌رشته‌ای، نقد و طراحی محیط و فن‌ساخت، معماری منظر و سایر موضوعات مرتبط با عنوان نشریه است.
۲. مقاله‌های ارسالی نباید قبلاً در نشریه‌ای دیگر یا مجموعه مقالات همایش‌ها چاپ شده و یا همزمان برای مجله دیگری ارسال شده باشند.
۳. مقاله‌ها باید به زبان فارسی و با رعایت اصول و آیین‌نگارش این زبان باشند.
۴. تأیید نهایی مقالات برای چاپ در نشریه، پس از تأیید داوران، با هیأت تحریریه نشریه است.
۵. مسئولیت مطالب مطرح شده در مقاله به‌عهده نویسنده یا نویسندگان است.
۶. مجله در پذیرش، ردّ یا ویرایش محتوای مقاله‌ها آزاد است. مقاله‌های دریافتی بازگردانده نخواهند شد.
۷. استفاده از مقاله‌های چاپ شده در این مجله، با ذکر منبع بلامانع می‌باشد.
۸. مقاله‌ها باید حاصل کار پژوهشی نویسنده یا نویسندگان (Research Papers) باشند.
۹. مجله از پذیرش ترجمه، گزارش و یادداشت علمی معذور است.
۱۰. جهت ارسال مقاله به سامانه الکترونیکی نشریه به آدرس <http://mmi.aui.ac.ir> مراجعه و نسبت به ثبت مقاله اقدام فرمایید.
۱۱. ارسال نامه درخواست چاپ و تأییدیه استاد راهنما- نویسنده همکار، همراه مقاله الزامی است (قابل دانلود از صفحه ارسال مقاله در سامانه نشریه).
۱۲. مقاله‌ها باید ساختار علمی- پژوهشی داشته و به‌ترتیب دارای بخش‌های زیر باشند:
 - مشخصات نویسنده/ نویسندگان: این صفحه باید بدون شماره، شامل عنوان کامل مقاله (عنوان مقاله باید کاملاً گویا و بیانگر محتوای مقاله باشد)، نام و نام خانوادگی نویسنده/ نویسندگان، همراه رتبه علمی، نام مؤسسه یا محل اشتغال، نشانی، شماره تماس و پست الکترونیکی باشد.
 - چکیده فارسی: حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه، با ذکر عنوان مقاله و کلیدواژگان (سه تا پنج کلمه) در یک صفحه جداگانه تنظیم گردد. چکیده باید به‌تنهایی بیان‌کننده تمام مقاله و شامل طرح و بیان پرسش پژوهش، اهداف و روش پژوهش، مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری باشد.
 - مقدمه: شامل طرح موضوع (بیان پرسش یا فرضیه، هدف یا اهداف پژوهش، ضرورت یا اهمیت پژوهش) باشد.
 - پیشینه تحقیق
 - روش تحقیق
 - متن مقاله: شامل مبانی نظری، مطالعات و بررسی‌ها، یافته‌ها و نتیجه‌گیری تحقیق باشد.
 - نتیجه تحقیق: باید به‌گونه‌ای منطقی و مستدل (همراه با جمع‌بندی موارد طرح شده) و شامل پاسخ به سؤال تحقیق در قالب ارائه یافته‌های تحقیق باشد.
 - سپاسگزاری: قدردانی از همکاری و راهنمایی کسانی که در تدوین مقاله نقش داشته‌اند (در صورت تمایل).
 - پی‌نوشت‌ها: شامل برابرهادهای لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله است که باید به‌ترتیب با شماره در متن و به‌صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله درج گردد.
 - منابع و مأخذ: به‌ترتیب حروف الفبا برحسب نام‌خانوادگی نویسنده مرتب گردد (فارسی و لاتین).
 - بخش انگلیسی: دو صفحه است که در پایان مقاله پس از منابع می‌آید و شامل مشخصات نویسندگان و ترجمه کاملی از چکیده فارسی است.
۱۳. متن مقاله: در حداکثر ۱۵ صفحه یک‌رو (با تمام اطلاعات: عکس، متن، نقشه و تصاویر)، در هر صفحه ۳۲ سطر، با قلم B-Nazanin اندازه ۱۲ و Times New Roman اندازه ۱۱ تنظیم گردد.
۱۴. کلیه صفحات به‌جز صفحه مشخصات نویسنده/نویسندگان باید به‌ترتیب شماره‌گذاری شده باشند.
۱۵. حداقل تعداد ضروری تصویر، نمودار و جدول در مقاله حائز اهمیت است که باید با کیفیت مناسب (تصاویر با دقت 300 dpi و با فرمت jpg)، ذکر منبع و تعیین محل مناسب باشد.
- عنوان جدول بالا سمت راست و مأخذ آن در زیر، سمت چپ آورده شود؛ عنوان تصویر، پایین سمت راست و مأخذ، زیر عنوان درج گردد.
۱۶. شیوه تنظیم منابع (فارسی و لاتین):
 - در متن مقاله: (نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار: صفحه)
 - در فهرست منابع پایان مقاله:
- کتاب: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (سال انتشار). عنوان کتاب. جلد. نام مترجم یا مصحح، محل انتشار: نام ناشر.
- مقاله: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (سال انتشار). عنوان مقاله. عنوان مجله. دوره یا سال (شماره مجله در سال مورد نظر)، شماره صفحه‌های مقاله در مجله.
- سند اینترنتی: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (تاریخ). عنوان سند. آدرس/ اینترنتی به‌طور کامل. بازیابی شده در تاریخ.
- در منابع لاتین به جای نام نویسنده، به ترتیب حرف اول نام و نام میانی نویسنده آورده می‌شود.
۱۷. مقالات فاقد شرایط مذکور، از فرآیند بررسی خارج خواهند شد.
۱۸. جهت آگاهی بیشتر برای تنظیم مقاله، به شیوه‌نگارش مشروح که از سامانه الکترونیکی نشریه قابل دریافت است، مراجعه کنید.

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

مرمت و معماری ایران

سال سوم، شماره پنجم، بهار و تابستان ۱۳۹۲

صاحب امتیاز: دانشگاه هنر اصفهان

مدیر مسئول: فرهنگ مظفر

سر دبیر: اصغر محمد مرادی

هیأت تحریریه به ترتیب حروف الفبا:

حسین احمدی

استادیار دانشگاه هنر اصفهان

محمدرضا بهمانیان

دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

بهنام پدرام

استادیار دانشگاه هنر اصفهان

اکبر حاج ابراهیم زرگر

استاد دانشگاه شهید بهشتی

محمد خزائی

دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

ابوالقاسم دادور

دانشیار دانشگاه الزهرا (س)

ابوالفضل سمنانی

دانشیار دانشگاه شهرکرد

مسعود صلواتی نیاسری

استاد دانشگاه کاشان

حسن طلایی مغانجوی

استاد دانشگاه تهران

سید امیر مهرداد محمد حجازی

دانشیار دانشگاه اصفهان

اصغر محمد مرادی

استاد دانشگاه علم و صنعت

فرهنگ مظفر

دانشیار دانشگاه هنر اصفهان

عبدالحمد نقره کار

دانشیار دانشگاه علم و صنعت

مدیر داخلی: نادر شایگان فر

مدیر اجرایی: کریم نصرالهی

طراح سر لوحه: حمید فرهمند بروجنی

طراح جلد: افسانه ناظری

گرافیکست: سام آزرم

ویراستار ادبی فارسی: بهاره عباسی عبدلی

ویراستار ادبی انگلیسی: احسان گل احمر

صفحه آرا: سمیه فارغ

قیمت: ۷۰۰۰۰ ریال

نشانی: اصفهان، چهارباغ پائین، بین چهارراه تختی و میدان شهدا،

کوچه پردیس (۳۱)، پلاک ۱۷، کد پستی: ۸۱۴۸۶-۳۳۶۶۱

حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه هنر اصفهان،

دفتر نشریه «مرمت و معماری ایران».

تلفن: ۰۳۱۱ ۴۴۶۰۳۲۸ - ۴۴۶۰۷۵۵

نمابر: ۰۳۱۱-۴۴۶۰۹۰۹

E-mail: mmi@au.ac.ir

http://mmi.au.ac.ir

داوران و همکاران این شماره:

دکتر رضا ابوئی

دکتر حسین احمدی

دکتر سید محمدامین امامی

دکتر احمد امین پور

دکتر ناصر براتی

دکتر بهنام پدرام

مهندس داریوش حیدری

دکتر نادر شایگان فر

مهندس امید عودباشی

دکتر امیرمهرداد محمدحجازی

دکتر افسانه ناظری

دکتر محمدرضا نیلفروشان

مهندس رضا وحیدزاده

دکتر غلامرضا وطن خواه

دکتر نیما ولی بیگ

مقالات مندرج لزوماً دیدگاه نشریه مرمت و معماری ایران نیست و مسئولیت مقالات برعهده نویسندگان محترم است. استفاده از مطالب و کلیه تصویرهای نشریه با ذکر منبع، بلامانع است.

نشریه «مرمت آثار و یافت‌های تاریخی، فرهنگی» که براساس مجوز شماره ۸۹/۳/۱۱/۸۹۳۵۹ مورخ ۸۹/۱۱/۱۸ از کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور، وزارت علوم تحقیقات و فناوری دارای درجه علمی- پژوهشی است، از شماره پنجم (همین شماره) بنا به مجوز شماره ۳/۱۸/۵۲۷۰۸ مورخ ۱۳۹۲/۴/۱۷ به نشریه علمی- پژوهشی «مرمت و معماری ایران» تغییر نام یافت.

پروانه انتشار این نشریه از سوی اداره کل مطبوعات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، طی مجوز شماره ۹۱/۱۹۵۰۱ مورخ ۹۱/۷/۹ صادر گردیده است.

این نشریه در پایگاه استنادی علوم کشورهای اسلامی (ISC) به نشانی www.ricest.ac.ir، پایگاه اطلاعاتی علمی جهاد دانشگاهی به نشانی www.SID.ir و بانک اطلاعات نشریات کشور به آدرس www.magiran.com نمایه می‌شود.

با پشتیبانی:





فهرست

- بررسی گوناگونی شیوه‌های اجرای آرایه‌های گچی قالبی بناهای تاریخی شهر یزد در دوره قاجار، با تکیه بر مطالعه موردی تزئینات محراب شبستان شاهزاده در مسجد جامع کبیر..... ۱

حسام اصلانی، آصفه میرنیام، مجید علومی

- تدوین راهکارهایی برای ساماندهی و احیای مادی‌های بافت قدیم شهر اصفهان..... ۱۵

صدیقه کلانتری، محمود محمدی

- بازنگری در مفهوم کاربندی بر مبنای هندسه نظری، عملی و نقش ساختمانی..... ۳۳

مهدی رئیسی، محمدرضا بمانیان، فرهاد تهرانی

- بررسی روند کریناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی براساس مطالعات پتروگرافیک..... ۵۵

سید محمدامین امامی، سمیه نوغانی

- آسیب‌شناسی کتیبه معرق سنگ و کاشی خدای خانه مسجد عتیق شیراز..... ۶۹

حسین احمدی، عباس عابد اصفهانی، مریم اکبری‌فرد

- پژوهشی در ملات‌های آهکی تاریخی (ساروج) نمونه موردی: حمام شاهزاده‌ها در اصفهان..... ۸۳

داریوش حیدری، حامدیونسی، غلامرضا وطن‌خواه

- مطالعه و استحکام‌بخشی سنگ آهک در سنگ‌نوشته خرم‌آباد لرستان..... ۹۹

عاطفه شکفته، امید عودباشی، ملیحه بکرانی، مسعود سیاپوش، بهنود سیاپوش

- تحلیل کمی مقاله‌های مرمت در نشریه‌های ترویجی - تخصصی کشور از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰..... ۱۱۷

فرهنگ مظفر، فریال احمدی، علی اسدپور

- چکیده انگلیسی مقالات

بررسی گوناگونی شیوه‌های اجرای آرایه‌های گچی قالبی بناهای تاریخی در دوره قاجار شهر یزد، با تکیه بر مطالعه موردی تزیینات محراب شبستان شاهزاده در مسجد جامع کبیر

حسام اصلانی* آصفه میرنیام** مجید علومی***

چکیده

گچ‌بری، از قدیمی‌ترین شیوه‌های تزیین معماری ایرانی است. در میان شهرهای داعیه‌دار شکوفایی هنر گچ‌بری ایرانی، شهر یزد پیشینه‌ای برجسته دارد. در ادوار تاریخی این شهر، دوره قاجار، پررونق‌ترین عصر به‌کارگیری گچ در تزیینات معماری آن است. بین شیوه‌های متفاوت آفرینش این هنر، اجرای نقوش با ضخامت بسیار اندک، در نمایی بسیار ظریف و هنرمندانه، روش معمول و متداول این دوره بوده‌است. شواهدی همچون به‌چشم‌نیامدن ردّ ابزار گچ‌بری، وجود طرح‌های تکرارشونده کوچک، اندازه یکسان نقوش بدون کمترین تفاوت و تغییر و اجرای گچ‌بری با ضخامت بسیار کم، اجرای این تزیینات را به‌وسیله ابزار گچ‌بری و برش و کنده‌کاری لایه گچ، منتفی می‌کند. آنچه در بررسی اولیه به ذهن می‌رسد، استفاده از نوعی قالب در اجرای این تزیینات است. از سوی دیگر، به‌نظر می‌رسد تزیینات یادشده در موارد متعدد باوجود شباهت‌های به‌ظاهر بسیار، با شیوه‌ای متفاوت اجرا شده باشند.

ازین‌رو، هدف اصلی این پژوهش، شناسایی تفاوت‌ها و گوناگونی روش‌های به‌کاررفته برای اجرای این نمونه از گچ‌بری‌ها در شهر یزد، دوره قاجار، است. برای شناخت بیشتر روش‌های اجرای این شیوه تزیینی، برای نمونه، تزیینات محراب شبستان شاهزاده در مسجد جامع کبیر یزد مطالعه شد. جهت به‌دست‌آوردن نتیجه مطلوب، از روش‌های آزمایشگاهی و دستگاهی استفاده شد. هم‌زمان، تعداد بسیاری از مقالات و منابع مکتوب که غیرمستقیم به این شیوه تزیینی اشاره کرده‌اند نیز، بررسی شدند.

مشاهدات بصری و میکروسکوپی از مقاطع سطحی و عرضی نمونه‌های تزیینی، شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده لایه‌های گچ و بررسی حضور مواد آلی و معدنی احتمالی در ترکیب با گچ، بررسی ساختار بلوری ترکیبات، رفتار انباشتگی و واپاشیدگی آنها و اندازه و ریخت‌شناسی کریستال‌ها، از جمله نتایج کاربرد دو شیوه جداگانه اجرای آرایه‌های گچی قالبی با قالب پیش‌ساخته، با به‌کارگیری گچ زنده در اجرای تزیینات حاشیه تاق‌نمای محراب و روش قالب مهری با استفاده از گچ نیم‌کشته برای اجرای تزیینات لچکی تاق‌نمای محراب است.

ضمن اینکه، به‌کارگیری دو فنّ با ظاهر بسیارمشابه، هم‌زمان در بخش‌های نزدیک‌به‌هم در یک اثر تاریخی، هرچند گوناگونی فنون کار را با مصالح گچ در دوره قاجار نشان می‌دهد لیکن سبب‌شده‌است تا در بررسی‌های اولیه، تفاوت‌های این دو شیوه نادیده گرفته شوند.

کلیدواژگان: دوره قاجار، یزد، آرایه‌های گچی قالبی، مسجد جامع، محراب شبستان شاهزاده.

* استادیار، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

** دانشجوی دکتری رشته مرمت آثار تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).

*** کارشناس ارشد رشته مرمت آثار تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر تهران.

مقدمه

گچ، از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی شناخته شده است. (Malta at els, 2007: 126) به سبب ویژگی‌های ممتاز این ماده، متناسب بودن آن با شرایط اقلیمی و دسترسی آسان کاربران از دوران پیش از تاریخ، در آثار معماری ایران به کار رفته است (ملک شه میرزادی، ۱۳۸۷: ۱۶؛ فریه، ۱۳۷۴: ۱۴۸-۱۴۴ و Alizadeh, 2003: 154-157). موارد بهره‌گیری از گچ در ایران باستان به‌ویژه در نمونه‌هایی چون آثار عیلامی هفت تپه خوزستان (نگهبان، ۱۳۷۲: ۷۴)، سطوح رنگین تپه باباجان (فریه، ۱۳۷۴: ۱۷)، آثار یافت‌شده از تپه گوران (مکی‌نژاد، ۱۳۸۷: ۱۳۳) و نمونه‌های برجای مانده از دوران هخامنشی (پرادا و همکاران، ۱۳۸۳: ۲۵؛ نگهبان، ۱۳۷۲: ۲۹۲ و Schmidt, 1939: 53) علاوه بر محافظت از دیوارها و اجزای معماری در برابر شرایط محیطی، از جنبه تزئینی نیز قابل بررسی‌اند.

دوران اشکانی و ساسانی، به‌عنوان عصر تکامل و روشمند شدن تزئینات گچی در آرایش معماری پیش از اسلام، شناخته شده است. دورانی که تا قرن‌های متمادی بر زینت کاری بناهای اسلامی نیز تأثیر گذار بود (اصلانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۱). شهر یزد، یکی از کهن‌ترین شهرهای ایرانی با سابقه در به‌کارگیری تزئینات گچی، در آرایه‌های معماری است. از میان ادوار تاریخی آن، دوره قاجار، پررونق‌ترین عصر به‌کارگیری گچ در تزئینات معماری این شهر است. کمتر بنایی از این دوره برجای مانده که از شیوه‌های گوناگون تزئینات گچی، بهره‌مند نشده باشد (افشار، ۱۳۷۱: ۲۳۲). بین شیوه‌های متفاوت اجرایی این هنر، روشی که بسیار معمول و متداول بوده، اجرای نقوش با ضخامت بسیار اندک و با طرح‌های تکرار شونده، در نمایی بسیار ظریف و هنرمندانه است. شواهدی همچون عدم مشاهده ردّ ابزار گچ‌بری، وجود طرح‌های تکرار شونده کوچک، اندازه یکسان نقوش بدون کم‌ترین تفاوت و تغییر و اجرای گچ‌بری با ضخامت بسیار کم (حدود یک تا دو میلی‌متر)، اجرای این تزئینات را به‌وسیله ابزار گچ‌بری و برش و کنده‌کاری لایه گچ، منتفی می‌کند. آنچه در بررسی اولیه به‌نظر می‌رسد، استفاده از نوعی قالب در اجرای این تزئینات است اما این مسئله که قالب پیش‌ساخته یا مَه‌ری باشد، مشخص نیست. به‌دلیل محدود بودن منابع گچ در منطقه یزد و تکیه بر نمونه‌های گچ‌بری باقی مانده از دوره‌های متفاوت، به‌کارگیری شیوه گچ‌بری قالبی با روش‌های متفاوت قالب درجا، پیش‌ساخته و مَه‌ری که امکان اجرای گچ‌بری را با ضخامت اندک و صرفه‌جویی در مصرف مصالح به‌دنبال دارد، یکی از روش‌های مورد توجه در

این منطقه بوده است. برخی از پژوهشگران، پیشنهاد کاربردی این فنون در ایران را مربوط به دوره پارتی (شراتو، ۱۳۷۶: ۶۳) و برخی نیز مربوط به دوره ساسانی می‌دانند (مکی‌نژاد، ۱۳۸۷: ۱۷۹).

بر اساس مدارک موجود در هزاره‌های پیش از میلاد، مَه‌رها در مبادلات تجاری و دادوستدها، استفاده می‌شده است (جدی، ۱۳۸۷: ۲۴). شاید، همین تأثیر بصری حاصل از مَه‌ر کردن لوحه‌های گلی بوده که بعدها کاربرد مَه‌ر را در تزئینات معماری با جلوه‌ای ویژه، به‌نمایش گذاشته است.

قدیمی‌ترین نمونه این شیوه در شهر یزد مربوط به بقعه دوازده امام، قرن چهارم هجری است (میرنیام، ۱۳۸۸: ۵۱). این شیوه، در تزئینات گچی بقعه دوازده امام، به‌صورت آرایه معماری جداگانه از دیگر فنون به‌کار رفته است بلکه تنها در چند مورد اندک، روی بخش‌هایی از تزئینات گچی برجسته، اثر قالب مَه‌ری نیز دیده می‌شود. در بناهای اندک باقی مانده تا دوره آل مظفر، نمونه ویژه‌ای از تزئینات گچی قالبی مشاهده نمی‌شود لیکن این شیوه به‌صورت شیوه قالبی درجا، یکی از فنون منحصر به‌فرد گچ‌بری به‌کار رفته در بناهای این دوره است (الوندیان، ۱۳۸۵: ۶۲). تزئینات گچی ضلع‌های شمالی مدرسه رکنیه و گچ‌بری‌های ایوان و گنبدخانه مدرسه شمسیه نیز به‌همین شیوه اجرا شده‌اند (همان: ۶۵). نمونه گچ‌بری‌های یادشده در سده‌های تاریخی بعد از دوره آل مظفر، با اهمیت یافتن کاشی‌کاری، از رونق افتاد. در بناهای دوره تیموری یزد، تنها در مواردی چون بقعه سنی فاطمه و گنبد مصلائی عتیق، قطاربندی‌های ارزشمند با قالب‌های مقرنس گچی، اجرا شده است (حمزوی، ۱۳۸۸: ۹۸).

در دوران صفوی، شهر یزد در مقایسه با شهرهای دیگر ایران همچون اصفهان، شیراز، کرمان و تبریز، گستردگی چندانی نیافته بود به‌گونه‌ای که، بناهای اندکی از این دوره برجای مانده است (خادم‌زاده، ۱۳۸۶: ۱۸). تزئینات این بناها، بیشتر به‌صورت اندوده‌های گچ و قاب‌بندی‌ها و کاربردی‌های ساده اجرا شده‌اند و نمونه مشخصی از هنر گچ‌بری قالبی در آنها دیده نمی‌شود. این هنر در عهد قاجار، بار دیگر مورد توجه قرار می‌گیرد. تزئینات گچی محراب شبستان شاهزاده در مسجد جامع کبیر یزد، از موارد قابل تأمل گچ‌بری قالبی شهر یزد در این دوران است.

بنابر آنچه گفته شد هدف مقاله حاضر، شناخت روش‌های متفاوت اجرایی این شیوه تزئینی با تکیه بر نمونه‌های محراب یادشده است. در بررسی‌های صورت گرفته، مشاهدات دقیق دستگاهی و مطالعات آزمایشگاهی انجام‌شده روی نمونه‌های تاریخی، برای دستیابی به نتایج دقیق راهگشا بوده است.

روش تحقیق

پژوهش حاضر برای شناخت فنون اجرای گچ‌بری‌های قالبی در تزئینات گچی شهر یزد در دوره قاجار با تکیه بر مطالعه موردی محراب شبستان شاهزاده مسجد جامع یزد، از آثار این دوره، رویکردهای مختلف پژوهشی را با استفاده از منابع شفاهی و مکتوب، مطالعات میدانی، بررسی‌های آزمایشگاهی و مشاهدات دقیق دستگاهی، برگزیده‌است. هرچند دقت در واقعیت ملموس تزئینات گچی بناهای یادشده، در افزایش دانش و دریافت پژوهشگران از شیوه‌ها و فنون گچ‌بری‌های محراب و آگاهی از تفاوت‌ها و تمایزات شیوه‌های گوناگون اجرایی تزئینات در بخش‌های مختلف راهگشاست لیکن، جهت ارائه تصویری دقیق و جامع از فن اجرای تزئینات، نمونه‌های اصلی تزئینات محراب شبستان سازده تهیه‌شد و مورد مطالعه بیشتر قرار گرفت.

برای بررسی مقاطع عرضی و سطح نمونه‌ها از میکروسکوپ نوری و لوپ دیجیتالی، جهت شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده از روش (EDS)^۱، برای شناسایی ماده معدنی در ترکیب با گچ از روش (XRD)^۲، برای شناسایی مواد آلی احتمالی ترکیب‌شده با گچ، روش شیمی‌تر و (FTIR)^۳ و جهت بررسی ساختار بلوری ترکیبات روش دستگاهی (SEM)^۴ به‌کارگرفته‌شد. هم‌زمان، تعداد بسیاری از مقالات و منابع مکتوب که به‌طور ضمنی به موضوعات مشابه، اشاره‌نموده‌اند نیز بررسی شدند. ازین‌رو جامعه مورد مطالعه در این بحث، گستره‌ای از متون تاریخی و علمی را در کنار پژوهش‌های تخصصی فن شناسی آثار دربرمی‌گیرد که دو گروه از مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- کتاب‌ها و مقاله‌های پژوهشگرانی که به‌نوعی به مستندسازی تاریخ هنر و معماری یزد پرداخته‌اند.
- پایان‌نامه‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد، به‌ویژه در بایگانی دانشگاه هنر اصفهان، درباره شناخت شیوه‌های اجرایی هنر گچ‌بری شهر یزد.

در ادامه کار با تحلیل نتایج به‌دست آمده، شیوه‌های فنی اجرای تزئینات نیز شناسایی شدند.

پیشینه تحقیق

عبدالحسین آیتی، در کتاب "تاریخ یزد" (۱۳۱۷)، از بناهایی از شهر یزد در دوره قاجار نام می‌برد که با شیوه‌های گوناگون تزئینی همچون گچ‌بری مزین شده‌اند. ایرج افشار نیز در منابع بسیاری، به شرح دوره‌های تاریخی یزد و بناهای ساخته شده آن در زمان‌های مختلف و تزئینات بناها، از جمله اینکه بنایی تزئینات گچ‌بری داشته یا نه،

پرداخته است (یادگارهای یزد، ۱۳۴۸؛ جامع جعفری، ۱۳۵۳؛ الماثروالاثار، ۱۳۶۳ و یزدنامه، ۱۳۷۱). هرچند مواردی از این دست، به شناخت نمونه‌هایی که تزئینات گچی دارند، کمک می‌کنند اما اطلاعاتی درباره روش اجرای تزئینات در اختیار پژوهشگران نمی‌گذارند. باین‌حال، برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه، به‌قرار زیر است:

- الهه/وندیان (۱۳۸۵)، فن‌شناسی تزئینات گچی منحصر به‌فرد بقعه سیدرکن الدین یزد، از آثار دوره ایلخانی را بررسی کرده و بحث گسترده‌ای را درباره شیوه اجرای بخشی از تزئینات گچی این بنا به‌روش قالبی درجا، ارائه‌داده‌است.
- فائزه/صفهانی‌پور (۱۳۸۶)، فن اجرای تزئینات گچی قالبی درجا را در بنای سید شمس‌الدین، مطالعه کرده‌است.
- یاسر حمزوی (۱۳۸۸)، در زمینه فن‌شناسی تزئینات گچی قالبی پیش‌ساخته در بنای ستی فاطمه تحقیق کرده‌است.

باین همه، درباره تزئینات گچی قالبی یزد در دوره قاجار، پژوهشی مدون و مکتوب نگاشته نشده‌است.

آرایه‌های گچی قالبی در تزئینات معماری قاجاری شهر یزد

در بررسی گچ‌بری‌های قاجاری یزد، شیوه‌ای دیده می‌شود که بخش عظیمی از آرایه‌های گچی به این شیوه اجرا شده‌اند. کمتر خانه‌ای از این عهد، چه اشرافی و معروف و چه ناشناس، باقی مانده‌است که دست‌کم، درون تالار و یا اطراف تاقچه‌های اتاق مهمانخانه آن، این گونه با آرایه‌های گچی مزین نشده‌باشد (تصویرهای ۴-۱). ویژگی‌های مشترک این شیوه در بناهای متفاوت، به شرح زیر است:

- اختلاف سطح لایه گچ بستر رویه نسبت به سطح بستر زیرین در بیشترین حالت، ضخامتی نزدیک به ۳ میلی‌متر دارد آن‌گونه‌که، تزئینات با ضخامت بسیار کم به‌اجرا درآمده‌اند.
- ردّ ابزار گچ‌بری هنگام برش لایه گچ رویه و پرداخت سطحی روی آن، مشاهده نمی‌شود.
- اتصال لایه گچ رویه با زمینه کار در بیشتر موارد، استحکام خوبی دارد.
- تزئینات با طرح‌های تکرارشونده کوچک اجرا شده‌اند.
- اندازه نقوش یکسان بوده و بدون کمترین تفاوت و تغییر به‌اجرا درآمده‌اند.

• محل اجرای گچ‌بری‌ها، بیشتر در حاشیه قاب‌های گچ‌بری برجسته، حدفاصل طرح‌های آینه‌کاری و گچ‌بری برجسته، دور تاق‌ها و تاقچه‌ها و در مواردی اندک همچون گچ‌بری‌های خانه مودت و تیمچه تهرانی‌ها، برای پوشش و تزئین سطوح وسیع دیوارها و سقف به کار رفته‌است. آنچه در بررسی اولیه به ذهن می‌رسد این است که این نوع از گچ‌بری‌ها، به‌شیوه قالبی با قالب پیش‌ساخته و یا قالب مهری اجرا شده‌اند. در ادامه، برای شناسایی دقیق شیوه اجرای گچ‌بری‌های یادشده، گچ‌بری‌های محراب شبستان شاهزاده مسجد جامع کبیر یزد، مطالعه شد.

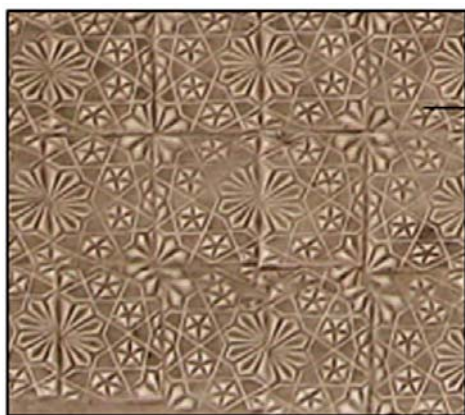
تزئینات گچی محراب شبستان شاهزاده

بی‌تردید مسجد جامع کبیر یزد، یکی از شاهکارهای کم نظیر معماری مساجد ایران به‌شمار می‌رود که در دوره‌های مختلف، دست‌خوش تغییر و تحولات بسیار گردیده‌است. در دوره قاجاریه، تخریب و نوسازی گسترده‌ای در مجموعه مسجد جامع، رخ می‌دهد که سبب دگرگونی و تغییر چهره آن می‌شود. این اقدامات، هم‌زمان با فرمانروایی شاه محمد ولی میرزا در یزد و سلطنت فتحعلی شاه قاجار، به‌وقوع

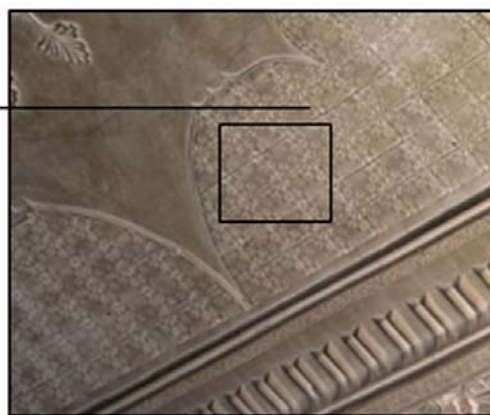
می‌پیوندد. شاه محمد ولی میرزا، عملیات ساختمانی مسجد را سال (۱۲۳۶ ه.ق)، آغاز و سال (۱۲۴۰ ه.ق)، به پایان می‌رساند. وی، بخش‌های قدیم مسجد را تخریب می‌کند و صحن بزرگ فعلی مسجد را با رواق‌های اطراف، به آن اضافه می‌کند. شاه محمد همچنین شبستان بزرگی را در ضلع غربی مسجد، روی ساخت‌وسازهای کاکویان احداث می‌کند که هم‌اکنون شبستان شاهزاده خوانده می‌شود (افشار، ۱۳۴۸: ۹۵). محراب این شبستان، با کاربردی ساده‌ای آراسته شده و لچک‌های اطراف تاق‌نما و حاشیه دور تادور آن، با گچ‌بری مزین شده‌اند (تصویرهای ۵-۶).

مشاهدات بصری و برنامه‌ریزی برای مطالعه

دقت و نگاه موشکافانه در واقعیت ملموس تزئینات گچی یادشده برای افزایش آگاهی درباره تفاوت‌ها و تمایزات شیوه‌های مختلف اجرای تزئینات، نخستین گام این پژوهش بوده‌است. در بررسی‌های اولیه، چنین به‌نظر می‌رسد که شیوه اجرای تزئینات گچ‌بری محراب شبستان شاهزاده در حاشیه دور تادور تاق‌نمای محراب، با تزئینات بخش لچکی متفاوت است. گچ‌بری‌های حاشیه تاق‌نمای محراب، حدود



تصویر ۲. تکرار نقوش چندضلعی با ضخامت اندک (نگارندگان).



تصویر ۱. بخشی از گچ‌بری‌های سقف اتاق پنج‌دري خانه مودت (نگارندگان).



تصویر ۴. گچ‌بری در حد فاصل محل اجرای تزئینات آئینه‌کاری خانه امام جمعه (نگارندگان).



تصویر ۳. گچ‌بری‌های ازاره تالار بزرگ خانه آشفته (نگارندگان).

در نهایت، نمونه‌هایی از تزئینات حاشیه تاق‌نمای محراب شبستان شازده و تزئینات لچکی محراب فراهم شد. برای بررسی بیشتر در مورد شیوه اجرای تزئینات، ابتدا سطح و مقطع عرضی نمونه‌ها با لوپ دیجیتال، مطالعه شد.

تهیه تصویرهای میکروسکوپی از سطح و مقطع عرضی نمونه‌ها

برای آگاهی از حضور ردّ ابزار برش، تراش و مواردی از این قبیل که ساده‌ترین تمایز روش‌های گچ‌بری تراش و قالبی است؛ نمونه‌ها با لوپ آزمایشگاهی دیجیتال با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر بررسی شدند. در هیچ‌یک از نمونه‌ها، ردّ ابزار گچ‌بری جهت برش یا تراش لایه‌های گچ که به فتیله‌شدن و لول‌خوردن لایه گچ رویه به واسطه حرکت ابزار منتهی می‌شود، مانند آنچه در روش گچ‌بری برجسته و تراش مشاهده می‌شود (تصویر ۷)، دیده نشد. اما لبه‌های طرح، نشانگر حالتی است که می‌تواند ناشی از درگیری گچ و قالب هنگام جداسدن گچ درون قالب از لبه‌های قالب باشد (تصویر ۸).

این حالت در گچ‌بری لچکی تاق‌نمای محراب، کمتر مشخص است (تصویر ۹). این بررسی، فرضیه ارائه‌شده در مورد اجرای گچ‌بری به شیوه قالبی را تقویت می‌کند. چنانچه گچ‌بری به شیوه

۳ میلی‌متر با سطح بستر اختلاف سطح دارند. این امر، سبب شده تا استحکام مناسب آنها برابر سایش‌های مکانیکی، از تخریب لایه بستر تزئینی هنگام تمیزکاری‌های مداوم محراب، جلوگیری کند. در حالی که گچ‌بری‌های لچکی‌های دو طرف تاق‌نمای محراب شبستان شاهزاده، با اختلاف سطحی نزدیک به ۱ میلی‌متر از لایه بستر، اجرا شده‌اند که باعث شده این تزئینات، استحکام کمتری در برابر سایش‌های مکانیکی داشته باشند به گونه‌ای که، قسمت‌های بسیاری از سطح نقوش مخدوش گردیده است (این مطلب شاید به دلیل نوع عمل‌آوری متفاوت گچ در هریک از موارد نیز باشد). در بخش‌هایی از تزئینات لچکی محراب شازده، تداخل نقوش در یکدیگر دیده می‌شود و به نظر می‌رسد، نقوش با سرعت بیشتری نسبت به گچ‌بری‌های حاشیه، اجرا شده باشند. از طرفی، میزان ترک و ریختگی لایه گچ در حد فاصل نقوش واگیره‌ای گچ‌بری‌های حاشیه تاق‌نمای محراب، بیشتر از دیگر نواحی است حال آنکه، این حالت در گچ‌بری‌های لچکی محراب دیده نمی‌شود. برای دریافت اطلاعات ویژه با درصد خطای کمتر از لایه‌های گچ‌بری، روش‌های آزمایشگاهی و دستگاهی به کار برده شد.



تصویر ۶. گچ‌بری حاشیه طاق‌نمای محراب شبستان شاهزاده (نگارندگان).



تصویر ۵. گچ‌بری لچکی طاق‌نمای محراب شبستان شاهزاده (نگارندگان).



تصویر ۹. گچ‌بری حاشیه اطراف طاق‌نمای محراب بیافخان با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (نگارندگان).



تصویر ۸. گچ‌بری حاشیه اطراف طاق‌نمای محراب شبستان شازده با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (نگارندگان).



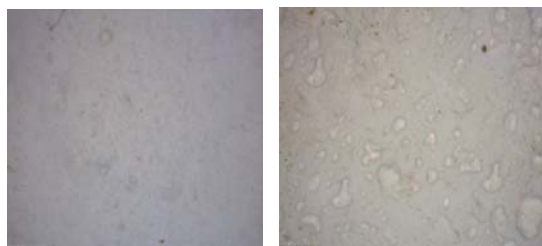
تصویر ۷. بررسی سطح نمونه گچ‌بری برجسته با استفاده از لوپ دیجیتال با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (ردّ ابزار برش در تصویر کاملاً مشهود است). (نگارندگان).

قالبی اجرا شده باشد، هنگام ریختن گچ دوغابی درون قالب، به دلیل خارج شدن هوای محبوس شده در فضای گود آن، حفره‌هایی ریز در سطح و عمق نمونه ایجاد می‌شود. البته، ممکن است طی عملیات تکمیلی اثر یا به سبب تمیز کاری ناشیانه سطح، این حفره‌ها از سطح تزیینات ناپدید شوند از این رو، برای اطمینان از وجود چنین عوارضی، از عمق لایه‌های تزیینی نیز نمونه برداری شد. تصویرهای میکروسکوپی نشان می‌دهد که سطوح گچ‌بری در نمونه‌های مربوط به بخش لچکی دو طرف تاق‌نمای محراب شبستان شازده، صاف و یک دست است و اثری از حفره‌های سطحی در آنها دیده نمی‌شود. اما در نمونه‌های بررسی شده از گچ‌بری حاشیه تاق‌نمای محراب، در سطح گچ‌بری حفره‌های کوچکی، آشکارا، قابل مشاهده است (تصویر ۱۰).

تهیه تصویرهای میکروسکوپی از مقطع عرضی نمونه‌ها برای آگاهی از تعداد لایه‌های گچ‌بری

تصویرهای تهیه شده، نشان‌دهنده قرارگیری تنها یک لایه گچ تزیینی روی سطح بستر گچ و خاک در تزیینات لچکی محراب و قرارگیری دو لایه بستر گچی، روی بستر گچ و خاک در تزیینات حاشیه تاق‌نمای محراب است. در روش اجرای گچ‌بری به شیوه قالبی پیش‌ساخته، لازم است که گچ قالب‌گیری شده، با مقداری ملاط گچ به سطح بستر متصل شود. بنابراین، حضور دو لایه گچ در این گونه لایه‌نگاری تزییناتی الزامی است لیکن در مورد گچ‌بری با قالب مهری، با اجرای یک لایه گچ نازک بر سطح بستر زیرین نیز می‌توان تزیینات گچی را ایجاد کرد زیرا، گچ‌بری مهری تنها با مهرشدن لایه گچ شکل می‌یابد (تصویرهای ۱۲-۱۳).

نتایج به دست آمده از بررسی‌های میکروسکوپی سطح نمونه گچ‌بری حاشیه محراب، به اطلاعات پژوهش درباره شیوه اجرای گچ‌بری قالبی پیش‌ساخته بسیار نزدیک است. از سوی دیگر، نتایج حاصل از بررسی‌های میکروسکوپی مقطع عرضی نمونه لچکی محراب که نشان‌دهنده تنها یک



تصویر ۱۰. سطح نمونه گچ‌بری‌های تصویر ۱۱. سطح گچ‌بری لچکی طاق حاشیه طاق‌نمای محراب شبستان نمای محراب شبستان شازده با شازده با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (نگارندگان). (نگارندگان).

لایه گچ بستر تزیینی است؛ امکان اجرای این تزیینات را با روشی چون گچ‌بری با قالب مهری، تقویت می‌کند. برای آگاهی از شیوه اجرای این گچ‌بری‌ها، آشنایی مختصر با انواع روش‌های قالبی مورد بحث راهگشاست.

تزیینات گچی قالبی به روش پیش‌ساخته

در این روش، دوغاب گچ زنده^۵ را درون قالب‌های توگود ریخته و پس از صاف کردن سطح آن، منتظر می‌شوند تا گیرش گچ درون قالب کامل شود. سپس، قطعات ایجاد شده را بیرون آورده و با خمیر گچ مخلوط با یک ماده چسباننده، به محل مورد نظر می‌چسبانند. بدین ترتیب، چندین قطعه از یک نقش به دست می‌آید که می‌توان با نصب کردن آنها در کنار هم، به نقش دلخواه رسید (مکی‌نژاد، ۱۳۸۷: ۱۷۹)، (تصویر ۱۴). در این روش، بهترین انتخاب جهت عمل‌آوری گچ، گچ زنده است چرا که، گیرایش سریع و استحکام مناسبی دارد. چنانچه از گچ کشته^۶ استفاده گردد به دلیل دیرگیر بودن آن، گیرش گچ درون قالب به کندی صورت می‌گیرد. همچنین، به دلیل ضخامت بسیار کم لایه گچ، قطعه آماده شده استحکام لازم و مناسب را برای اجرا ندارد (تصویر ۱۵).

تزیینات گچی با قالب مهری

در این شیوه که به اختصار، تزیینات مهری نامیده می‌شود؛ روی سطح بستر (گچ یا گچ و خاک)، لایه‌ای نازک از گچ کشیده می‌شود و پس از گیرش اندک گچ، قالب چوبی، سفالی و یا قالب صلب دیگری را به صورت مهر روی آن قرار داده و پس از اعمال اندکی فشار، برمی‌دارند. با این عمل، نقش به گونه برجسته و یا فرورفته روی سطح مورد نظر شکل می‌گیرد. در برخی موارد، ممکن است ابزارهای گچ‌بری مانند بوم‌خوار، فردنگی، دم‌بر و مواردی از این قبیل، خود نقش یک قالب مهری را ایفا کنند. شیوه مهری، این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان گچ‌بری‌هایی را با ضخامت بسیار اندک (کمتر از یک میلی‌متر) اجرا کرد. چنانچه، با تمهیدی از سرعت گیرش گچ کاسته شود، اجرای این شیوه گچ‌بری راحت‌تر صورت خواهد گرفت (اعظمی، ۱۳۹۰، مصاحبه حضوری).

برای آگاهی از مواد و شیوه به کار گرفته شده در عمل‌آوری بهینه لایه‌های تزیینی محراب، بررسی‌های بیشتری اتخاذ گردید.

شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده لایه تزیینی محراب

برای شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده نمونه‌ها، از روش آنالیز عنصری (EDAX) استفاده شد. در بررسی نمونه‌ها، سه عنصر کلسیم، سولفور و اکسیژن، حدود ۹۵٪ مواد را تشکیل می‌دهند. در مواردی هم، درصد بسیار اندکی از

اگرچه، افزودنی‌های شیمیایی ممکن است به عنوان عامل کندگیرکننده، تندکننده گیرش، سخت کننده، نرم کننده یا برای پفکی کردن و حجم دادن اضافه شوند (Middendorf, 1995:23) لیکن، مواد چسبنده آلی مانند صمغ عربی، کتیرا، سریشم، سریش و مواد معدنی‌ای همچون خاک، آهک، خاکستر (یا ذغال)، از مهم ترین افزودنی‌های سنتی به گچ در معماری و تزئینات است. ریخت شناسی بلورهای سولفات کلسیم دی‌هیدرات، به شرایط شکل گیری و حضور و نوع ماده شیمیایی افزوده، وابستگی بسیار دارد. «چنانچه ماده آلی به گچ اضافه شود، فرم بلورهای گچ را کاملاً تغییر داده و اثری از زوایای تیز و بلورهای سوزنی شکل باقی نمی‌گذارد چراکه، مواد آلی ساختار آمورف بی‌شکل دارد... چنانچه ماده معدنی در ترکیب با گچ به کار رفته باشد نشست بلورهای ماده معدنی بین کریستال‌های گچ قابل شناسایی است» (Ibid).

از این رو، برای بررسی دقیق تر لایه‌های گچ، آگاهی از حضور بلورهای ماده کندگیرکننده سرعت گیرش بین بلورهای گچ و مطالعه ریخت شناسی و وضعیت استقرار کریستال‌های گچ، از میکروسکوپ الکترونی استفاده شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM از نمونه تزئینات گچی محراب، برای مقایسه با نمونه های تصاویر گچ زنده (تصویر ۱۴)، گچ کشته (تصویر ۱۵) و گچ نیم کشته^۷ (تصویر ۱۶) (هریک بدون مواد افزوده) و همچنین نمونه گچ دارای

آهن، آلومینیوم و سیلیکات به صورت ناخالصی در ترکیب با گچ مشخص شده‌اند (جدول های ۱-۲).

بررسی ساختار بلوری گچ‌بری‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

به کارگیری میکروسکوپ الکترونی می‌تواند آگاهی پژوهشگر را از شکل کریستال‌ها و همچنین رفتار انباشتگی و واپاشیدگی آنها و اندازه و ریخت شناسی بلورها، ارتقا بخشد. براین اساس، می‌توان مواد احتمالی ترکیب شده با گچ و همچنین روش اتخاذی ویژه را برای عمل‌آوری گچ در فرایند کریستالیزاسیون تخمین زد. «مواد افزوده اعم از آلی و معدنی نقش مهمی را در فرایندهای تبلور ایفای می‌کنند. آنها، خواص سطحی کریستال‌ها را که منجر به هسته‌زایی و رشد بلوری می‌شوند دگرگون کرده که در نتیجه شکل کریستال و همچنین رفتار انباشتگی و واپاشیدگی آنها را تغییر می‌دهد.» (Moisset, 1985:20).

افزودن مقدار کمی مواد شیمیایی به همی‌هیدرات سولفات کلسیم، هنگام ترکیب آن با آب برای ایجاد خواص جدید در گچ رایج بوده است. «بسیاری از تکنیک‌های ساخت نیازمند ترفندهای کریستالیزاسیون هستند تا بتوانند بر روی ساختمان، اندازه و ریخت شناسی بلورها کنترل داشته باشند.» (Ibid:23)

جدول ۱. نتایج آنالیز عنصری نمونه گچ‌بری لچکی طاق‌نمای محراب شبستان شازده به روش (EDAX)

Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C
Oxygen	K series	13.40	19.06	30.08
Aluminium	K series	0.00	0.00	4.08
Silicon	K series	0.00	0.00	4.02
Sulfur	K series	19.36	27.53	28.17
Calcium	K series	25.70	36.56	29.93
Iron	K series	0.03	0.05	2.83

(نگارندگان)

جدول ۲. نتایج آنالیز عنصری نمونه گچ‌بری‌های حاشیه اطراف طاق‌نمای شبستان شازده به روش (EDAX)

Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C
	[wt.-%]	[wt.-%]	[at.-%]	
Oxygen	K series	12.61	18.15	34.67
Aluminium	K series	0.00	0.00	3.00
Silicon	K series	0.00	0.00	0.00
Sulfur	K series	22.37	32.21	30.70
Calcium	K series	30.67	44.16	30.67
Iron	K series	0.20	0.28	0.96

(نگارندگان)



تصویر ۱۲. مقطع عرضی نمونه گچ‌بری لچکی محراب شازده با بزرگ‌نمایی ۱۸ برابر (نگارندگان).



تصویر ۱۳. مقطع عرضی نمونه گچ‌بری حاشیه طاق‌نمای محراب شازده با بزرگ‌نمایی ۱۸ برابر (در تصویر لایه گچ واسط بین لایه تزئینی و بستر گچ و خاک کاملاً پیداست) (نگارندگان).

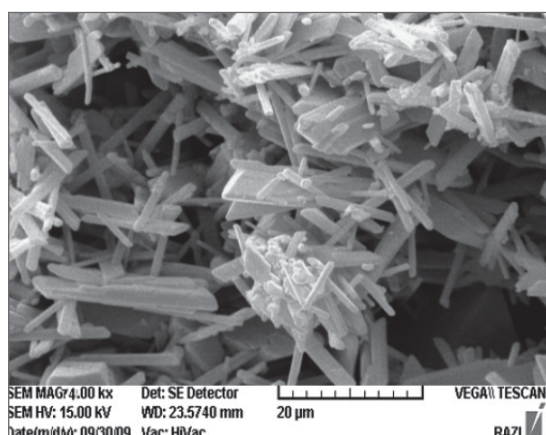
کتیرا (به عنوان یک ماده آلی افزودنی به گچ) (تصویر ۱۷) و نمونه گچ ترکیب شده با خاک (به عنوان ماده معدنی افزوده شده به گچ) (تصویر ۱۸) برای مقایسه با نمونه تزیینات گچی (تصویر ۱۹ تا ۲۲) تهیه شد.

در تصویرهای SEM، ماده افزودنی آلی یا معدنی که فرم بلورها را تغییر دهد یا بین بلورهای گچ قرار گیرد، آشکار نیست. در واقع، تصاویر SEM نمونه گچ‌بری‌های برجسته اصلی به تصاویر SEM گچ بدون حضور مواد افزوده نزدیک تر است. برای اطمینان یافتن از نبود مواد آلی و معدنی ترکیب شده با گچ در ادامه، نمونه‌های گچ‌بری محراب با روش‌های آزمایشگاهی نیز بررسی خواهد شد.

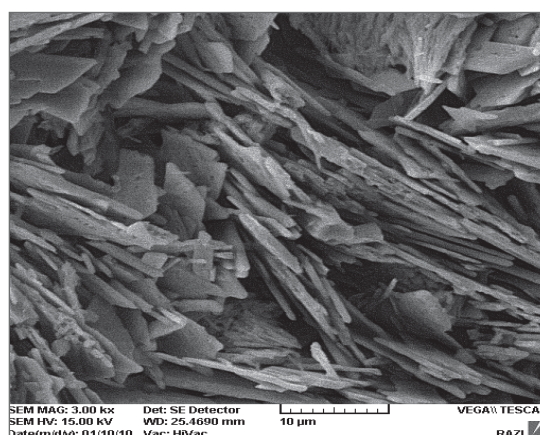
در بررسی تصاویر SEM گچ‌بری لچکی‌های تاق‌نمای محراب، کریستال‌های گچ به صورت ترکیبی از لایه‌های کریستالی مسطح-موازی و کریستال‌های کوتاه گچ همراه کریستال‌های بلند و درهم‌تنیده مشاهده می‌شود. این ساختار، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با هر دو ساختار گچ زنده و کشته دارد. مقایسه این تصویرها با تصویر SEM از قطعه گچ

نیم‌کشته نمونه‌سازی شده (تصویر ۱۶)، در واقع، حالتی از کریستال‌های نیم‌کشته را از نمونه‌ها نشان می‌دهد. از طرفی، حضور کریستال‌های کوتاه گچ می‌تواند در اثر فشار مهر بر سطح گچ، پیش از گیرش کامل آن باشد.

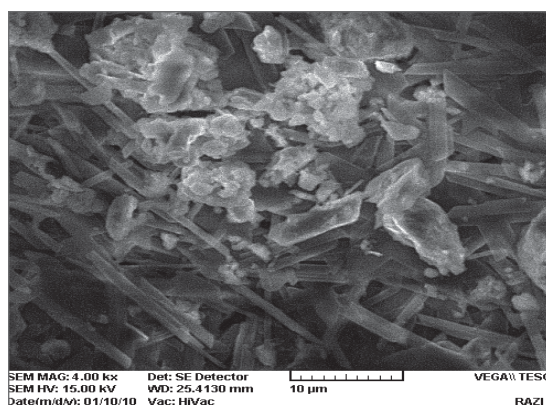
گچ زنده، بسیار تندگیر است و استفاده از آن برای اجرای لایه‌های تزیینی گچ‌بری، سرعت عمل بسیاری را می‌خواهد. همچنین، گیرش گچ کشته تا مدت زمان زیادی کامل نمی‌شود و استحکام لازم را برای اجرای برخی از کارهای تزیینی ندارد. از این رو، برای اجرای برخی از لایه‌های گچ تزیینی از گچ نیم‌کشته استفاده می‌شود که گیرش آن به سرعت گچ زنده نیست و به‌کندی گچ کشته هم اتفاق نمی‌افتد. قابلیت اجرای عملیات تزیین لایه‌های گچ روی بستر گچ نیم‌کشته راحت‌تر از گچ زنده است و استحکام بیشتری هم نسبت به گچ کشته دارد. گچ نیم‌کشته، یک اصطلاح فنی روشن به اندازه دو اصطلاح گچ کشته و زنده، نیست. برای عمل‌آوری این نمونه گچ، پس از ورز دادن خمیر گچ و تهیه گچ کشته، مقداری پودر گچ با خمیر گچ



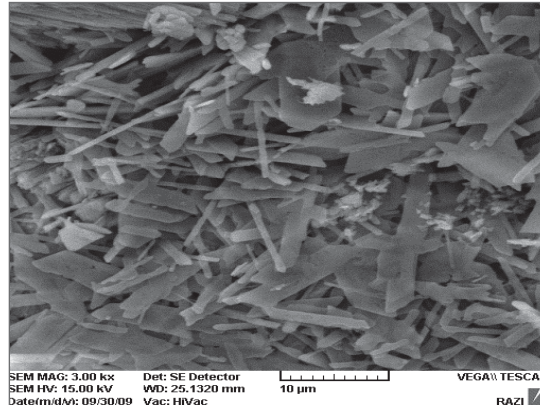
تصویر ۱۵. SEM نمونه گچ کشته بدون مواد افزوده با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ برابر، گچ اصفهان، مش ۲۰۰ (نگارندگان).



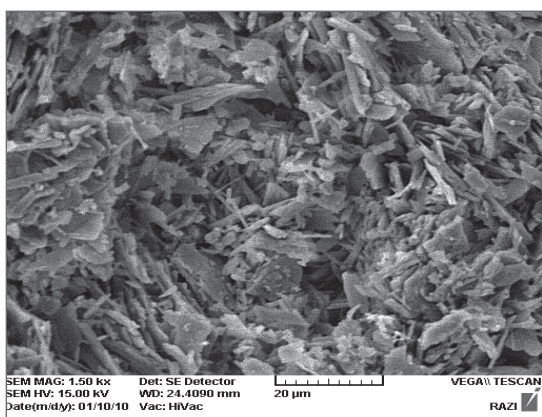
تصویر ۱۴. SEM نمونه گچ زنده بدون مواد افزوده با بزرگ‌نمایی ۴۰۰۰ برابر، گچ اصفهان، مش ۲۰۰ (نگارندگان).



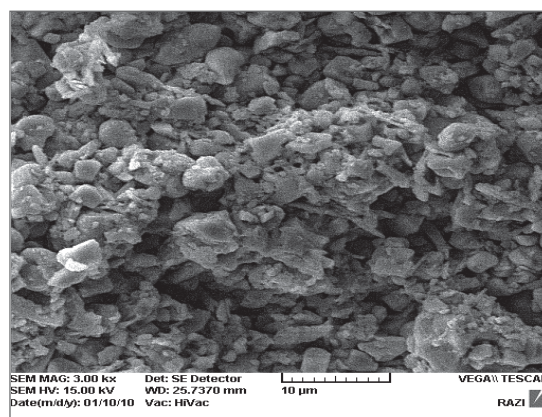
تصویر ۱۷. SEM نمونه گچ دارای کتیرا با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ برابر (نگارندگان).



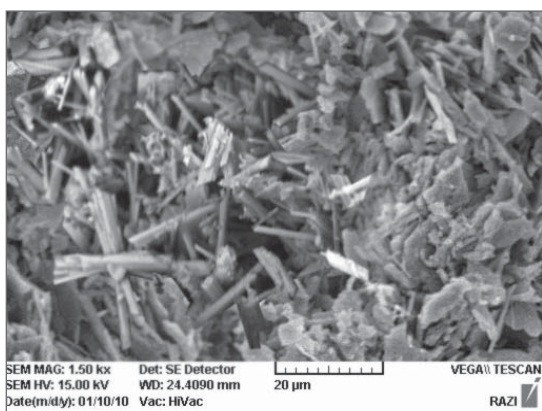
تصویر ۱۶. SEM نمونه گچ نیم‌کشته، با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ برابر، گچ اصفهان، مش ۲۰۰ (نگارندگان).



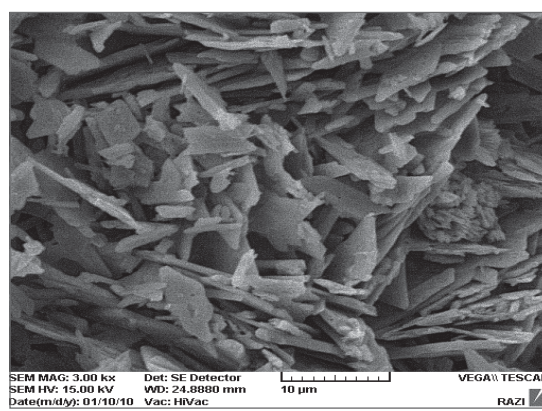
تصویر ۱۹. SEM گچ‌بری‌های لچکی محراب شازده تصویر ۲۰. SEM گچ‌بری‌های لچکی محراب شازده (نگارندگان).



تصویر ۱۸. SEM از نمونه گچ و خاک با بزرگ‌نمایی ۴۰۰۰ برابر (نگارندگان).



تصویر ۲۱. SEM گچ‌بری‌های اطراف طاق نمای محراب شازده با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰ برابر (نگارندگان).

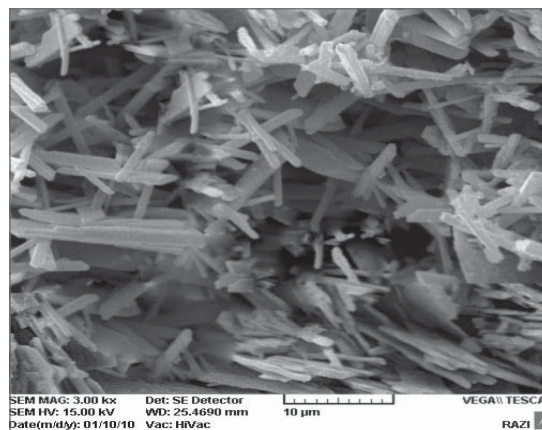


تصویر ۲۰. SEM گچ‌بری‌های لچکی محراب شازده با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ برابر (نگارندگان).

یکدیگر قرار گرفته‌اند. تصاویر SEM از نمونه‌ی تزئینات گچی حاشیه‌ی تاق‌نمای محراب به فرم کریستال‌های بلند و درهم‌تنیده و بلورهای منوکلینیک^۸ و سوزنی گچ زنده، نزدیک‌تر است. این شباهت، فرضیه‌های ما را در اجرای تزئینات به‌روش گچ‌بری قالبی درجا، تقویت می‌کند. همان‌طور که از نظر گذشت، در اجرای تزئینات گچی قالبی درجا، از گچ زنده استفاده می‌شود تا هم سرعت خشک‌شدن قطعات گچی مناسب باشد و هم اینکه، قطعه گچی پس از گیرش به‌راحتی از قالب جداگردد و از استحکام کافی نیز جهت اجرا برخوردار باشد.

آگاهی از حضور مواد معدنی ترکیب‌شده با گچ

برای شناسایی مواد معدنی احتمالی در ترکیب با گچ نمونه‌ها، از روش XRD بهره‌گیری شد. نتایج آنالیز XRD در نمونه‌ها، گچ را با درصد خلوص بالا در دو فاز ژئپس و آن‌هیدرات نشان می‌دهد (جدول‌های ۳-۴). مقدار زیاد آن‌هیدرات در نمونه‌های تاریخی عوامل متعددی دارد (Lawrence, 1967:18). در نمونه‌های مورد بررسی، علت حضور این فاز را می‌توان مربوط به واکنش تبدیل



تصویر ۲۲. SEM گچ‌بری‌های اطراف طاق نمای محراب شازده با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ برابر (نگارندگان).

کشته مخلوط می‌شود که بدون ورز دادن اضافی، خمیر گچ استفاده می‌شود. بنابراین، تصویرهای میکروسکوپی این نمونه گچ بیانگر حضور کریستال‌های سوزنی و تیز گچ زنده، کنار کریستال‌های کوتاه و شکسته‌شده گچ کشته است که در اثر ورز دادن خمیر گچ، به‌شکل صفحات موازی و کوتاه روی

جدول ۳. نتایج آزمایش XRD نمونه گچ تزیینات حاشیه محراب شازده

Compound Name	Formula	PDF Number	Concentration (%W/W)
Anhydrite, syn	CaSO ₄	37-1496	35.3
Gypsum	CaSO ₄ ·2H ₂ O	06-0046	64.7

(نگارندگان)

جدول ۴. نتایج آزمایش XRD نمونه گچ تزیینات لچکی محراب شازده

Compound Name	Formula	PDF Number	Concentration (%W/W)
Anhydrite, syn	CaSO ₄	37-1496	68.7
Gypsum	CaSO ₄ ·2H ₂ O	06-0046	31.3

(نگارندگان)

تحت تأثیر فاکتورهایی چون میزان کم مواد آلی و انعاکاسات نور تابیده شده از لوپ هنگام بررسی، ممکن است کاملاً دقیق نباشد. از این رو، برای دریافت نتیجه نزدیک تر به واقعیت، از روش طیفسنجی مادون قرمز همراه کاربرد سل محلول نیز استفاده شد. نتایج طیفسنجی FTIR از نمونه گچ‌بری‌ها، با طیف گچ ترکیب شده با سربش، سربشم، کتیرا و نشاسته و همچنین با طیف گچ عاری از مواد افزودنی مقایسه شد. نتایج طیفسنجی، طیفی مشابه به طیف گچ بدون ماده افزودنی را نشان می‌دهد. (تصویرهای ۲۴-۲۳)

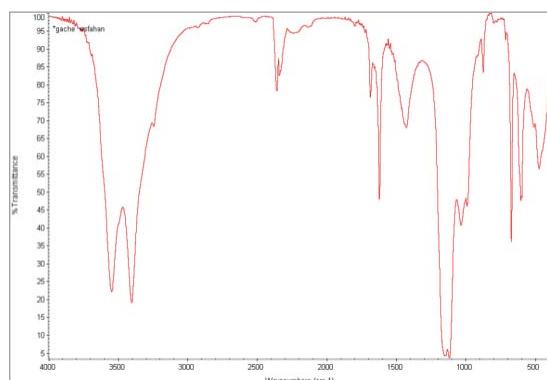
بررسی لایه بستر دوم در تزیینات حاشیه تاق‌نمای محراب

همان‌طور که پیش از این گذشت، تزیینات حاشیه تاق‌نمای محراب با دو لایه بستر گچی روی لایه گچ و خاک، اجرا گردیده است. به نظر می‌رسد لایه دوم، تمهیدی برای اتصال لایه بستر تزیینی بر سطح لایه گچ و خاک باشد. از این رو، برای تصمیم‌گیری بهتر درباره شیوه اجرای تزیینات، این لایه نیز بررسی شد. نتایج آزمایشات XRD و EDX، ترکیب ویژه‌ای به جز سولفات کلسیم در فاز ژئوپس و آن هیدرات را نشان نمی‌دهد ولی منطقی است که در ترکیب این

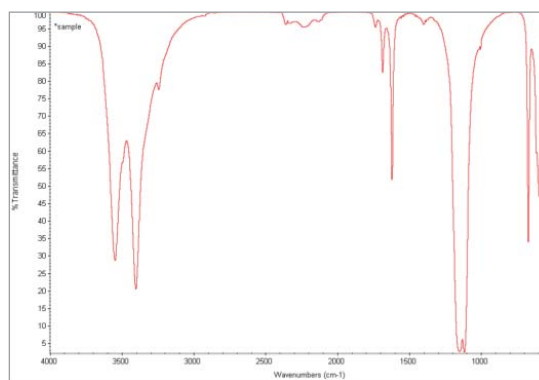
ژئوپس به آن هیدرات در دماهای بالا دانست که با توجه به اقلیم گرم و خشک منطقه، طبیعی است. البته، این امکان نیز وجود دارد که بخشی از این فاز مربوط به زمان تولید گچ در کوره باشد (کورسن، ۱۳۵۶: ۶۴۱). هرچند، تولید آن هیدرات در کوره قابل توجیه است اما، تبدیل نشدن آن به فاز ژئوپس با دو مولکول آب، در جریان عمل‌آوری خمیر گچ با در نظر گرفتن آب‌دوست بودن گچ آن هیدرات، جای تأمل دارد. میزان بسیار اندک آلومینیوم و سیلیکات در نمونه‌های محراب بیاق‌خان (با توجه به نتایج آنالیز عنصری EDAX) می‌تواند به سبب مقداری ناخالصی در ترکیب با گچ باشد.

آگاهی از حضور مواد آلی افزودنی به گچ

نمونه‌های مورد مطالعه از نظر حضور یا عدم حضور ماده آلی، با استفاده از روش شیمی‌تر بررسی شد. برای شناسایی ماده افزودنی آلی، با جوشاندن و صاف کردن هر یک از نمونه‌ها در چند مرحله، ماده آلی احتمالی استخراج شد. با انجام تست نقطه‌ای نین هیدرین، عدم وجود افزودنی پروتئینی و با انجام تست نقطه‌ای مولیش، عدم وجود افزودنی کربوهیدرات در نمونه‌ها به اثبات رسید. البته، نتایج این روش



تصویر ۲۴. طیف FTIR از نمونه گچ بدون مواد افزوده (نگارندگان)

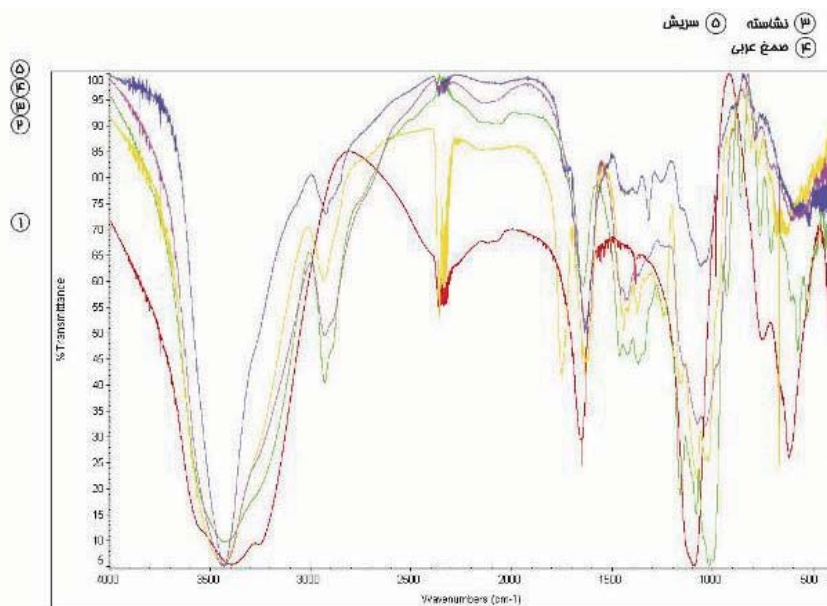


تصویر ۲۳. طیف FTIR از نمونه گچ محراب شازده (نگارندگان)

است، مقایسه شد. (تصویر ۲۵)

نوار جذبی $3200-3600 \text{ Cm}^{-1}$ ، $2800-3000 \text{ Cm}^{-1}$ ، 1650 Cm^{-1} ، $1300-1480 \text{ Cm}^{-1}$ ، $900-1300 \text{ Cm}^{-1}$ که به ترتیب مربوط به پیوندهای O-H کششی، C-H کششی، O-H خمشی، C-H خمشی و C-O کششی هستند، نشانگر آن است که چسب مذکور از نوع چسب های گیاهی پلی ساکاریدها بوده است. مطابقت آن با طیف جذبی نمونه های معلوم کتیرا، سریش، نشاسته و صمغ عربی هم حاکی از آن است که این چسب به احتمال سریش بوده است.

لایه، نوعی ماده چسباننده به کار رفته باشد. برای شناسایی ماده چسباننده بنابر مفروضات ذهنی، ابتدا از شناساگر a-نفثول برای شناسایی مواد آلی گیاهی در ترکیب با گچ، استفاده شد. ایجاد هاله بنفش رنگ در لوله آزمایش، فرضیه کاربرد مواد آلی گیاهی (حاوی کربوهیدرات) را در نمونه تقویت بخشید. سپس، برای شناسایی دقیق تر نمونه، طیف جذبی مادون قرمز نمونه فراهم و با طیف شاهد مواد آلی گیاهی (کتیرا، سریش، نشاسته، صمغ عربی) که استفاده از آنها در ادوار تاریخی تزئینات معماری ایرانی قابل پی گیری



تصویر ۲۵. طیف مادون قرمز از نمونه استخراج شده و نمونه های معلوم کتیرا، سریش، نشاسته، صمغ عربی (نگارندگان).

نتیجه گیری

تحلیل دستاوردهای به دست آمده از مشاهدات دستگاهی و مطالعات آزمایشگاهی نمونه ها

بررسی های انجام شده روی این نوع از تزئینات محراب شبستان شاهزاده در مسجد جامع کبیر یزد، کاربرد هر دو روش؛ قالبی پیش ساخته و قالب مهری را نشان می دهد.

مشاهدات بصری اولیه تزئینات گچی قسمت حاشیه تاق نمای محراب، نشانگر ضخامتی در حد ۳ میلی متر لایه گچ بری، نقش های واگیره ای و تکرار شونده، عدم کمترین تغییر در اندازه نقوش، سطح صاف و یک دست تزئینات، استحکام مناسب در برابر سایش ریختگی و ترک های سطوح گچ تزئینی در محل اتمام هر واگیره است. ضمن اینکه، لایه ای از گچ زیر لایه بستر تزئینی کاملاً مشهود است که می تواند لایه واسط چسباننده تزئینات گچی و یا بستری برای هموار کردن سطح لایه گچ و خاک باشد.

در ادامه بررسی ها با مشاهدات میکروسکوپی از لایه سطحی نمونه ها، ندیدن رد ابزار گچ بری، مشاهده حفره های ریز سطحی که می توانند ناشی از خارج شدن هوای محبوس شده در قالب باشند و دیدن حالتی که ناشی از اثر چسبیدن لایه گچ به قالب باشد، فرضیه قالبی بودن تزئینات را پررنگ می کند.

مشاهده ساختار بلوری نمونه ها با تهیه تصویرهای SEM بلورهای سوزنی و منوکلینیک، گچ زنده را بدون

تغییرات ناشی از حضور ماده آلی یا معدنی نشان می‌دهد. همچنین، به کارگیری روش‌های XRD و FTIR، ترکیب ویژه‌ای از خمیر گچ با ماده معدنی یا آلی را مشخص نمی‌کند.

بنابراین، نتایج آزمایش‌ها و بررسی‌ها نیز بیانگر به کارگیری گچ بدون ترکیب با مواد کندکننده سرعت گیرش گچ است که بهترین انتخاب در اجرای تزیینات قالبی است.

بررسی لایه بستر دوم در این تزیینات، بیانگر کاربرد نوعی ماده چسباننده از گونه چسب‌های گیاهی پلی‌ساکاریدها در خمیر گچ است که مطابقت آن با طیف جذبی نمونه‌های معلوم کتیرا، سریش، نشاسته و صمغ عربی، احتمال استفاده از سریش را نشان می‌دهد. کاربرد ماده چسباننده‌ای مانند سریش در نمونه‌های تاریخی تزیینات گچی، یا برای کندگیر کردن گچ جهت اجرای ویژه لایه گچ و یا برای فراهم‌آوری نوعی خمیر گچی جهت اتصال قطعات قالب‌گیری شده روی بستر است. در نمونه یادشده، کندگیر کردن لایه گچ بستر توجیهی ندارد ازین‌رو، به نظر می‌رسد این لایه برای فراهم‌آوری شرایط اتصال لایه گچ تزیینی قالب‌گیری شده به بستر گچ و خاک باشد.

بنابر نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده، روش اجرای گچ‌بری‌های حاشیه اطراف تاق‌نمای محراب شبستان شازده به شیوه قالبی پیش‌ساخته نزدیک‌تر است. لازم به یادآوری است، هرچند این دو روش گچ‌بری در بررسی‌هایی همچون مشاهدات میکروسکوپی از لایه سطحی بستر تزیینی، قرارگیری دو لایه گچ روی بستر زیرین (گچ‌و خاک)، به کارگیری گچ زنده در اجرای لایه گچ تزیینی و مواردی مانند ترکیبات لایه گچ می‌توانند شبیه هم باشند اما، مهم‌ترین وجه تمایز آن دو، وجود لایه‌ای واسط بین قطعات و سطح آستر در نمونه‌های پیش‌ساخته است که کار چسباندن تزیینات قالبی را انجام می‌دهد. در صورتی که، این لایه در شیوه‌های مهری و درجا وجود ندارد. ازین‌رو، گچ‌بری‌های یادشده نمی‌توانسته به روش قالبی درجا اجرا شده باشد.

نتایج به دست آمده از بررسی تزیینات گچی در قسمت لچکی تاق‌نمای محراب نیز بیانگر اجرای تزیینات به روش قالب مهری است. مشاهدات بصری اولیه، نشان‌دهنده ضخامت حدود یک میلی‌متری لایه گچ‌بری، نقوش واگیره‌ای و تکرارشونده، نبود کمترین تغییر در اندازه نقوش، سطح صاف و یک‌دست تزیینات، استحکام اندک در برابر سابش، عدم ریختگی تزیینات گچ‌بری و مخدوش شدن برخی از طرح‌ها است که گمان می‌رود ناشی از قرارگیری لبه مهرها روی یکدیگر^۹ و ضخامت اندک گچی باشد که در حد فاصل نقوش واگیره‌ای قابل لمس است. این حالت می‌تواند بر اثر کوبیده شدن مهر روی گچی که هنوز گیرش آن کامل نشده در حد فاصل محل کوبیدن مهرها ایجاد شود، باشد.

مشاهدات میکروسکوپی از لایه سطحی بستر تزیینی ردّ ابزار گچ‌بری را برای تراش، برش و یا پرداخت لایه گچ نشان نمی‌دهد. در این بخش از تزیینات محراب، حفره‌های ریز سطحی (برخلاف نمونه‌های گچ‌بری حاشیه تاق‌نما) دیده نمی‌شود، تنها می‌توان حالتی از درگیری و چسبایش لایه گچ را با قالب پی‌گیری کرد.

مشاهدات میکروسکوپی از مقطع عرضی نمونه‌ها، حضور لایه گچ و خاک بستر زیرین و لایه گچ بستر تزیینی را، بدون وجود لایه خمیر گچی چسباننده که در بخش حاشیه تاق‌نما به کار رفته بود، نشان می‌دهد.

بررسی ساختار بلوری نمونه‌ها با تهیه تصویرهای SEM، نشان‌دهنده ترکیب ماده آلی یا معدنی‌ای که سبب تغییر در خواص کریستاله شدن بلورهای گچ باشد، نیست. در تصویرهای تهیه شده، بلورهای سوزنی گچ تیز کنار صفحات پهن و موازی کریستال‌های گچ به خوبی قابل دیدن است. این تصاویر به تصویر بلورهای گچ نیم‌کشته تهیه شده بسیار نزدیک است. درواقع، شیوه عمل‌آوری گچ نیم‌کشته، سبب حضور بلورهای گچ زنده و کشته در کنار یکدیگر است. مشاهده کریستال‌های کوتاه گچ نیز می‌تواند در اثر فشار مهر بر سطح گچ، حاصل شده باشد. هرچند، اجرای تزیینات با قالب مهری نیازمند کاهش سرعت گیرش گچ است لیکن بررسی نمونه‌ها با روش‌های XRD و FTIR، ترکیب ویژه‌ای از خمیر گچ با ماده معدنی یا آلی را در جهت کندگیر کردن گچ نشان نمی‌دهد. چنانچه پذیرفته شود که نتایج آزمایشگاهی به دست آمده درست است، می‌توان نتیجه گرفت که تنها گزینش

برای کاهش سرعت گیرش گچ، استفاده از گچ نیم کشته است. ازین طریق، می توان در مدت زمان مناسب، به راحتی سطح وسیعی از لایه گچ را با استفاده از قالب مهری منقوش کرد. سرعت گیرش گچ نیم کشته از گچ زنده کمتر است لذا قابلیت اجرای عملیات تزیین لایه های گچ روی بستر گچ نیم کشته راحت تر از گچ زنده است. از سوی دیگر، استحکام آن از گچ کشته بیشتر است و سهولت در اجرا و دوام تزئینات گچ بری را نیز در پی دارد. در پایان لازم به یادآوری است که دوره قاجار در شهر یزد، پررونق ترین عصر به کارگیری تزئینات گچی در آراستن بناها است. تلاش هنرمندان این دوره، در گوناگونی فنون کار با مصالح گچ، پس از سال های متمادی از اواخر دوره صفوی و طی دوره های زند و افشار که شهر یزد دچار رکود هنری بوده، قابل تحسین است. همین تنوع سبب شده که حتی در یک بنای واحد هم به کارگیری دو فن با نمودی بسیار مشابه، هم زمان در بخش های نزدیک به هم دیده شود.

پی نوشت

1- Energy dispersive X- ray Spectroscopy

2- X Ray Diffraction

3- Fourier Transform Infared Spectroscopy

4- Scanning electron microscope-Energy dispersive

۵- هنگامی که هیدراته شدن، گیرایش و سخت شدن گچ تنها در تماس آب و در دمای محیط، بدون اعمال فشار یا ورز دادن صورت گیرد سولفات کلسیم دی هیدرات، با بلورهای سوزنی و درهم آمیخته شکل می گیرد که به سرعت سخت شده و فرم می گیرد. این گچ، در اصطلاح استادکاران به گچ زنده معروف است. برای ساخت خمیر گچ زنده مناسب، گچ به مقدار ویژه ای آب نیاز دارد. این مقدار آب، به اندازه ای است که راحتی و سهولت عمل را هنگام کار کردن با خمیر گچ تولید شده، برای هنرمند گچکار فراهم می سازد (میرنایم، ۱۳۸۸: ۴۹).
۶- برای تهیه گچ کشته، آب بیشتری نسبت به گچ تیز استفاده می شود و در آغاز روند گیرش، خمیر گچ را آنقدر ورز می دهند تا از گیرش گچ جلوگیری کنند. ورز دادن خمیر گچ مانع درهم آمیختگی کریستال های سوزنی گچ می شود و کریستال ها را به صورت صفحه ای روی یکدیگر قرار می دهد. فرآیند گیرش گچ و تشکیل کریستال های ژپس گرمازا است. در مراحل تهیه گچ کشته طی زمان ورز دادن، مقداری آب به خمیر گچ جهت راحتی عملیات ورز دادن، مرتباً به آن افزوده می شود. این کار تا زمانی ادامه می یابد تا گچ در حال ورز دادن تقریباً سرد شود. در این حالت، فرآیند تشکیل کریستال های ژپس پایان یافته است و خمیر گچ حالتی پلاستیک وار دارد. گیرش گچ کشته تا مدت زیادی کامل نمی شود و به آسانی با مقدار کمی آب، دوباره نرم می شود (همان).
۷- برای تهیه خمیر گچ نیم کشته ابتدا خمیر گچ کشته آماده می شود سپس، مقداری آب به خمیر گچ کشته اضافه می شود و تقریباً یک سوم خمیر گچ کشته پودر گچ به خمیر افزوده می شود و بدون ورز دادن خمیر گچ، پودر گچ و خمیر باهم مخلوط می شوند. گیرش این نوع گچ نه به سرعت گچ زنده و نه به کندی گچ کشته اتفاق می افتد. قابلیت اجرای عملیات تزیین لایه های گچ روی بستر گچ نیم کشته راحت تر از گچ زنده است و استحکام بیشتری هم نسبت به گچ کشته دارد (اعظمی، ۱۳۹۰، مصاحبه حضوری).
۸- منشور منوکلینیک قاعده ای لوزی مایل نسبت به سطح افقی دارد که دارای یک مرکز تقارن ناشی از برخورد یک محور تقارن عمود بر دو سطح تقارن است. فرم های عمومی آن به شکل های {۰۰۱} و {۱۰۰} و {۰۱۰} قابل بررسی است (کورسن، ۱۳۵۶: ۹۴).
۹- از آنجایی که این شیوه برای تسریع عملیات تزئین صورت می گیرد، این اتفاق طبیعی است که در اثر بی دقتی، لبه مهرها روی یکدیگر باشد.

منابع

- آیتی، عبدالحسین (۱۳۱۷). تاریخ یزد، یزد: بی نا.
- اصلانی، حسام؛ امامی، امین و صالحی کاخکی، احمد (۱۳۸۹). فناوری معرق های گچی تخمه گذاری در تزئینات معماری دوره صفویه، پژوهش های تاریخی، سال دوم (۲)، شماره (۱).
- اعتمادالسلطنه، محمدحسن خان (۱۳۶۳)، المآثر و الاثر، به کوشش ایرج افشار، تهران: اساطیر.
- افشار، ایرج (۱۳۷۱). یزدنامه، ج ۱، تهران: فرهنگ ایران زمین.
- _____. (۱۳۴۸). یادگارهای یزد، ج ۱، تهران: انجمن آثار ملی.



- الوندیان، الهه (۱۳۸۵). فن‌شناسی تزیینات گچی منحصر به فرد بقعه سید رکن‌الدین در یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده حفاظت و مرمت.
- پرادا، ایدت؛ رابرت، دای سون و ویلکینسون، چارلز (۱۳۸۳). هنر ایران باستان، ترجمه یوسف مجیدزاده، چاپ دوم، تهران: دانشگاه تهران.
- جدی، محمدجواد (۱۳۸۷). مهر و حکاکی در ایران، تهران: سوره مهر.
- حسین شیرازی، فضل‌الله (۱۳۷۹). تذکره خاوری، به کوشش میرهاشم محدث، تهران: زنگان.
- حمزوی، یاسر (۱۳۸۸). تزیینات گچی دوره تیموری شهر یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده حفاظت و مرمت.
- خادم‌زاده، محمدحسن (۱۳۸۶). محلات تاریخی شهر یزد، یزد: انتشارات سبحان نور و پایگاه میراث فرهنگی.
- شراتو، امیرتو و ارنست گروبه. ۱۳۷۶، تاریخ هنر ایران، یعقوب آژند، انتشارات مولی
- طرب‌نائینی، محمد جعفر بن محمدحسین (۱۳۵۳). جامع جعفری، به کوشش ایرج افشار، تهران: انجمن آثار ملی.
- طاهری، عبدالغفور (۱۳۷۱). تذکره جلالی، به کوشش ایرج افشار، تهران: فرهنگ ایران زمین.
- فریه، ر. دبلیو (۱۳۷۴). هنرهای ایران، ترجمه پرویز مرزبان، تهران: فرزانه روز.
- کریمی، امیرحسین (۱۳۸۵). فن‌شناسی تزیینات گلی استان یزد باتکیه بر تزیینات گلی خانه برونی میبد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده حفاظت و مرمت.
- کورسن، کارل (۱۳۵۶). اصول کانی‌شناسی، ترجمه فرزانه رستمی، ج ۲، تهران: دانشگاه آزاد آبادگان.
- مسرت، حسین (۱۳۷۶). یزد یادگار تاریخ، یزد: بی‌نا.
- مکی‌نژاد، مهدی (۱۳۸۷). تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی: تزیینات معماری، تهران: سمت.
- ملک شه‌میرزادی، صادق (۱۳۸۷). باستان‌شناسی تا هزاره دوم ق. م؛ اطلس تاریخ ایران، چاپ سوم، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.
- میرنیام، آصفه (۱۳۸۸). کاربرد گچ در تزیینات معماری شهر یزد در دوره قاجار با تکیه بر نمونه موردی خانه شیخ الاسلام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده حفاظت و مرمت.
- نگهبان، عزت‌الله (۱۳۷۲). گزارش حفاری‌های هفت تپه دشت خوزستان، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- اعظمی، رضا (۱۳۹۰)، مصاحبه حضوری.
- Alizadeh, A. (2003). **Excavations at the Prehistoric Mound of Chogha Bonut Khuzestan**, Iran, seasons 1976/77, 1977/78 and 1996, Chicago: The Oriental Institute of Chicago Publications, p154.
- Lawrence A, Hardie (1967). **The Gypsum-Anhydrite Equilibrium at One Atmosphere Pressure**, **The American Mineralogist**, vol 52, p18.
- Malta da Silveria, P. Veiga, M. de Brito, J. (2007). Gypsum coating in ancient buildings, **Construction and Building Materials**, 21: 126-131.
- Mass, J.I. (1999). **Instrumental Methods of Analysis Applied to the Conservation of Ancient and Historic Glass**, in book **Conservation of Glass and Ceramics : Research, Practice and Training**, James Publication.
- Middendorf. B. Budelmann. H, 1995 in: **Proceedings of the Fifth Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials**, Leuven, Belgium, vol. 40, September 14-15, p 23. Moisset. J. 1985. Phosphogypsum as a raw material in **the manufacturing of plaster**. vol II, FIPR publication.
- Schmidt, E. (1939). **The Treasury of Persepolis**, Chicago: The Oriental Institute of Chicago, No. 21, p 53.

تدوین راهکارهایی برای ساماندهی و احیای مادی‌های بافت قدیم شهر اصفهان*

صدیقه کلانتری** محمود محمدی***

چکیده

یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد بافت شهری اصفهان مادی‌ها است. شبکه مادی‌ها در اصفهان، بخشی از هویت این شهر به‌شمار می‌رود. در گذشته‌های نه‌چندان دور، مادی‌ها به‌سبب کارایی‌شان در امور کشاورزی، جمع‌آوری آب‌های سطحی و آبادانی شهر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند و یکی از جلوه‌های زیبا و دل‌انگیز شهر اصفهان محسوب می‌شده‌اند. لیکن توسعه‌های شهری اخیر و افزایش تراکم فعالیت‌ها، ساختارها و عناصر کالبدی در محدوده شهر و از بین رفتن باغ‌ها و مزرعه‌های شهری موجب گردید تا این عنصر هویت‌بخش بافت شهری اصفهان به‌دست فراموشی سپرده‌شود و از میان برود.

ازین‌رو، تلاش نگارندگان در این نوشتار برآن است تا افزون‌بر بازگوکردن ارزش و اهمیت چنین عنصری، راهکارهایی نیز، برای حفظ و ساماندهی مادی‌های بافت قدیم اصفهان تدوین‌کند. برای رسیدن به این هدف، پژوهش حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این پرسش‌ها است که ساماندهی مادی‌ها با چه عواملی در ارتباط هستند و این مهم، چه تأثیری بر وضعیت محله‌هایی که مادی‌ها از آنها می‌گذرند، خواهد گذاشت.

بنابر ماهیت کاربردی این پژوهش، روش تحقیق تحلیلی به کار گرفته شده است. در این راستا، برای گردآوری اطلاعات افزون‌بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی نقشه‌ها، برداشت‌های میدانی نیز، انجام گرفته است. همچنین، برای تحلیل اطلاعات از تکنیک سوات بهره‌گیری شده است.

نتیجه به‌دست‌آمده از این مقاله، نشانگر آن است که مادی‌ها دارای ویژگی‌ها و امتیازاتی هستند که با برنامه‌ریزی صحیح و هدفمند درباره آنها، می‌توان به نتایج مثبت و مطلوبی در خصوص آنها دست‌یافت. تحقق این مهم، هم منطبق با اصول فضایی-کالبدی شهرسازی سنتی ایرانی است که بافت قدیم اصفهان براساس آن شکل گرفته و هم، هماهنگ و هم‌جهت با اصول شهرسازی نوین و پایداری که در آن توجه و احترام به انسان، نیازها و ارزش‌های فرهنگی-اجتماعی او، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

کلیدواژگان: شهرسازی اصفهان، ساماندهی، بافت قدیم، مادی.

* این مقاله، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد صدیقه کلانتری با عنوان "برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی مادی‌های بافت قدیم اصفهان به‌عنوان شبکه معابر پیاده شهری (نمونه موردی: منطقه یک شهرداری اصفهان)" به‌راهنمایی محمود محمدی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز است.

** کارشناس‌ارشد، رشته شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز (نویسنده مسئول). skalanteri_uni@yahoo.com

*** استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.

مقدمه

اصفهان یکی از شهرها و مراکز مهم تاریخی، فرهنگی، هنری، گردشگری و علمی‌ای است که توان‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد بسیاری برای توسعه و اعتلای کیفی دارد و طبیعتاً از این ویژگی‌های مهم می‌بایست در جهت بهبود کیفیت زندگی شهری ساکنان بهره‌برداری شود. متأسفانه، با روند صنعتی‌شدن اصفهان، حضور مظاهر شهری جدید و استفاده روزافزون از خودروهای سواری برای جابه‌جایی و تردد، بسیاری از این ویژگی‌ها در حال از بین رفتن است. در این میان، یکی از ویژگی‌های ممتاز بافت شهری اصفهان که در کمتر شهری نمونه آن قابل مشاهده است، وجود کانال‌ها و مسیرهای انسان‌ساخت انتقال آب است. در اصفهان این مسیرها، مادی^۱ خوانده می‌شود. مادی‌های اصفهان که آب رودخانه زاینده‌رود را در سراسر جلگه و از جمله بافت شهری آن عبور می‌دهند، بخش مهمی از ساختار کالبدی - فضایی بافت شهری اصفهان هستند. گستردگی عبور مادی‌ها میان بافت‌های شهری متراکم اصفهان، دست‌کم از دو جنبه بسیار مهم مرتبط با هم، واجد ارزش و توجه ویژه است؛ نخست اینکه، مادی‌ها همچون فضای تنفس شهر عمل می‌کنند آن‌گونه که، هوای مطلوب را به درون بافت آن تزریق می‌کنند. این موضوع، در عصر حاضر که آلودگی هوا به یک بحران تبدیل شده است، اهمیت بسیاری دارد. دوم اینکه، با توجه به فضا و محیط بسیار مطلوب مادی‌ها و گستردگی آنها در سطح شهر از نظر حرکت و جابه‌جایی مردم بویژه رفت و آمد پیاده مردم، بسیار مهم و ارزشمند است. از این‌رو، توجه به احیا و ساماندهی محیط و فضای مادی‌ها که موضوع اصلی این پژوهش هم است تنها این قابلیت مهم بافت شهری را از تخریب و نابودی و همچنین تعرض اتومبیل و حرکت سواره مصون و محافظت نمی‌کند. بلکه، با احیا و ساماندهی محیط و فضای مادی‌ها می‌توان از ویژگی‌های مثبت و مطلوب فضایی-کالبدی و طبیعی آن که مطابق با حرکت و رفت و آمدهای پیاده شهری است، برای گسترش و افزایش رفت و آمدهای پیاده شهری و کنترل روند روبه‌رشد سفرهای سواره استفاده کرد.

از آنجاکه مادی‌ها عنصری زمینه‌ای (ساختاری)، تاریخی و زیست‌محیطی (طبیعی) در بافت شهر اصفهان به‌شمار می‌روند، توجه به احیا و ساماندهی آنها تأثیر بسزایی در بهبود کیفی شهر اصفهان خواهد داشت. مادی‌ها به دو گونه در ساختار شهر اصفهان تأثیر گذارند: یکی در محور چهارباغ که به‌گونه‌ای کاملاً طراحی شده، فضای شهری همدس خطی را در شهر

پدید آورده‌اند و دیگری، در سایر معابر مانند کوچه‌ها که به‌صورت مارپیچ طی طریق کرده و از شهر بیرون رفته‌اند (اهری، ۱۳۸۰). این ویژگی ممتاز در کنار ویژگی همیشه سبز مادی‌ها، فضای پردرخت، سایه، طراوت و خنکی، آن‌هم در اقلیم گرم و خشک اصفهان این فکر را به‌شدت قوت می‌بخشد که از این فرصت بیشترین بهره گرفته شود. از دیدگاه تاریخی، اصفهان از هسته‌های اولیه زیستی‌ای تشکیل شده که یهودیه و یا به عبارتی جویبار، بزرگ‌ترین و درواقع، اصلی‌ترین هسته اصلی توسعه شهری آن بوده است. بنابر گفته مورخان، این واژه به معنای سرزمین جوی‌روان و یا جایگاه جوی‌روان است (شفقی، ۱۳۸۱: ۴۰۴). بی‌اعتنایی نسبت به سرنوشت مادی‌ها و به بیان دیگر، تهی‌ساختن این شهر از وجه تسمیه آن، منجر به از دست دادن هویت این شهر می‌شود. اصفهان به سبب ویژگی‌های خاص، به عنوان یک شهر تاریخی پرسابقه و صاحب امتیاز شناخته شده است. در این رابطه، آنچه معمولاً از قلم افتاده و کمتر سخنی از آن به میان می‌آید، همانا بافت تاریخی و شبکه مادی‌هاست. بافتی که تمامی این ویژگی‌ها و ارزش‌ها را در دل خود دارد، از آنها حفاظت کرده و به آنها حیات و معنی و مفهوم بخشیده است. اهمیت مادی‌ها را از دیدگاه طبیعی و زیست‌محیطی این‌گونه می‌توان بیان کرد که با بالا رفتن صعودی قیمت زمین‌ها، تأمین فضای سبز شهر روبه‌روز مشکل‌تر می‌شود. از این‌رو، یکی از راه‌حلی‌هایی که برای تأمین فضای سبز شهر پیشنهاد می‌شود، استفاده از پتانسیل بالقوه و بالفعل مادی‌ها است چراکه مادی‌ها همان‌گونه که در طول چند ده کیلومتری خود در دل شهر، میان کوچه و خیابان و محله راه خود را طی کنند، یک حاشیه ممتد فضای سبز را نیز به همراه دارند. برای احیای دوباره این مادی‌ها به سرمایه‌گذاری چندانی نیاز نیست بلکه، عملاً می‌بایست رفع تجاوز از حریم‌ها صورت گیرد. همچنین، زمین‌های مزروعی وسیعی که زمانی از غرب تا شمال و سپس شرق شهر گسترده شده بودند اکنون، تعداد کمی از آنها باقی مانده و هرآن از سوی توسعه‌های شهری تهدید می‌شوند. این فضاها که به شایستگی، ریه‌های شهر اصفهان خوانده شده‌اند درواقع، حفاظ طبیعی شهر در برابر هجوم بادهای گرم کویری و پیامدهای آنها بوده است که آبیاری این زمین‌ها تنها با مادی‌های جاری در شهر صورت پذیرفته است. ضمن اینکه، این شبکه سبب تأمین امنیت شهر در برابر خطرات و سوانح طبیعی است. درواقع، مادی‌ها از عناصر و تجهیزات اساسی شهر در مقابل خطر سیل و دفع آب‌های سطحی است که از این بابت جزء جدانشدنی شهر به‌شمار می‌روند و به عنوان شبکه زهکش آن عمل می‌کنند.

پیاده مطالعه و بررسی کرده‌است. خسروی (۱۳۷۸) نیز، در پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خود "مادی‌های اصفهان به مثابه مسیرها و فضاهای باز شهری" طراحی شهری بخشی از مادی را انجام داده‌است. قره‌چاهی (۱۳۸۳) هم در پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خویش، "ساماندهی مادی نایج و طراحی مرکز خدمات ناحیه‌ای" مادی نایج را همچون حلقه اتصال تخت فولاد و محوطه‌های مسکونی آن بررسی کرده‌است. عمرانی (۱۳۸۴)، در "هویت شهری اصفهان" ضمن بررسی ویژگی‌های تاریخی اصفهان به مادی‌ها هم اشاره می‌نماید. بیشتر مطالعه‌ها در زمینه مادی‌ها از دیدگاه جغرافیایی (هیدرولوژی، آبرسانی و پوشش گیاهی) بوده و یا اینکه، ساماندهی مادی‌ها به صورت بررسی‌هایی تک‌محوری و مقطعی انجام شده‌است. از این رو در نظر گرفتن مادی‌ها به طور یک پارچه و شبکه‌ای بهم‌پیوسته که بتوانند در بهبود کیفی ساختار محله‌های اصفهان نقش مؤثری داشته باشند، موضوعی است که از جنبه‌های نوآورانه این پژوهش هم به شمار می‌رود.

روش تحقیق

این پژوهش از دیدگاه هدف، جزء پژوهش‌های کاربردی و از نظر روش، در شمار پژوهش‌های تحلیلی است. جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز هم با روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای (اسناد و طرح‌های فرادست مصوب) و برداشت‌های میدانی (مشاهدات عینی و برداشت‌های محلی) انجام شده‌است. در مرحله بررسی و تحلیل فرایند پژوهش، تلاش بر آن بوده تا از گزاره‌های اصولی هم‌پیوند با موضوع پژوهش بهره گرفته شود. چراکه هم‌پیوندی اصول و موضوع، زمینه مطلوبی را برای روشمند ساختن ساختار عملیاتی پژوهش فراهم می‌آورد. در این راستا، پژوهشگر نخست اصولی را بررسی می‌کند که موضوع آنها برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی است. به دنبال آنها، متغیرهایی از برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی‌ای را ارزیابی می‌کند که با موضوع فضاهای بیرونی و همگانی با تأکید بر شریان‌ها و شبکه‌ها پیوند می‌یابند.

از آنجاکه، شریان‌ها و شبکه‌های عمومی مبنای مطالعه‌های موردی مادی‌ها هستند، در این پژوهش تلاش شده تا اصولی بررسی شوند که به مادی‌ها به عنوان شریان‌های آب‌کناری توجه می‌کنند. در ادامه، بنابر اصول مطرح شده و برای تدوین راهکارهایی به منظور احیا و ساماندهی مادی‌های بافت قدیم اصفهان، سعی شده است تا چارچوبی نظری برای انجام مطالعه‌ای عملی تدوین شود. تکنیک و ابزار تحلیل اطلاعات هم‌سنگ با این زمینه نیز، نظام موردکاوی را فراهم می‌آورند که بیشتر با روش‌های برنامه‌ریزی شهری و تحلیل ساختار

بنابراین، هدف اصلی مقاله حاضر بنابر آنچه گفته شد، تدوین راهکارهایی برای احیا و ساماندهی شبکه مادی‌های شهر اصفهان است که جهت دستیابی به این هدف می‌بایست اهداف فرعی دیگری نیز ارائه شود:

- حفظ و ماندگاری مادی‌ها به عنوان عناصر شاخص و منحصربه‌فرد بافت قدیم اصفهان.
- گسترش حرکت‌های پیاده شهری و تشویق و ترغیب شهروندان به انجام هرچه بیشتر سفرهای محلی و بین‌محلی به صورت پیاده.
- تقویت شبکه معابر پیاده شهری با بهره‌گیری از قابلیت‌ها و توان‌های محیطی بافت قدیم اصفهان همچون امتداد گذرها، مادی‌ها و راسته‌های تاریخی.
- ایجاد فضاهای شهری مطلوب با کیفیت و ارزش بالا به واسطه حضور چنین عنصری در بافت مرکزی شهر.
- برای ساماندهی فرایند مطالعه پژوهش حاضر، هدفمندی هرچه بیشتر و پرهیز از مطالعات پراکنده، تدوین راهنمایی در قالب پرسش و یا فرضیه‌های تحقیق، امری ضروری و مهم به نظر می‌رسد. در مطالعه حاضر با توجه به نوع کار، پرسش‌های زیر به عنوان راهنمای اصلی تحقیق، هدایت‌کننده موضوع بالا است:
- چگونه احیا و ساماندهی شبکه مادی‌ها می‌توانند در وضعیت محله‌هایی که مادی‌ها از آنها می‌گذرند، تأثیرگذار باشند.
- چگونه خدمات و کاربری‌های مستقر در مسیر مادی‌ها می‌توانند نقش مؤثر و مطلوبی را در احیا و سرزندگی این محورها و محله‌ها داشته باشند.
- نقطه تمرکز مقاله پیش‌رو از لحاظ حدود مکانی، منطقه یک شهر اصفهان به عنوان یکی از مناطق بافت قدیمی و مرکزی شهر است. از لحاظ موضوعی نیز، به صورت عام تمامی مادی‌های شهر اصفهان و به گونه خاص، ساماندهی مادی‌های منطقه یک را در بر می‌گیرد.

پیشینه تحقیق

در ارتباط با پیشینه موضوع تحقیق حاضر، مهندسین مشاور ارگانیک (۱۳۵۵) در قالب "طرح جزئیات شهرسازی مادی نیاصرم" الگویی را در حد کف‌سازی و محوطه‌سازی در یک قطعه از مادی نیاصرم در فاصله خیابان‌های دکتر بهشتی و چهارباغ طراحی کردند. قنوتی (۱۳۷۶) در طرح پژوهشی مادی‌های اصفهان "به معرفی کلی مادی‌های شهر اصفهان پرداخته‌اند. جعفری (۱۳۷۲) در پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خود با عنوان "ارتقای نقش یک عنصر شهری گذر مادی به عنوان محور پیاده شهری"، مادی فدن را به عنوان محور

فضایی-کالبدی خواهد بود. همچنین، بنابر اقتضا از تکنیک سوات^۲ نیز بهره گرفته شده است.

مبانی نظری پژوهش

درباره تردد و جابه‌جایی در سال‌های اخیر، دو نظریه مهم مبتنی بر تردد وسایل نقلیه موتوری و برنامه‌ریزی جهت‌گیری شده برای انسان، مورد توجه بوده است. یکی موضوع اتومبیل‌محور^۳ بودن شهرها و دیگری پیاده‌محور^۴ که در برنامه‌ریزی شهرها اساس قرار گرفته‌اند. در رویکرد اتومبیل‌محور، اتومبیل مقیاس خود را بر طراحی شهری تحمیل کرده و برای رفت و آمد و توقفش، خواهان فضای بیشتری است. بنا بر این، انسان پیاده در یک فضای پیاده‌روی محدود و باریک که دائماً هم باریک‌تر می‌شود، منزوی می‌گردد. در این نظام، عملکرد ترافیک، تحرک جریان، جریان، ایمنی برای ترافیک و هزینه، ارزش به‌شمار می‌رود. در این رویکرد، اتومبیل معیار برنامه‌ریزی است و به دنبال وابستگی افراد و اقتصاد به اتومبیل، اثرات منفی دیگری همچون: ازدحام، تصادفات، آلودگی‌های محیط زیست و در نهایت ویرانی شهرها را در پی دارد (معینی، ۱۳۸۵: ۱۱). از طرف دیگر، رویکرد پیاده‌محور اساس خود را بر مقیاس انسانی گذاشته است. در این شهرسازی، عابر پیاده به عنوان مهم‌ترین شرکت‌کننده در تردد، از بیشترین سهم برخوردار است (کنف لاکر، ۱۳۸۱: ۱۷). بنابراین، اهمیت پیاده‌روی و گسترش پیاده‌راه‌ها به مثابه یکی از مهم‌ترین روش‌های جابه‌جایی در نظام حمل و نقل مشروعیت داشته و قانون‌مند است. در چنین رویکردی، انسان و اکوسیستم به عنوان معیار، مطرح می‌شوند و بر اساس آنها، تقسیم منطقی سطوح و فضاها صورت می‌گیرد. حمایت از ترددهای سازگاری چون تردد پیاده و دوچرخه هدف است که به دنبال آن، حفظ و نگهداری بافت‌های ثابت و انعطاف‌پذیر با حداقل وابستگی به اتومبیل تأمین می‌شود. همچنین، اصطلاح منطقه بدون ترافیک^۵ در مورد طیف وسیعی از فضاهای شهری نظیر پارک‌ها و میدان‌های عمومی به کار می‌رود. باینکه، به تازگی این اصطلاح برای تعریف یک مفهوم خاص‌تر به کار گرفته می‌شود و بیانگر سطوح شهری‌ای است که به دلیل تاریخی، معماری خاص و یا بازرگانی، ورود اتومبیل به آنها ممنوع شده و اولویت به پیاده و حمل و نقل عمومی داده شده است (Barmilla, 1977: 8).

اگرچه هریک از این روش‌ها دارای محاسن و معایبی است و به طور یقین، هیچ کدام از این دیدگاه‌ها نمی‌توانند به گونه مطلق به‌اجرا درآیند لیکن رویکرد جهانی بیشتر به دنبال انسانی کردن شهرها برای پایداری است (معینی، ۱۳۸۵: ۱۰).

انواع راه‌ها در شهرهای سنتی ایران، دارای اصول و ارزش‌هایی هستند که با به کارگیری و توجه به آنها، می‌توان در طراحی مسیرهای پیاده مناسب به راه‌حل‌ها و ایده‌هایی برگرفته از ارزش‌های کهن دست یافت. در این راستا، شبکه مادی‌های بافت قدیم اصفهان، این توان و قابلیت را دارند تا به عنوان بخش مهمی از تار و پود استخوان‌بندی شهر اصفهان، در افزایش تمایل به حرکات پیاده شهری و کاهش تردد وسایل نقلیه شخصی به بافت مرکزی و قدیمی شهر مورد بهره‌برداری قرار گیرند. بنابر هدف پژوهش حاضر، وضعیت مادی‌ها و مزایا و معایب رویکردهای بالا، می‌توان گفت که رویکرد پیاده‌مدار بیشتر با خصوصیت و ویژگی کالبدی-فضایی مسیر و محیط مادی‌ها و به‌ویژه با مقیاس محلی مطابقت دارد. در این باره، نخست به الگوها و روش‌های ساختاری، کالبدی و فضایی‌ای که ارتباط بیشتری با موضوع و هدف تحقیق دارند، پرداخته شده است (جدول ۱).

برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی، چارچوب خود را بر مبنای توزیع فضایی عناصر^۶، عملکردها^۷، فعالیت‌ها^۸ و همچنین اهداف^۹ در سطح مناطق شهری قرار داده است. توزیع فضایی عناصر با اموری از قبیل ساختمان‌ها، پارک‌ها، جنگل‌ها، جاده‌ها و ... ارتباط دارد. توزیع فضایی عملکردها با سرویس‌ها و خدماتی که از سوی دولت محلی در اختیار شهروندان قرار می‌گیرد، مرتبط است. توزیع فضایی فعالیت‌ها هم در شهر با اقدامات کنترلی و برنامه‌گذاری دولت محلی که اقدامات مرتبط شهروندان را محدود و معین می‌کند، مرتبط است. عام‌ترین فرم برنامه‌ریزی کالبدی، توزیع اهداف است که بر توزیع عناصر، عملکردها و فعالیت‌ها احاطه دارد (کاتانایز، ۱۳۸۷). به طور کلی، زندگی اجتماعی انسان‌ها در شهرها طیف وسیعی از فعالیت‌ها، اعمال و اقدامات را در بر می‌گیرد که برای تأمین نیازهای عملکردی زندگی اجتماعی جوامع شهری صورت می‌پذیرد. لیکن هریک از نیازها و فعالیت‌های اجتماعی انسان برای تأمین و انجام، به محیط‌ها و چهارچوب‌های کالبدی-فضایی خاص و مشخصی نیاز دارد که بیرون از آن چهارچوب‌ها، امکان تحقق کامل و مناسب را ندارد. از این‌رو، از دیدگاه برنامه‌ریزی فضایی-کالبدی برای پاسخ‌گویی به نیازهای اجتماعی انسان بر حسب ضرورت، شهرها و سکونت‌گاه‌های زیستی می‌باید به بخش‌ها و تقسیم‌های کالبدی، از سطح واحد مسکونی تا منطقه، تقسیم‌شوند. با محور قرار گرفتن مقیاس انسانی، این سلسله مراتب تقسیمات کالبدی شهری لازم است با عوامل دامنه نوسان خانوار، شعاع دسترسی، عنصر شاخص، عناصر توزیعی و نوع رفت و آمد بررسی شوند (حبیبی و مسائلی، ۱۳۷۸: ۷). محله‌ها، یکی از بخش‌هایی است

باشد تا باعث تشویق استفاده کنندگان از امکانات گردد. وجود چنین مرکز فیزیکی‌ای در واحدهای همسایگی و محله‌ها سبب گسترش تحرک و ارتقای روابط به‌وسیله ساکنان آنها می‌شود (Chiera, 1969: 342). نلسن نیز، چهار نوع دامنه دسترسی پیاده به خدمات را پیشنهاد می‌کند. این چهار دامنه به ترتیب: دامنه پیاده درجه یک، مسافتی که افراد از محل توقف اتومبیل خود تا در ورودی مقصد، پیاده طی می‌کنند (۷۰۰ فوت)، دامنه پیاده درجه دو که محدوده یک واحد همسایگی را تعریف می‌کند و در مرکز آن اشتغال و ایستگاه حمل و نقل همگانی قرار می‌گیرد (۵ دقیقه پیاده‌روی)، دامنه پیاده درجه سه، دسترسی به خدمات کامل تری نظیر مرکز تجاری و خرده‌فروشی (۱۰۰۰ فوت) و دامنه درجه چهار، فاصله میان خانه تا دبستان واحد همسایگی (۱/۲ مایل) هستند (نلسن به نقل از عزیزی، ۱۳۸۲: ۸۷).

که نتیجه تقسیم‌بندی بالا است. یکی از کارکردهای اصلی نظام محله‌ها و واحدهای همسایگی، چگونگی دسترسی آنها برای تأمین خدمات رفاهی ساکنین آنها است. درواقع، خدمات به‌گونه‌ای ارائه شوند که برای دسترسی به آنها سفرهای پیاده در اولویت قرار گیرند. چیرا^۱ در مطالعات و بررسی‌های خود، بالا بردن کیفیت زندگی همسایگی در بافت‌های شهری و سازگاری بین عملکرد ترافیکی خیابان‌های محله‌ها و عملکردهای اجتماعی محیط‌های زندگی شهری، اصول برنامه‌ریزی و طراحی خود را بر مبنای نحوه دسترسی به خدمات و امکانات قرار داده است. وی بر این باور است که خدمات‌رسانی در جوامع همسایگی و محله‌ها به‌صورت یک چرخه عمل می‌کنند. ازین‌رو، بهتر است امکانات در یک مسیری از جریان ترافیک اصلی به‌گونه‌ای قرار گیرند که دسترسی عابر پیاده و سواره‌ها به آنها به‌آسانی امکان‌پذیر

جدول ۱. جمع‌بندی نظریات مربوط به موضوع تحقیق.

الگو	نظریه پرداز	رویکرد
برنامه‌ریزی فضایی - کالبدی	کاتانایز	توزیع فضایی عناصر، عملکردها، فعالیت‌ها و اهداف در سطح مناطق شهری
تقسیمات کالبدی شهر		تقسیم شهر به رده‌های واحد مسکونی، گروه مسکونی، واحد همسایگی، محله، برزن، ناحیه و منطقه و در نظر گرفتن معیارهای دامنه نوسان خانوار، شعاع دسترسی، عنصر شاخص و عناصر توزیعی برای هر رده برای پاسخ‌گویی به نیازهای اجتماعی انسان حسب ضرورت شهرها.
دامنه دسترسی به خدمات	چیرا	چرخه دسترسی به خدمات بر مبنای دو نوع سفر پیاده و سواره، بادر نظر گرفتن عامل مسافت و قرارگیری مراکز فیزیکی خدماتی در مسیری از جریان ترافیک اصلی در واحدهای همسایگی و محلات.
	نلسن	تقسیم محله به چهار دامنه دسترسی پیاده به خدمات شهری از ۷۰۰ فوت تا ۱/۲ مایل.
کاربری زمین		تنوع و ترکیب کاربری‌های زمین در حریم مسیرهای محلی.
اصلاح و به‌سازی معابر، ترافیک در شهر	بوکانان	تفکیک ترافیک وسایل نقلیه در نواحی زیست‌مسکونی به دو دسته کلی؛ ترافیک داخلی و ترافیک عبوری.
آرام‌سازی و اصلاح ترافیک خیابان‌های مسکونی	ونرف	آرام‌سازی ترافیک در محیط‌های مسکونی، به‌طوری‌که بیشترین ترافیک آن ترافیک داخلی باشد.
خیابان‌های قابل زیست	اپلیارد	تأثیر حرکت وسایل نقلیه سواره بر عملکرد معنایی و ارتباطات اجتماعی خیابان‌های محلات شهری.
مفاهیم ساختار نیمه‌شبکه و درختی	الکساندر	مقایسه الگوی ارتباطات در شهرهای طبیعی و ارگانیک با شهرهای مصنوع و طراحی شده.
مفاهیم سلسه‌مراتب درختی، شبکه و مفهومی	شوماخر	الگوی سیستم ارتباطی خیابان از نظر نحوه اتصال و پیوند با بافت محلی اطراف.
روش ارتباطات مکانی		فرایند ارتباطی فضاها و محل‌های مسکونی بر اساس چهار جزء ارتباطی: مبداء، مقصد، مسیر و وسیله ارتباطی در زمینه جابه‌جایی و حرکت‌های محلی.
خصوصیات فضایی - کالبدی مسیر حرکت پیاده‌ها	گل	تجزیه و تحلیل نکته‌های ظریف و مهم از فضاها شهری که نقش تسهیل‌کننده و یا محدودکننده بر حرکت و راه رفتن مردم در فضاها شهری دارند.

(نگارندگان)

از آنجاکه مادی‌ها، شبکه معابر پیاده شهری محیط محله‌ها به‌شمار می‌روند، درخصوص شکل، ساختار و ریخت کلی ارتباطات کالبدی آنها، می‌توان از تحقیقاتی که درباره شبکه خیابان‌ها صورت گرفته به‌عنوان الگو استفاده کرد و نتایج کاربردی آن را به موضوع مربوط، تعمیم داد. در زمینه بالا بردن کیفیت زندگی همسایگی در بافت‌های شهری، تلاش بوکانان^{۱۱} برای سازگاری بین عملکرد ترافیکی خیابان‌های محله‌ها و عملکردهای اجتماعی محیط‌های زندگی شهری، قابل اشاره است. منطقه‌بندی زیست‌محیطی بافت‌های شهری، از مفاهیم اساسی این رویکرد است که برای ایجاد محیط‌های مسکونی ایمن از خطرات ترافیک، محله‌های نواحی مختلف شهرها از نظر ترافیک منطقه‌بندی می‌شوند. ایجاد محیط‌ها و نواحی زیست‌مسکونی در شهرها به‌دور از تأثیرات منفی ترافیک، از مهم‌ترین اهداف این منطقه‌بندی است. در این مطالعه، ترافیک وسایل نقلیه در نواحی زیست‌مسکونی به دو دسته کلی؛ ترافیک داخلی و ترافیک عبوری تفکیک شدند. ترافیک داخلی، نه تنها مشکلی برای زندگی نواحی مسکونی به‌وجود نمی‌آورد بلکه، جزء لازم و ضروری عملکرد آنها به‌شمار می‌رود. در مقابل، در ترافیک عبوری مبدء و مقصد سفرها بیرون از ناحیه مسکونی قرار دارد و فقط از خیابان‌های محله برای عبور از آن استفاده می‌شود. در این‌گونه ترافیک، ایجاد سروصدا، آلودگی هوا و خطر تصادفات، بیشترین آسیب را به محیط‌های زیست زندگی شهری وارد می‌آورند. از مهم‌ترین اقدامات بوکانان برای حفظ محیط‌های مسکونی، حذف ترافیک عبوری محله‌ها از طریق طرح‌های کالبدی و اصلاح شبکه خیابان‌ها با استفاده از موانع فیزیکی بود (Buchanan, 1963: 130).

مفهوم ونرف در هلند برای آرام سازی ترافیک محیط‌های مسکونی شهری به‌کار گرفته شده است. این مفهوم، به معنای ناحیه مسکونی‌ای است که بیشترین ترافیک آن ترافیک داخلی است، به بیان دیگر، مقاصد ترافیک و مبدء‌های آن درون همان ناحیه جای گرفته است. فلسفه طراحی ونرف به‌وجود آوردن کلیتی (گشتالت) است که خیابان را متعلق به ساکنین می‌سازد. ضمن اینکه، تأکید بر جنبه‌های عملی و جزئیات کالبدی ساده در اصلاح ترافیک، از محاسن ونرف در ایجاد خیابان‌های مطلوب است (کنف لاکر، ۱۳۸۱: ۱۱۱). پلایارد^{۱۲} در اثر خود "خیابان‌های قابل زیست"، تأثیر وسایل نقلیه سواره را بر عملکرد معنایی و ارتباطات اجتماعی خیابان‌های محله‌های شهری و تأثیر ترافیک بر زندگی و روابط اجتماعی مردم در خیابان‌های شهری بررسی می‌کند. وی، براساس دو منبع اطلاعاتی مشاهده و مصاحبه با مردم،

تأثیر شدت ترافیک بر پنج عامل: ۱. خطر ترافیک، ۲. فشارهای محیطی همچون سروصدا و آلودگی‌ها، ۳. همسایگی و ملاقات همسایگان، ۴. خلوت و حس قلمرو و ۵. آگاهی محیطی را در سه نوع خیابان با ترافیک کم، متوسط و زیاد مورد بررسی و آزمون قرارداد. اگرچه، این سه‌گونه خیابان از نظر شدت ترافیک متفاوتند لیکن به لحاظ اقتصادی و اجتماعی به نسبت همگن بودند (Appleyard, 1989: 15-28). الکساندر^{۱۳} نیز الگوی ارتباطات در شهرهای طبیعی و ارگانیک و شهرهای مصنوع و طراحی شده را با هم دیگر مقایسه کرده و مفاهیم نیمه‌شبکه و ساختار درختی را برای مشخص کردن شکل فیزیکی آنها به‌کار گرفته است. مسأله اساسی وی، دستیابی به شکل صحیح شهر بود. بنابر دیدگاه الکساندر، سازمان فضایی شهرهای طراحی شده به ساختار درختی شباهت دارند که فعالیت‌های اساسی زندگی جامعه شهری به‌گونه مصنوعی و غیرطبیعی در آنها پخش شده‌اند. این سازمان‌ها، در برابر سازمان فضایی شهرهای ارگانیک و طبیعی دارای ساختار نیمه‌شبکه بوده که واجد ارزش‌های بسیار هستند. ساختار نیمه‌شبکه یک مدل مفهومی همراه مشخصات بارزش است که الگویی طبیعی را برای رسیدن به شکل صحیح شهر و طراحی شهرها فراهم می‌سازد. ارتباطات و کنش‌های متقابل، مفهوم کلیدی الگوی نیمه‌شبکه نزد الکساندر است و از آن به‌عنوان مفهوم شکل خوب شهر یاد می‌کند. در مقابل، الگوی درختی بر محدود کردن کنش‌های متقابل میان عناصر و فعالیت‌ها تأکید دارد که از آن با عنوان فرم بد شهرها سخن می‌گویند (الکساندر، ۱۳۹۰: ۳۴-۲۳). شوماخر^{۱۴} در تحلیل خود از فضاهای شهری علاوه بر نقش محله به‌عنوان یک مکان، نقش ارتباطی آن را نیز، بررسی کرده است. محله‌ها با روش‌ها و راه‌های گوناگونی به یکدیگر متصل می‌شوند. شکل و نحوه اتصال و ارتباط محله‌ها به یکدیگر، تأثیر تشدیدکننده و یا بازدارنده در پیوند محله با بافت محلی اطراف آنها دارد. در این باره، وی سه شکل و الگوی سیستم ارتباطی خیابان‌ها را از نظر نحوه اتصال و پیوند با بافت محلی اطراف ارزیابی کرده است. این سه شکل عبارتند از: نظام سلسله مراتب درختی، سلسله مراتب شبکه و سلسله مراتب مفهومی. وی در تجزیه و تحلیل خود از این سه الگو و نظام سلسله مراتبی و اتصال شبکه، بر این باور است که در سلسله مراتب درختی انتخاب مسیر حرکت و دسترسی محدود است، در سلسله مراتب شبکه انتخاب مسیر حرکت و دسترسی، گسترده و وسیع است و در سلسله مراتب مفهومی، خیابان همچون بخش مهم و سازنده محیط زیست مکان‌های شهری مطرح است (Schumacher, 1978: 147).

که در کیفیت مادی‌ها دخالت دارند، بررسی و تبیین کیفیت مادی‌ها برحسب کلیه عوامل، نه تنها به دلیل گستردگی و تنوع بسیار داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز مقدور نیست بلکه، خطر سطحی‌نگری و کلی‌گویی را هم به دنبال خواهد داشت. ازین‌رو، طبقه‌بندی کردن نکته‌های مهم تاحدی می‌تواند پژوهش را از این خطر دور نگاه دارد. بدین منظور، مرحله شناخت و بررسی مادی‌ها در قالب چهار نظام مطالعاتی: کالبدی، عملکردی، دسترسی و بصری صورت می‌گیرد. بدین گونه که اصول بالا بر پایه چهار نظام یادشده و مرتبط با موضوع، دسته‌بندی شده و به عنوان چارچوب نظری این پژوهش، مبنای مطالعات، شناخت و ارزیابی مادی‌ها، در راستای هدف تحقیق قرار داده شده‌اند (جدول ۲).

تحلیل و انطباق مادی‌ها با الگوهای مرتبط

محلی‌بودن مقیاس عملکردی مادی‌ها

با نگاهی کلی بر نقشه شهر اصفهان، به خوبی نقش مادی‌ها در ساختار کالبدی و سازمان فضایی شهر از طریق تفاوت‌ها و تمایزات روشنی که به لحاظ توزیع فضایی، تعداد و اندازه عناصر و عملکردهای مختلف شهری بین نواحی و محلات مختلف شهر بویژه محله‌های قدیمی که مادی‌ها در آنها جریان دارند و سایر محلات خصوصاً محله‌های جدیدی که مادی‌ها در شکل‌دهی آنها نقش و تأثیر چندانی هم ندارند، مشاهده می‌شود. این گونه به نظر می‌رسد که در ناحیه‌ها و محله‌هایی که مادی‌ها در آنها جریان دارند نه تنها، مادی‌ها و شبکه وابسته به آنها توانسته‌اند با ایجاد یک ساختار و استخوان‌بندی مطلوب ارتباط و پیوندی اصولی و نظام‌مند را میان عناصر داخلی محله ایجاد کنند بلکه، پیوند مناسبی

از دیگر عواملی که بر فعالیت‌ها و رفتارهای پیاده مردم در مسیر و محیط مادی‌ها تأثیر زیادی دارد و عامل انسجام‌دهنده شبکه مادی‌ها به عنوان معابر پیاده و محیط‌های محله‌های شهری تأکید بسیاری بر آنها می‌شود، ویژگی‌ها و خصوصیات فضایی-کالبدی حریم مادی‌ها است. راه رفتن و قدم زدن، اولین و مهم‌ترین شکل حضور مردم در محور مادی‌ها است که معمولاً با فعالیت‌هایی مانند: نشستن، ایستادن، صحبت کردن، شنیدن و دیدن همراه است. شرایط و کیفیت محیط و فضای مادی‌ها، تأثیری مهم در پیاده‌روی و فعالیت‌های وابسته به آن و در نهایت، حضور مردم در فضاهای شهری دارد. گل^{۱۵} با تجزیه و تحلیل راه رفتن مردم در فضاهای شهری به نکته‌های مهمی که نقش تسهیل‌کننده و یا محدودکننده بر حرکت و راه رفتن مردم در فضاهای شهری دارند، تأکید می‌کند. در کل، وی در مطالعات شهری تعدادی از ویژگی‌ها و خصوصیات فضایی-کالبدی محوره‌های شهری را که تأثیر بسیاری در نقش جمع‌کنندگی و تجمع مردم در محورها و معابر شهری دارند، نام می‌برد. ویژگی‌هایی همچون: جمع‌کنندگی در برابر پراکندگی، انسجام در برابر انزوا و جدایی، جلب کردن در مقابل دفع کردن و گشودگی در برابر بسته‌بودن از مهم‌ترین خصوصیات فضایی-کالبدی محورها و معابر شهری است که نقش مهمی در تماس‌ها، ارتباطات و فعالیت‌های مردم در فضاهای شهری برعهده دارند (Gehl, 1987:13).

در ساختار فضایی-کالبدی شهر اصفهان، مادی‌ها عناصری چندبعدی و چندوجهی هستند که عوامل بسیاری بر نقش و عملکرد آنها در نظام شهری تأثیر دارند و از طرف دیگر خود نیز، تأثیر بسزایی در کیفیت محیط‌های شهری دارند که از آنها عبور می‌کنند. بنابر عوامل فضایی، کالبدی و اجتماعی

جدول ۲. تطبیق الگوها با مسیر مادی‌ها

نظام	الگو	چگونگی انطباق الگو با مسیر مادی
کالبدی	برنامه‌ریزی فضایی - کالبدی	بررسی توزیع فضایی عناصر و فعالیت‌ها در حریم مادی‌ها
	تقسیمات کالبدی شهر	قرارگیری مادی‌ها در مقیاس محلی و استفاده از شاخص‌های رده محله و واحدهای همسایگی
عملکردی	دامنه دسترسی به خدمات	تقسیم حریم مادی به سه دامنه دسترسی با دامنه نوسان شعاع دسترسی ۱۰۰ تا ۴۰۰ متر
	کاربری زمین	چگونگی پراکنش فعالیت‌ها و عناصر خدماتی در دو مقیاس شهری و محلی در حریم مادی‌ها
دسترسی	آرام‌سازی و اصلاح ترافیک خیابان‌های مسکونی	ترکیب حرکت سواره و پیاده در حریم مادی با استفاده از ضوابط خاص
	مفاهیم ساختار نیمه‌شبکه و درختی	بررسی خاصیت الگوی ارتباطی ارگانیک مادی‌ها
بصری	مفاهیم سلسه‌مراتب درختی، شبکه و مفهومی	چگونگی ارتباط شبکه مادی‌ها با بافت پیرامونی
	خصوصیات فضایی-کالبدی مسیر حرکت پیاده‌ها	چگونگی جزئیات واقع در مسیر مادی‌ها

(نگارندگان)

را نیز با ساختار و استخوان‌بندی اصلی شهر برقرارکنند. درمقابل، محله‌های دیگر که مادی‌ها در آنها جریان ندارند، نواحی و محله‌هایی تک‌افتاده هستند که نه تنها در ایجاد ارتباط و پیوند اصولی و نظام‌مند بین عناصر داخلی خود ناتوان‌اند بلکه، از ایجاد پیوند با ساختار و استخوان‌بندی اصلی شهر نیز بازمانده‌اند (تصویر ۱).

حریم‌بندی و شعاع دسترسی به گذر مادی

به لحاظ محلی بودن مقیاس مادی‌های بافت قدیم اصفهان، برای مطالعه و تحلیل دقیق مادی‌های موجود در (منطقه یک)، محدوده‌هایی فرضی براساس سطوح محلی و سلسله مراتب پائین‌تر از آن به عنوان سطوحی از تقسیمات کالبدی شهری مرتبط با موضوع ایجاد شد. ضمن اینکه، برای هر یک از مادی‌ها سه محدوده به ترتیب زیر تعیین شده است (تصویر ۲). محدوده اول، در مقیاس کوچه یا گروه مسکونی با دامنه نوسان شعاع دسترسی (۱۵۰-۱۰۰) متر است که محدوده‌ای شامل دسترسی مستقیم و بی‌واسطه به حریم مادی است. محدوده دوم، محدوده‌ای در مقیاس کوی یا واحد همسایگی با دامنه نوسان شعاع دسترسی (۲۵۰-۱۵۰) متر است که دسترسی به آن، از طریق یک رابط به حریم مادی انجام می‌شود. محدوده سوم، محدوده‌ای در مقیاس محله با عنصر شاخص مدرسه ابتدایی و مسجد با دامنه نوسان شعاع دسترسی

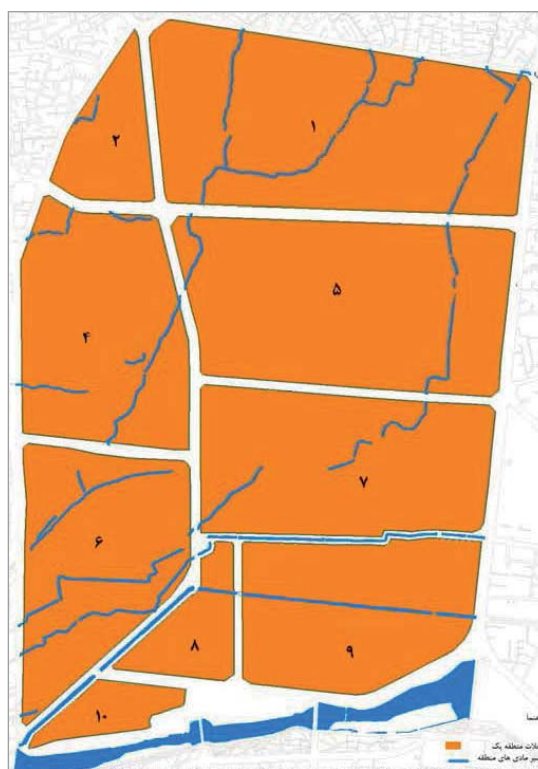
پیاده (۳۰۰-۴۰۰) متر است که دسترسی نسبت به حریم محور مادی با دو تا سه رابط صورت می‌پذیرد. شبکه مادی‌ها در (منطقه یک)، ۱۶٫۵ کیلومتر طول دارد که همراه محدوده‌های فرضی سه‌گانه تعیین شده برای هر مادی، در مجموع حدود ۵۵۰ هکتار است که یعنی حدود ۷۰ درصد مساحت منطقه را دربرمی‌گیرند.

توزیع عناصر و عملکردها

پس از تعیین محدوده‌های فرضی براساس مقیاس محلی، موقعیت عناصر و عملکردها نسبت به حریم‌های فرضی سه‌گانه مشخص شد. براین مبنا، مادی‌های شهر اصفهان به عنوان جریان‌های آب‌کناری محلی، این قابلیت را دارند که همانند گذشته با جریان یافتن در بافت کالبدی محله‌های شهر اصفهان موجبات انسجام و پیوستگی محله‌ها را فراهم کنند. همچنین، در طول مسیر خود و گشایش‌های فضایی موجود در فاصله‌هایی از مسیر، با ارائه خدمات رفاهی در مقیاس محلی به سرزندگی و ایجاد جنب‌وجوش فضای شهری یاری‌رسانند. اکنون، مهم‌ترین شکل سکونت انسان در شهر به گونه زندگی محله‌ای است. از آنجایی که وضعیت مادی‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کیفیت زندگی محله‌ای از محله‌های شهر اصفهان است که مادی‌ها از آنها می‌گذرند؛ شاید بتوان ایجاد سازگاری بین عملکردهای



تصویر ۲. شعاع دسترسی به گذر مادی‌ها (نگارندگان).



تصویر ۱. محله‌بندی منطقه یک و موقعیت مادی‌ها (نگارندگان).

شهری فراهم می‌کنند. لازمه اینکه یک مادی همچون یک عامل ارتباطی در ساختار فضایی شهر ایفای نقش نماید، اتصال و پیوند آن با دیگر معابر و تشکیل شبکه بهم‌پیوسته‌ای از گذرهای شهر اصفهان است. بنا براین، یکی از مهم‌ترین ویژگی مادی‌های شهر اصفهان، شبکه‌ای بودن آنهاست که از اتصال و پیوند تعداد زیادی مادی شکل می‌گیرد (تصویر ۴).

ارگانیک بودن شبکه مادی‌ها

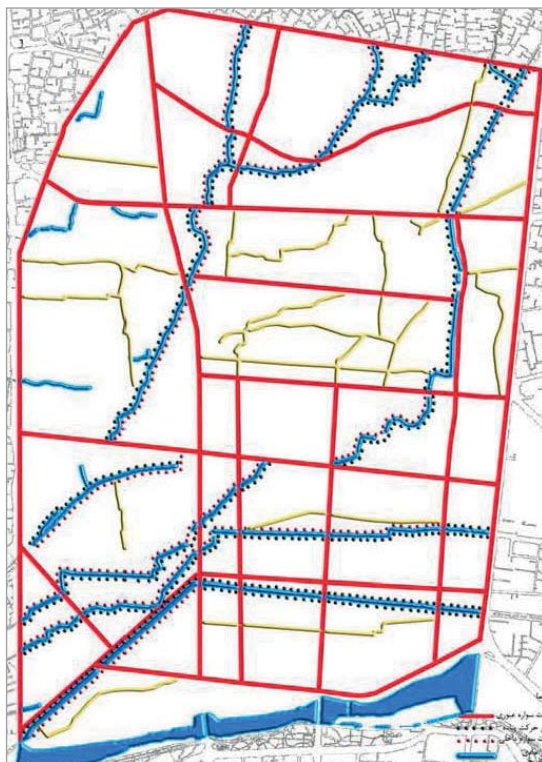
در بررسی علل وجودی شهر اصفهان، مواهب طبیعی از مهم‌ترین عواملی هستند که در شکل‌گیری این شهر مؤثر واقع شده‌اند. موقعیت خاص و ارزشمند رودخانه زاینده‌رود و راسته مادی‌های منشعب از آن و گسترده شدن در بافت شهری همراه دیگر عناصر تاریخی، نوعی بافت ارگانیک را در مرکز شهر به وجود آورده‌اند. هرچند خیابان‌های متعددی در شهر و بافت تاریخی اصفهان ایجاد شده‌اند لیکن یا الگوی شطرنجی دارند که این قسم بیشتر در متن بافت اصلی احداث و در توسعه‌های بعدی مبنای طراحی و تفکیک زمین بوده و یا به صورت حلقوی است که در شبکه ارتباطی نقش کمربندی را برعهده دارند. با این وصف، هیچ‌یک از معابر یادشده نمی‌توانند جاذبه و امتیازات ویژه یک معبر شهری را به دست آورند چراکه، هیچ کدام نمی‌توانند نقش میان‌بر را در محدوده شهر بازی داشته باشند. به سبب نبود محورهای

متضاد و متفاوت مادی‌ها را به عنوان خیابان‌های محله‌ای شهر اصفهان یکی از اساسی ترین مسائل شهرسازی این شهر به شمار آورد (تصویر ۳).

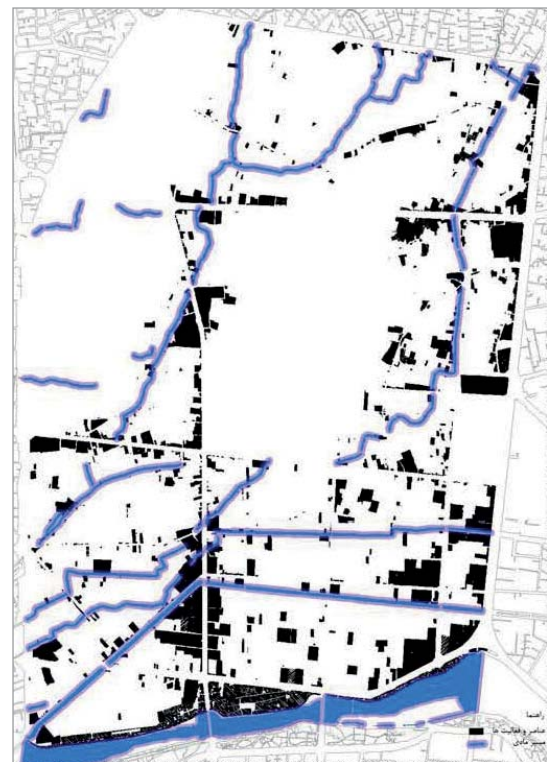
شبکه‌ای بودن و ارتباط با پیرامون

جدای از تأثیر مهم عوامل کالبدی همچون نوع کاربری‌ها، عناصر و عملکردها، شکل و ریخت کالبدی مادی، تعداد و تراکم جمعیتی در تبیین نقش مادی‌ها در ساختار محله‌ها، نحوه اتصال و ارتباط مادی با بافت محلی اطراف نیز اهمیتی برابر با عوامل یادشده دارد. درحالی که محیط مادی‌ها فضای مناسبی را برای انجام فعالیت‌ها و عملکردهای مختلف فراهم می‌آورند، به عنوان حلقه‌ای ارتباطی، در محیط اطراف هم عملکرد دارند. درواقع، عملکردهای مادی را از دو جهت می‌توان بررسی کرد؛ نقش مادی به عنوان مکانی برای فعالیت‌های مختلف و دیگری نقش مادی به عنوان حلقه‌ای از زنجیره ارتباطات شهری.

نقش ارتباطی و پیونددهنده مادی‌ها نه تنها، به عنوان حلقه ارتباطی سیستم ارتباطات شهری مهم است بلکه، در فعالیت‌ها و عملکردهای مادی‌ها به عنوان مکان نیز بسیار تعیین کننده است. برخی مادی‌ها، به دلیل موقعیت و نحوه استقرار آنها در سیستم شهر، شرایط و موقعیت بهتر و مناسب‌تری را برای فعالیت‌های اجتماعی و عملکردهای



تصویر ۴. شبکه‌ای بودن گذر مادی‌ها و ارتباط با معابر پیرامون (نگارندگان).



تصویر ۳. پراکنش عناصر و عملکردها نسبت به گذر مادی‌ها (نگارندگان).

پایاده شهری و درواقع، فقدان خصوصیت بارز میان بر در بافت شبکه ارتباطات شهری، بار سنگینی برعهده شبکه ترافیک سواره گذارده می‌شود.

این مسئله از این نظر که در وسعت بافت پیچیده تاریخی، شبکه ارتباطات اصولاً نمی‌توانند به آسانی گسترش یافته و عرض‌های متناهی را بپذیرند، مهم است. یکی از مهم‌ترین امتیازاتی که مادی‌ها و مسیر آنها نسبت به سایر گذرها در وسعت شهر از آن برخوردار هستند، این است که بیشتر قسمت‌های این شبکه، شهر را به گونه میان بر درجهت جنوب غربی- شمال شرقی قطع می‌کنند. درواقع، نسبت مادی‌ها به خیابان‌های شرقی-غربی و شمالی-جنوبی شهر نسبت وتر به اضلاع مثلث قائم‌الزاویه است. ازین رو، بهره‌گیری از این ویژگی خاص پیشنهاد می‌شود. این موقعیت ممتاز مادی‌ها، سبب می‌شود که همواره حرکت درطی مسیر و فاصله مبدأ و مقصدهای خاص، کمترین طول مسیر و وقت را بخواهد.

نقش اجتماعی مادی‌ها

نقش‌ها و عملکرد مادی‌ها در شهر اصفهان، به دو دسته عمده قابل طبقه‌بندی است. یکی، عملکردی که می‌توان آن را ابزاری نامید و دیگری، عملکرد معنایی است. عملکرد ابزاری، محلی برای گذر و حرکت آب در شهر است و عملکرد معنایی، به محیط و فضای شهری به عنوان محلی برای کنش‌ها و ارتباطات مردم می‌نگرد. این عملکرد، فعالیت‌هایی مانند: ارتباطات متقابل اجتماعی، گذران اوقات فراغت، تفریح، گفتگو و صحبت کردن را دربرمی‌گیرد. اگرچه، وجود هردو عملکرد برای ایجاد محیطی مطلوب ضروری است لیکن درمجموع ایجاد و شکل و الگوی فضایی-کالبدی که دربرگیرنده عملکردهای ابزاری و معنایی به گونه توأمان باشد، به سادگی امکان پذیر نیست. گل در تجزیه و تحلیل خود، به ویژگی‌ها و خصوصیات فضایی-کالبدی مسیر توجه می‌کند. وی، از چهار ویژگی جمع‌کنندگی، انسجام، جلب‌کنندگی و گشوده‌بودن نام می‌برد که تأثیر بسیاری در نقش اجتماعی

جدول ۳. مشخصات مادی‌های محدوده منطقه ۱ اصفهان.

گذرها و میزان حضور مردم در فضاهای شهری دارند. مادی‌ها را می‌توان به مثابه معبری قلمداد کرد که زندگی در دو جانب آن جاری است. جریان دوجانبه زندگی در ساختمان‌های دو طرف سبب می‌شود که نقش فضایی-کالبدی حریم مادی‌ها اهمیت یابند. در این بخش، برای مادی‌ها هم می‌توان تعبیر گل را درباره زندگی بین ساختمان‌ها به کار گرفت. بدین منظور، قسمتی از مادی فدن در ارتباط با ویژگی‌های بالا، الگو قرار داده شد (تصویرهای ۸-۵).

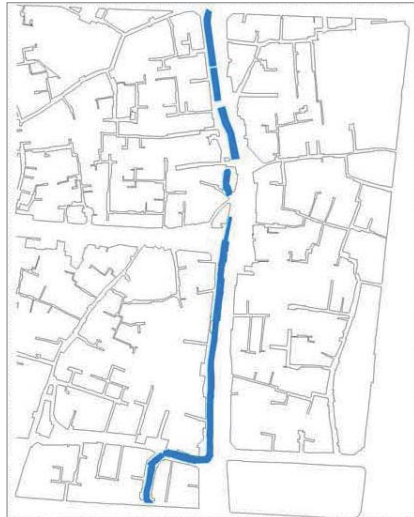
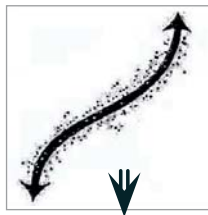
شناخت و تحلیل وضع موجود مادی‌ها در محدوده طرح

سنجش وضعیت، مرحله‌ای است که در قالب بررسی وضع موجود و تحلیل امکانات و محدودیت‌ها، سنگ بنای لازم را برای هدایت روند توسعه آینده فراهم می‌کند. ازین رو در این بخش، برای ارائه راه‌حلی عملی به منظور ساماندهی شبکه مادی‌ها، وضعیت موجود مادی‌های محدوده طرح بررسی و در قالب جدول سوات، تحلیل می‌شود. مشخصات مادی‌های محدوده مورد مطالعه در جدول زیر آورده شده است (جدول ۳، (تصویرهای ۱۰-۹).

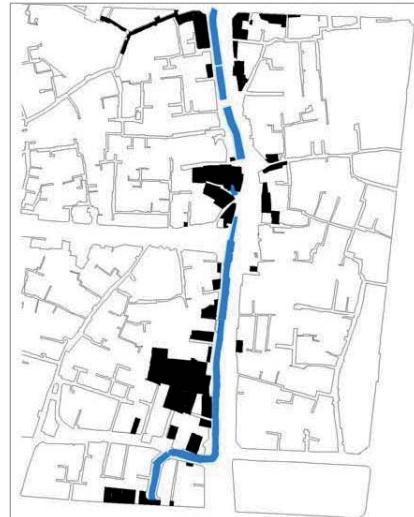
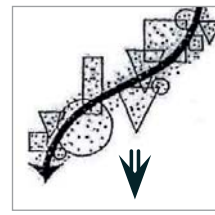
بررسی عناصر و فعالیت‌های موجود در حریم مادی‌ها نشان می‌دهد که باتوجه به مقیاس محله‌ای بودن مادی‌ها و حریم آنها بعد از کاربری مسکونی که به طور معمول بالاترین کاربری را دارند، کاربری آموزشی در رده‌های دبستان، راهنمایی و دبیرستان و کاربری مذهبی نیز که در حریم مادی‌ها قرار گرفته‌اند، به ترتیب بیشترین تعداد را دارند و از عناصر شاخص در مقیاس محلی هستند که سبب بیشترین تردد اجتماعی می‌شوند. افزون بر وجود و کثرت چنین فعالیت‌هایی، می‌بایست به استقرار برخی فعالیت‌های ناسازگار همچون تعمیرگاه‌ها و کارگاه‌ها نیز، اشاره نمود که وضعیتی نابسامان و آشفته را ایجاد کرده‌اند. مهم‌ترین مسأله‌ای که در مقیاس محله وجود دارد و مطلوب است که در امتداد مسیر مادی‌ها قرار گیرند، نبود مراکز محله‌ای است. به گونه‌ای که، هم نیاز ساکنان را برآورده سازند و هم مکان‌های توقفی برای حضور عابران پیاده باشد.

شماره	نام	طول	جهت	نقطه شروع و پایان در محدوده طرح
۱	نیاصرم	۲,۵	شرقی- غربی	بزرگراه خیام-خیابان چهارباغ عباسی
۲	فرشادی	۲,۶	شرقی- غربی	بزرگراه خیام-خیابان چهارباغ عباسی
۳	فدن	۵	شرقی- غربی و شمالی-جنوبی	بزرگراه خیام-خیابان فروغی
۴	تیران	۴,۱	شمالی-جنوبی	خیابان صارمیه-خیابان فروغی
۵	جوب‌شاه	۱	شرقی-غربی	بزرگراه خیام-خیابان صارمیه

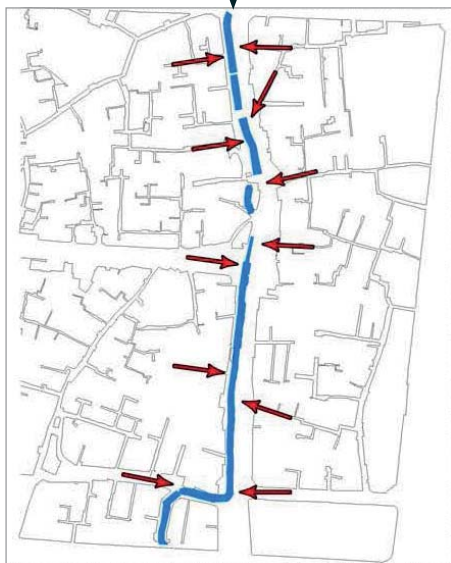
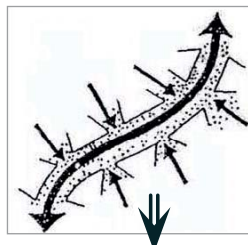
(نگارندگان)



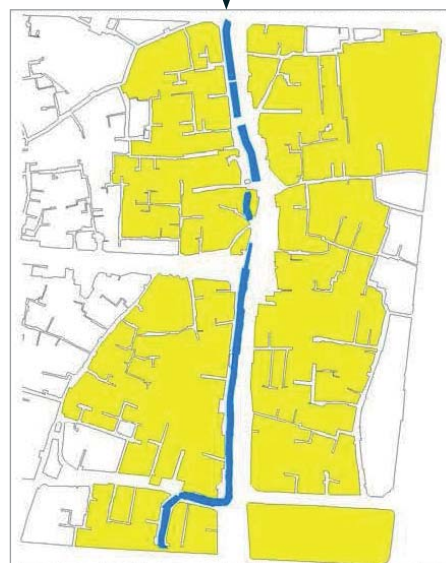
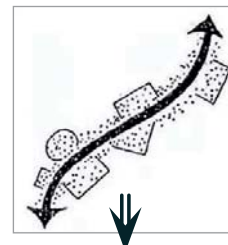
تصویر ۶. ویژگی جمع‌کنندگی مادی‌ها در برابر پراکندگی آنها که از طریق پیوستگی مسیر مادی و استقرار در بافت یکپارچه مسکونی و محلی حاصل شده‌است. (نگارندگان).



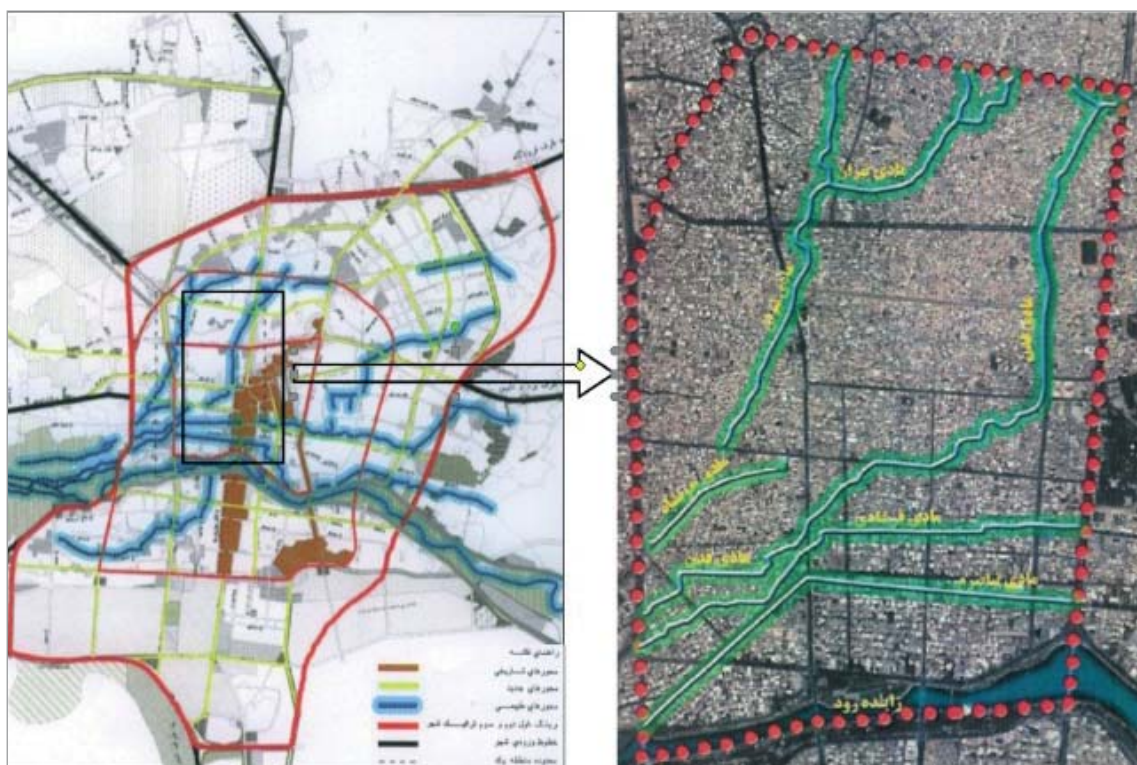
تصویر ۵. ویژگی انسجام فضایی مادی‌ها در برابر انزوا و جدایی آنها که از طریق استقرار عناصر خدماتی مقیاس محلی و گاه بین محلی و از عوامل مهم حضور مردم در مسیر مادی‌ها است (نگارندگان).



تصویر ۸. ویژگی جلب‌کنندگی مادی‌ها، در برابر دفع‌کردن که از طریق ورودی‌ها و گشودگی‌های دسترسی محلی، افزایش نفوذپذیری مسیر مادی و حرکت‌های محلی را همراه دارد (نگارندگان).



تصویر ۷. ویژگی گشوده‌بودن فضای مادی‌ها، در برابر بسته‌بودن آنها از طریق حریم متغیر و متنوع در طول مسیر که بستر مهمی برای ایجاد فضای شهری در امتداد مسیر مادی است (نگارندگان).



تصویر ۹. موقعیت مادی‌ها در محدوده طرح (نگارندگان).

تصویر ۱۰. اصفهان، موقعیت بافت تاریخی و مادی‌ها در محدوده طرح (نگارندگان).

برای تحلیل و تشخیص وضعیت کنونی محدوده مورد مطالعه و دستیابی به هدف‌ها و راهکارهای ساماندهی، از روش سوات استفاده شده است. در این روش، نقاط قوت و ضعف (عوامل درونی) و فرصت‌ها و تهدیدات (عوامل بیرونی) مادی‌ها بر اساس چهار نظام (کالبدی، دسترسی، عملکردی و فضایی) که اهداف نیز بر پایه آنها تعریف شده‌اند، تحلیل می‌شوند. در ادامه، تحلیل متقابل این شاخص‌ها در چارچوب ماتریس سوات، هدایتگر پژوهش به سوی تدوین و تشخیص مقدماتی راهکارهای برنامه‌ریزی و ساماندهی در راستای اهداف آن است. محتوای جدول زیر با بهره‌گیری از اطلاعات به‌هنگام و شناخت عمیق در فرایند مطالعه است (جدول ۴).

هدف کلان پژوهش حاضر، از عنوان آن نوشتار برگرفته شده و محقق شدن آن به دنبال دستیابی به اهداف فرعی است؛ مهم‌ترین معیارهای تدوین این اهداف نظام‌های کالبدی، دسترسی، عملکردی و بصری است. که مطالعات و تجزیه تحلیل وضعیت موجود نیز بر مبنای آنها صورت گرفته است (جدول ۵) و با در نظر گرفتن موضوع و محدوده مورد مطالعه به اهداف این تحقیق پرداخته می‌شود.

بر مبنای اهداف کلان و اهداف خرد که نخست به آنها اشاره شد، در این بخش راهکارهای کلی (کلان) و عملیاتی (خرد) دستیابی به اهداف ارائه می‌شود (جدول ۶).

از دیدگاه سیما و منظر شهری، مسیر مادی‌ها ضمن داشتن طراوت، زیبایی و سرسبزی بالقوه خود و همچنین وجود برخی عناصر بالارزش، دارای وضعیتی نیستند که مشوق و انگیزه‌ای برای افزایش حرکت‌های پیاده باشند. مسیرها تجهیزاتی ندارند که تمایل عابران پیاده را برانگیزانند. در این مورد، می‌توان با الگو گرفتن از فعالیت‌ها و اقداماتی که در حاشیه رودخانه زاینده‌رود انجام گرفته و تکرار آنها منطبق با شرایط مادی‌ها، وضعیت را به گونه‌ای سامان داد که هم ارزش مادی‌ها را بیش از پیش نمایان و هم موجبات تحقق پیاده‌مداری را فراهم ساخت.

در قالب نظام حرکت و دسترسی، مهم‌ترین مسأله‌ای که ارتباط مستقیم با مادی‌ها و حرکت‌های پیاده است، نحوه برخورد و مواجهه مادی‌ها با مسیرهای حرکت سواره است. افزون بر برخوردها و تقاطع‌های بسیار سواره با مسیر مادی‌ها و چندتکه شدن آنها در مقاطع مختلف، مسیر پیرامون مادی‌ها نیز، از حرکت سواره در امان نیست. آن گونه که، تردد سواره و بی‌توجهی بسیار به حرکت عابران پیاده در این مسیرها دیده می‌شود. در حال حاضر، مسیر مادی‌ها برای حرکت‌های پیاده در نظر گرفته نشده است لیکن حرکت پیاده به‌طور برنامه‌ریزی نشده در کنار تردد بیشتر سواره انجام می‌شود. بجز محدوده‌ای کوچک در مسیر مادی نیاصرم، تمام مادی‌های محدوده دچار چنین وضعیتی هستند.

جدول ۴. بررسی محدودیت‌ها و امکانات موجود در محدوده پیرامون مسیر مادی‌های منطقه یک.

نظام	نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدات
کالبدی	<ul style="list-style-type: none"> - سابقه تاریخی چند صد ساله از زمان شکل‌گیری شهر تاکنون - وجود برخی بناها و فضاهای ارزشمند در حریم مادی‌ها - بالا بودن نسبت سطوح مسکونی در حریم مستقیم اکثر مادی‌ها و وجود زندگی شبانه - استقرار در مرکز ثقل جغرافیایی و عملکردی شهر 	<ul style="list-style-type: none"> - گسست ارتباطی و فضایی مادی‌ها و محلات پیرامون آنها در اثر احداث خیابان‌ها - تبدیل مسیر مادی‌ها به کوچه و خیابان‌های فاقد ارزش فضایی - عدم شناسایی دقیق و تخصصی شبکه مادی‌ها در سطح منطقه - نامناسب بودن بدنه سازی مادی‌ها که اکثراً بتنی و یا سنگی با هدف تبدیل آنها به معبر سواره می‌باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - امکان عقب نشینی و آزاد سازی حریم مادی - امکان احیای مسیر مادی‌ها و عناصر شاخص پیرامون آنها - استفاده از مسیر مادی به عنوان پلی ارتباط دهنده میان محلات جدید و بافت قدیم - آزادسازی مسیر مادی‌ها و یا تبدیل و تغییر اجزائی که آب‌خور آنها زیر ساخت‌وساز رفته است. 	<ul style="list-style-type: none"> - ساخت و سازهای بی‌رویه و بلند مرتبه در پلاک‌های بر مادی‌ها و حریم گل انداز مادی‌ها - مشخص نبودن حریم مادی‌ها و عدم اجرای قانون از سوی ارگانهای زیربسط در اعمال این حریم - سرازیر کردن نخاله‌های ساختمانی و زباله‌ها به درون مادی‌های خشکه و پر شدن و تبدیل آنها به معبر به مرور زمان
دسترسی	<ul style="list-style-type: none"> - وجود مسیرهای کاملاً پیاده در قسمت‌های محدودی از مادی‌ها - نیاصرم و فرشادی - نزدیکی به دو محور اصلی - استخوانبندی ساختار اصفهان: محور تاریخی چهارباغ و محور طبیعی زاینده رود 	<ul style="list-style-type: none"> - دسترسی سریع و آسان سواره رو به پلاک‌های بر مادی - سهم بالای ترافیک عبوری بدون هیچ‌گونه محدودیتی - نابسامانی و ناآسودگی حرکت پیاده و تداخل آن با سواره 	<ul style="list-style-type: none"> - امکان ایجاد مسیرهای پیاده، فعال و یا ارزش فضایی - امکان کاستن تردد سواره به درون بافت قدیم اصفهان - تشویق افراد به حرکت پیاده و ایجاد انگیزه‌ای مطلوب توسط مادی‌ها - امکان طراحی و برنامه‌ریزی به منظور حرکت دوچرخه 	<ul style="list-style-type: none"> - همجواری با شریان‌های شلوغ پرتراffیکی مثل خیابان کاشانی، شمس آبادی و ... - احداث خیابان‌های جدید بدون توجه به مسیر مادی‌ها و قطع شدن چندین باره آنها مثل خیابان میرداماد - انطباق مسیر سواره رو بر حریم مادی‌ها
عملکردی	<ul style="list-style-type: none"> - شمول بر محورها و کانون‌های عملکردی مهم شهر اصفهان - واقع شدن در منطقه‌ای با تنوع عملکردی و سلسله مراتبی محورها، گسترده‌ها و کانون‌های موجود 	<ul style="list-style-type: none"> - کمبود خدمات و کاربری‌های محله‌ای و ادغام با سطوح بالاتر - از رونق افتادن فعالیت‌ها در شب که از سرزندگی محیط می‌کاهد - وجود برخی فعالیت‌های مزاحم و ناهماهنگ و آلودگی‌های حاصل از فعالیت آنها مثل تعمیر گاه‌ها و ... - اغتشاش موجود بین کاربری‌ها و فعالیت‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - امکان جذب فعالیت‌های جهانگردی، پذیرایی و فرهنگی - امکان کسب درآمد بیشتر از فعالیت‌های تجاری و خدماتی - پیرامون مسیر مادی‌ها - ایجاد مکانی جذاب برای سرمایه گذاری‌های تجاری-فرهنگی - استفاده از زمین‌های باز و بایر جهت خدمات مورد نیاز محلی - امکان ارتقای فرهنگی و اقتصادی منطقه یک بواسطه وجود مادی‌ها - ایجاد ضوابط تشویقی و محدود کننده در جهت رونق فعالیت‌های پیرامون مادی‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - ممانعت نکردن از استقرار فعالیت‌های کارگاهی و نامتناسب با شان مادی‌ها و محلات - یکپارچه نبودن مدیریت شهری و ناهماهنگی در مدیریت و کنترل مادی‌ها - توجه خاص به برخی مادی‌ها نظیر نیاصرم و فرشادی بلحاظ موقعیت و نادیده گرفتن برخی دیگر
سازمان فضایی و سیمای بصری	<ul style="list-style-type: none"> - پتانسیل بالای فضای سبز موجود در بدنه مادی‌ها - منظر بسیار جالب متنوع و مطلوب بواسطه حضور پر پیچ و خم مادی‌ها میان بافت محلات 	<ul style="list-style-type: none"> - روند اضمحلال هویت و عملکرد مادی‌ها در اثر بی‌توجهی به آنها در مرور زمان - کمبود و نامناسب بودن اثاثیه و مبلمان شهری - اغتشاش در سیمای بصری و منظر پیرامون مسیر مادی‌ها - وجود ساختمان‌های ناهماهنگ با ترکیب ناهمگون بلحاظ ارتفاع - نما مصالح خط آسمان و ... - نامناسب بودن مصالح کف و بدنه مسیر طرفین مادی‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - امکان ایجاد فضاهای شهری مطلوب با کیفیت و ارزش بالا بواسطه حضور چنین عنصر منحصر بفردی در بافت - امکان تدوین ضوابط خاص به منظور ناسازی بناهای در حریم مستقیم مادی‌ها در خور شان مادی‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - جدول سازی های غیر فنی و مغایر با حیات طبیعی درختان که منجر به نابودی اشجار کنار مادی‌ها می‌شود. - بی‌توجهی به طرح ساماندهی پیاده‌راه‌ها در مسیر پیرامون مادی‌ها
زیست محیطی	<ul style="list-style-type: none"> - تزریق هوای مطلوب به درون بافت و کاهش دهنده آلودگی هوا به عنوان فضایی تنفسی - ایمن بودن منطقه در برابر سیل - سبز بودن مسیر مادی‌ها بواسطه درختان موجود در حریم آنها 	<ul style="list-style-type: none"> - ضعیف بودن امکانات حمل زباله و نظافت زیست محیطی، لایروبی - زندگی جانوران موذی در آبهای راکد - خشک شدن بعضی از مادی‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - آبیاری زمین‌های مزروعی شهر اصفهان از طریق جریان یافتن مادی‌ها و خروج آنها از شهر - امکان استفاده از حریم مادی‌ها برای تامین کاهش فضای سبز شهری 	<ul style="list-style-type: none"> - اختلافات مالی بین سازمان آب و شهرداری‌ها که موجب توقف حرکت آب در مادی‌ها شده و امکان ایجاد انواع آلودگی‌ها و نابودی فضای سبز را دنبال دارد

(نگارندگان)



جدول ۵. مهم‌ترین معیارهای تدوین اهداف پژوهش.

معیار	نظام
تأکید بر حفظ مادی‌ها، راسته‌ها و گذرهای تاریخی	کالبدی
تقویت شبکه معابر پیاده و افزایش انگیزه‌های پیاده‌روی	دسترسی
استقرار فعالیت‌های سازگار و ارائه خدمات در مقیاس محلی	عملکردی
ایجاد فضاهای شهری مطلوب	بصری

(نگارندگان)

جدول ۶. ارائه اهداف و راهکارهای دستیابی به اهداف.

اهداف	راهکارهای کلی	راهکارهای عملیاتی
حفظ و ماندگاری مادی‌ها به‌عنوان عناصر شاخص و منحصر به فرد بافت قدیم اصفهان	<ul style="list-style-type: none"> - برقراری جریان مستمر عنصر آب در مادی‌ها - حفظ پیوستگی حرکت مادی‌ها در طی مسیر - احیاء هویت کالبدی و عملکردی مادی‌ها - بازشناسی ارزش طبیعی - تاریخی مادی‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - رفع اختلافات بین سازمان‌های آب منطقه‌ای و شهرداری منطقه یک، از طریق دستورالعمل‌های ویژه بمنظور جریان مداوم آب در مادی‌ها. - طراحی و برنامه‌ریزی صحیح خیابان‌کشی‌های جدید بطوری که همانند گذشته مسیر مادی‌ها را قطع ننمایند. - بدنه‌سازی صحیح مادی‌ها و در صورت لزوم تعمیر آنها با مصالح مناسب. - رسیدگی و حفظ اشجار کهن پیرامون مادی‌ها. - جدول‌سازی فنی مجاور مادی‌ها بطوری که با حیات طبیعی درختان کنار مادی مغایرت نداشته باشد. - جلوه‌نمایی بصری رد گذر مادی‌ها در محل قطع شدن و گذر آنها از زیر خیابان‌ها به منظور حفظ خاطره‌انگیزی و هویت تاریخی. - حفظ اسامی مادی‌ها و نصب تابلوهای معرفی کامل به همراه تاریخچه عملکردی آنها در فواصل مناسب به منظور حفظ هویت تاریخی این عنصر. - جلوگیری از هرگونه ساخت و سازی که منجر به تجاوز به حریم مادی‌ها می‌گردد.
گسترش پیاده‌روی و تشویق و ترغیب شهروندان به انجام هرچه بیشتر سفرهای محلی به‌صورت پیاده	<ul style="list-style-type: none"> - فراهم کردن بستر مناسب حرکت روان. - ایجاد ایمنی، آسایش فیزیکی و آرامش روانی افراد پیاده. - استفاده از خاصیت میان‌بر بودن مسیر مادی‌ها در بافت مرکزی شهر اصفهان. - ارتقاء سطح کیفی فضای محیطی مادی‌ها و ایجاد مسیرهای جذاب و مطلوب. - امکان برآوردن نیازها و دسترسی مناسب به خدمات در هنگام طی مسیر بصورت پیاده‌روی. - کاهش تردد سواره در مسیر پیرامون مادی‌ها. 	<ul style="list-style-type: none"> - جلوگیری از حرکت عبوری سواره‌ها به منظور تامین ایمنی از طریق هدایت این نوع حرکت به خیابان‌های مجاور از طریق در نظر گرفتن تمهیدات ترافیکی صحیح. - مشخص نمودن ابتدا و انتهای شروع مسیر مادی به‌عنوان نقاط معنی‌دار و تعریف قلمرو حرکت پیاده‌ها. - بهره‌گیری از اثاثیه و مبلمان شهری مناسب در طول مسیر. - نورپردازی مسیر پیاده جهت تامین روشنایی کافی در شب به منظور ایجاد سرزندگی و پویایی در همه اوقات. - تجهیز معماری جداره‌های محور پیرامون مادی‌ها (خوانایی کنج‌ها و نبش‌ها، برجستگی در نما و ایجاد سایه روشن) - ایجاد خوانایی و وضوح و پدید آمدن کشش و جذابیت در عین حرکت در مقیاس مطلوب. - حفظ بهداشت محیط از طریق جمع‌آوری زباله‌ها و جلوگیری از ریختن آنها به درون مادی‌ها و لایروبی به موقع مادی‌ها به منظور جلوگیری از رشد جانوران. - تقویت نقش وسایل حمل و نقل عمومی در ابتدا و انتهای مسیر مادی‌ها. - حذف فعالیت‌های مزاحم (کارگاه‌های صنعتی و تعمیرگاه‌ها) و خلق فضاهای در خور حرکت پیاده. - ارائه خدمات مورد نیاز در طول مسیر - پیش‌بینی کاربری‌های خدماتی که متضمن تداوم حضور شهروند در پیاده‌رو است. - استقرار کاربری‌های اوقات فراغت.

اهداف	راهکارهای کلی	راهکارهای عملیاتی
تقویت شبکه معابر پیاده شهری با بهره‌گیری از قابلیت‌ها و توان‌های محیطی بافت قدیم اصفهان (استاد گذرها، مادپها، راسته‌های تاریخی و ...)	<ul style="list-style-type: none"> - ساماندهی مادی‌ها به عنوان معابر پیاده. - احیاء گذرهای تاریخی و راسته‌ها. - ایجاد پیوستگی بین مادی‌ها و گذرهای تاریخی. - ایمنی پیاده‌ها در مقابل سواره در تقاطع‌ها. - برقراری پیوند بین حرکت سواره و پیاده به عنوان یک پیکر زنده و فعال در ساختار کلی بافت مرکز شهر. - تنظیم نفوذپذیری مسیر پیاده با محیط پیرامونی آن. 	<ul style="list-style-type: none"> - ایجاد قابلیت دسترسی از نقاط مختلف به مسیر پیاده. - تقویت محور پیاده به عنوان اتصال نقاط کانونی پیرامون. - ایجاد قابلیت دسترسی به گره‌ها و مسیرهای اصلی پیرامون. - به حداقل رساندن تقاطع پیاده و سواره. - مناسب‌سازی تقاطع‌های سواره با محور پیاده. - تعیین سلسله مراتب دسترسی. - تقویت انشعابات و کوچه‌های متصل به مسیر مادی جهت ایجاد فضاهای زنده و پویا. - اتصال و پیوستگی مادی‌ها با گذرهای تاریخی. - جلوگیری از پارک کردن اتومبیل‌ها در حاشیه مادی‌ها و ایجاد مزاحمت برای پیاده‌ها. - تجهیز و فعال نمودن گره‌ها و تقاطع‌های مهم با عملکردهای محله ای و میان محله ای مختلط. - تبدیل مسیر مادی به قطب‌های اقتصاد محله با عملکردهای سازگار و هماهنگ با مقیاس محله. - دسترسی صحیح و قانونمند پلاک‌های بر مادی به منظور استفاده از اتومبیل‌های شخصی خود. - ایجاد تمهیداتی به منظور وارد شدن وسایل نقلیه اورژانسی (آمبولانس، آتش نشانی، شهرداری و ...) - توزیع متعادل و مطلوب فعالیت‌ها در طول ساعات شبانه روز. - تدوین طرح جامع برای محورهای با ارزش بافت به عنوان مسیرهای پیاده.
ایجاد فضاهای شهری مطلوب با کیفیت و ارزش بالا به‌واسطه حضور چنین عنصری در بافت مرکزی شهر	<ul style="list-style-type: none"> - ارتقای کیفیت حسی و زیبایی شناختی. - ایجاد تنوع در فعالیت‌ها، کالبد و کاربری‌ها. - تامین ایمنی شهروندان در فضا. 	<ul style="list-style-type: none"> - حذف الحاقات و عناصر نامناسب در نمای مجاور مسیر پیاده حریم مادی. - استفاده از عناصر نمادین تاریخی و فرهنگی و نشانه‌های بصری برای تنوع بخشیدن به مسیر حرکت. - توجه به خط آسمان به عنوان یکی از عناصر سازنده سیمای شهر. - تدوین قوانین و دستورالعمل‌های ویژه ساخت‌وساز برای ارتقاء سطح کیفی سیمای بصری پیرامون مسیر مادی‌ها. - بهبود بخشی وضعیت کالبدی در عین استفاده از الگوی معماری و ساختمانی حاکم بر بافت. - شناسایی کاربری‌های مورد نیاز. - توزیع متعادل و مطلوب فعالیت‌ها در طول ساعات شبانه روز. - حفظ و تقویت شاخص‌های کالبدی که یادآور خاطرات جمعی است، همچون بازارچه بید آباد، حمام علی قلی آقا، بازارچه رحیم خان و ... - ایجاد گشایش‌های فضایی و فضاهای مکث در فواصل مناسب. - تجهیز گشایش‌های ایجاد شده با فعالیت‌ها و خدمات متنوع و سازگار با محیط. - ایجاد قابلیت استفاده‌های متفاوت از فضا در طول شبانه‌روز. - ایجاد فضاهایی برای مکث، نشستن و تماشا. - ایجاد امکان برای فعالیت معرکه‌گیران و دست‌فروشان.

(نگارندگان)

بسیاری از پژوهش‌گران شهرسازی با بررسی محیط محله‌های شهری، تلاش کرده‌اند به گونه‌ای نسبتاً دقیق پاسخی برای این پرسش‌ها بیابند. تقریباً همگی از میزان حضور پیاده مردم در فضاهای محله‌ای و فعالیت‌هایی که در خیابان‌ها و فضاهای عمومی محله‌های شهری انجام می‌شود، به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در محیط محله‌های مسکونی شهری نام می‌برند. در این باره، چنین اعتقادی وجود دارد که استفاده وسیع از محیط خیابان‌ها و فضاهای باز عمومی از طریق حرکت‌های پیاده

یکی از مهم‌ترین پرسش‌هایی که درباره کیفیت محیط مادی‌ها در شهر اصفهان می‌توان مطرح ساخت، این است که یک مادی خوب بایستی از چه مشخصاتی برخوردار باشد. و یا اینکه عوامل و مشخصات فضایی-کالبدی چه تأثیری بر ساماندهی محیط مادی‌ها دارند. بنابر اینکه در تحقیق حاضر، بررسی مادی‌ها در قالب مقیاس محله انجام شده، می‌توان در پاسخ به پرسش‌های بالا از پژوهش‌هایی بهره‌گرفت که در قالب نظام محله‌ها صورت گرفته‌است.

تعداد بسیاری از مردم در ساعت‌های مختلف روز طی روزهای زیادی از سال، مهم‌ترین عامل کیفیت مطلوب و مثبت محیط خیابان‌های مسکونی است (Schumacher, 1978: 133).

برای ساماندهی مسیر مادی‌ها و به دنبال آن، تأثیر مادی‌ها در ایجاد همسایگی اجتماعی و میزان استفاده مردم از محیط‌ها و فضاهای محله‌ای، پاسخ‌گفتن به پرسش‌های زیر قابل توجه است:

- چگونه احیا و ساماندهی شبکه مادی‌ها می‌تواند در وضعیت محله‌هایی که مادی‌ها از آنها می‌گذرند، تأثیرگذار باشد.

با نگاهی کلی بر نقشه شهر اصفهان، به خوبی نقش مادی‌ها در ساختار کالبدی و سازمان فضایی شهر از طریق تفاوت‌ها و تمایزات روشنی که به لحاظ توزیع فضایی، تعداد و اندازه عناصر و عملکردهای مختلف شهری بین نواحی و محله‌های مختلف شهر به‌ویژه محله‌های قدیمی که مادی‌ها در آنها جریان دارند و سایر محله‌ها خصوصاً محله‌های جدیدی که مادی‌ها در شکل‌دهی آنها نقش و تأثیر چندانی ندارند، مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد در نواحی و محله‌هایی که مادی‌ها در آنها جریان دارند، نه تنها مادی‌ها و شبکه وابسته به آنها توانسته‌اند با ایجاد یک ساختار و استخوان‌بندی مطلوب، ارتباط و پیوندی اصولی و نظام‌مند را بین عناصر داخلی محله به‌وجود آورند بلکه، پیوند مناسبی نیز با ساختار و استخوان‌بندی اصلی شهر برقرار کنند. در مقابل، سایر محله‌هایی که مادی‌ها در آنها جریان ندارند، نواحی و محله‌هایی تک‌افتاده هستند که نه تنها در ایجاد ارتباط و پیوند اصولی و نظام‌مند بین عناصر داخلی خود ناتوان‌اند بلکه، از ایجاد بنا براین، بهبود یا از بین رفتن مادی‌ها در ساختار محله‌هایی که مادی‌ها از آنها گذرنده‌اند، مؤثر است.

یکی از خصوصیات و ویژگی‌های منحصر به فرد مادی‌ها که آنها را از سایر عناصر ساخت فضایی شهر متمایز و جدایی‌ناپذیر، جایگاه و نقش مادی‌ها در ساختار شهر اصفهان هم به عنوان مکان و هم به عنوان عامل ارتباطی، قابل تبیین و بحث است. بررسی‌هایی که تاکنون صورت گرفته، بیشتر نقش و جایگاه مادی‌ها را در ساختار فضایی شهر به عنوان یک مکان و محل مورد توجه و بحث قرار می‌دادند. در حالی که، نقش هر مادی به مثابه یکی از حلقه‌های زنجیره ارتباطی شهر نه تنها با عوامل و مشخصات فضایی-کالبدی خود مادی تعیین می‌شود بلکه، موقعیت و محل قرارگیری آنها نسبت به سایر مادی‌ها نیز مهم است. روابط انسان‌ها در قالب چرخه ارتباطی، بر مبنای اهدافی صورت می‌گیرد و بر اساس بعد اجتماعی است که مکان مبداء و مقصد، مسیر، زمان، نوع و شکل ارتباطش در قالب بعد فضایی شکل می‌یابد. در انواع حالات ارتباطی، مادی‌ها به عنوان مسیرهای ارتباطی از نقش و جایگاه ویژه‌ای برخوردارند

که با در نظر گرفتن ملاحظات در قالب الگوهای ساختاری و کالبدی، می‌توانند نقش خود را تقویت کنند. به گونه‌ای که، ارتباط بین مبداء و مقصدهای حرکت‌ها حتی الامکان به صورت پیاده انجام گیرد. این امر افزون بر افزایش زمینه‌های حضور و سرزندگی مردم، موجبات انسجام و پیوستگی بین محله‌هایی را هم که مادی‌ها از آنها می‌گذرند، فراهم می‌کند.

- چگونه خدمات و کاربری‌های مستقر در مسیر مادی‌ها، می‌توانند نقش مؤثر و مطلوبی را در احیا و سرزندگی این محورها و محله‌ها داشته باشند.

تأمین خدمات رفاهی، یکی از کارکردهای اصلی نظام محله است. در حقیقت، از نیازهای اساسی انسانی که محله می‌باید آن را تأمین کند، دسترسی به خدمات رفاهی عمومی است. وجود کاربری‌های دیگر، بجز کاربری مسکونی در نواحی پیرامون مسیر مادی‌ها، شرط اولیه و ضروری برای شکل‌گیری حرکت‌های پیاده در بافت‌هایی است که مادی‌ها در آنها جریان دارند. حال آنکه، مادی‌ها در بافت‌های مسکونی شهر اصفهان قرار گرفته‌اند و فعالیت‌های خدماتی و تجاری نیز، به ایجاد و گسترش حرکت‌های پیاده در مسیر مادی‌ها کمک می‌کنند. اعمال ضوابط منطقه‌بندی و جلوگیری از شکل‌گیری فعالیت‌های تجاری و خدماتی در بافت‌های مسکونی، ارتباطات و کنش‌های اجتماعی را در عرصه‌های عمومی محیط‌های مسکونی که مادی‌ها در آنها حرکت می‌کنند، کاهش می‌دهد. در بسیاری مواقع، برطرف کردن نیازهای اولیه و قرارگیری فعالیت‌های معطوف به هدف (مدرسه، محل خرید و تفریح) در محیط مادی‌ها، پیوستگی و پیوند بین عرصه‌های خصوصی و عمومی را ایجاد می‌کند. در نتیجه، فضای مادی‌ها بدون استفاده و فقط برای گذر اتومبیل‌ها به صورت حرکت‌های عبوری باقی نمی‌ماند. درباره نوع خدمات و کاربری فضایی محور مادی‌ها، فعالیت‌های تجاری، خدماتی، مذهبی، عبور و مرور سواره در نقاط حساس و تقاطع محور مادی با خیابان‌ها و گذرهای اصلی محله‌ها و فعالیت‌های تفریحی، فضای سبز، فعالیت‌های فرهنگی همچون سالن‌های نمایش محلی، فعالیت‌های آموزشی، کودکان‌ها و مهدکودک‌ها، مدارس ابتدایی و راهنمایی، فعالیت‌های ورزشی محله‌ها و مانند آنها، می‌توانند روی محور مادی‌ها طراحی و ساماندهی شوند. عکس‌های هوایی قدیمی و نقشه‌های تاریخی، نشانگر آن است که بیشتر باغ‌هایی که در مسیر مادی‌ها بوده، در شهر مستقر بوده‌اند. از سوی دیگر، سنت تفریح مردم این بوم نیز، رفتن به همین باغ‌ها و بیشه‌های اطراف زاینده‌رود بوده‌است. برای تداوم همین سنت دیرینه می‌توان محورهای جدید تفریحی و فرهنگی را در سطح شهر و دل محله‌ها مطرح ساخت.

نتیجه‌گیری

هم‌چنان‌که پیش‌تر گفته‌شد، مادی‌ها و شبکه جوی‌های مرتبط به آنها یکی از مهم‌ترین مشخصه‌ها و ویژگی‌های شهر اصفهان به‌شمار می‌روند که از نخستین روزهای شکل‌گیری این شهر تا زمان معاصر حیات داشته‌اند. نقش مادی‌ها در گذشته‌ای نه‌چندان دور، در امور کشاورزی، جمع‌آوری آب‌های سطحی و آبادانی این شهر از اهمیت خاصی برخوردار بوده‌است. در گذشته، ساخت کالبدی و سازمان فضایی شهر اصفهان تحت تأثیر شرایط و خصوصیات اقتصادی، اجتماعی و محیطی حاکم بر آن، مادی‌ها را به‌عنوان محورهای ارتباطی پیوستگی و انسجام فضایی، کالبدی و اجتماعی زندگی شهری به‌گونه یک کلیت یکپارچه حفظ می‌کرده و پاسخ‌گوی نیازهای مردم و ساکنان آنها در ابعاد مختلف انسانی، اجتماعی و عملکردی بوده‌است. لیکن در حال حاضر، به دلایل متعدد نقش‌ها و کارکردهای مادی‌ها در ابعاد مختلف تضعیف‌گشته و به چالش کشیده‌شده‌است. از همه مهم‌تر، با ورود اتومبیل و رواج الگوهای جدید و تأثیرپذیری شهرسازی امروز از نمونه‌های غربی، بافت قدیمی نه‌تنها با آن سازگار و موافق نشد بلکه، این موضوع سبب خدشه‌دار شدن نظام ساختاری-کالبدی بافت قدیم و پیرو آن متزلزل شدن نظام و ساختار فرهنگی و اجتماعی بافت کهن شد. به‌دنبال چنین اقداماتی، شبکه مادی‌ها با گذشت زمان دست‌خوش تحولات فراوانی به‌لحاظ کالبدی و معنایی شدند که گسستگی کالبدی-فضایی مادی‌ها و تجاوز به حریم آنها نتیجه چنین تحولاتی است. سیمای امروزی مادی‌ها در شهر اصفهان با چهره‌ای که در گذشته داشته، بسیار متفاوت است. به‌گونه‌ای‌که، این شبکه طبیعی-تاریخی به‌هم‌پیوسته همراه زاینده‌رود که در گذشته اطراف شهر بوده، در چند دهه اخیر در مرکز شهر قرار گرفته‌اند. بنا براین، هم‌اکنون باید چهره‌ای مطابق با زندگی امروزی و نیازها و تمایلات امروز مردم شهر داشته‌باشد.

با تمام این اوصاف، بنابر بررسی‌های انجام شده چنین به دست آمد که مادی‌ها به‌عنوان بخشی از هویت شهر اصفهان، هنوز از لحاظ کالبدی و عملکردی قابل توجه و اهمیت هستند. بنابراین، باید تلاش کرد تا باتوجه‌به تغییرات ایجادشده، به‌دنبال حفظ و ساماندهی شبکه مادی‌ها، در جستجوی راهکاری مناسب برای حفظ و تداوم آنها بود. شبکه مادی‌ها، دارای اصول و ارزش‌هایی است که با به‌کارگیری و توجه به آنها، می‌توان به راه‌حل‌ها و ایده‌هایی برگرفته از ارزش‌های کهن دست‌یافت. شبکه مادی‌ها و نه‌رهای بافت قدیم، به‌عنوان محورهای پیاده طبیعی و فضاهای سبز خطی ناحیه‌ای و محله‌ای با عملکرد غالب پیاده در ترکیب با سایر محورها، می‌توانند موجبات تکمیل سلسله مراتب راه‌های مرکزی شهر، انسجام فضایی-کالبدی محلات قدیم و ایجاد فضاهای شهری غنی را فراهم‌سازند.

پی‌نوشت

۱- واژه مادی در اصفهان، اصطلاحی محلی است و به‌معنی نهر آب است.

- 2- Swot
- 3- Automobile Oriented
- 4- Pedestrian Oriented
- 5- Free Zone Auto- Restricted Zone Car – Free Zone Traffic
- 6- Objects
- 7- Functions
- 8- Activities
- 9- Goals
- 10- Chiera
- 11- Colin Buchanan
- 12- Donald Appleyard
- 13- Christopher Alexaner
- 14- Tomas Schumacher
- 15- Jan Gehl



منابع

- الکساندر، کریستوفر (۱۳۹۰). شهر درخت نیست، ترجمه فرناز فرشاد و شمین گلرخ. تهران: آرمانشهر.
- اهری، زهرا (۱۳۸۰). مکتب اصفهان در شهرسازی، تهران: دانشگاه هنر.
- جعفری، نسیم (۱۳۷۲). ارتقاء نقش یک عنصر شهری گذر مادی به عنوان محور پیاده شهری (مادی فدن اصفهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشگاه تهران.
- حبیبی، سیدمحسن و مسائلی، صدیقه (۱۳۷۸). سرانه کاربری های شهری، تهران: سازمان ملی زمین و مسکن.
- خسروی، دانش (۱۳۷۸). مادی های اصفهان به مثابه مسیرها و فضاهای باز شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد واحد خوراسگان اصفهان.
- شفق، سیروس (۱۳۸۱). جغرافیای اصفهان، اصفهان: دانشگاه اصفهان.
- عزیزی، محمدمهدی (۱۳۸۲). تراکم در شهرسازی: اصول و معیارهای تعیین تراکم شهری، تهران: دانشگاه تهران.
- عمرانی، مرتضی (۱۳۸۴). در جستجوی هویت شهر اصفهان، تهران: وزارت مسکن و شهرسازی.
- قره چاهی، سعید (۱۳۸۳). ساماندهی مادی نایج و طراحی مراکز خدمات ناحیه ای به عنوان حلقه اتصال مابین تخت فولاد و محوطه های مسکونی بلافصل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه هنر اصفهان.
- قنواتی، امین (۱۳۷۶). مادی های اصفهان، طرح پژوهشی به راهنمایی حسین پورنادری، دانشگاه هنر اصفهان.
- کاتانایز (۱۳۸۷). مبانی برنامه ریزی فضایی-کالبدی، ترجمه علی ناجی.
- کلانتری، صدیقه (۱۳۸۷). برنامه ریزی فضایی-کالبدی مادی های بافت قدیم اصفهان به عنوان شبکه معابر پیاده شهری (نمونه موردی: منطقه یک شهرداری اصفهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
- کنف لآخر، هرمان (۱۳۸۱). اصول برنامه ریزی (طراحی) تردد پیاده و دوچرخه، ترجمه: فریدون قریب، تهران: دانشگاه تهران.
- معینی، محمدمهدی (۱۳۸۵). افزایش قابلیت پیادهمداری گامی به سوی شهر انسانی تر، هنرهای زیبا (۲۷).
- مهندسان مشاور ارگانیک (۱۳۵۴). طرح تفصیلی و طرح جامع اصفهان (فضاهای شهری در اصفهان)، جلد ۲، وزارت مسکن و شهرسازی.
- هایدگر، مارتین (۱۳۸۴). پایان فلسفه و وظیفه تفکر، ترجمه محمدرضا اسدی، تهران: اندیشه امروز.
- Appelyard, D. (1989). **Livable Streets**, Berkeley: University of California Press.
- Barmbilla, R. (1977). **For Pedestrian Only**, New York: Whifny Library of Design.
- Buchanan, C. (1963). **Traffic in Towns**, Great Britain: Ministry of Transport.
- Chiera. (1969). **Urban Design and Planning**.
- Gehl, J. (1987). **Life between Buildings: Using Public Space**, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Demerath, L. & Levinger, D. (2007). **The Social Qualities of Being on Foot: A Theoretical Analysis of Pedestrian Activity, Community and Culture**, City & Community, Washington: American Sociological Association.
- Moughtin, C. (2004). **Urban Design: street and square**, Oxford: Architectural press (Elsevier).
- Schumacher, T. (1978). **Building and Street: Note on Configuration and Use, on Street**, Ed Stanford and Anderson: MIT Prees.

بازنگری در مفهوم کاربردی

بر مبنای هندسه نظری، عملی و نقش ساختمانی*

مهدی رئیسی** محمدرضا بمانیان*** فرهاد تهرانی****

چکیده

به نظر می‌رسد یافته‌های فعلی درباره آنچه در معماری سنتی ایران کاربردی نامیده می‌شود، انسجام کافی ندارد. دیدگاه‌های موجود هم، دو موضع سرحدی دارند؛ گاه آن را سازه‌ای برابر دانسته و گاه کاری صرفاً تزئینی. از سوی دیگر، جداساختن نمونه‌های گوناگون مشابه، با تکیه بر دیدگاه‌های موجود، امکان‌پذیر نیست. بنابر آنچه بیان شد، پرسش‌هایی از این دست قابل طرح است که در زمینه معماری سنتی ایران چه کمبودهایی در خصوص دیدگاه‌ها و تعاریف فعلی وجود دارد، چگونه می‌توان معیارهایی کارآمد، در مفهوم کاربردی ارائه داد و نهایت این که کلید تشخیص این نمونه‌ها از یکدیگر چیست. در پژوهش حاضر تلاش شده تا سه ابهام در نام‌گذاری، تشخیص هندسه و تشخیص نقش ساختمانی در یافته‌های فعلی شناسایی و تحلیل شوند. سپس، در هر بخش با تکیه بر نگرش درون فرهنگی، راه‌حلی برای زدودن این ابهام‌ها ارائه شود. بر این اساس، سه معیار در هندسه نظری، هندسه عملی و نقش ساختمانی برای تشخیص نمونه‌ها تبیین می‌گردد. از این‌رو هدف مقاله پیش‌رو، دستیابی به شناختی صحیح از ظاهر کاربردی است. روش به کاررفته توصیفی-تحلیلی با تکیه بر اطلاعات میدانی، کتابخانه‌ای و آتلیه‌ای است. نتیجه بررسی نمونه‌های مختلف بر مبنای سه معیار یادشده، تمییز هشت گونه کار(اعم از آمود و غیرآمود) است. از میان آنها دو گونه، دربردارنده کامل‌ترین نمونه‌ها به لحاظ هندسه نظری و عملی هستند که می‌توانند الگوی ارزیابی گونه‌های دیگر نیز قرارگیرند. بدین جهت لازم است در بررسی‌های آتی به تمایز این گونه‌ها توجه ویژه‌ای مبذول گردد.

کلیدواژگان: معماری اسلامی، معماری سنتی، کاربردی، رسمی‌بندی، باریکه‌تاق متقاطع.

* این مقاله، برگرفته از رساله دوره دکتری مهدی رئیسی با عنوان "مشق ساخت و ساز - مدخلی بر بازشناسی ارزش‌های پایدار نظام ساخت و ساز سنتی" است.

** دانشجوی دوره دکتری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

*** دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (نویسنده مسئول).

**** دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۱. مقدمه

کاربندی، نظام ساختمانی دارای باریک‌های متقاطع با هندسه ستاره‌وار است که الگویی شاخص در سقف‌های معماری سنتی به‌شمار می‌رود. نمونه‌های کمال‌یافته آن در گستره ایران قدیم پراکنده‌اند لیکن گویا در ایران، کارهای کوه‌پیکر تیمچه‌ها و چارسوق‌ها، هم‌چنان ناشناس مانده و در خارج کشور، این دست‌آورد سترگ را جز معدودی پژوهشگر پرتلاش، به‌کلی ندیده و نشناخته‌اند. این موضوع، از دو جنبه بیرونی و درونی اهمیت دارد؛ از یک‌سو کاربردی از فنون برجسته‌ای است که پس از اسلام بالیده است.^۱ از دیگر سو، واجد منظومه‌ای از ارزش‌های پایدار درونی^۲ است که سبب شده‌است در آثار معاصر نیز الگوپردازی‌های متعدد^۳ از آن انجام شود.

آیا تنوع و هم‌زمان، شباهت شکلی و ساختمانی‌ای که در کارهای کانون‌های منطقه‌ای (مانند آذربایجان، ایران مرکزی، خراسان بزرگ، فلات دکن هند، اندلس و شمال آفریقا) دیده می‌شود، بر پایه ذهنیتی دقیق و روشن بنانده‌است. هدف پژوهش حاضر، به‌دست آوردن شناختی روشن از ظاهر کاربردی برای پاسخ به پرسش‌های زیر است:

- آرا و دیدگاه‌های موجود درباره کاربردی، چه کمبودهایی دارند.
- چگونه می‌توان مفهومی کارآمد از کاربردی را ارائه نمود که برای نمونه‌های متنوع جغرافیایی و تاریخی صادق باشد.
- برای تشخیص این نمونه‌های متنوع از یکدیگر چه معیار و کلیدی وجود دارد.

به نظر می‌رسد با تکیه بر نگرش‌های درون فرهنگی بتوان پاسخی درخور برای این پرسش‌ها یافت. در این مقاله، تلاش بر آن بوده تا با شناسایی سه ابهام در تشخیص کاربردی، مفهوم آن بازنگری شود و براساس سه معیار هندسه نظری، هندسه عملی و نقش ساختمانی، روشی برای تشخیص گونه‌های آن ارائه گردد. پیش‌نیاز فهم موضوع مقاله، آشنایی با دانش هندسه و برخی مفاهیم پایه در معماری سنتی است.^۴

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی و شیوه گردآوری اطلاعات از گونه میدانی، کتابخانه‌ای و آتلیه‌ای است. اطلاعات میدانی^۵ هم در دهه اخیر گردآمده که گزیده آنها در نگارش و رسم‌ها به‌کاررفته‌است.

۲. بررسی دیدگاه‌ها و تعریف‌های موجود

بررسی منابع، برای مرور پیشینه پژوهش و استخراج دیدگاه‌های موجود است. منابع خارجی، داخلی و دست‌آورد‌های

کارگاهی نیز به‌سبب رویکردهای متفاوت آنها، جداگانه بررسی شده‌اند.

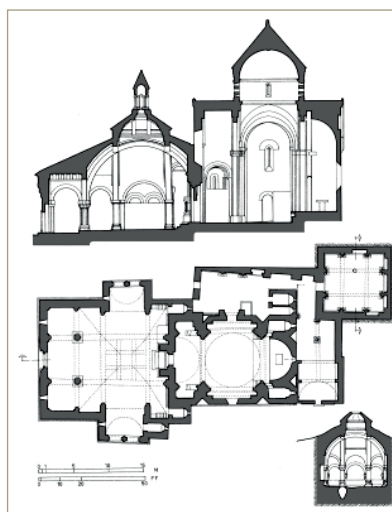
۱-۲. دیدگاه‌های پژوهش‌گران خارجی

منابع خارجی درباره این موضوع کم است به‌گونه‌ای که کتاب‌های شاخص تاریخ معماری، گاه به کاربردی اشاره‌های بسیارکلی دارند.^۶ حتی پژوهشگران خارجی آگاه از آثار و بناهای ایران نیز، کمتر به این موضوع پرداخته‌اند.^۷ ابهام و گونه‌گونی نام‌های نهاده‌شده بر کاربردی، گواهی بر این کم‌آشنایی است.^۸

۱-۱-۲. مجادله و پی‌جویی درباره خاستگاه کاربردی

اینک، مجادله‌های پژوهشگران خارجی خود منبعی از آرای گوناگون است. «از ۱۸۸۴ [۱۳۰۱ق]، یعنی وقتی که دیولافوا اظهارداشت که مبدأ معماری گوتیک را باید در ایران یافت، این پشته‌ها یا رگه‌های درهم‌نفوذکننده، موضوع بحث جدی واقع گردیده است. یک گروه^۹ که بین سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۵ [۱۳۴۸-۱۳۶۴ق] فعالیت زیادی داشتند، معتقدبودند که نمونه تاق [با چیدمان] رومی دارای رگه گوتیک در ایران آغاز شده^{۱۰} و رگه‌های تاق‌های اولیه ایران دارای وظایف ساختمانی است» (ویلبر، ۱۳۶۵: ۶۷-۶۶). گذار، در واکنش به دیولافوا نوشت: «هدف غائی معماری ایران ساختن تاق بدون قالب و از آن معماری فرانسه به وجود آوردن نورگیر بوده است ... چگونه سازندگان فرانسوی می‌توانستند از ایران تکنیکی را به‌عاریت گیرند که خود آن را نداشته‌است» (گذار، ۱۳۶۹: ۶۲).

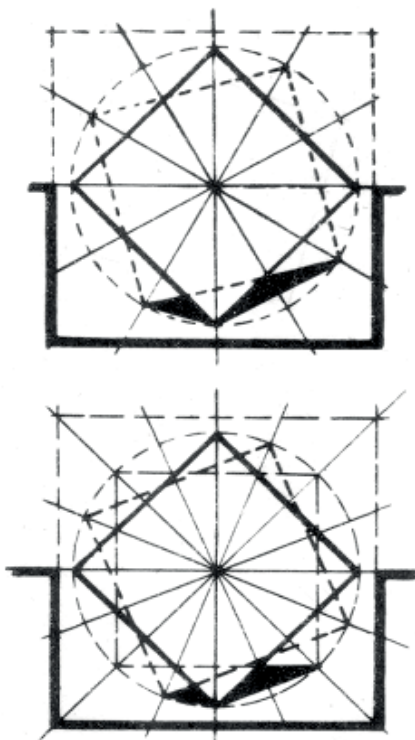
فرض «شکل‌گیری باریک‌ه‌تاق متقاطع در ارمنستان» به‌ویژه به استناد دیر هاخپات بیشتر به‌طور ضمنی القا شده‌است (تصویر ۱)، (ویلبر، ۱۳۶۵: ۶۷؛ گرابار، ۱۳۷۹: ۱۴۳)^{۱۱}



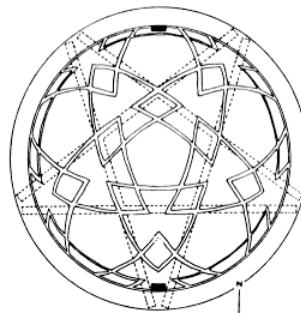
تصویر ۱. ارمنستان، دیر هاخپات (استیرلن، ۱۳۸۱: ۹۸).

نگرشی فنی به این موضوع دارد و کارهای مسجد جامع اصفهان و افوشته نطنز را مرمت کرده‌است، می‌نویسد: «از قرن دهم میلادی به بعد [با] سازه‌های گنبدی که سیستم باربری آن با کاربندی آجری با ملات گچ است آشنایی شویم. این کاربندی‌ها معمولاً در مرکز متقاطع هستند اما در بعضی از گونه‌ها، اجرا به نحوی است که وسط آنها آزاد است. هم‌زمان با به کارگیری این شیوه کاربندی در ایران، در ارمنستان و اسپانیا نیز این نوع سازه با مصالح متفاوت به کار گرفته می‌شود» (گالدیری، ۱۳۷۸: ۷۵). واقعه مهم زمان او، کشف باریکه‌تاق‌های پنهان گنبد تاج‌الملک (۴۸۰ ق) به وسیله فتوگرامتری است (تصویر ۴).

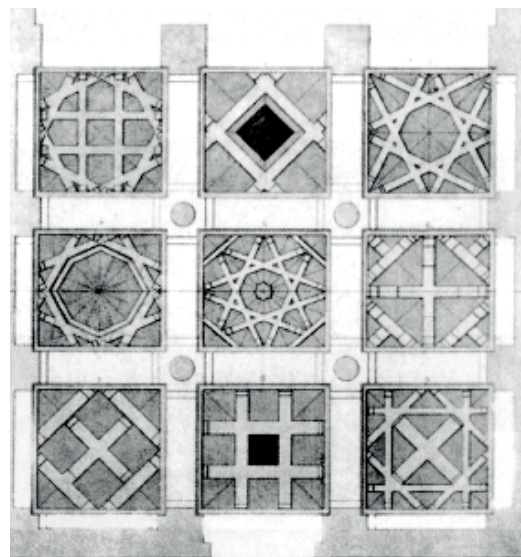
پاپادوپولو فرانسوی هم به گنبد‌های رگه‌دار مکرر اشاره دارد. وی، براین باور است که «شیوه‌های هندسی مربع‌های گردان (تصویر ۵) در یک دایره، نه تنها در کل یک بنا، که در سازمان عناصر معمارانه مهم [به‌ویژه «رگه‌ها»] به کار رفته‌است» (پاپادوپولو، ۱۳۶۸: ۴۵-۴۴). ویلبر امریکایی شاید بیش از هر کس، در تبیین هم‌زمان هندسه و فن کاربندی، کوشید. او درباره دسته‌بندی دستگاه‌های باربری انتقالی عامل، انتقالی بی‌عملکرد و پوشش‌ها در دوره تیموری به ترتیب چهار گونه از کارهای شبیه کاربندی را شناسایی کرد: قوس‌های متقاطع، قوس‌های متکی، رسمی‌سازی و تاق متقاطع کوکبی (همان: ۱۶۰-۱۵۱).



تصویر ۵. شیوه مربع‌های گردان (پاپادوپولو، ۱۳۶۸: ۳۱۹).



تصویر ۴. عناصر پنهان در گنبد تاج‌الملک (گالدیری، ۱۳۷۸: ۷۵).



تصویر ۲. اسپانیا، طلیطله، مسجد باب‌مردم (باروکاند و بدنورتس، ۱۳۸۶: ۱۰۷).

در حالی که، مسجد باب‌مردم (۳۴۹ ق) دو قرن پیش از توزیه‌های متقاطع هاخپات (۵۹۷ ق)، وجود داشته‌است. معمار نازک‌پسند این مسجد، با ۹ کار متفاوت در سقف این مسجد نه‌چشمه که هندسه کاربندی تنها در چشمه میانی‌اش به کار رفته (تصویر ۲)، گویا به عمد سیر دگرگونی هندسه کاربندی را برای آیندگان ثبت کرده‌است. فن و هندسه کاربندی و کارهای مشابه آن، سال‌ها پس از رواج در ممالک اسلامی، در آثار گوتیک و باروک در اروپا آشکار می‌شود. نمونه برجسته، کلیسای سن‌لورنزو^{۱۳} (۱۰۹۰-۱۰۷۸ ق) اثر گوئارینی^{۱۴} (۱۰۹۴-۱۰۳۳ ق) است (تصویر ۳).

۲-۱-۲. تلاش برای شناخت کاربندی

برخی خاورشناسان کاربندی را چونان موضوعی متمایز، ارزشمند و قابل شناخت پذیرفته‌اند. گالدیری (ایتالیایی) که



تصویر ۳. ایتالیا، تورین. دو کاربندی کلیسای سن‌لورنزو (www.pedagogies.net, 2011: V2coupoles)

۳-۱-۲. کاربندی: سازه یا تزئین؟

بنابر دیدگاه پایادوپولو «تبدیل عناصر ساختی به زینت یک قاعده کلی معماری اسلامی است که در همه جا [از جمله باریکه‌تاق‌ها] تحقق یافته است» (همان: ۸۷). از دیگر سو هیلن‌برند، با یادآوری محراب جامع قرطبه، «ابهام و ابهام میان سازه و تزئین» را از ویژگی‌های معماری اسلامی می‌شمرد (هیلن‌برند، ۱۳۸۷: ۲۶-۲۵)^{۱۵}. بورکهارت، نقش شکل کامل در تاق‌های باریکه‌دار را مهم‌تر از باربری می‌داند و می‌گوید: [بر خلاف تاق گوتیک،] نوع ایرانی‌یا به بیان عام‌تر- تاق اسلامی، از بالا به پایین گسترده می‌شود تا ... به تدریج با سطوح دائماً مرتبط، به «شکل چندضلعی‌وار پاکار» برسد. ... در هنر مسلمانان، وحدت هرگز برآمده از تلفیق اجزای تشکیل‌دهنده نیست بلکه، از آغاز هست و اشکال منفرد از آن حاصل شده‌اند. شکل کامل بنا یا فضای داخلی خواه اجزا نقش باربری داشته باشند، یا نه- پیش از اجزای آن وجود دارد^{۱۶}.

۲-۲. بررسی اسناد و متون داخلی

تاریخچه‌ای هرچند کوتاه از دیدگاه پژوهشگران داخلی، دست کم زوایایی درون‌فرهنگی را روشن می‌کند که به‌قرار زیر است.

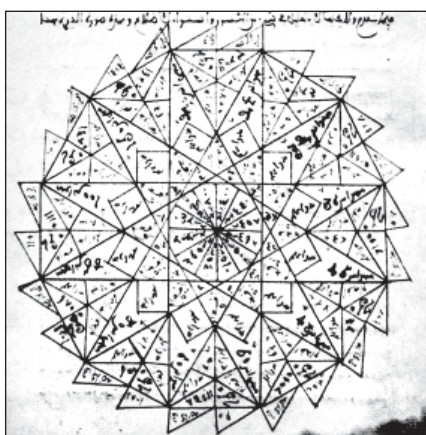
۲-۲-۱. درباره نمونه‌های اولیه

پیرنیا، کاربندی را ناشی از بینش ایرانی می‌شمرد (پیرنیا به نقل از: بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱) و مقدمه ظهور آن را در گوشه‌سازی گنبد‌های ساسانی که تلاش معمار برای انتقال مربع زمینه به پاکار هشت‌ضلعی و دایره‌شکل است، می‌داند^{۱۷}. آغازش را در تاقی از قرن سوم هجری (تصویر ۱۹) و «نمونه کامل کاربندی را در قرن چهارم در گنبد مقصوره مسجد جامع نائین» (همان: ۵-۲) قلمداد می‌کند^{۱۸} و محدوده زمانی شیوه رازی را دوره پیشرفت تاق‌های ایرانی از جمله کاربندی (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۱۶۳) و دوره‌های پس از آن را دوره انضباط یافتن آن به‌شمار می‌آورد (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۷-۶).

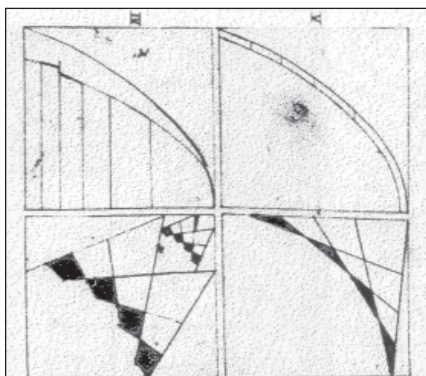
۲-۲-۲. از اسناد قدیم تا طومار میرزا اکبر

در دو رساله بوزجانی (۳۲۸-۳۸۸ ه.ق) و کاشانی (ف ۸۳۲ ق) کاربندی بررسی نشده‌است لیکن به برخی مسایل هندسی پایه مانند رسم دایره در اشکال و بر اشکال (ابوالوفای بوزجانی، ۱۳۸۴: ۴۳-۱۷) و رسم قوس تاق (کاشانی، ۱۳۶۶: ۲۳) اشاره شده‌است. برخی اسناد علوم قدیم این گمان را که معماران، این هندسه را از حوزه‌های دیگر به‌وام گرفته‌اند، تقویت می‌کند (تصویر ۶). سند تاریخی مستقیم از کاربندی در معماری اسلامی بسیار کم‌است^{۱۹}. سند کم‌نظیر موجود،

طومار میرزا اکبر (معمار دربار قاجار) است که در آن رسم هندسه و انتقال خطوط به قوس مبنا آشکاراست (تصویر ۷).



تصویر ۶. سندی از حوزه کیهان‌شناسی ریاضی، متعلق به کتابخانه توپقاپی (نصر، ۱۳۶۶: ۸۸).



تصویر ۷. طومار میرزا اکبر (نجیباوغلو، ۱۳۸۹: ۲۱).

۲-۲-۳. از رکود بنایی سنتی تا تلاش برای ثبت میراث کاربندی

کاربرد تیرآهن ساختمانی در دوره پهلوی، معاصر با گذار و پوپ، گسترش یافت. هم‌زمان، ارتباط بنایان با معماری سنتی اصیل روبه‌کاهش بود (پورنادری، ۱۳۷۹: ۳۲). برخی استادکاران همچون شعرفاف، راحتی پوشاندن سقف با آهن را آفت معماری سنتی یافتند و از کاربرد آن در بنا خودداری کردند (همان: ۲۲). در دهه ۵۰، استاد لرزاده دست به قلم برد و از رسم‌ها و دل‌نوشته‌ها دو دفتر «احیای هنرهای از یادرفته» را گردآورد. خطر محروم شدن از معماران و معماری سنتی را کسانی چون لرزاده، پیرنیا، شیرازی و دیگران دریافتند و در عرصه‌های گوناگون (از جمله فردی، سازمان میراث فرهنگی و دانشگاه) تلاش برای حفظ یا دست کم ثبت میراث آن را آغاز کردند. در این دوره، پیرنیا با تقریر ویژه‌نامه‌های «اثر» شماره‌های (۲۰، ۲۶ و ۲۷) منشأ اثر شد. استاد شعرفاف دو مجلد از «گره و کاربندی» را منتشر کرد. وقتی کارهای زیر پس تاق^{۲۰} با نام «اصول اربعه»^{۲۱}

فضایی مقرنس، رسمی‌بندی، یزدی‌بندی و کاسه‌سازی می‌گویند» (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۱). وی رسمی را نیز دارای قابلیت باربری می‌داند (همان: ۱۲) که قابلیتی مختص رسمی قالب‌شاقولی^{۲۲} است اما، نوع قالب‌سرسفت متکی به پس‌تاق است (همان: ۱۲ و ۹؛ شعرباف، ۱۳۸۵: ۹). رسم، ترسیم کاربندی و گره است (پورنادری، ۱۳۷۹: ۶۱).

۲-۳-۴. استادکاران معاصر اصفهان، تبریز و یزد^{۲۳}

استادکاران یزد علی‌اکبر خرمی و حسین مطلبی، کار سقف سفت‌کاری را کاربندی و کار سقف دوم (زیرین) را رسمی‌بندی می‌خوانند. در بیان ایشان، تویزه از ترک (لاغر شده تویزه) جداست. بنابر گفته استادکاران تبریز (بیوک معماران، معرفت، جلیل، سعدا... و رحیم محمدزاده)، کاربندی به کار سقف اصلی و اوری‌تاغی (تاق دزد) به باریکه‌تاق پشت بام گفته می‌شود. همچنین می‌گویند: این سقف را رسمی یا هندسی کنیم. استاد رضا معماران، کل آن را گالامه‌تاغی (تاق انبار یا پشته) می‌نامید. استادکاران اصفهان (رضایت، پاک‌نژاد و اولیکی)، کار سقف اصلی را کاربندی و کار سقف زیرین با هندسه مشابه (بیشتر تزئینی) را یزدی‌بندی خوانده‌اند.

۲-۳-۵. پژوهشگران دانشگاهی: تهرانی و اولیاء^{۲۴}

تهرانی، کاربندی را در نقش نوعی سیستم کنترل برای رسیدن به هندسه ایده‌آل، پیشگیری از اعوجاج تاق، تحلیل می‌کند. وی، برای آن نقش باربری قائل است و اوج فنی آن نمونه‌های بازار تبریز، را کاربندی ویژه می‌نامد (Tehrani, 2011). اولیاء نیز بر این باور است که کاربندی از اهمیتی بالاتر از رسمی‌بندی برخوردار است. آن‌چنان که می‌گوید: «رسمی‌بندی بدل کاربندی است. قابل مقایسه با دایه و مادر» (اولیاء، بی‌تا). باین حال، وی معتقد است که رسمی‌بندی در جای خود از نظر مدیریت نظام ساخت‌وساز، کارآمد است (همان؛ بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۰).

۲-۳-۶. واژه‌های خاص در گونه‌ها، اجرا و اجزا

نام‌های کاربندی یزدی (کاربندی گنبد)، (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۵۴ و ۵۵)، کونه‌بندی (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۲۵-۱۲۰؛ پورنادری، ۱۳۷۹: ۱۶۰) و گوشه‌بندی (لرزاده، ۱۳۵۸: ۱۰ و ۲۹) از جنبه گونه‌شناسی اهمیت دارند. تنوع مکانی هم در واژگان کارگاهی کاربندی و آلت‌های آن فراوان است^{۲۵}. اشاره‌های واژه‌نامه‌ها بیشتر بر اساس درس‌های پیرنیا شکل گرفته‌اند^{۲۶}. در این باره تنها به آوردن (تصویر ۸) اکتفا شده است.

۲-۴. جمع‌بندی آرا و دیدگاه‌های مورد بررسی

با وجود فقر نسبی منابع خارجی، برخی خاورشناسان در

شناخته‌شد، کاربندی در سقف اصلی دیگر فراگیر نبود. باین حال در شهرهای مرکزی، حیات آن بیشتر تداوم یافت چنان‌که، کارهای حسینی‌های نائین و بانک شاهی یزد از دوره پهلوی هنوز برجامانده است.

۲-۳. دست‌آوردهای کارگاهی

با وجود افول مورد اشاره، کارگاه‌های مرتبط با معماری سنتی، صاحب‌نظران و استادکارانی پرورده است. این بند، بیان جمعی از ایشان را برای استخراج مفاهیم و واژگانی به‌نسبت مشترک می‌کاود.

۲-۳-۱. بزرگمهری

در دیدگاه بزرگمهری که برگرفته از برخی دروس استاد پیرنیا است، کاربندی خود یک پوشش نیست بلکه «سازه» نوعی پوشش است. به بیان دیگر، کاربندی متشکل از لنگه تاق‌هائی با قوس معین است که تحت قواعدی هندسی هم دیگر را قطع می‌کنند و قواره اصلی پوشش را به‌وجود می‌آورند ... کاربندی متشکل از باریکه یا لنگه‌تاق‌هائی است که از تقاطع‌شان استخوان‌بندی پوشش برای سقف به‌وجود می‌آید و اکثر مواقع به‌صورت اسکلت پوشش دوم و کوتاه‌تر نسبت به سقف اصلی است و گاهی برای سقف اصلی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد» (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱). از این رو است که وی، یکی از نقش‌های مهم کاربندی را «آمود برای تاق اصلی» می‌داند و می‌نویسند «کاربندی = رسمی‌بندی» (همان: ۷ و ۱۰).

۲-۳-۲. لرزاده

لرزاده، رسم را در مفهوم ترسیم و رسمی را نوعی طرح می‌شناسد (لرزاده، ۱۳۵۸: ۸). نیم‌کار را به‌کاربرده ولی از کاربندی نام نمی‌برد. بنابر دیدگاه وی رسمی‌سازی، تکامل‌یافته گوشه‌سازی است که در آن با استفاده از قالب واحد، تاق‌هایی در فواصل چهار تاق اصلی قرار می‌دهند که در نتیجه مربع به هشت‌ضلعی تبدیل خواهد شد. ... [و] از این طریق دهانه‌های بسیار بزرگ را هم می‌توان پوشش داد» (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: ۳۳). او، آموزش ترسیم را از گوشه‌سازی زمینه مربع به زمینه مستطیل و سپس به کاری دارای ۸ پا، توسعه می‌دهد (همان: ۳۷-۳۵).

۲-۳-۳. شعرباف

شعرباف تعریفی عام، شامل تمام کارهای معمارانه، جز گره، از کاربندی ارائه می‌دهد: «کاربندی پوششی است که در زیر تاق اجرا می‌شود و از ترکیب تعدادی قوس و بعضاً ستاره به‌وجود می‌آید. به مجموعه این اشکال هندسی و

پیرنیا با ذکر نمونه‌های تاریخی، دو دوره تاریخی ابتکار و ضابطه‌مندشدن در شکل‌گیری آن را تشخیص داده‌است. در کتاب‌های لرزاده و شعرباف هم، ترسیم کارهای اصطلاحاً تزئینی، در محور توجه قرار دارد.^{۲۷}

به‌نظر می‌رسد، استادکاران اهل کشش (رسم)، اصالت را به رسمی و رسمی‌بندی و استادکاران اهل کرد (عمل)، به کار و کاربندی^{۲۸} داده‌اند. در مجموع، می‌توان گفت هر دو گروه نگرشی تجزیه‌گرایانه ندارند. به‌بیان دیگر، در پی خط‌کشی میان سازه و تزئین نیستند.

قدر مسلم این است که استادکاران و پژوهشگران دانشگاهی، هر دو، میان کارهای موجود در سقف اصلی سفت‌کاری، به‌اصطلاح سازه‌ای و سقف فرعی زیرین به‌اصطلاح تزئینی، از لحاظ مفهومی تفاوت قائل‌اند. هرچند در زبان ایشان، واژگان مختلف برای بیان آنها به کار می‌رود (جدول ۱).

۳. سه ابهام در استنباط مفهوم کاربندی

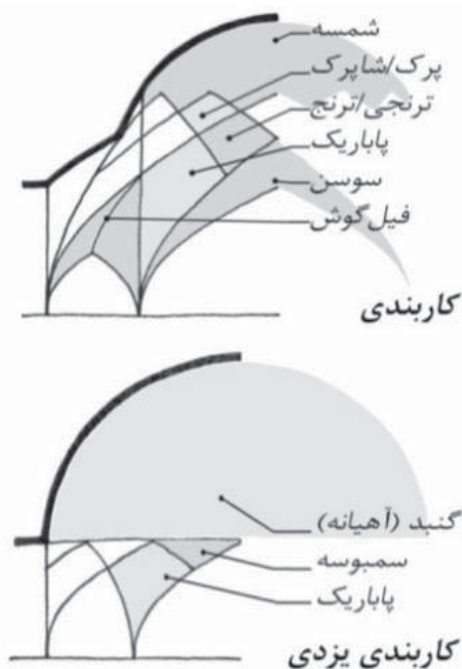
گونه‌گونی و گاه تشبث آرا درباره مفهوم کاربندی، (بند ۲) از وجود سه ابهام در درک آن نشان دارد که به‌قرار زیر است: دست‌کم بخشی از اختلاف آرا ناشی از این است که برخی کارها با تفاوت آشکار کارکردی و هندسی زیر یک نام آمده‌اند (جدول ۱) و گاه انواع مختلف تاق‌های باریکه‌دار مخلوط‌شده‌اند. همچنین تنوع نام‌ها (پی‌نوشت ۸ و جدول ۱)، همه راجع به یک‌گونه کار نیست. پس نخستین ابهام، نام‌گذاری است.

دشواری تشخیص باربری در برخی نمونه‌ها، دغدغه ویژه پژوهشگران خارجی است.^{۳۰} نمونه این دشواری، یکی آن‌جا است که کارهای سقف اصلی با پوسته اندود یا تزئین پوشانده می‌شوند. دیگر آن‌جا که کارهای آجری نمایان که

جدول ۱. بررسی تطبیقی واژگان مرسوم در زبان و بیان استادکاران و صاحب‌نظران^{۲۹}

در سقف اصلی	در سقف غیر اصلی (زیر پس تاق)	باریکه تاق
بزرگمهری	کاربندی= رسمی‌بندی	باریکه تاق، توپزه، لنگه
لرزاده (تهران)	رسمی، رسمی‌سازی	-
شعرباف (تهران)	کاربندی اعم از رسمی‌بندی و... - رسمی قالب شاقولی	شاقالب آجری، قالب دز، قالب
	-	کاربندی، قالب بارکش
استادکاران تبریز	رسمی، هندسی	اُوری تاغی (تاق دزد)، توپزه
	گالامه تاغی، کاربندی	آجری
استادکاران اصفهان	کاربندی	توپزه (تأویزه)، لنگه
استادکاران یزد	کاربندی	توپزه، ترک
تهرانی و اولیاء	کاربندی	باریکه تاق (توپزه، ترک)

(نگارندگان)



تصویر ۸. آلت‌های کاربندی و کاربندی گنبد (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۶۳-۵۰؛ لرزاده، ۱۳۵۸: ۱۲ و رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: ۳۳).

شناخت و تحلیل کاربندی کوشیده‌اند. پوپ، گذار، گالدیری و ویلبر بر موضوع باربری تأکید دارند. ویلبر، در تحلیل هندسی آن نیز کوشید و پاپادوپولو فرضیه مربع‌های گردان را طرح کرد. بورکهارت، ضمن وصف تاق‌های (دارای باریکه) گوتیک و ایرانی، به وحدت شکلی نوع ایرانی-اسلامی هم نظر دارد و آن را برتر از موضوع باربری می‌داند. افزون بر این‌ها، پوپ و گذار به شیوه اجرای ضربی، با غایت حذف قالب هم توجه داشته‌اند. اسناد قدیم، جز معدودی که روش رسم در آنها آشکار است، مستقیم به کاربندی اشاره نداشته‌اند.

سازه یا تزئین است. هم‌چنان که پیرنیا، به خط‌کشی میان تزئین و سازه قائل نیست، رمز فهم نگرش یادشده شناخت مفهوم آمود^{۳۳} است.

«آمود در معماری ایرانی ساخت و کردها و ترکیب‌بندی اجزای روکار و پوشش و آرایش است که روی سفت‌کاری بنا انجام می‌شود. ... تنها تزئین^{۳۴} صرف نیست بلکه نوعی ضرورت است که با زیبایی درهم می‌آمیزد» (پیرنیا، ۱۳۸۱: ۱۵). گونه‌گونی آمود از کاربندی و مقرنس تا انواع اندود است (همان: ۱۶۹) و اگر لایه ساختمانی جزء سفت‌کاری (غیرآمود) باشد، ماندگارتر است (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۲۱۹). در این نگرش، مهم‌تر از سازه یا تزئین بودن، نوع رابطه با سفت‌کاری ساختمان است. نسبت سفت‌کاری به آمود بنا همچون نسبت اسکلت به پوست و گوشت بدن است. بنابراین، نخست می‌توان خط‌کشی بزرگ را میان انواع کارها در این جستجوکرد که کار آمود بنا است یا در سفت‌کاری آن است.

بیشتر مواقع، تشخیص این نکته آسان است. چراکه، اگر سقفی بالای کار مورد بررسی باشد، کار زیر آن آمود است. برای نمونه نیم‌کارهای زیر تاق سفت‌کاری، چه از تاق آویز باشند و چه بر پای خود باشند، آمود هستند. اما گاهی این تشخیص دشوار است. نمونه آن کاربندی زیر گنبد و زیر سقف شیبدار است.

مورد اول کاربرد کاربندی، در پوش زیرین گنبد دوپوسته است (کاربندی به‌جای آهیانه (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۹۷)، کاربندی زیر گنبد^{۳۵}). خود گنبد دوپوسته با بیرون و آهیانه‌اش با درون بنا هم‌آهنگ است. این نوع کار، سفت‌کاری است و پوش بیرونی، به‌منزله پس‌تاق آن نیست. دو نمونه خوب در این مورد در گنبدخانه امام‌زاده حسین جویبار و مشتاقیه کرمان است که هندسه ۱۶ مشابه دارند (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۷۲).

دو نمونه بی‌نظیر دیگر در هند است. در جامع بیجاپور، بار گنبد را روی شمشه کاربندی نشانده‌اند که قابل قیاس با عشرت‌خانه سمرقند است. تویزه‌های ۱۶ متری آن سبب‌شده تا ۵ متر از عرض دهانه ۲۱ متری گنبد کاسته‌شود. در نمونه دوم، گل‌گنبد (تصویر ۹)، کاربندی، زیر گنبدی به دهانه ۳۷ متر نشسته‌است. بار، گنبد را نمی‌برد و شمشه‌اش بدون پوشش است لیکن هرگز آمود نیست بلکه خود سقفی عظیم است که سطح پوشیده زیر آلت‌های آن حدود ۷۰۰ مترمربع است. این بزرگ‌ترین کاربندی جهان است که گنبد مسجد جامع بیجاپور و کلیسای سن‌لورنزو که به‌ترتیب رتبه دوم و سوم جهانی را دارند، در شمشه آن جامی‌شوند (تصویر ۱۰). باریکه‌های حدود ۲۸ متری آن، دهانه را ۹ متر تنگ کرده و دورگردی^{۳۶} در پاکار گنبد پدید آورده‌اند.

سقف اصلی به‌نظر می‌رسند، زیر سقف دیگر برپا می‌شوند. هندسه ظاهری و حتی شیگردهای اجرایی برخی کارهای سقف اصلی و فرعی کاملاً یکسان است. اما آیا تمام آنها از منظر ساختمانی هم‌ارزش‌اند. پس ابهام دوم، سردرگمی در تشخیص نقش ساختمانی است. در برخی نظام‌های ساختمانی مانند نمونه‌های اولیه، از باریکه‌تاق‌های متقاطع استفاده می‌شود که گه‌گاه به کاربندی شباهت هندسی دارند. باید دید مرز معین هندسه کاربندی کجاست. آیا درباره گنبد‌های ترکیب و تاق‌های ضرب‌دری مشهور به چهار ترکی، هم می‌توان ذیل نام کاربندی بحث کرد. همچنین، آیا هرگونه هندسه‌ی ستاره‌وار، کاربندی است. پس ابهام سوم، تشخیص هندسه است.

۱-۳. نام‌گذاری

هرچند تکرر اسامی در زبان انگلیسی، بیانگر نوعی ناآشنایی است و تنوع اسامی هم در ایران (جدول ۱ و پی‌نوشت ۲۵)، حاکی از بومی‌بودن آن در نواحی مختلف است لیکن این تکرر و تنوع اسامی منجر به سردرگمی مخاطب عام شده‌است. آشکاراست که واژگان متأخر خاورشناسان هم معیار نیست (پی‌نوشت ۸).

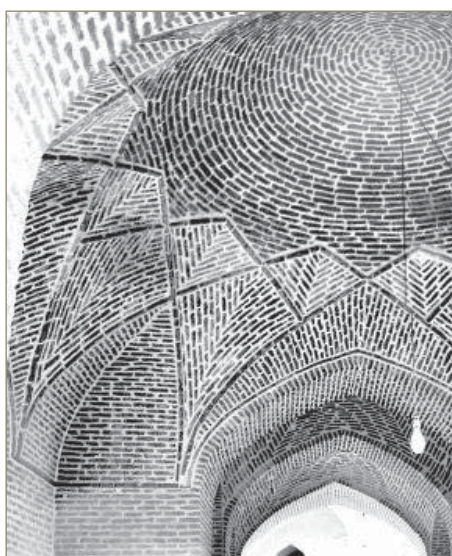
دو واژه کاربندی و رسمی‌بندی هرچند در متون قدیم فارسی یافت نمی‌شوند^{۳۷} اما، از پربسامدترین واژه‌ها در زبان و بیان استادکاران و پژوهشگران کارگاهی‌اند (جدول ۱) که بیش از هر کس با موضوع یادشده سروکار دارند. ازین‌رو، این دو واژه مبنای کار پژوهش حاضر قرار گرفت.

ازطرف دیگر، دو واژه کاربندی و رسمی‌بندی نیز در جایگاه‌های گوناگون مانند: قالب سرسفت، قالب شاقول، اختری و رسمی به‌کاررفته‌اند و روشن است که همه صاحب‌نظران ذیل این دو واژه، دقیقاً راجع به یک چیز صحبت نمی‌کنند (جدول ۱). بدین‌سبب برای پرهیز از اختلاط مفهومی، در این مقاله کاربندی به کارهای سقف اصلی و رسمی‌بندی به کارهای غیر آن اطلاق شده‌است (هم‌نظر با دو سطر آخر جدول ۱) که اطلاقی، قراردادی است^{۳۸}.

۲-۳. نقش ساختمانی

برخلاف جدل خاورشناسان، اگر سازه یا تزئین بودن موضوع اصلی باشد، در طبقه‌بندی نمونه‌های زیر سقف اصلی که بر پای خود استوارند مانند برخی نیم‌کارها، سردرگمی دوچندان می‌شود. این نمونه‌ها به پس‌تاق متکی نیستند، تزئین صرف هم نیستند لیکن عظمت کارهای سقف اصلی همچون تیمچه‌ها و چارسوق‌ها را هم ندارند.

رهایبی از سردرگمی میان سازه یا تزئینی خواندن نمونه‌ها، درگرو فهم نگرش پنهان در معماری سنتی و اصلاح پرسش



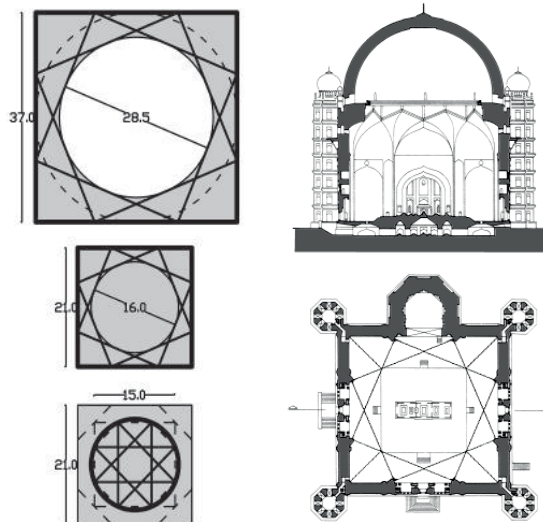
تصویر ۱۱. مازندران، هشتی جامع فرح‌آباد (نگارندگان).

۳-۳. تشخیص هندسه

در متون خارجی و داخلی از نمونه‌های اولیه با هندسه‌هایی متنوع و ابتدایی گرفته تا کارهای آمود، تمام ذیل میحث باریکه‌تاق‌ها و سقف‌های دارای هندسه ستاره‌وار آورده شده‌اند. در این بخش، این پرسش مطرح می‌شود که آیا قاعده‌ای برای هندسه کاربردی قابل ارائه است.

ابهام تشخیص هندسه را می‌توان در دو مرحله حل و فصل کرد. نخست، یافتن مرز متقن هندسی است که بتوان آن را چنان معیاری کارآمد برای تمایز گونه‌های متنوع کارها به کاربرد. این مرز، در نمونه‌های اولیه و ابتکاری غیرشفاف است.^{۳۸} لیکن هندسه کارهای دستوری با قواعد روشن هندسی به دست می‌آید و حتی نیاز به برداشت (رولوه) هم ندارد.^{۳۹} دستوری بودن مقابل دلخواه (اختیاری) بودن قرارداد. از مهم‌ترین وجوه تمایز کاربردی هندسه کاربردی در دوره کمال آن، همین نظم مستحکم (مضبوط و دستوری بودن) آن است.^{۴۰} که می‌تواند ملاکی قابل اتکا را برای گونه‌شناسی به دست دهد. کارهایی که به هر دلیل به شکل لوچ، نامنتظم و قناس درآمده‌اند مانند (تصویر ۱۲)، ملاک تعیین هندسه کاربردی و رسمی‌بندی نیست.^{۴۱}

مرحله دوم، لزوم ارائه تبیینی مشترک از روش‌های ترسیم گوناگون کارهای دستوری است. روش‌های ترسیم، هر یک در محدوده خود مفید و کارآمد است. باین حال، پرسش این بخش روش ترسیم نیست بلکه، چیستی هندسه کاربردی و رسمی‌بندی است. چراکه، هندسه مقصد تمام روش‌ها است و بیان روشن آن سبب بیرون آمدن خواننده از سردرگمی میان روش‌های ترسیم است.



تصویر ۱۰. مقایسه ابعاد در: گل‌گنبد، جامع بیجاپور، کلیسای سن لورنزو (از بالا به پایین) (نگارندگان).

تصویر ۹. هند، گل‌گنبد (استیرلن، ۱۳۸۱: ۳۴۶).

مورد دوم، این گونه است که سقفی شیب‌دار روی کار افزوده شود. همچون هشتی دو مسجد فرح‌آباد و جامع ساری، تاق‌های مسجد اکبریه لاهیجان، جامع بابل و به احتمال دو مسجد باب‌مردم و جامع قرطبه. این سقف شیب‌دار، سقف اصلی سفت‌کاری یا پس‌تاق نیست و کار زیر آن آمود نیست. سبب وجود آن، این است که در اقلیم پربارش، لایه حفاظتی سقف مهم‌تر می‌شود و خود را به صورت سقفی مستقل نمایان می‌کند (تصویر ۱۱).

پس، وجود سقفی در بالا همیشه با آمود بودن کار زیر آن برابر نیست بلکه، مهم این است که آن کار در موضع سفت‌کاری (سقف اصلی) باشد یا نه. در مقابل کارهای آمود، لزوماً زیرسقفی دیگر (اصلی، سفت‌کاری) قرار می‌گیرد چراکه، سقف سفت‌کاری یا بار آن را می‌برد و یا از آن حفاظت می‌کند. آمود پس از سفت‌کاری و گاهی هم‌زمان با آن، اجرامی شود که یک معیار تشخیص خوب است. لیکن فرایند اجرا همیشه در معرض مشاهده نیست برای همین، در تشخیص آمود از ناآمود، درک نقش لایه‌های ساختمانی ضروری است.

هر سقف اصولاً سه لایه یا پوسته دارد: داخلی، میانی و خارجی که معمولاً به ترتیب نقش زینتی، ساختمانی و حفاظتی^{۴۲} دارند. به طور معمول، لایه میانی همان لایه سفت‌کاری و لایه داخل و خارج آمود است. گاه برخی لایه‌ها جدا شده همچون سقف کاذب و چنان سقفی جداگانه رخ می‌نمایند. گاه نیز، دوتا یا هر سه یکپارچه می‌شوند مانند: تاق سنگی و بتنی. بیشتر گنبد‌های دوطبقه ایرانی برخلاف سقف‌های معمول، دو سقف سفت‌کاری دارند.

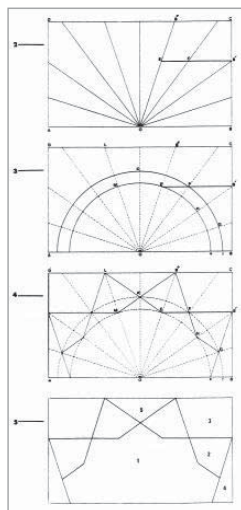


تصویر ۱۳. رابطه هندسه نظری و عملی (نگارندگان).

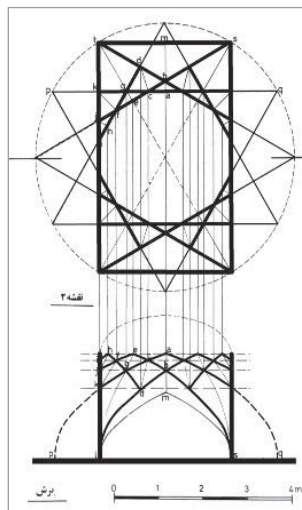
در متون فارسی نیز، درباره روش های گوناگون ترسیم سخن گفته اند. روش کار لرزاده و شعرباف با شعاع ها و فلک ها (تصویر ۱۴)، روش کار بزرگمهری و ویلبر براساس دایره محاطی مار بر رئوس زمینه (تصویر ۱۵) از این گونه موارد است. نتیجه هر دو روش، هندسه ای یکسان و دستوری است.

مربع های گردان پاپادوپولو تنها

برای کاری که عدد شمس آن ضریب (۴ و ۱۲ و ۱۶ و ...) باشد، معتبر است. باین حال باید دید برای نمونه کار ۱۰، چگونه رسم می شود. روش های دیگر در عدد کار (عدد شمس)، محدودیت ندارند. در روش ویلبر و بزرگمهری، ابتدا دایره محیط بر زمینه ترسیم می شود و سپس، محیط دایره به چند بخش مساوی تقسیم شده، شعاع ها و نهایت، وترهای یک چندضلعی کشیده می شود. در روش لرزاده و شعرباف از نقطه مرکز، شعاع هایی با زاویه هایی مساوی خارج می گردد تا نقطه های پاکار روی خط زمینه مشخص شوند. ادامه شعاع ها به رئوس همان چندضلعی می رسد و نقطه های پاکار به دست آمده هم دقیقاً روی دایره محاطی همان چندضلعی منتظم قرار می گیرند. نتیجه همه این روش ها، به دست آوردن تمام یا برخی از رئوس و وترهای چندضلعی منتظم محاط در دایره ی مار بر پاکارها است. خطوط زمینه بیشتر مواقع این هندسه را قطع می کند و بخشی منتظم از آن را باقی می گذارد. این ها، تمام، ناظر بر هندسه افقی کار است. بیان هندسه عمودی



تصویر ۱۵. روش ترسیم با اشعه (شعرباف، ۱۳۸۵: ۸۹).



تصویر ۱۴. روش ترسیم با دایره محاطی (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۲۳).



تصویر ۱۲. بم، سربینه حمام مجاور مجموعه زرتشتیان (نگارندگان).

۳-۳-۱. مبنایی برای بازنگری مفهوم هندسی کاربردی

در بیان های استادکاران و پژوهشگران از هندسه رسمی بندی و کاربردی، هندسه افقی (نقشه، رسم) اهمیتی ویژه یافته است. چنان که در بیشتر اسناد قدیم و متون جدید موجود تنها محمل ترسیم، هندسه افقی است^{۴۲}. از این رو پرسشی پیش می آید که آیا پیاده کردن این هندسه در ظاهر بنا به تنهایی کافی خواهد بود. برای نمونه اگر خطوط هندسی زیر یک تاق نقاشی شوند، آن ها را می توان کاربردی نامید و آیا تاق های دارای باریکه و فاقد آن به صرف اشتراک ظاهری هندسی، هم ارزش هستند.

هم چنان که صورت و ماده در کالبد بنا با هم عجین و متحد هستند، اتکا به مبنایی نظری نیز که این دو را هم زمان لحاظ نماید، ضروری به نظر می رسد. در کتاب احصاء العلوم / بونصر فارابی (۳۳۹-۲۶۰ ق)، با طرح دو مفهوم هندسه نظری و هندسه عملی^{۴۳}، نگرشی راه گشا برای زدودن این ابهام بیان شده است (تصویر ۱۳).

هندسه نظری از هندسه محض سخن می گوید که فارغ از ماده است و به دیگر بیان، ذهنی است اما هندسه عملی درباره اشیا صحبت می کند که بدون ماده، قابل ساخت نیستند. نحوه تحقق یافتن هندسه نظری در عمل، آن جا که معمار با انواع ابزار و شگرد می کوشد هندسه را در عالم ماده محقق سازد، موضوع دانش حیل^{۴۴} است. دو مفهوم هندسه نظری و هندسه عملی، با اینکه ارتباطی نزدیک با هم دارند، به صورت مستقل از یکدیگر هم در ذهن قابل تصورند و هم قابل بررسی عینی هستند. با جدا کردن هندسه نظری و عملی در کاربردی، می توان معیاری روشن را برای گونه شناسی یافت.

۳-۳-۲. هندسه نظری کاربردی

مربع های گردان پاپادوپولو و تحلیل های ویلبر (ویلبر، ۱۳۶۵: ۲۳۴-۲۲۹)، از معدود کوشش های نظری خاورشناسان برای بیان هندسی کاربردی و رسمی بندی است.

در بیشتر منابع در حد انتقال خطوط نقشه به قوس مبنا است.^{۴۶} در جمع‌بندی و تکمیل ذهنیت پنهان در این روش‌ها، هندسه نظری کاربردی به گونه زیر قابل تبیین است.

نتیجه قرارگرفتن قوس شاقول معین^{۴۷} بر دو سر تمام وترهای برابر چندضلعی منتظم، واقع در صفحه افق، هندسه تمام کاربردی است (تصویرهای ۱۷ و ۱۹). طراح، حسب ضرورت^{۴۸} همه یا بخشی منضبط از هندسه تمام را در زمینه به کار می‌گیرد (تصویر ۱۶). در پژوهش حاضر، این نوع از هندسه دستوری، هندسه وتری خوانده شده است.

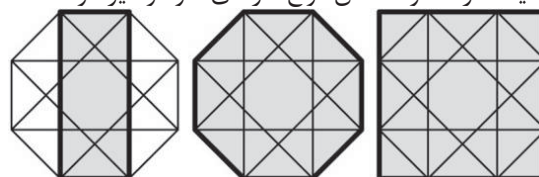
در (تصویر ۱۹) که قابل توسعه برای تمام چندضلعی‌های منتظم است؛ بالای هر ستون شمس در بزرگ‌ترین حالت قرار دارد و به سمت پائین، وترهای چندضلعی به مرکز نزدیک‌تر می‌شوند. در ردیف پائین، خطوط به مرکز وصل می‌شوند و شمس حذف می‌شود. این حالت، در هندسه تاق‌های اروپایی رایج است نه در کاربردی. بخشی از تعریف یادشده (تمام وترهای برابر چندضلعی منتظم واقع در صفحه افق) ناظر بر هندسه افقی کاربردی و بخش دیگر آن، استقرار قوس شاقول معین، متوجه هندسه عمودی آن است.

۳-۳-۳. هندسه عملی کاربردی

هندسه نظری مذکور (۳-۳-۲)، مجموعه‌ای از منحنی‌های متقاطع فضایی است لیکن باریکه‌تاق‌های کاربردی ضخامت دارند. پرسش این است که در هندسه عملی کاربردی چگونه این ضخامت پدید می‌آید. امروزه، در ترسیم سه‌بعدی کامپیوتری هم، نبود راهنمایی برای شبیه‌سازی هندسه عملی کاربردی آشکار است.

کاربندی قواره، پوشش است نه خود پوشش (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱) و برای ایستایی خود به همان باریکه‌ها وابسته است. ازین‌رو، وجود شبکه باریکه‌تاق‌های متقاطع در کاربردی ضرورت دارد.

به بیان دیگر، کارهای سفت‌کاری بدون باریکه با چنان هندسه‌ای را باید نوعی آجرچینی گل‌انداز یا پوسته‌ای منقوش نامید (همان: ۶). بیشتر منابع، تبیینی روشن از باریکه‌تاق‌های متقاطع را در کاربردی و رسمی‌بندی ارائه نداده‌اند که خود زمینه‌ساز مخلوط شدن انواع کارهای آمود و غیرآمود است.



تصویر ۱۶. رابطه هندسه تمام و زمینه (خاکستری) در سهل‌بن‌علی یزد، نمکدان هرات، تیمچه ملک تبریز (نگارندگان).

برای ایجاد هندسه عملی کاربردی، کافی است خطوط هندسه نظری آن در جهت‌های بالا و بیرون (تصویر ۱۸) به اندازه لازم حرکت کنند تا حجم توپر باریکه‌تاق‌های متقاطع آن را شکل دهند^{۴۹}. بنا براین، می‌توان هندسه عملی کاربردی را این‌گونه تبیین کرد:

هندسه عملی کاربردی، شبکه‌ای از باریکه‌تاق‌های متقاطع است که لبه درونی زیرین آنها بر قوس‌های هندسه نظری کاربردی منطبق می‌شود (تصویر ۱۷). نمونه پیچیده‌تر هندسه عملی کاربردی در بانک شاهی یزد به‌روش پرسپکتیو ارائه شده است (تصویر ۳۱).

چنان‌چه حرکت قوس مبنا به بالا و بیرون نباشد، هندسه دستوری فضایی کاربردی مختل می‌شود. برای نمونه ممکن است در پاکار آلت‌هایی غیرمعمول ایجاد شود (تصویرهای ۲۶-۲۵).

۴. بررسی نمونه‌ها با رویکرد گونه‌شناسانه

جداکردن گونه‌های متنوع کارهای آمود و غیرآمود در تاق‌های دارای باریکه و طرح هندسی ستاره‌وار (کوکبی)، بسیار کم مورد بحث و بررسی بوده است. نمونه‌های گوناگون کاربردی و رسمی‌بندی بر مبنای اصلاح نگرش در دو مفهوم ساختمانی و هندسی (۳-۳-۲ و ۳-۳-۱) و طرح سه معیار (نقش ساختمانی، هندسه نظری و هندسه عملی) قابل بررسی است که به اختصار عبارتند از^{۵۰}:

نقش ساختمانی، دو حالت دارد: آمود و سفت‌کاری (۳-۱). هندسه نظری، برخورداری از هندسه وتری است (۳-۳-۲) و هندسه عملی، دارابودن شبکه باریکه‌تاق‌های متقاطع است (۳-۳-۳).

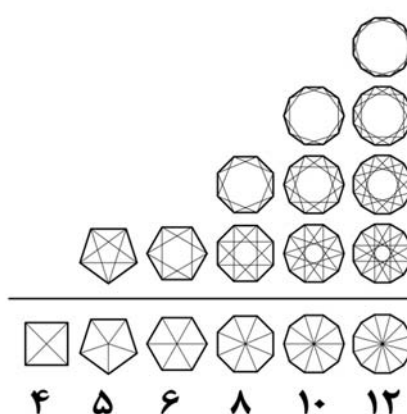
تمامی احتمال‌های منطقی براساس سه معیار یادشده را در ماتریسی با ۳ سطر و ۸ ستون می‌توان ارزیابی کرد (جدول ۲).

تفکیک هندسه نظری و عملی تنها برای شناخت آنها و اعتباری است. چراکه، آشکار است کاری که بدون هندسه نظری یادشده باشد، از هندسه عملی یادشده نیز بی‌بهره است (نه بالعکس).

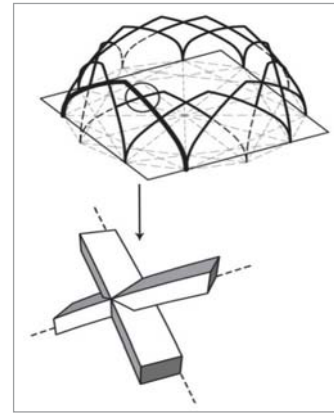
دو ستون ۸ و ۱ را به دلیل نبود هم‌زمان هندسه نظری و عملی، از بررسی می‌توان حذف کرد. زیرا در عمل شامل تمام انواع تاق‌ها و نظام‌های ساختمانی دیگر، جز کاربردی و رسمی‌بندی است. باین‌حال، در آنها نیز دایره بررسی بازگرفته شد تا بخشی از نمونه‌ها که با سیر تحول تاریخی کاربردی و رسمی‌بندی مرتبط هستند، لحاظ شوند.



تصویر ۱۹. تبریز، پل بازار. رج‌ها را به سمت بیرون و بالا می‌افزایند (تهرانی، ۱۳۸۷).



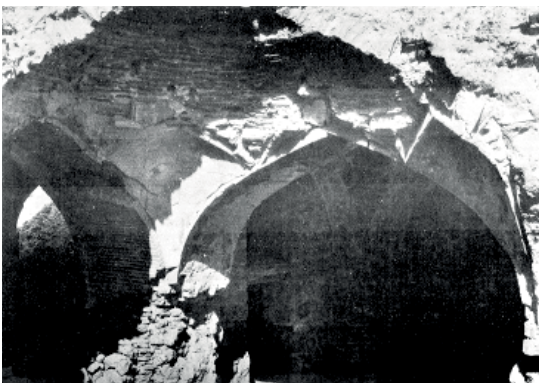
تصویر ۱۸. بالا: هندسه افقی (دید از زیر به هندسه نظری) کاربرد رسمی بندی. پایین: هندسه‌های هم‌رس در مرکز که کاربرد رسمی بندی نیستند (نگارندگان).



تصویر ۱۷. بیان تصویری شماتیک هندسه نظری و عملی کاربرد رسمی بندی (نگارندگان).

۱-۴. گونه ۱. کارهای غیرآمود غیروتری دارای شبکه باریکه تاق غیرمقاطع

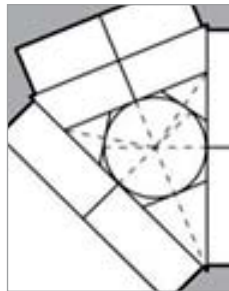
کارهای غیرآمود که تعدادی باریکه تاق غیرمقاطع دارند همچون: گنبد چهل دختران و شیخ جنید توران پشت یزد، از قدیم‌ترین نمونه‌ها هستند که آنها را کاربرد ساده نامیده‌اند (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۶). در این نمونه‌ها، تاق باریکه‌های کوچک کنارهم روی دیوار گنبد نشسته‌اند و بدون کاستن از دهانه گنبد، زمینه را به دایره نزدیک می‌کنند. فرم پتکانه بخارا، مقبره امیر اسماعیل را هم مقدمه کاربرد رسمی بندی دانسته‌اند (همان). در تاق مسجد جامع شیراز (تصویر ۱۹)، ۴ باریکه تاق بر شانه ۴ تویزه نشسته‌اند و در تیزه با تویزه‌ها هم‌ارتفاع شده‌اند تا زمینه مربع به هشت برسد. این گونه کار، در دوره‌های بعد نیز کاربردی گسترده دارد. همچون: چشمه تاق‌های دور گنبد مسجد کبود و بسیاری از مساجد شبستانی. در گنبدسازی هم این شیوه با اندکی تفاوت دیده می‌شود. مانند: گنبدخانه مسجد مدرسه غیاثیه خرگرد، مسجد شاه مشهد و مسجد فرح آباد. کاربرد دیگر، سوار کردن باریکه تاق‌ها بر دیواره‌های روی تویزه، همچون: ایوان جامع قاین و تنبی غرب گنبدخانه جامع یزد و یا مستقیم روی خود تویزه همچون: تاق‌های ۵۳، ۳۱۱ و ۳۱۴ مسجد جامع اصفهان و بسیاری تاق‌های بازار اصفهان است. نیم کار جالب از این



تصویر ۲۰. تاق جامع شیراز (۲۶۲ق) که آن را مقدمه کاربرد رسمی بندی شمرده‌اند (ویلبر، ۱۳۸۷: ۷۱).



تصویر ۲۲. بخارا، تیم عبدالله خان. تاق در محل چرخش رواق (سجاد مودن).



تصویر ۲۱. بخارا، تیم عبدالله خان. هندسه افقی تاق (نگارندگان).

جدول ۲. ماتریس دسته بندی گونه‌های محتمل براساس سه معیار بند ۳

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
آمود	آمود	آمود	آمود	غیرآمود	غیرآمود	غیرآمود	غیرآمود	نقش ساختمانی (آمود/غیرآمود)
-	-	•	•	•	•	-	-	هندسه نظری (هندسه وتری)
-	•	-	•	•	-	•	-	هندسه عملی (شبکه باریکه تاق مقاطع)

(نگارندگان)

گونه، ایوان قبلی مسجد جامع اشترجان و سمنان است. این گونه کارها را هم به لحاظ تاریخی و هم هندسه ساده و ابتدایی، می توان نمونه های اولیه نامید. در چنین کارهایی، باریکه تاق ها هم دیگر را قطع نمی کنند بلکه تنها روی هم سواری شوند. هندسه آنها، گاه منتظم و گاهی غیرمنتظم است (تصویرهای ۲۲-۲۱).

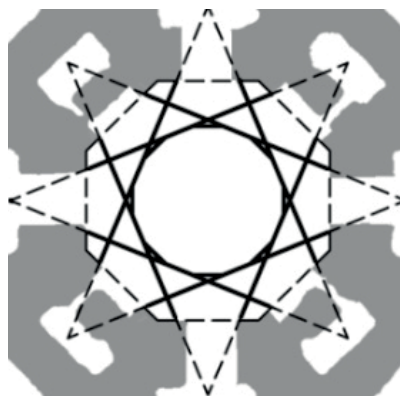
۲-۴. گونه ۲. کارهای غیرآمود غیروتری دارای شبکه باریکه تاق متقاطع

ساده ترین راه تقاطع باریکه ها، تقاطع در مرکز است. مانند: چارتاق نیاسر، گنبدهای ترکین: گنبد نظام الملک، جامع اشترجان و زواره و برخی تاق های جامع اصفهان. دو کار جامع نائین که مشهور به نخستین نمونه کامل کاربردی اند، باریکه تاق های مخفی متقاطع، بدون هندسه وتری هستند (تصویر ۲۳). این ها، از گونه پتکانه هایی هستند که متکی بر باریکه تاق های متقاطع اند. نمونه های کامل تر آن در مسجد جامع اصفهان، صفا صاحب و استاد و گوش واره های

صفا شاگرد) قابل دیدن است.

تقاطع منتظم تر ۴ تویزه بزرگ در تیمچه شیخ کاظم تبریز مشاهده می شود (تصویر ۲۴) که مشابه آن در دوره تیموریان فراوان است. در بیشتر این نمونه ها، فاصله باریکه تاق های موازی دستوری نیست. در نمونه تیم عبدالله خان (۹۸۵ ق) نیز، همین شیوه در هندسه ۸ به کار رفته است (تصویر ۲۵) و دستوری هم نیست. تاق مشهور شماره ۶۰ هم، دو دسته قوس متقاطع چهارتایی با طول متفاوت دارد. به بیان دیگر، دو قوس در ساخت هندسه آن سهیم است (نه یک قوس معین). لیکن در هندسه افقی، بخشی از هندسه وتری ۸ است (تصویر ۲۶). تاق ایوان شمالی مسجد جامع گرگان ترکیبی از گونه ۱ و ۲ است.

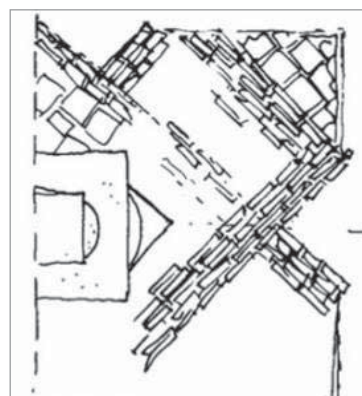
ویژگی برجسته نمونه های سنتی در این گونه، تقاطع باریکه تاق ها در فضا و پرهیز از تقاطع باریکه تاق ها در محل پا کار است. جز دسته نخست که تقاطع باریکه ها در مرکز است و نام های دیگر هم دارند، این کارها را می توان کاربردی اولیه خواند. به تازگی، کارهای بتنی قالب سرسفت (هندسه



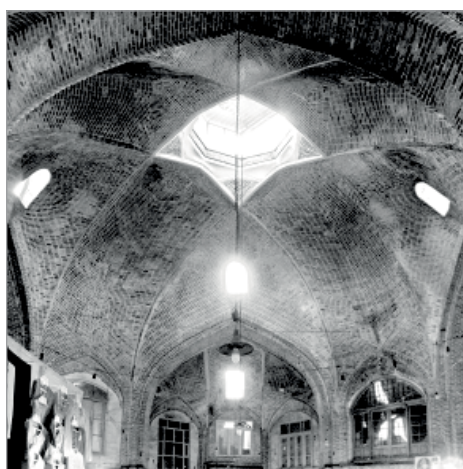
تصویر ۲۵. بخارا، تیم عبدالله خان. تحلیل هندسه (نگارندگان).



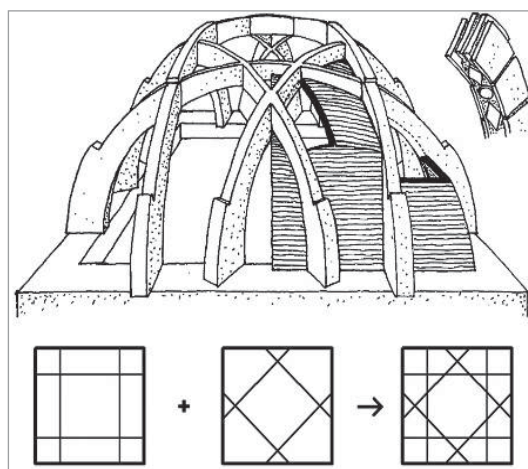
تصویر ۲۴. تبریز، تیمچه شیخ کاظم (نگارندگان).



تصویر ۲۳. جامع نائین، بام مقصوره حین مرمت (Galdieri, 1983: 77).



تصویر ۲۷. شیراز، بازارچه شاه چراغ، کار غیرآمود سرسفت (نگارندگان).



تصویر ۲۶. جامع اصفهان، تاق شماره ۶۰ و تحلیل هندسه آن (گالیری، ۱۳۷۰: ۱۶۱).

بندکشی گچی برجسته و بام آن اندود کاه گل است. دهانه آن ۸/۷ متر و شمشه اش ۱۶ و روباز است. پوسته درونی و برونی به ترتیب به اندازه نیم و یک آجر ضخامت دارند. باریکه تاق ها در بخش های مشاهده شده، ۴ گونه اند. چهار باریکه تاق اصلی درجه یک متقاطع اند و از قوس کامل برخوردارند و سایر باریکه تاق ها بر آنها تکیه کرده اند. باریکه تاق های طولانی تر، عرضی تر و ضخیم تر هستند (تصویر ۳۱).

این چنین کارهایی، بیشتر دوپوسته اند؛ پوسته درونی بر لبه پائین باریکه تاق و پوسته بیرونی بر لبه بالایی آن می نشیند و میان آنها هوا محبوس است. ازین رو، تمام یا برخی از خطوط یا آجرکاری ظریف زیرین، نشانی از باریکه تاق مخفی بالا هستند^{۵۱} (تصویر ۳۲).

در دهانه های بزرگ بازار، باریکه ها از بام آشکارند. قوس هاشان بیشتر به سه شکل کامل، یک پادروها و دوپادروها دیده می شود (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۱). تهرانی، کاری را که از باریکه تاق های استوار بر هر سه نوع این قوس ها برخوردار باشد، کاربردی ویژه نامیده است (Tehrani, 2011: 43).

نمونه های برجسته آن در تیمچه های تبریز است (تصویر ۳۳). البته گاهی پوسته حفاظتی، باریکه تاق های بام را به صورت مخفی مانند چارسوق بازار علی یزد (تصویر ۳۴) یا نیمه مخفی مانند: بانک شاهی یزد (تصویرهای ۳۰-۲۹) درمی آورد. بیشتر

غیروتری) را غیرآمود با حلقه میانی ساخته اند (تصویر ۲۷) اما نمونه ای سنتی، بدون سیمان و آهن از کار قالب سرفست غیرآمود تاکنون یافت نشده است.

۳-۴. کارهای غیرآمود وتری بدون شبکه باریکه تاق متقاطع

در برخی نمونه ها، هندسه دستوری کاربردی در سفت کاری البته بدون باریکه تاق با تغییر چیدمان مصالح، تقلید شده است. مانند: تاق های شماره ۴۶۶ (تصویر ۲۸) و ۲۸۱ مسجد جامع اصفهان با هندسه ۸ و برخی تاق های شبستان مسجد جامع دامغان. کارهای یک پارچه بتنی با هندسه یاد شده نیز از این گونه هستند. این نمونه ها به دلیل نداشتن باریکه تاق، کاربردی نیستند. ازین رو، آنها را شبه کاربردی می توان نامید.

۴-۴. کارهای غیرآمود وتری دارای شبکه باریکه تاق متقاطع

این کارها بیشتر در سقف اصلی حوض خانه، عمارت کلاه فرنگی، حسینیه سرپوشیده، به ویژه تیمچه و چارسوق بازار یافت می شوند که اغلب یادگار دوران قاجارند.

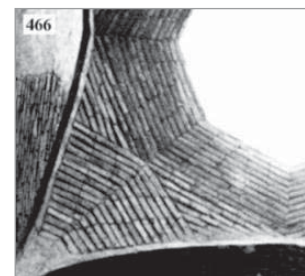
شبکه باریکه های آن، نظام استخوان بندی باربر سقف را مجسم می کند. نمونه این نظام، در کار بانک شاهی یزد (تصویرهای ۳۰-۲۹) به تفصیل ارزیابی شد. ظاهر درون، آجری با



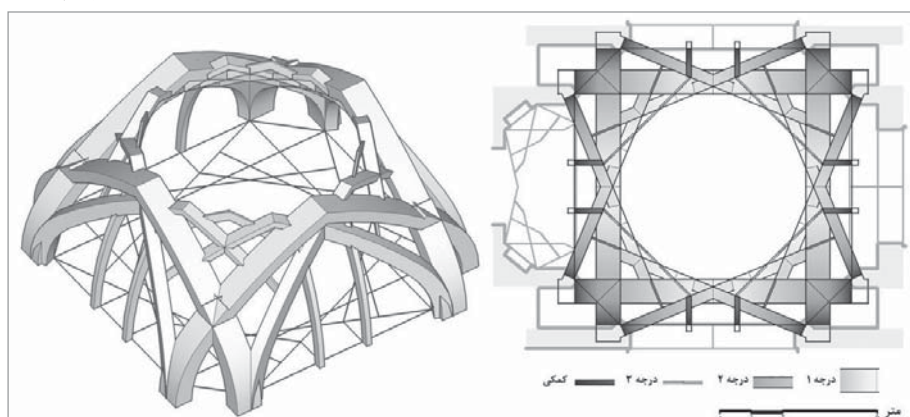
تصویر ۳۰. یزد، بانک شاهی، چشم انداز داخلی (نگارندگان).



تصویر ۲۹. یزد، بانک شاهی، بام کاربردی، برجستگی های ۴ گوشه پوسته حفاظتی است (نگارندگان).



تصویر ۲۸. جامع اصفهان، تاق شماره ۴۶۶ (تهرانی، ۱۳۸۷).



تصویر ۳۱. یزد، بانک شاهی. سه بعدی شبکه باریکه تاق ها، درجه بندی و پلان معکوس آنها با فرض حذف پوشش (نگارندگان).
تصویر ۳۲. برش عمومی (شماتیک) شعاعی از کاربردی دوپوسته (نگارندگان).

نمونه‌های کاربردی گنبد که نوعی شکنج است و کاربردی زیرگنبد (۲-۳) و کاربردی زیرسقف شیبدار (۲-۳) نیز از همین گونه‌اند. این گونه را می‌توان اوج فنی و هندسی کاربردی دانست.

۴-۵. گونه ۵. کارهای آمود وتری دارای شبکه باریکه تاق متقاطع کارهای آمود لزوماً زیر یک سقف اصلی اجرا می‌شوند و خود، سقف اصلی نیستند. کارهای آمود باریکه‌دار، برخی غیرمتکی به سقف فوقانی هستند و برپای خود ایستاده‌اند، مانند نیم‌کار ایوان برخی مساجد از جمله نیم‌کار شمالی مسجد امام حسین تهران (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: ۲۱۹) یا نیم‌کار سرای امیر (تصویر ۳۶). برخی دیگر هم از سقف فوقانی آویز شده‌اند، مانند ایوان امام‌زاده زید بم (تصویر ۳۵). می‌توان این گونه را رسمی‌بندی دستوری نام نهاد. لیکن کاسه‌سازی کاری آمود با هندسه وتری دارای چند شمشه است، بنابراین آن را به‌درستی شمشه زیاد و یک رشته‌ی ابتکاری و جداگانه از رسمی خوانده‌اند (لرزاده، ۱۳۵۸: ۵).

۴-۶. گونه ۶. کارهای آمود وتری بدون شبکه باریکه تاق متقاطع برخی کارهای آمود، باریکه‌تاق ندارند به‌گونه‌ای که با شگردهای دیگر خطوط هندسه رسمی‌بندی را در فضا تداعی می‌کنند. بعضی از آنها، نتیجه نقاشی هندسه روی اندود هستند مانند بخش پائین تاق ۱۰۸ جامع اصفهان و برخی دیگر هم با هنرمندی اندودکار پدیدآمده‌اند و به

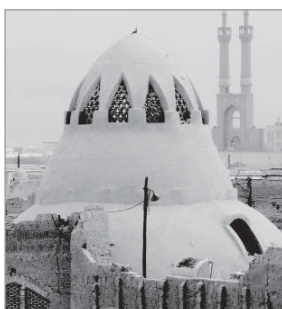
پس تاق چسبیده‌اند. برای نمونه با تغییر مصالح اندودکاری، مانند هشتی مدرسه ارگ بم (تصویر ۳۷) و یا با تغییر ضخامت پوسته اندود، مانند سقف هشتی و نیم‌کارهای گچی در نمای برخی خانه‌های قاجاری یزد (تصویر ۳۸). برخی کارهای جدید، تمامی پوسته آمود را با قالب فایبرگلاس از گچ مسلح در کارگاه می‌ریزند و در محل نصب می‌کنند. مانند مدرسه غروی نجف قرار گرفته در جبهه شمالی حرم. این‌ها نیز باریکه‌تاق ندارند اما، به پس تاق چسبیده‌اند.

این گونه را می‌توان رسمی‌بندی بدون باریکه‌تاق نامید البته، بجز کارهای نقاشی که اثر معماری نیستند و آنها را می‌توان شبه‌رسمی‌بندی خواند.

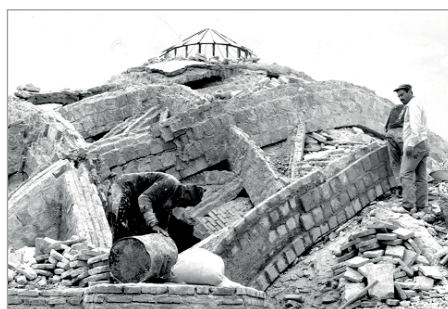
۴-۷. گونه ۷. کارهای آمود غیروتری دارای شبکه باریکه تاق متقاطع گونه‌ای از کارهای آمود مشهور به قالب سرسفت^{۵۲} قابل قالب‌شاقولی (پی‌نوشت ۲۲) به‌ویژه در سده اخیر، رواج یافته‌است. «رسمی قالب سرسفت: آنهایی هستند که قالب‌های اصلی به‌وجودآورنده آنها در امتداد یکدیگر و در یک صفحه نیستند، بنابراین نمی‌توانند به‌صورت یک قوس (دور) کامل بار را به دو طرف تکیه‌گاه‌ها منتقل کنند، به ناچار برای برپایی آنها به بدنه پس‌تاق یعنی به چشمه یا گنبدی که رسمی در زیر آن اجرامی شود متصل می‌شوند. پس تاق است که رسمی را نگه می‌دارد» (شعرباف، ۱۳۸۵: ۹)^{۵۳}. هندسه کار قالب سرسفت هرچند به زمینه منتظم نیاز



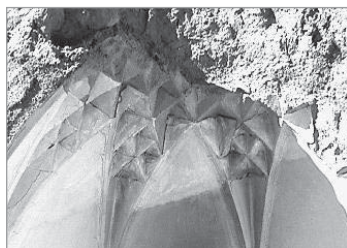
تصویر ۳۵. تبریز، سرای امیر. نیم‌کار ایوان حین مرمت (تهرانی، ۱۳۸۷).



تصویر ۳۴. یزد، چارسوق بازار علی از بام (نگارندگان).



تصویر ۳۳. تبریز، تیمچه حاج محمدقلی. تنوع باریکه‌تاق‌ها (Iranian..., 2009: 215).



تصویر ۳۸. یزد، هشتی یک خانه (نگارندگان).



تصویر ۳۷. بم، هشتی مدرسه ارگ (نگارندگان).



تصویر ۳۶. بم، امام‌زاده زید. نیم‌کار رسمی‌بندی ۱۶ آویز (نگارندگان).

پیشرفت فنی و هندسی آنها است. گمان می‌رود که معماران در نمونه‌های اولیه در سوار کردن باریکه‌تاق‌ها بر هم، مهارت یافته و به تدریج در اجرای باریکه‌تاق‌های متقاطع در میانه (گونه ۲) و متقاطع در پا کار (گونه ۴) موفق شده‌اند. کاربندی (غیرآمود)، ناگزیر باریکه‌تاق متقاطع دارد. گونه ۳ باریکه‌تاق ندارد و در گونه ۱ باریکه‌ها تقاطع ندارند بنابراین، به ترتیب شبه کاربندی و نمونه اولیه نامیده شدند.

از آنجاکه آمود شدن، الزام به داشتن باریکه‌تاق و ضرورت برخورداری از هندسه قالب شاقولی را منتفی می‌کند و در کار آمود نیز، ظاهر کار و تداعی هندسه مهم است؛ می‌توان هم نمونه‌های بدون باریکه‌تاق (اندودکاری) و هم نمونه‌های سرسفت هندسه غیروتری با شعاع شمشه دلخواه و نیمه‌دستوری، را شاخه‌ای از رسمی‌بندی تلقی کرد (گونه‌های ۸-۵). به نظر می‌رسد کارهای آمود، در سیر تاریخی خود به سوی گریز از تقید هندسی (غیردستوری شدن) حرکت کرده‌اند چنان‌که، در فرجام جریان خویش به هندسه سرسفت و کاسه‌سازی می‌رسند. گونه‌های ۱ و ۲، ۷ و ۸ (ابتدا و انتهای جدول ۲)، به سبب نداشتن هندسه نظری، شامل نظام‌های ساختمانی دیگر غیر از کاربندی و رسمی‌بندی نیز هستند. بنابراین، در پژوهش حاضر، تنها نمونه‌هایی که به کاربندی و رسمی‌بندی شبیه‌اند بررسی شدند.

با این روش، هر نمونه جدید را می‌توان با پاسخ‌گویی به سه پرسش پیاپی که در زیر آورده شده، شناسایی کرد^{۵۵}: کار آمود است یا سفت‌کاری؟

از هندسه نظری یادشده (هندسه وتری) برخوردار است یا نه؟ هندسه‌ی عملی یادشده (شبکه باریکه‌تاق متقاطع) را دارد یا خیر؟ گونه‌های ۴ و ۵ را به دلیل داشتن هندسه دستوری وتری و نیز شبکه باریکه‌تاق متقاطع، می‌توان کمال هندسه نظری و عملی یادشده دانست و به ترتیب مبنای ارزیابی کارهای آمود و سفت‌کاری قرار داد.

دارد لیکن نیمه‌دستوری است. به بیان ساده، شعاع شمشه کار سرسفت، برخلاف هندسه دستوری، اختیاری است اما، جای نقاط پا کار آن دستوری است (تصویر ۴۰). همین هندسه بدون باریکه‌تاق هم قابل اجرا است مانند گونه ۸.

به نظر می‌رسد، کار سرسفت در نیم‌کار بیشتر است و باریکه‌های اصلی آن برای ایستایی به تویزه‌ی لب‌بند کار تکیه می‌کنند. همچون: سردر آب‌انبار سلماسی قم (تصویر ۳۹) و نیم‌کار شرقی مسجد امام حسین (پورنادری، ۱۳۷۹: ۳۱-۲۶). کارهای سرسفت را با چشم‌پوشی از نیمه‌دستوری بودن آنها، می‌توان گونه‌ای رسمی‌بندی نامید.

اجرای کارهای آمود غیروتری باریکه‌دار با هندسه‌های دیگر مانند هندسه‌های گونه ۱ و ۲ هم امکان‌پذیر است که حاصل آن را می‌توان نارسمی خواند لیکن چندان معمول نیست.

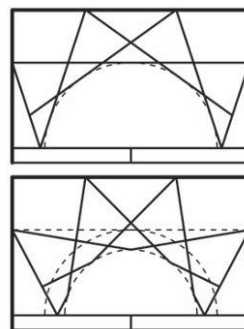
۴-۸. گونه‌های آمود غیروتری بدون شبکه باریکه‌تاق متقاطع کارهای کوچک مانند نیم‌کار بالای سهدری‌ها و پنج‌دری‌ها که گاهی بیرون از قواعد هندسی‌اند و نیز، کارهای سرسفت بدون باریکه‌تاق در پوسته اندود از این دست‌اند که نزدیک‌ترین نمونه‌های این گونه به رسمی‌بندی هستند (تصویر ۴۱). کارهای دیگر چون بسیاری از انواع یزدی‌بندی و مقرنس هم در این دسته جای می‌گیرند. این نمونه‌ها، از نظر زمانی نسبت به رسمی‌بندی و کاربندی متأخرند. زیبایی، اختیاری بودن و رها شدن از تقید باربری از قیود هندسی و ساختمانی در آنها اهمیتی بیشتر دارد.

۵. قیاس گونه‌های ۸ گانه

چکیده ویژگی‌های ۸ گونه بررسی شده در (جدول ۳) آمده است. در بررسی نمونه‌ها، مشاهده شد که کاربرد هندسه وتری هم در آمود (رسمی‌بندی) و هم در سفت‌کاری بنا (کاربندی)، حتی با شگردهای اجرایی مشابه، معمول است. ازین‌رو، ضرورت کارآمدی سه معیار برگزیده در تشخیص نمونه‌ها آشکار شد. سیر تاریخی کارهای غیرآمود (گونه‌های ۱ و ۲) بیانگر



تصویر ۴۱. یزد، خانه آشتی (نگارندگان).



تصویر ۴۰. مقایسه هندسه قالب شاقول و سرسفت (نگارندگان).



تصویر ۳۹. قم، آب‌انبار سلماسی (نگارندگان).

جدول ۳. ویژگی‌های شاخص ۸ گونه بررسی شده.

گونه	نقش ساختمانی	هندسه و تری	شبکه باریکه‌تاق متقاطع	ویژگی شاخص (غالب)	نام (پیشنهادی/موجود)
۱	ناآمود	-	-	هندسه ابتدایی؛ سوارشدن باریکه‌تاق‌ها برهم (عدم تقاطع آن‌ها).	نمونه‌های اولیه [+ سایر نظام‌های غیرآمود: ترکیب، ضرب‌دری، ...]
۲	ناآمود	-	•	خلاقیت و ابتکارهای هندسی، باریکه‌های متقاطع در میانه (فاقد تقاطع در پاکار).	کاربندی اولیه [+ سایر نظام‌های غیرآمود غیروتری باریکه‌دار]
۳	ناآمود	•	-	گل‌انداز سفت‌کاری؛ تاق منقوش	شبه‌کاربندی
۴	ناآمود	•		اوج فنی و هندسی کارهای غیرآمود	کاربندی (دستوری و تری)
۵	آمود	•	•	اوج فنی کارهای آمود، گاه خودایستا گاهی آویز از سقف سفت‌کاری	رسمی‌بندی (دستوری و تری)
۶	آمود	•	-	اغلب چسبیده به پس‌تاق (اندودکاری)	رسمی‌بندی بدون باریکه‌تاق
۷	آمود	-	•	هندسه نیمه‌دستوری، دارای باریکه‌تاق‌های متکی به پس‌تاق	رسمی‌بندی قالب سرسفت [+ سایر نظام‌های آمود غیروتری باریکه‌دار]
۸	آمود	-	-	ظاهری شبیه رسمی‌بندی بدون رعایت قواعد هندسی آن	رسمی سرسفت بدون باریکه، شبه‌رسمی‌بندی [+ سایر نظام‌های آمود]

(نگارندگان)

نتیجه‌گیری

در متون فارسی و غیرفارسی، به ویژگی‌های کاربردی بیشتر به‌گونه ضمنی اشاره کرده‌اند. نهایت، با جمع‌بندی آرای پژوهشی در مقاله پیش‌رو، سه ابهام اصلی قابل بیان است: دشواری نام‌گذاری، ابهام در تبیین هندسه و نقش ساختمانی در تشخیص کاربردی.

ابهام نخست، با اتکا به اجماع نسبی موجود بر تمایز میان کارهای سفت‌کاری و غیرسفت‌کاری (جدول ۱) و اطلاق قراردادی رسمی‌بندی به استخوان‌بندی سقف دوم (زیر پس‌تاق) و کاربردی به استخوان‌بندی سقف سفت‌کاری، بر مبنای شناخت دو واژه رسم و کار، پشت سر نهاده شد. در زدودن ابهام دوم، ضرورت تغییر نگرش از پرسش مرسوم سازه-تزیین به سفت‌کاری-آمود طرح شد. در برطرف کردن سومین ابهام، با ارائه دو مفهوم هندسه نظری و عملی، برگرفته از اندیشه فارابی، میان هندسه ترسیمی سه‌بعدی (هندسه و تری) و هندسه عملی (شبکه باریکه‌تاق‌های متقاطع) مبتنی بر آن، تمایز برقرار شد.

بر مبنای سه معیار مستخرج (نقش ساختمانی، هندسه نظری و هندسه عملی) تمامی حالت‌های محتمل بررسی شدند. سرانجام، ۸ گونه کار مختلف شناسایی گردیدند که با کاربردی و رسمی‌بندی شباهت یا تطابق هندسی و ساختمانی داشتند. تمایز آمود و سفت‌کاری، راه شناخت نقش ساختمانی نمونه‌های مبهم مانند کارهای آمود خودایستا، یا کاربردی به جای آهیانه را هموار ساخت. اختلاف هندسه نظری و عملی نیز جایگاه نمونه‌های دارای باریکه‌تاق و فاقد آن را روشن نمود.

بنابر بررسی گونه‌شناسانه، گونه‌های ۴ و ۵، کارهای غیرآمود و آمود دارای هندسه دستوری و تری و شبکه باریکه‌تاق متقاطع، کامل‌ترین نمونه‌ها از لحاظ هندسه نظری و عملی هستند. این نمونه‌ها می‌توانند الگویی برای ارزیابی گونه‌های دیگر قرار گیرند. افزون بر این، چنین به‌دست‌آمد که سیر تحول تاریخی نمونه‌ها به‌ویژه در کارهای غیرآمود، به‌گونه‌ای قابل توجه با سیر تکامل گونه‌های شناسایی شده هم‌خوانی دارد.

در فرجام سخن بسزاست که نخست از وجود دانش افروز استاد گرانمایه دکتر محمدرضا اولیاء که نگاشته شدن این مقاله مرهون تشویق‌ها و رهنمودهای ایشان است، سپاس گزاری شود. سپس، از آقایان دکتر مجید راسخی، محمدباقر کبیرصابر، احد ابراهیمی‌نژاد و نیما ولی‌بیگ و آقایان مهندس سجاد مؤذن، روح‌ا... موحدی، حمیدرضا بیگ‌زاده، علی کبیری، محمدرضا مطلبی‌زاده و ابوذر صالحی به پاس یاری مهربانانه‌شان در ارائه اطلاعات قدردانی گردد.

پی‌نوشت

۱- برخی براین باورند که معماری دوره اسلامی دروجه کلی، عناصر ساختمانی قابل توجهی را عرضه نکرد (گرابار، ۱۳۷۹: ۲۲۹-۲۲۸).
۲- همچون: همتایی فن ساختمان و معماری، زیبایی، سمبولیسم عددی، خردکردن چشمه‌های بزرگ و کاهش دهانه، امکان مدیریت سطوح مختلف نیروی انسانی، قاعده‌مندی طرح (دستوری‌شدن) درعین تنوع، ارتقای کیفیت و دقت اجرا، کاهش ارتفاع (نسبت به گنبد)، دوپوش کردن، عایق‌سازی صوتی و گرمایی، محدودکردن پایه‌های باربر و کنترل رانش، فرم‌فعال بودن سازه، پایداری لرزه‌ای، امکان ایجاد روزن در نقطه‌های مختلف پوشش برای تنظیم نورگیری و تهویه.

۳- از نمونه‌های خارجی، مسجدهای رم (ایتالیا)، کل شریف (کازان تاتارستان) و شیخ زاید (ابوظبی) قابل بیان است و از نمونه‌های داخلی، می‌توان به بازارچه شاه‌چراغ شیراز، مجتمع فرهنگی هنری جنوب‌شرق یزد و فرهنگسرای نگارستان تهران اشاره نمود.

۴- برای فهم مباحث مقاله، آشنایی با اصول هندسه اقلیدسی و قضایای اصلی آن در فضای دوبعدی و سه‌بعدی کفایت می‌کند. درباره مفاهیم پایه معماری سنتی، به موارد زیر می‌توان اتکا کرد:

آجر و خشت مینا: به شکل مکعب مستطیل پهن با دو ضلع برابر (و ابعاد تقریبی $۲۰ \times ۲۰ \times ۴$ سانتی‌متر) است که در بناها و دوره‌های مختلف (از آل‌بویه تا قاجار) بیشتر تغییراتی در ابعاد (و نه شکل آن) دیده می‌شود (تهرانی، ۱۳۸۷). **چفد=قوس=دور** (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۸): «چفد در تعریف هندسی خط یا شکلی منحنی است» (پیرنیا، ۱۳۷۳: ۵) که معمولاً در صفحه شاقول است، دارای دو پای هم‌تراز است و نسبت به عمود منصف خط واصل دوپای آن که از رأس می‌گذرد، متقارن است **تاق:** «تاق به‌طور کلی به مفهوم پوشش [منحنی] فضای بین دو [یا چند] دیوار [یا تویزه] است» (همان). **تاق آهنگ** (گهواره‌ای): «ساده‌ترین تاق ایرانی آهنگ است که در واقع ادامه یک نوع چفد در امتدادی معین است» (همان: ۵۸) **باریکه تاق و تویزه:** «منظور از تویزه در معماری باریکه تاق باربری است که با چفدی باربر ساخته می‌شود (پوتر خمیده در معماری غربی)» (همان: ۵۲ و ۸۶). **انواع چیدمان (اجرای) مصالح تاق با آجر مینا:** پر، رومی، تیغه‌ای (تهرانی، ۱۳۷۱: ۳۴؛ پیرنیا، ۱۳۷۳: ۴۶-۵۸). طرز چیدن مصالح گنبد متفاوت است (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۱۳). **گنبد:** «در تعریف هندسی، گنبد [نار] مکان هندسی نقاطی است که از دوران چفدی مشخص حول یک محور قائم به وجود می‌آید. اما در زبان معماری: گنبد پوششی است که بر روی زمینه‌ای گرد برپا شود» (همان: ۸).

۵- نگارندگان در رولوه، طراحی، ساخت و مرمت کاربردی تجربه دارند؛ ۴ سال مسئولیت مرمت اداره میراث آذربایجان شرقی و اردبیل، مهندس محاسب میراث اصفهان، ۱۵ سال ناظر عالی میراث آذربایجان، پروژه‌هایی چون: چهارسوق کلاهدوزان تبریز، هتل-باغ مشیرالممالک یزد، بازدید کارشناسی از بناها و کارگاه‌های متعدد. شکل‌ها و تصویرهای بدون ذکر مأخذ این مقاله، بر همین مبنا و برای اولین بار است که ارائه می‌گردد.

۶- فلچر حتی از کاربردی بناهای شهر چمن قرطبه و بیجاپور هیچ نمی‌گوید (فلچر، ۱۳۸۸: ۶-۸۵ و ۱۴۲) چینگ در «تاریخ فراگیر معماری» کاربردی را سازه پیچیده (Complex dome structure) می‌خواند (Ching et al, 2007: 351).

۷- نجیب‌اوغلو بر مقرنس و گره تمرکز دارد (نجیب‌اوغلو، ۱۳۸۹). پوپ، کاربردی را نوعی «تاق ضربی» می‌شمرد که در تاق‌های شماره ۶۱ و ۶۰ جامع اصفهان نقش سازه‌ای دارند (پوپ، ۱۳۸۷: ۱۸۸). برخلاف پیرنیا (پیرنیا، ۱۳۷۸: ۷۹-۷۸)، گذار حتی باریکه‌تاق‌های «گنبد‌های باریکه‌دار» [ترکین] را هم فاقد ارزش استاتیکی می‌شمرد (گذار، ۱۳۶۹: ۱۴۴) و شرح تصاویر باریکه‌های متقاطع ابتدایی امام‌زاده یحیی، رباط شرف و... (همان: ۴۰-۲۷) را «کافی» (همان: ۱۷۵) می‌داند. لذا، هیچ نمونه برجسته کاربردی را در «تاق‌های ایرانی» نمی‌آورد. هیلن‌برند، بیگانگی فرهیختگان غربی از میراث معماری اسلامی را با ذکر نمونه از کاربردی هشدار داده است (هیلن‌برند، ۱۳۸۷: ۱۱-۱۲).

۸- در زبان انگلیسی، کاربردی و اجزای آن با واژه‌هایی چون ribbed vault (تاق دارای باریکه - rib به معنی دنده)، crossed archs (قوس‌های متقاطع)، cross-ribbed vaulting (تاق‌زنی با باریکه‌های متقاطع)، basket-work (سبدکاری)، rib work (باریکه‌کاری)،



arch net (شبکه قوسی)، nervures (به معنی رگه)، stellate vault (تاق کوکبی) و knotwork («گره کاری») خطاب شده است. این قیاس‌ها و تشبیه‌ها هریک مبین وجهی از آن است اما، کاربندی میان کارهای مشابه در سنت معماری مسیحی، نظیر ندارد لذا، شایسته است آن را با نام «کاربندی» (karbandi) بشناسیم.

۹- گویا منظور ویلبر، «مونه» و گروه اوست (گالدیری، ۱۳۹۰: ۳؛ Galdieri, 1983).

۱۰- افراد متعدد دیگر، به نقش معماری ایرانی اسلامی در شکل‌گیری قوس اژیو گوتیک و باریکه‌تاق‌های متقاطع اروپا معتقدند (پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۰۶؛ بورکهارت، ۱۳۷۰: ۱۸؛ گیدیون، ۱۳۸۸: ۱۱۹-۱۱۸؛ Burckhardt, 2009: 76 و حسن و هیل، ۱۳۷۵: ۴۹).

11-Haghpat Monastery

۱۲- اما برخی در این نظر تردید دارند (پادوپولو، ۱۳۶۸: ۴۵؛ گالدیری، ۱۳۹۰: ۳). عجیب نیست که توزیع‌بندی دیرهاخپات، الهام‌بخش کارهای اندلس و ایران شمرده می‌شود لیکن «حضور دوصدساله حکام خراسانی‌الاصل در مغرب اسلامی» (مطهری، ۱۳۸۷: ۳۴۷-۳۴۵)، هیچ جنبه الهام‌بخش برای برخی پژوهش‌گران غربی ندارد؟ در مسجد "باب‌مردم" نیز «احتمال تأثیر ایرانی» وجود دارد (گالدیری، ۱۳۹۰: ۵).

13- San Lorenzo church

۱۴- اثرپذیری او از آثار معماری اسلامی مشهور است (گیدیون، ۱۳۸۸: ۱۱۶ و ۱۱۸؛ چینگ، ۱۳۸۹: ۵۰۷).

۱۵- دیگران هم به «دشواری تشخیص باربری در برخی نمونه‌های رسمی‌سازی» واقفند (ویلبر، ۱۳۷۴: ۱۵۶ و ۱۶۰؛ اوکین، ۱۳۸۶: ۱۰۲).

۱۶- ترجمه از (Burckhardt, 2009: 76&78).

۱۷- نیز نک (لرزاده، ۱۳۵۸: ۷-۹).

۱۸- پیش‌تر، کاربرد باریکه‌تاق متقاطع قطری در چهارتاقی نیاسر (آغاز دوره ساسانی) دیده می‌شود (گذار، ۱۳۶۹: ۸).

۱۹- در معماری مسیحی، اطلاعات تاق‌های گوتیک در کتاب‌های «لژ» ضبط است (نجیب‌اوغلو، ۱۳۸۹: ۸۲ و ۸۳).

۲۰- پس‌تاق به چشمه یا گنبدی که رسمی در زیر آن اجرا می‌شود گفته می‌شود (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۰ و ۹).

۲۱- نیز نک (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: چهارده). پیش‌تر، پوپ نوشته «امروزه این خطوط ... دیگر جنبه ساختاری ندارند» (پوپ، ۱۳۸۷: ۱۸۹).

۲۲- «رسمی قالب شاقولی: عبارت است از رسمی‌هایی که قالب‌های (تویزه) تشکیل‌دهنده آنها در امتداد یکدیگر و در یک صفحه قرار دارند، به همین خاطر، می‌توانند به صورت یک دور (قوس) کامل بار را به تکیه‌گاه‌ها منتقل کنند و باربر باشند. کل رسمی مانند یک چشمه یا گنبد باربر عمل می‌کند. در چهارسوهای بازارها، اغلب رسمی‌ها قالب شاقولی‌اند.» (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۰). نیز نک (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۱).

۲۳- این بند، از برخی پژوهش‌گران مأنوس و مرتبط با استادکاران آقاییان: محمدرضا اولیاء، محمدرضا مطلبی‌زاده (یزد)، احد ابراهیمی‌نژاد، محمداقبر کبیرصابر، فرهاد تهرانی (تبریز)، نیما ولی‌بیگ و ابوذر صالحی (اصفهان) نقل می‌شود.

۲۴- آقاییان تهرانی و اولیاء به ترتیب با استادکاران تبریز و یزد (خاصه استادان رضا معماران و علی اکبر خرمی)، سال‌ها همکاری نزدیک داشته‌اند.

۲۵- برای نمونه پرور کردن، شاقالب، تخمیر، خرد کردن، دوریاخ، ترک، ذرتی و ... برای شناخت برخی، نک (پورنادری، ۱۳۷۹: ۶۶-۶۰) و واژه‌نامه‌های این دو منبع: (پیرنیا، ۱۳۷۰؛ پیرنیا، ۱۳۷۳).

۲۶- محور آنها گردآوری دقیق تعاریف و گاه بیان دیدگاه شخصی است (فلاح‌فر، ۱۳۸۸: ۲۰۳؛ رفیعی، ۱۳۸۱: ۳۳۲).

۲۷- (لرزاده، ۱۳۵۸؛ رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴؛ شعرباف، ۱۳۸۵؛ پورنادری، ۱۳۷۹) که اثر اخیر نگرش کارگاهی نیز دارد.

۲۸- در استادکاران دو روحیه «کرد» (عمل بنایی) و «کشش» («رسم» گره و کاربندی) وجود دارد (پورنادری، ۱۳۷۹: ۱۸ و ۲۲ و ۴۹).

۳۰- نک: بند ۲-۳ و (هیلن‌برند، ۱۳۸۷: ۲۶-۲۵؛ ویلبر، ۱۳۷۴: ۱۵۶ و ۱۵۷؛ اوکین، ۱۳۸۶: ۱۰۱؛ Burckhardt, 2009: 78). شعرباف هم به نحوی دیگر این موضوع را شکافته است (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۰-۹).

۳۱- جستجوی کلیدواژه‌های کاربرد، کاربندی، رسمی‌بند و رسمی‌بندی در متون تاریخی ادبی براساس نرم‌افزار دُرج ۳ نتیجه‌ای دربرداشت اما، «مقرنس» در بسیاری از متون ادبی قدیم یافت می‌شود.

۳۲- این قرارداد به معنی نامعتبر بودن اسامی دیگر نیست بلکه اساساً تحلیل تطبیقی واژگان مناطق مختلف، خود موضوع پژوهشی دیگر است. رسیدن به وحدت نام‌گذاری گونه‌ها، منوط به انجام پژوهش‌های تخصصی در واژگان نواحی مختلف ایران قدیم است. برای نمونه در آسیای میانه واژه «ایرکی» (به معنای اراکی یا عراقی) متداول است (نجیب‌اوغلو، ۱۳۸۹: ۲۱). البته، برای قائل بودن به این

قرارداد از دیدگاه واژه‌شناسی- دلایلی هست: ریشه رسمی‌بندی «رسم» است؛ به معنای کشیدن شکل یا خطی روی کاغذ، صورت چیزی، اثری که روی زمین یا چیزی باقی‌ماند، روش و قاعده و قانون (فرهنگ فارسی عمید). بیشتر استادکاران هم رسم و رسمی را به ترسیم و طرح آن خطاب کرده‌اند (لرزاده، ۱۳۵۸: ۸؛ شعرباف، ۱۳۸۵: ۹۱۱-۷۶؛ ویلیر، ۱۳۸۶: ۱۵۵؛ پورنادری، ۱۳۷۹: ۶۱). در برابر ریشه کاربندی، کار به معنای بنا و ساختمان آمده است (فرهنگ فارسی معین؛ بهشتی، ۱۳۸۸: ۱۹۵).

33- revetment

34- ornament

۳۵- منظور کاربندی گنبد/کاربندی یزدی نیست (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۵۰ و ۵۴). کارکرد مهم «کاربندی به جای آهیانه» تنظیم فضای داخلی است؛ نک: پی‌نوشت ۲ و (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۸).

۳۶- مشابه این دورگرد در دهانه کوچک گنبدخانه کلیسای وانک و اچمیدزین دیده می‌شود.

37- decorative, constructive, protective

۳۸- «تا اوایل قرن هفتم (هجری قمری) هنوز کاربندی رسمی نیست و طبق یک سری دستورالعمل‌های معین قابلیت اجرا در همه بناها را ندارد، تکراری و فراوان نشده ... از قرن هفتم به بعد به تدریج کاربندی مستقل از اسکلت اصلی بنا در رابطه با خلق فضای معماری به کار گرفته شد» (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۷-۶).

۳۹- یعنی تنها با داشتن عرض دهانه قابل ترسیم با مقیاس است. به همین دلیل، در صورت آسیب دیدن سقف، به دقت قابل بازسازی است. ۴۰- برخلاف بسیاری نمونه‌های یزدی‌بندی و مقرنس، کاربندی/رسمی‌بندی به زمینه دقیق و منظم نیاز دارد. به نظر می‌رسد به دلیل همین ویژگی، کاربندی در سیر تاریخی هم‌چنان جایگاه خود را در سفت‌کاری حفظ و تقویت می‌کند اما، یزدی‌بندی و مقرنس به سمت غیردستوری و تزئینی بودن (کاربرد در آمود بنا) سیر می‌کنند.

۴۱- این بی‌نظمی بیشتر به دلیل ضعف طرح و ساخت رخ می‌دهد و گاه، به سبب اجبار زمینه موجود در کارهای الحاقی. نمونه مشابه «گره دست‌گردان» (شعرباف، ۱۳۷۹: ۱۰۰) است که در آن استادکار ناوستان بودن زمینه را در برخی آلت‌ها گم می‌کند تا به چشم نیاید. بالین حال، مبنای هندسی گره دست‌گردان هم گره منظم است، نه بالعکس.

۴۲- گویا اجرای فضایی هندسه افقی در عمل، به استادکار ماهر واگذار شده است و نیازی به ترسیم‌های دیگر احساس نمی‌شده است. به نظر می‌رسد دغدغه اصلی سازندگان به‌ویژه در نمونه‌های غیراولیه «به کاربردن این هندسه» است. فارغ از این که چگونه ساخته شود. شاید به همین دلیل هندسه سه‌بعدی و شگردهای اجرایی استادکاران مناطق مختلف، به نحوی شگفت‌آور متنوع شده‌اند.

۴۳- به نظر می‌رسد نگرش فارابی، که خود معاصر نمونه‌های اولیه در جامع شیراز و نائین است، از میان آرای معاصر به اندیشه معمار سنتی نزدیک‌تر و برای بازنگری مفهوم کاربندی سودمندتر باشد. سخن وی چنین است: «آنچه به نام علم هندسه شناخته می‌شود دو چیز است: ... هندسه عملی: از خطوط و سطوحی بحث می‌کند که اگر کسی که با آنها سر و کار دارد نجار باشد، در چوب است. و اگر آهنگر باشد، در آهن است. و اگر بنا باشد، در دیوار است. ... هندسه نظری: به‌طور کلی درباره خطوط و سطوح اجسام، به صورت مطلق و کلی بحث می‌کند، بر وجهی که [خطوط] و سطوح هرگونه جسم را شامل شود. یعنی کسی که با این نوع هندسه سروکار دارد، در اندیشه خود خطوط را به‌صورت کلی تصویر می‌کند، بدون آنکه به جسمی فاصل نظر داشته باشد» (ابونصر فارابی، ۱۳۴۸: ۷۷).

۴۴- «علم حیل عبارت است از شناختن راه تدبیری که انسان با آن بتواند ... مفاهیمی را که وجود آنها در ریاضیات با برهان ثابت شده است بر اجسام خارجی منطبق سازد، و به ایجاد و وضع آنها در اجسام خارجی فعلیت بخشد.» (همان: ۸۹). در ادبیات امروزی معماری، «تکنولوژی ساخت» تقریباً مقابل آن است. «دانش حیل» در کاربندی (روش‌های پیاده‌سازی طرح، ساخت، مدیریت و مراحل اجرای آن)، خود موضوع پژوهش‌های دیگر است. روش معمول اجرای کاربندی در ایران، با آجر و باریکه‌تاق‌های پُر است. عظمت حیل در کاربندی ایرانی، افزون‌بر شگرد پیاده‌سازی هندسه در زمینه، این است که استخوان‌بندی سقفی عظیم، تنها با قالبی سبک و با ابزارهایی ساده برپای می‌شود. منابعی اندک به اجرای کاربندی و کارهای مشابه اشاره دارند. علاوه بر آثار گالدیری، نک: (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: ۳۴؛ بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۰؛ گدار، ۱۳۶۹: ۱۷۳ و پورنادری، ۱۳۷۹: ۶۶-۱۰).

۴۵- دو روش تجربی در زمینه مستطیل نامعین نیز ذکر شده که غیردقیق است؛ فرمول محاسبه سرانگشتی عدد ششمه (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۲) و روش تقسیم دایره محاطی با عمود منصف قطر (همان: ۱۳).

۴۶- نک: طومار میرزا اکبر (نجیب‌اوغلو، ۱۳۸۹: ۲۱) و کتاب‌های شعرباف و لرزاده. بزرگمهری با روش «انتقال خطوط در نمای مایل قوس‌ها» تصویری دوبعدی از کل هندسه رسمی‌بندی را ترسیم نمود (تصویر ۱۵).

۴۷- برای کاربردی دو قوس پنج‌اوهفت تند و کند و گفته ذکر شده است (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۷). استثناءهای فراوان چون قوس نعل اسبی (مسجد باب‌مردم) و قوس‌های کم‌خیزتر (زیرزمین مسجد خواجه‌خضر و محمدیه نائین، تاق ۶۰) حاکی است که نوع قوس در اختیار معمار است و مهم، معین بودن آن است؛ هر کاربردی/رسمی‌بندی فقط یک قوس مینا دارد زیرا شمشه آن در فضا منظم است.

۴۸- به شرط حفظ پاباریک، تقاطع باریکه‌ها و قطاعی معنی‌دار از شمشه.

۴۹- دو جهت یادشده، هماهنگ با جهت افزودن رج‌های آجری (به شیوه‌ی پُر) حین اجرای باریکه‌تاق‌هاست. در گنبد‌های ترکیب و تاق‌های ضرب‌دری (مثل رواق میدان ارگ کرمان)، افزودن به ضخامت باریکه‌تاق به دو طرف خطوط قطری هندسه‌ی نظری انجام می‌شود. یعنی رج نخست، آجرچینی باریکه‌تاق وسط (روی قالب) قرار می‌گیرد و سپس، از هرطرف به آن یک رج آجر به‌آرامی با ملات گچ اضافه می‌شود. محور میانی روی قالب، نماد قوس مینا در هندسه نظری است. در کاربردی افزوده‌شدن رج‌های دوم و سوم به یک طرف است (تصویر ۱۸). به بیان دیگر، حرکت دادن قوس مینا برای تشکیل سطح زیرین باریکه‌ها، در جهت دور شدن از مرکز است.

۵۰- ممکن است این سؤال پیش‌آید که آیا سه معیار برگزیده، جامعیت کافی را برای گونه‌شناسی کاربردی دارند؟ لازم به ذکر است از دیدگاه فلسفی با تکیه بر علل چهارگانه ارسطویی (ارسطو، ۱۳۸۹: ۱۶۷)، سه معیار نقش ساختمانی، هندسه نظری و عملی به‌ترتیب ناظر به علت غایی، صوری و مادی هستند. بررسی علت فاعلی در موضوع کاربردی مجال دیگری می‌طلبد (این علت بنا به اذعان برخی فیلسوفان جایگاهی متفاوت از سه علت دیگر دارد).

۵۱- عرض و ضخامت باریکه‌ها، لزوماً متغیر نیستند مانند کاربردی در «خیش‌خان» (نوعی پوشش روزن رأس تاق (پیرنیا، ۱۳۸۷: ۵۵۲)) یا کارهای جدید باغ مشیرالممالک که بیشتر به‌دلیل کمی دهانه و به تبع آن کمی ارتفاع باریکه‌ها، تک‌پوش نیز هستند (تصویر ۳۴).

۵۲- تصاویر مندرج در منابع، بیشتر کارهای قالب‌شاقول است که بر اثر خطای دید با کار قالب‌سرسفت اشتباه شده است. نک: (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۹۵؛ شعراف، ۱۳۸۵: ۷-۸۶ و ۷-۱۱۶). در برخی کارهای قالب‌شاقول، معمار تیزه باریکه‌تاق‌ها را زیر پوسته داخل مخفی می‌کند که شبیه کار قالب‌سرسفت به نظر می‌رسد. نک: شکل نیم‌کار (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۸۴: ۴۱).

۵۳- در منبع دیگر، مفهوم «قالب سرسفت» اشتباه شده است: «قالب سرسفت: کاربردی‌هایی هستند که قالبشان در فضا نسبت به صفحه زمین به‌طور مایل است و ...» (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۱؛ همان: ۹۱). واداشتن قالب «به‌طور مایل» در معماری سنتی ایران حتی در کارهای آمود هم معمول نیست زیرا، در آن صورت باید خطوط هندسه در پلان نیز به شکل قوس رسم شوند و مصالح بر نیش قالب و در حالتی ناپایدار چیده شوند. گفتنی است استفاده از «حلقه میانی فشاری» (ring) (همان: ۱۱) نیز در ایران معمول نیست (خاص اروپا است، مثل دیر سن پیر فرانسه یا گالری اومبرتو در ناپل).

۵۴- برای مثال، نمونه‌های متنوع گنبد ترکیب و تاق ضرب‌دری که شاخصه معماری اروپای مسیحی به‌ویژه در سبک گوتیک هستند و در سده اخیر در ایران نیز به‌کار رفته‌اند، هندسه‌های قطری (مقاطع در مرکز) دارد و به صرف داشتن باریکه‌تاق، کاربردی نیست.

۵۵- لازم به تذکر است گاهی با ترکیب‌های متنوع هندسی، نظام‌هایی جدید پیداشده‌اند؛ این نظام‌ها در صورت تحلیل صحیح در یکی از گونه‌های ۸ گانه جای می‌گیرند. برای نمونه تداخل دو هندسه و تری امکان‌پذیر است؛ نتیجه، «دو» کار در هم تنیده است (مانند آرام‌گاه سنجر مرو، گنبدخانه‌ی شیخ‌احمد جام و حمام نوبر تبریز) و می‌توان آن را «کاردردار» نامید. مثال دیگر، کاربردی حوض‌خانه‌ها و عمارت‌های کلاه‌فرنگی است که بر تیزه کاربردی، یک کار کوچک‌تر و بر تیزه کار کوچک‌تر خیش‌خان می‌نشیند (مانند تصویر ۳۴، کوشک باغ دولت‌آباد یزد، برخی از حوض‌خانه‌های طبس و حسینی‌های نائین) و گاه تا ۴ کاربردی در یک دهانه اجرا شده‌اند که آن را می‌توان «کاربرکار» نامید.

منابع

- ابوالوفای بوزجانی، محمد (۱۳۸۴). هندسه ایرانی، ترجمه سیدعلیرضا جذبی، چاپ سوم، تهران: سروش.
- ابونصر فارابی، محمد (۱۳۴۸). احصاء العلوم، ترجمه حسین خدیوچم، تهران: بنیاد فرهنگ ایران.
- ارسطو (۱۳۸۹). مابعدالطبیعه (متافیزیک)، ترجمه محمدحسن لطفی، چاپ سوم، تهران: طرح نو.
- استیرلن، هانری (۱۳۸۱). دائره‌المعارف معماری جهان، ترجمه نادر روزرخ، تهران: فرهنگستان.
- اوکین، برنارد (۱۳۸۶). معماری تیموری در خراسان، برگردان علی آخشینی، مشهد: آستان قدس رضوی.
- اولیاء، محمد رضا (بی‌تا). کاربردی (مجموعه یادداشت‌های شخصی)، یزد: (منتشر نشده).
- باروکاند، ماریانه و بدنورتس، آخیم (۱۳۸۶). معماری اسلامی در اندلس، ترجمه فائزه دینی، تهران: فرهنگستان هنر.

- بزرگمهری، زهره (۱۳۸۵). هندسه در معماری، چاپ سوم، تهران: میراث فرهنگی کشور.
- بورکهارت، تیتوس (۱۳۷۰). ارزشهای جاودان در هنر اسلامی. جاودانگی و هنر، تهران، برگردان سیدمحمد آوینی، تهران: برگ، صص: ۱۳-۲۶.
- بهشتی، محمد (۱۳۸۸). فرهنگ‌نامه معماری ایران در مراجع فارسی، تهران: متن.
- پاپادوپولو، آکساندر (۱۳۶۸). معماری اسلامی، برگردان حشمت جزنی، تهران: رجا.
- پیرنیا، محمدکریم (۱۳۷۰). گنبد در معماری ایران [ویژه‌نامه]، به کوشش زهره بزرگمهری، اثر، شماره ۲۰.
- _____ (۱۳۷۳). چفدها و تاقها [ویژه‌نامه]، به کوشش زهره بزرگمهری، اثر، شماره ۲۴.
- _____ (۱۳۷۸). تحقیق در معماری گذشته ایران، تدوین غلامحسین معماریان، تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- _____ (۱۳۸۱). مصالح ساختمانی آژنداندود آمود، تدوین و تعلیق زهره بزرگمهری، تهران: میراث فرهنگی کشور.
- _____ (۱۳۸۶). سبک‌شناسی معماری ایرانی، تدوین غلامحسین معماریان، چاپ پنجم، تهران: سروش دانش.
- _____ (۱۳۸۷). معماری ایرانی، تدوین غلامحسین معماریان، تهران: سروش دانش.
- پوپ، آرتور آپهام (۱۳۸۷). معماری ایران، برگردان زهرا قاسم‌علی، تهران: سمیرا.
- پورنادری، حسین (۱۳۷۹). شعراف و آثارش (جلد دوم گره و کاربندی)، تهران: میراث فرهنگی کشور.
- تهرانی، فرهاد (۱۳۷۱). ورای هندسه تاق و گنبد، صفه، شماره‌های ۶ و ۷ و ۸: ۴۵-۳۴.
- _____ (۱۳۸۷). سازه‌های سنتی [جزوه درسی]، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- حسن، احمد یوسف و هیل، دانالد (۱۳۷۵). تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی، ترجمه ناصر موفقیان، تهران: علمی و فرهنگی.
- چینگ، فرانسیس و دیگران (۱۳۸۹). تاریخ معماری جهان، ترجمه محمدرضا افضل، تهران: یزدا.
- رئیس‌زاده، مهنار و مفید، حسین (۱۳۸۴). احیای هنرهای ازیادرفته، چاپ دوم، تهران: مولی.
- رئیسی‌نافچی، مهدی (۱۳۹۲). مشق ساخت‌وساز - مدخلی بر بازشناسی ارزش‌های پایدار نظام ساخت‌وساز سنتی [رساله دکتری]، به راهنمایی دکتر محمدرضا بمانیان و دکتر هادی ندیمی و مشاوره دکتر محمدرضا اولیا، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- رفیعی سرشکی، بیژن (۱۳۸۱). فرهنگ مهرازی ایران، تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- شعراف، اصغر (۱۳۸۵). گره و کاربندی (جلد اول)، تهران: میراث فرهنگی کشور و سبحان نور.
- _____ (۱۳۸۵). گزیده آثار استاد اصغر شعراف، به کوشش مهدی مکی‌نژاد، تهران: فرهنگستان هنر.
- فلچر، سربنیستر (۱۳۸۸). معماری اسلامی، ترجمه سمانه قرایی، تهران: مقدس.
- فلاح‌فر، سعید (۱۳۸۸). فرهنگ واژه‌های معماری سنتی ایران، ویراست دوم، تهران: کاوش پرداز.
- کاشانی، غیاث‌الدین جمشید (۱۳۶۶). رساله تاق و ازج، ترجمه سیدعلیرضا جذبی، تهران: سروش.
- گالدیری، اوژن (۱۳۷۸). مرمت گنبد آجری، ترجمه فرهاد تهرانی، صفه، ش ۲۸: ۷۲-۷۷.
- _____ (۱۳۷۰). مسجد جامع اصفهان، ج ۳، ترجمه عبدالله جیل‌عاملی، تهران: میراث فرهنگی اصفهان.
- _____ (۱۳۹۰). کاربندی در فن‌آوری تاق‌ها، ترجمه مجید راسخی و فرهاد تهرانی (منتشر نشده).
- گرابار، اولگ (۱۳۷۹). شکل‌گیری هنر اسلامی، ترجمه مهرداد وحدتی دانشمند، تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- گدار، آندره (۱۳۶۹). تاقهای ایرانی، ترجمه کرامت‌الله افسر، تهران: فرهنگسرا.
- گیدیون، زیگفرد (۱۳۸۸). فضا زمان و معماری، برگردان منوچهر مزینی، چاپ دوازدهم، تهران: علمی و فرهنگی.
- لرزاده، حسین (۱۳۵۸). احیای هنرهای ازیادرفته، به کوشش محمد خواجوی، بی‌جا.
- مطهری، مرتضی (۱۳۸۷). خدمات مقابل اسلام و ایران، چاپ سی‌وششم، تهران: صدرا.
- نجیب‌اوغلو، گل‌رو (۱۳۸۹). هندسه و تزئین در معماری اسلامی، برگردان مهرداد قیومی، چاپ دوم، تهران: روزنه.
- نصر، سیدحسین (۱۳۶۶). علم در اسلام، برگردان احمد آرام، تهران: سروش.
- نوربرگ شولتس، کریستیان (۱۳۸۷). معنا در معماری غرب، برگردان مهرداد قیومی، تهران: فرهنگستان هنر، چ ۲.
- ویلبر، دونالد (۱۳۶۵). معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانیان، ترجمه عبدالله فریار، چاپ دوم، تهران: علمی و فرهنگی.
- _____ (۱۳۸۷). مسجد عتیق شیراز، ترجمه افرا بانک، تهران: فرهنگستان هنر.



- ویلبر، دونالد، و دیگران (۱۳۷۴)، *معماری تیموری در ایران و توران*، ترجمه کرامت‌الله افسر و محمدیوسف کیانی، تهران: میراث فرهنگی کشور.
- هیلن‌برند، روبرت (۱۳۸۷)، *معماری اسلامی*، ترجمه باقر شیرازی، چاپ چهارم، تهران: روزنه.
- Burckhardt, T. (2009). **Art of Islam: Language and Meaning**. (foreword by Seyyed Hossein Nasr). Indiana: World Wisdom.
- Ching, F. D.K. Jarzombek, M. & Prakash, V. (2007). **A Global History of Architecture**. New Jersey: Wiley & Sons.
- Tehrani, F., (2011). Kārbandi in Vaulting Technology: A Structural Evolutionary Analysis of Tabriz Historical Bazaar Complexes, **ICUDBE2011**, International Islamic University, Malaysia, Kuala Lumpur, 25-44.
- Galdieri, E. (1983). Contributi alla conoscenza delle strutture a nervature incrociate, **Rivista degli Studi Orientali**, 57: 61-80.
- www.pedagogies.net/Baroque/Images/Coupoles.html (access date: 03/09/2011).
- Iranian Cultural Heritage Handicrafts and Tourism Organization (2009). Executive Summary– Tabriz historical Bazaar Complex, Retrieved September 3, 2011 from <http://whc.unesco.org/uploads/nominations/1346.pdf>.

بررسی روند کربناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی براساس مطالعات پتروگرافیک

سید محمدامین امامی* سمیه نوغانی**

چکیده

فرایند کربناتیزاسیون مجدد کانی‌های کربناته در ماتریکس سفال‌های تاریخی باتوجه‌به بررسی شرایط محیط قرارگیری اثر و همچنین آسیب‌شناسی نمونه و پیش‌گیری از آسیب‌های بعدی، دارای اهمیت است. در صورتی‌که، فرایند تجزیه فازهای کربناته (مانند کلسیت CaCO_3 و یا دولومیت $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$) طی مراحل پخت سفال، کامل‌نشده و یا کلسیم اکسید (CaO) شکل‌گرفته به سبب توقف فرایند پخت، به فازهای پایدار دمای بالا تبدیل‌نشود، این ترکیب می‌تواند در مجاورت رطوبت (آب و یا بخار آب)، به فرم کلسیم هیدروکسید (پرتلندیت $\text{Ca}(\text{OH})_2$) درآید. تنش حاصل از فشار کریستالیزاسیون و افزایش حجم ناشی از رشد این فاز جدید، می‌تواند سبب ایجاد ریزترک، ترک و جدایش در ساختار سفال گردد. همچنین، پرتلندیت قابلیت جذب کربن دی‌اکسید را دارد و پس از جذب (CO_2) ، به تشکیل کریستال‌های کلسیت ثانویه سرعت می‌بخشد. در اثر تجزیه فازهایی چون گلنیت و آنورتیت در محیط مرطوب با (pH) اسیدی نیز، کلسیت ثانویه می‌تواند تشکیل شود. فاز کربناته نسبت به محیط اسیدی بسیار حساس بوده و با جذب (H^+) ، به بی‌کربنات محلول در آب تبدیل می‌شود. پرتلندیت نیز قابلیت انحلال در آب را دارد. بنابراین، توجه به حضور دانه‌های کربناته در ماتریکس سفال هنگام فرایند مرمت، بسیار قابل توجه است.

هدف از نگاشتن این مقاله، ارزیابی فرایند کربناتیزاسیون در سفال‌های باستانی از طریق مطالعه مقاطع نازک با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان است. از این طریق، تخلخل ناشی از تجزیه فاز کربناته، روند هیدراسیون و کربناتیزاسیون مجدد کربنات، به صورت تشکیل پرتلندیت و کلسیت ثانویه، قابل بررسی است. مطالعات پتروگرافی نشانگر آن است که بررسی فرایند کربناتیزاسیون مجدد در بافت سفال تاریخی، باتوجه به عواملی چون نوع و منشأ فاز کربناته، محیط دفن و تأثیر آن بر میزان تخریب این فازها و تشکیل محصولات ثانویه کلسیم هیدروکسید و کلسیت ثانویه، امکان‌پذیر خواهد بود.

کلید واژگان: سفال باستانی، ساختارشناسی، پتروگرافی، فاز کربناته، کربناتیزاسیون مجدد.

*emami@chemie.uni-siegen.de

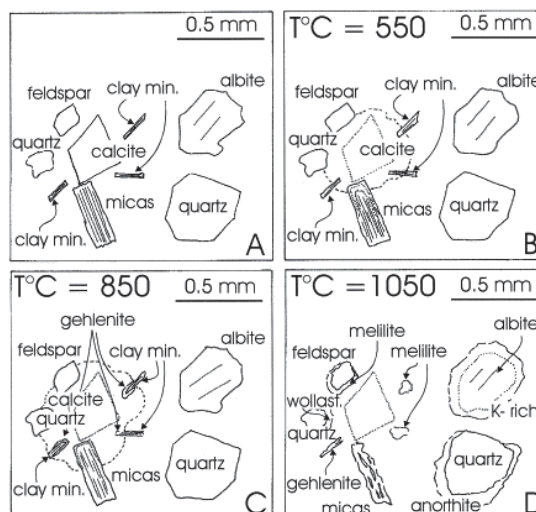
* استادیار، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

** دانشجوی دکتری، رشته مرمت اشیای تاریخی - فرهنگی، دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).

somayah.noghani@yahoo.com

مقدمه

سفال‌ها، بخش قابل توجهی از یافته‌های باستان‌شناسی را تشکیل می‌دهند. این دسته از آثار، با رویکردهای گوناگونی همچون بررسی ویژگی‌های ماکروسکوپی (شکل، رنگ، نقوش تزئینی و ...) و مطالعه ویژگی‌های میکروسکوپی، کانی‌شناسی^۱، ترکیب شیمیایی و ریزساختاری^۲، تجزیه و تحلیل می‌شوند. اطلاعات به‌دست‌آمده از بررسی ترکیب مینرالی و شیمیایی سفال‌ها، سبب شناخت منشاء و تکنولوژی تولید آنها خواهد شد. علاوه بر این، حفظ و مرمت سفال، مستلزم به‌دست‌آوردن داده‌های صحیح و دقیق از ساختار اثر است تا براساس آن بتوان راهکارهای مناسبی جهت مرمت و درمان شیء با کمترین دخل و تصرف در آن، ارائه داد. نکته مهم دیگر در این بررسی‌ها، شناخت آسیب‌ها و عوامل بالقوه آسیب‌رسان به این آثار است. سفال باستانی، محصولی ناهمگن (هتروژن)^۳ از ترکیب مواد پلاستیک یا چسبنده (کانی‌های رسی)، مواد نیمه‌پلاستیک (فیلوسیلیکات‌هایی چون بیوتیت^۴ و مسکوویت^۵) و مواد غیرچسبنده (به‌عنوان مواد افزودنی و تمپر نظیر کوارتز، فلدسپارها، و کربنات‌ها) است. حرارت، سبب پیوستگی و اتصال اجزای تشکیل‌دهنده ساختار سفال می‌شود و محصول آن، جسمی سخت متناسب با نیاز مصرف‌کننده است. مهم‌ترین تغییرات در بافت سفال، طی دو مرحله رخ می‌دهد: ۱- زمان پخت و ۲- مرحله از کارافتادگی و دفن در خاک.



تصویر ۱. طرح شماتیک تبدیل و تغییرات فازها با افزایش دما. در تصویر A دانه‌های مختلف کوارتز، کلسیت، فلدسپار، کانی‌های رسی و ... در کنار یکدیگر دیده می‌شوند (مرحله ترکیب). تصویر B ناپایدار شدن کلسیت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. در تصویر C، افزایش دما و ناپایدار شدن سایر فازها به چشم می‌خورد. در تصویر D، شکل‌گیری فازهای جدید از تجزیه و تخریب شبکه‌های کریستالین قبلی، در مرز بین دانه‌ها، رخ داده است (Riccardi et al, 1999).

تغییرات مرحله پخت

شاید بتوان گفت مهم‌ترین بخش از روند تولید سفال، فرایند پخت است که خاک را به محصولی مقاوم و مستحکم با عنوان کلی سرامیک تبدیل می‌کند. فرایند پخت، به ماهیت مواد اولیه، واکنش‌ها و انتقال مواد بین کانی‌ها - زمانی که تا دمای معینی حرارت می‌بینند- بستگی دارد. تغییرات فازی (مانند جدایش، تجزیه، جاننشینی و رشد کانی‌های جدید) در سطح مشترک^۶ کانی‌ها و ماتریکس یا دانه‌ها با یکدیگر انجام می‌شود (تصویر ۱). تغییرات دمای بالا- فشار پائین (برخلاف تبادلات دمای بالا- فشار بالا در فرایندهای زمین‌شناسی)، براساس عواملی همچون دانه‌بندی، ترکیب شیمیایی و مینرالی خاک مورد استفاده و دانه‌های تمپر، دمای پخت، مدت زمان ماندگاری در حداکثر دمای پخت، سرعت حرارت‌دهی و اتمسفر کوره اتفاق می‌افتد (Tscheegg et al, 2009).

در حالت بروز واکنش بین اجزاء، ترکیبات جدیدی تشکیل می‌شود که یا به‌صورت تشکیل و رشد مینرال‌های جدید بوده (واکنش‌های آشکار)^۷ و یا با تغییر در ترکیب یک فاز (واکنش پنهان)^۸، همراه خواهد بود (Riccardi et al, 1999). باتوجه به محصولات شکل گرفته هم‌زمان با اعمال حرارت، می‌توان دمای پخت سفال را تخمین زد. همچنین، میزان تخریب و تجزیه فازها از سویی و مقدار شکل‌گیری و رشد محصولات پخت از دیگر سو، در بحث آسیب‌شناسی سفال بسیار قابل توجه است. برای نمونه در صورتی که سرعت حرارت‌دهی هنگام پخت، زیاد بوده و زمان کافی برای شکل‌گیری فازهای جدید فراهم نشود، فازهای ناپایدار^۹ شکل خواهند گرفت (Trindade et al, 2009). این فازهای ناپایدار به مرور زمان، از عوامل بالقوه در آسیب‌پذیری سفال خواهند بود.

تغییرات زمان دفن

سفال‌های تاریخی هنگام دفن، متحمل تغییراتی می‌شوند که نوع و سرعت پیشرفت این تغییرات کاملاً به محیط قرارگیری آنها، ویژگی‌های ساختاری سفال (تخلخل، بافت، شیمی سفال، و ترکیب مینرالی آن) و همچنین مواد آلی که احتمالاً هنگام کاربری در تماس با شیء بوده‌اند، بستگی دارد. چرخه‌های دمایی، یخ‌زدگی، فشار موضعی، ترکیب آب‌های زیرزمینی، اسیدیته خاک، شرایط اشباع و همچنین محیط احیا در خاک، از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر تغییرات زمان دفن سفال در خاک است. در این میان، ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقش اصلی را در تغییرات مینرالوژیکی و شیمیایی سفال همچون انحلال فازها و یا

تغییر و تبادل در فازهای مینرالی بافت حین فرایند پخت، هنگامی رخ می‌دهد که فازهای کربناته (کلسیت و دولومیت) در بافت حاضر باشند (Cultrone et al, 2001). دانه‌های کربناتی در ماتریکس سفال‌های تاریخی در دمایی حدود ۶۵۰-۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، ناپایدار شده و باتوجه به اندازه دانه‌ها و درصد خلوص آنها، ترکیب ماتریکس و دانه‌های مجاور، شرایط اتمسفر کوره (اکسیداسیون و یا احیا)، فشار CO₂ و همچنین تأثیر عامل زمان، تجزیه و تخریب می‌شوند. برای نمونه، واکنش تجزیه کربنات تنها زمانی پیش خواهدرفت که فشار جزئی CO₂ در اتمسفر بالای سطح جامد، کمتر از فشار حاصل از تجزیه کلسیت (و یا دولومیت) باشد (Stanmore & Gilot, 2005).

تجزیه کلسیت در ماتریکس‌های رسی در دمایی بین ۶۵۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد آغاز شده و تقریباً در دمای ۹۰۰ درجه پایان می‌یابد. ضمن اینکه، تجزیه کلسیت در نتیجه دِیدروکسیل شدن (از دست دادن آب شیمیایی) کانی‌های رسی، نیز صورت می‌پذیرد (Tschegg et al, 2009). کلسیت می‌تواند با مقادیر بسیار اندک حتی تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد هم در بافت باقی‌بماند در حالی که، دولومیت تقریباً تا دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل تجزیه می‌شود (Trindade et al, 2009).

محصولات عمده ناشی از تجزیه کربنات‌ها در نزدیکی آلومینوسیلیکات‌ها و کوارتز با حضور کلسیت عبارتند از: گلنیت^{۱۷}، ولاستونیت^{۱۸}، آنورتیت^{۱۹}، نانویه، لارنیت^{۲۰} و با حضور دولومیت عبارتند از: دیوپسید^{۲۱}، انستاتیت^{۲۲}، مونتیسلیت^{۲۳}، فورستريت^{۲۴}، پریکلز^{۲۵} و اسپینل^{۲۶} (Cultrone et al, 2001; Trindade et al, 2009; Riccardi et al, 1999). هریک از این محصولات، در محدوده دمایی معینی پایدار بوده و می‌توانند به‌عنوان ترمومتر^{۲۷} هنگام مراحل پخت، مورد توجه قرار گیرند.

به‌طور کلی، تأثیرات عمده حضور کربنات‌ها در سفال عبارتند از کاهش دمای ذوب در رس‌های کربناته به‌سبب نقش گدازآوری یون‌های کلسیم و منیزیم (Reedy, 2008: 110) افزایش تخلخل در ماتریکس با تجزیه فاز کربناته و آزاد شدن کربن دی‌اکسید (Riccardi et al, 1999) ایجاد رنگ‌های متمایل به زرد و نخودی در بافت سفال به‌دلیل تشکیل گلنیت و دیوپسید در حضور کربنات‌ها (Nodari et al, 2004) تغییر ضریب هدایت گرمایی سفال و افزایش کارپذیری در خمیر رسی (Marineau et al, 2007)، ایجاد خاصیت ضدآب در سفال با استفاده از ترکیبات صدفی (Reedy, 2008: 143) و البته، آسیب‌پذیری بیشتر شیء

شکل‌گیری رسوبات درون خلل و فرج سفال دارد (Secco et al, 2011). ضمن اینکه، تأثیر نوع و شدت عوامل جوی، میزان کربن دی‌اکسید و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در محوطه‌های تاریخی را هم نباید از نظر دور داشت. پدید آمدن تغییرات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مؤثر بر اشیای تاریخی پس از قرارگیری آنها در خاک، در حوزه باستان‌شناسی با واژه دیانز^{۱۰} شناخته می‌شود. این تغییرات عبارتند از: پدیده‌های حل‌شدگی^{۱۱}، رسوب‌گذاری^{۱۲}، سخت و سمنه شدن^{۱۳} و ...، که باتوجه به نوع ماده، طول زمان و میزان خلل و فرج و شکستگی‌ها در آثار، متفاوت خواهند بود (Goffer, 2007: 212). در این مرحله نیز، حضور کربنات‌ها بسیار تأثیرگذار است.

مطالعه ساختار سفال و پاسخ به پرسش‌هایی همچون چگونگی تولید و تغییرات بافت با گذشت زمان، از طریق مطالعات روش‌مندی چون انواع روش‌های میکروسکوپی (میکروسکوپ پلاریزان^{۱۴}، ... و SEM، AFM)، شناسایی ترکیب شیمیایی (شیمی‌تر، AAS، EDX، XRF و ...)، شناسایی ترکیب مینرالی و فازی (میکروسکوپ پلاریزان، XRF)، روش‌های آنالیز حرارتی (DTA، TGA، DSC) و سایر آنالیزهای دستگاهی کاربردی در این حوزه، صورت می‌گیرد. پرسش اساسی این پژوهش بر مطالعه روند تغییرات فاز کربناته در ساختار سفال‌های باستانی استوار است که عبارت است از:

پارامترهای بررسی فرایند تخریب و کریستالیزاسیون مجدد دانه‌های کربناته‌ای چون کلسیت^{۱۵} و دولومیت^{۱۶} از طریق پتروگرافی مقاطع نازک سفال کدام است.

تأثیرات حضور فاز کربناته در بافت سفال‌های تاریخی

کربنات‌ها باتوجه به درجه حرارت تجزیه و حساسیت نسبت به محیط‌های اسیدی و رطوبت، از فازهای دارای قابلیت واکنش‌پذیری بالا در ساختار سفال‌های تاریخی هستند. منشاء این ترکیبات می‌تواند ناشی از منبع خاک مورد استفاده برای تهیه سفال، سنگ آهک و مرمر و یا تنوع گسترده‌ای از میکروفسیل‌ها و ترکیباتی چون پوسته صدف باشد (Riederer, 2004). این اجزا می‌توانند به‌صورت آگاهانه (به‌عنوان ماده افزودنی) از سوی سفالگر به ترکیب مواد اولیه تولید سفال، افزوده شده و یا ناخواسته و ناآگاهانه، به‌دلیل حضور در خاک، وارد ترکیب مینرالی سفال شوند. چگونگی توزیع، پراکندگی، اندازه و شکل دانه‌های کربناته نیز می‌توانند معرف افزودن آگاهانه و یا ناخواسته این مواد به ترکیب سفال باشند.

بنابر مطالعات صورت گرفته در ماتریکس سفال، بیشترین

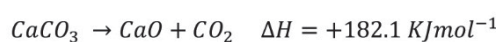
نسبت به شرایط محیطی.

افزون بر شکل گیری ترکیبات جدید مینرالی حین فرایند پخت و در حضور کربنات‌ها، نکته قابل توجه از جنبه آسیب‌شناسی سفال‌های تاریخی، تشکیل کلسیم اکسید (CaO) زمان پخت و کلسیت ثانویه در مرحله قرارگیری شیء در خاک است.

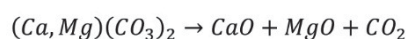
آسیب‌شناسی حضور کربنات‌ها در بافت سفال

همان‌طور که گفته شد، در محدوده دمایی ۶۵۰-۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، تخریب فاز کربناته آغاز می‌گردد. این مرحله، به صورت تجزیه کلسیت و یا دولومیت و شکل گیری آهک (CaO) خواهد بود (واکنش‌های ۱ و ۲).

تجزیه ناقص دانه کربناته و باقی ماندن کلسیم اکسید در بافت سفال، در کاهش پایداری و استحکام آن نقش قابل توجهی دارد. در صورتی که کلسیم اکسید تولید شده در این فرمول واکنش تجزیه کلسیت (واکنش ۱):



فرمول واکنش تجزیه دولومیت (واکنش ۲):



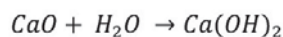
مرحله، به هر دلیلی وارد واکنش نشده و فازهای پایدار مرحله پخت در دمای بالا شکل‌گیرند؛ این فاز از عوامل تأثیرگذار در ایجاد آسیب‌های آتی برای شیء خواهد بود. لازم به یادآوری است که آهک همراه خاک مورد استفاده در مواد اولیه، می‌تواند وارد ساختار سفال شده و در صورت پخت ناقص، بدون تغییر در بافت باقی مانده و در شرایط محیط دفن، دچار تغییر و تبدیل گردد.

کلسیم اکسید، به شدت آب‌دوست بوده و در دمای حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵٪، با جذب رطوبت به فرم پرتلندیت (کلسیم هیدروکسید: $Ca(OH)_2$) در خواهد آمد (واکنش ۳). فشار کریستالیزاسیون پرتلندیت و افزایش حجم ناشی از شکل‌گیری این ترکیب، می‌تواند سبب ایجاد ترک و تنش‌های مکانیکی در ساختار سفال شود (Cultrone et al, 2001).

علاوه بر این، پرتلندیت در حضور کربن دی‌اکسید می‌تواند دوباره به کلسیت تبدیل شود (فرایند کربناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه) (واکنش ۴). همان‌طور که پیش از این اشاره شد، کلسیت ثانویه، به سبب ساختار کریستالین و اندازه دانه‌ها، از کلسیت اولیه متفاوت است.

همچنین CaO، طی فرایند سرد شدن قطعه پس از پخت می‌تواند به بخار آب موجود در محیط واکنش داده، به شکل پرتلندیت در بافت سفال ظاهر شده و سپس با جذب

فرمول جذب آب توسط کلسیم اکسید و تشکیل پرتلندیت (واکنش ۳):



فرمول تشکیل کلسیت ثانویه در حضور کربن دی‌اکسید



کربن دی‌اکسید موجود در اتمسفر کوره، کلسیت ثانویه تشکیل دهد (Bertolino et al, 2008). کربناتیزاسیون یک واکنش گرمازا است (برخلاف تجزیه کربنات‌ها که گرماگیر است؛ $\Delta H = +182.1 \text{ KJmol}^{-1}$) که با افزایش دما، سرعت واکنش به سمت تشکیل کلسیت ثانویه از آهک و یا پرتلندیت، کاهش خواهد یافت.

در این مرحله (شکل‌گیری پرتلندیت و کلسیت ثانویه)، اندازه خلل و فرج و حفره‌های موجود در ساختار سفال، حائز اهمیت بوده به گونه‌ای که بر اثرات تخریبی فشار کریستالیزاسیون تأثیری گذارند. تشکیل محصولات ثانویه با افزایش حجم و فشار کریستالیزاسیون و سرعت هیدراسیون سریع، در خلل و فرج کوچک‌تر، نتایج تخریبی بیشتری خواهد داشت (Dei et al, 1999).

شکل‌گیری کلسیت ثانویه از مسیرهای دیگر نیز ممکن است. این ترکیب از تجزیه محصولات پخت همچون گلنیت، آنورتیت ثانویه و حتی برخی زئولیت‌ها در محیط‌های دفن بسیار مرطوب و یا مرطوب-اسیدی، نیز تشکیل می‌گردد (Heimann & Maggetti, 1981).

لازم به یادآوری است که پریکلاز (MgO) حاصل از تجزیه دولومیت، در دمایی حدود ۷۰۰ درجه شکل گرفته، در دمای ۹۰۰ درجه بیشترین میزان پایداری را داشته و دوباره حدود ۱۰۰۰ درجه ناپایداری می‌گردد و وارد واکنش می‌شود (Trindade et al, 2009). در صورت باقی ماندن پریکلاز در بافت سفال‌هایی با درجه حرارت پخت کمتر از ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، واکنش این فاز نسبت به رطوبت محیط کندی‌شود و ممکن است حتی پس از سال‌ها به منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2$) و احتمالاً در نهایت به هی درومگنزیت^۸ ($Mg_3(CO_3)_4(OH).4H_2O$) تبدیل گردد (Cultrone et al, 2001).

این فاز درشت مولکول، در صورت ایجاد شدن می‌تواند با تولید تنش‌های مکانیکی در ساختار سفال سبب ایجاد ریز ترک و ترک شود. البته، پدیده جذب آب در فاز دولومیتی در زمینه ملات‌ها به صورت پدیده (ASR: Alkali Silica Reaction)، با توجه به اثرات تخریبی آن، بسیار حائز اهمیت خواهد بود. افزون بر اثرات ناشی از فشار کریستالیزاسیون در ایجاد و رشد ترکیباتی چون پرتلندیت و کلسیت ثانویه، پدیده انحلال فازهای کربناته نیز بخشی از فرایندهای تخریبی ساختار سفال‌های تاریخی را در بر می‌گیرد. عوامل مؤثر بر

مطالعه فرایند کربناتیزاسیون مجدد در بافت سفال با استفاده از پتروگرافی مقاطع نازک

فرایند کربناتیزاسیون (کربونیزه شدن)، ذخیره شدن کربن دی اکسید به فرم پایدار در یک شبکه مینرالی (کربنات‌ها) بوده و واکنشی گرم‌زا است (Stanmore & Gilot, 2005). این فرایند می‌تواند با حضور کربن دی اکسید در مجاورت با ترکیباتی مانند Ca(OH)_2 و CaO صورت پذیرد که محصول آن، کلسیت ثانویه خواهد بود.

برای بررسی تغییرات فازهای کربنات‌ها در بافت سفال تاریخی، با استفاده از روش پتروگرافی^۹ مقاطع نازک، نمونه‌های به دست آمده از چهار محوطه تاریخی شامل سایت تخت جمشید، سایت هفت تپه، سایت چغازنبیل و سایت گوهر تپه (نکا، مازندران) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در جدول ۱، اطلاعات نمونه‌ها به صورت خلاصه ارائه شده است. حضور فاز کربنات‌ها در این نمونه‌ها، براساس نتایج آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD) و فلورسانس اشعه ایکس (XRF)، اثبات شده است. این تنوع مکانی، صرفاً از لحاظ تعداد نمونه‌های مورد مطالعه با توجه به هدف پژوهش بوده است. از این رو، مباحثی چون ساختارشناسی هریک از این نمونه‌ها، طبقه‌بندی ساختاری آنها، تخمین دمای پخت، تأثیر شرایط محیطی بر بافت سفال و نتایج آنالیزهای دستگاهی درباره سایر فازهای موجود در ساختار، مطرح نیست (جدول ۱).

پتروگرافی یا بررسی مقاطع نازک نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (نوری - عبوری)، ابزاری کاربردی و کم‌هزینه برای مطالعه ماتریکس سفال‌های تاریخی، دانه‌های تمپر، ارتباط ماتریکس و دانه‌ها، خلل و فرج، تجمع محصولات ثانویه، فرایندهای تخریب کانی‌های موجود در ساختار سفال و ... است. درواقع، افزون بر به دست آوردن اطلاعاتی درباره تکنولوژی تولید شیء، می‌توان تغییرات زمان پس از دفن^{۳۰} را هم که بر ترکیب شیمیایی و پایداری قطعه تأثیرگذار است، بررسی و مطالعه کرد. در این مقاله، نمونه‌های مورد مطالعه تنها از نقطه نظر حضور کربنات‌ها و تغییرات آنها براساس مشاهدات پتروگرافیک بررسی شده‌اند.

همان‌طور که گفته شد، فاز کربنات‌ها به تدریج از دمای حدود ۶۵۰-۷۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شود که نتیجه نفوذ کاتیون‌های کلسیم (یا منیزیم در حضور دولومیت) به ماتریکس و دانه‌های مجاور و در نهایت، تسریع در شکست پیوندهای درون شبکه‌ای فیلوسیلیکات‌ها و شکل‌گیری ترکیباتی تازه با توجه به درجه حرارت پخت خواهد بود. درواقع، کاتیون‌های Ca^{+2} (Mg^{+2}) با نفوذ به شبکه‌های سیلیسی، نقش گداز آور دارند و با قرار گرفتن این کاتیون‌ها در شبکه‌های سیلیکاته و فراهم آمدن

انحلال پذیری فاز کربنات‌ها عبارتند از: ۱- اسیدیته (pH)، ۲- فشار CO_2 ، ۳- دما (افزایش دما، سبب کاهش انحلال پذیری کلسیت می‌شود)، ۴- حضور گیاهان (با تولید کربندی اکسید و یا ترشح اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک از ریشه‌ها)، ۵- اندازه دانه‌ها (اندازه کوچک‌تر با انحلال پذیری بیشتر همراه خواهد بود) و ۶- تأثیر سایر یون‌های موجود در محیط و قابلیت تبادل یون (برای نمونه تبادل آنیون سولفات بین کلسیت و ژئپس).

قرار گرفتن در محیط اسیدی و یا آب یونیزه شده (H^+ ، OH^-)، سبب تبدیل فاز کربنات نامحلول به بی کربنات محلول در آب می‌شود. در نتیجه، این فاز همراه با آب آزاد می‌تواند از ساختار سفال خارج شده و سبب ایجاد ناپایداری در ساختار گردد. همچنین، امکان انحلال پرتلندیت در آب و خروج آن از شبکه سفال نیز وجود دارد (Maggetti, 2001).

سفال‌های کربنات‌ها و فرایند مرمیت

نکته قابل توجه در شناسایی فاز کربنات‌ها در ساختار سفال‌ها، مهم بودن انتخاب روش و مواد مناسب در مرحله انجام عملیات تمیزکاری (نمک زدایی و رسوب زدایی) این دسته از آثار است. از پدیده‌های قابل مشاهده در سرامیک‌های تاریخی، رشد نمک‌های درشت مولکول و آب دوست در آنها به سبب قرار گرفتن در شرایط نامطلوب پس از انجام عملیات مرمیت و طولانی مدت است. برای نمونه، نمک غیر مرسوم آمونیوم کارنالیت: $\text{NH}_4\text{MgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در نتیجه تمیزکاری دو مرحله‌ای آثار سرامیکی حاوی دولومیت و یا سایر کانی‌های منیزیم دار با هیدروکلریدریک اسید و آمونیا، تشکیل می‌شود (Wheeler & Wypyski, 1993). همچنین، شکل گیری «calclacite»: $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ در اثر درمان سفال‌های کربنات‌ها با هیدروکلریدریک اسید و تشکیل شوره «thecotrichite»: $\text{Ca}_3(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Cl}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ در نمونه‌های حاوی کلسیم کربنات آلوده شده با یون‌های کلرید و نیتрат (در محیط و یا زمان درمان) و سپس قرارگیری در معرض بخار استیک اسید، گزارش شده است (Gibson, 2005; Linnow et al, 2007).

باتوجه به امکان انحلال فاز کربنات‌ها در pH اسیدی و همچنین انحلال در آب و خروج از بافت سفال برای فازهای بی کربنات و پرتلندیت، همواره باید حساسیت فاز کربنات‌ها نسبت به رطوبت مدنظر قرار گیرد. بنابراین، ساختارشناسی سفال‌های تاریخی پیش از پرداختن به امر مرمیت، بنابر حساسیت برخی فازها در ماتریکس اثر، بسیار ضروری است.

جدول ۱. معرفی نمونه‌ها و نتایج آنالیزهای XRF, XRD آنها بر مبنای حضور فاز کربناته.

شماره تصویر	کد نمونه	سایت	درصد CaO در نمونه بر اساس آنالیز XRF	شناسایی کلسیت در آنالیز XRD
تصاویر ۲ و ۳	CZ.80-14-35	چغازنبیل	۱۶/۰۵	✓
تصویر ۵	CZ.81-588c-502	چغازنبیل	۱۶/۳	✓
تصویر ۶	CZ.81-724-61	چغازنبیل	۱۴/۷	✓
تصویر ۷	CZ.81-588c-325	چغازنبیل	۲۴/۹۳	✓
تصویر ۱۰	CZ.80-725-274	چغازنبیل	----	✓
تصویر ۱۶	CZ.80-725-428	چغازنبیل	----	✓
تصاویر ۱۲ و ۱۳	CZ.80-625-80	چغازنبیل	۳۵	✓
تصویر ۹	HT.78-7,2	هفت تپه	۲۶/۵	✓
تصویر ۱۱	HT.80-131-8	هفت تپه	۲۳/۳۳	✓
تصاویر ۴ و ۸	(TJ 94 (8321	تخت جمشید	۵/۹۲	✓
تصویر ۱۴	(TJ 91 (8323	تخت جمشید	----	✗
تصویر ۱۵	GHm2.1	گوهرتپه	----	----

(نگارندگان)

پایداری پریکلاز در دماهای بالا، سبب می‌شود این فاز یکی از مواد اصلی در ترکیبات نسوز باشد (تصویرهای ۶-۵).
آب‌گیری کربنات تجزیه شده و تشکیل پرتلندیت (کلسیم هیدروکسید: Ca(OH)_2)، یکی از مراحل مهم تبدیلات کانی‌های کربناته در سفال‌های باستانی است. بر اثر این فرایند، اطراف بافت کربناته به صورت آهک آبدار و یا پرتلندیت با رنگ آبی زیر نور پلاریزه شناخته می‌شوند. افزایش حجم و فشار کریستالیزاسیون این فاز جدید از سویی و احتمال انحلال آن در آب از سوی دیگر، خطر آسیب دیدگی سفال را بیشتر می‌کند (تصویرهای ۸-۷).
بررسی فازها و تبدلات آنها در بافت سفال‌ها را باید در



تصویر ۲. دانه کلسیت در بافت سفالی متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: $10\times$ (نگارندگان).

فرصت مناسب برای تشکیل ترکیبات جدید، محصولات هم‌چون: گلنیت، ولاستونیت و آنورتیت ثانویه شکل می‌یابند.
در (تصویر ۲)، فاز کلسیت تجزیه نشده قابل مشاهده است. باقی ماندن این فاز بدون تخریب در ساختار سفال، احتمالاً به دلیل دانه‌های درشت، کافی نبودن درجه حرارت پخت و یا زمان ماندگاری در بیشترین درجه حرارت پخت است. لیکن شروع واکنش‌ها را در ارتباط بین مرز دانه کلسیت با ماتریکس سفال می‌توان دید. (تصویر ۳)، ادامه فرایند کلسینه شدن، تخریب کربنات و خروج (CO_2) را بر اثر حرارت نشان می‌دهد. در مرکز این فاز، کریستال‌های کلسیت اولیه باقی مانده که به تدریج و در حاشیه، فرایندهای تخریب این فاز و تشکیل کلسیم اکسید، مشاهده می‌شود. این تصویر با بزرگ‌نمایی دوبرابر نسبت به نمونه قبل آماده شده است. اگرچه، هر دو تصویر متعلق به مقطع نازک یک نمونه است اما، کوچک‌تر بودن دانه کلسیت در (تصویر ۳)، امکان تجزیه بیشتر آن را فراهم کرده است. باقی ماندن CaO در بافت به دلیل درشتی دانه را می‌توان در (تصویر ۴) نیز مشاهده کرد. فرایند تجزیه فاز کربناته می‌تواند تا تخریب کامل این فاز و باقی ماندن فضای خالی به جای آن، ادامه یابد. در این حالت، یون‌های تشکیل دهنده این کانی‌ها، به بافت مجاور مهاجرت کرده و احتمال تشکیل ترکیبات جدید در این ماتریکس بسیار بیشتر خواهد بود. اگرچه این ترکیبات تازه رشد یافته، به سبب ریزدانه بودن از طریق پتروگرافی دیده نمی‌شوند. درباره تجزیه دولومیت، نکته قابل توجه تشکیل فاز پایدار پریکلاز (MgO) به صورت حاشیه‌ای قرمز رنگ در اطراف دانه تجزیه شده است.

(تصویرهای ۱۱-۱۰). اندازه دانه‌های کلسیت ثانویه، به شرایط تشکیل این فاز و البته بازه زمانی سپری شده، بستگی دارد. تفاوت ساختاری کلسیت اولیه و ثانویه از لحاظ شبکه کریستالوگرافی را می‌توان براساس مطالعات گنوسکوپیک^{۳۱} مشاهده نمود. در (تصویرهای ۱۳-۱۲)، این تفاوت دیده می‌شود. ایزوگیر (نوار سیاه‌رنگ) در (تصویر ۱۲)، نشانگر ساختار دومحوری کلسیت اولیه بوده که این مورد در (تصویر ۱۳)، کلسیت ثانویه به سبب ریزدانه بودن ساختار آهکی و زیادبودن بیرفرنژانس^{۳۲}، قابل دیدن نیست بلکه به صورت رنگین کمائی انتهای جدول میشل لوی^{۳۳}، دیده می‌شود.

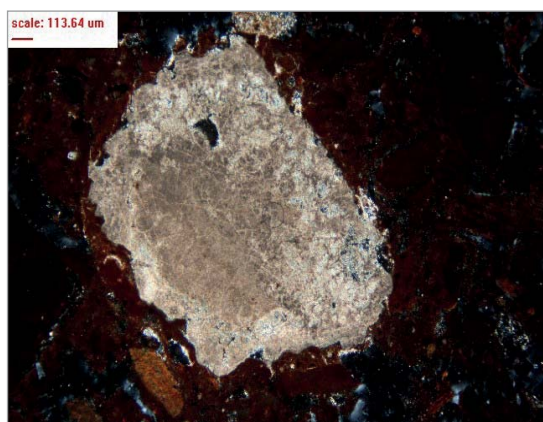
تبادلات فاز کربناته و تشکیل پرتلندیت در تصویر ۱۴ نیز قابل مشاهده است. در اینجا، فاز کربناته اولیه (احتمالاً با منشاء سنگ مرمر)، با افزایش درجه حرارت در زمان پخت، به تدریج دچار تخریب شده و کلسیم اکسید شکل گرفته است. روند تجزیه این فاز با توجه به درشت دانه بودن و یا توقف پخت، ادامه نیافته و به صورت کلسیت اولیه در بافت باقی مانده، اما CaO حاصل از تجزیه آن به مرور زمان با رطوبت واکنش داده و نوار پرتلندیت در اطراف کلسیت اولیه شکل گرفته است. فضای خالی ایجاد شده، ناشی از تجزیه کلسیت و انتقال بخشی از مواد به ماتریکس مجاور فاز است.

همان‌طور که گفته شد، اتمسفر کوره نیز در تجزیه کربنات‌ها نقش قابل توجهی دارد. برجای ماندن دانه‌های کربناته در بافت سفال خاکستری به سبب تبدیل اتمسفر اکسیداسیون

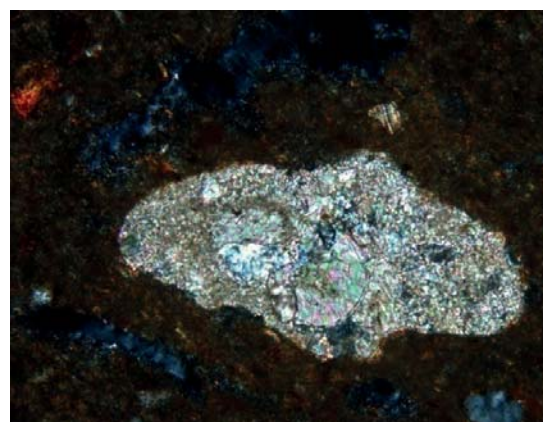
هر سه بعد در نظر گرفت. در (تصویر ۸)، باوجود این تصور که باید فرایندهای تخریب و تبادلات کانی‌ها از حاشیه و مرزهای بیرونی آغاز شوند، تخریب فاز کربناته از مرکز و درون آن شروع شده به گونه‌ای که مراحل آغازین انحلال فاز قابل مشاهده است. مقاطع نازک، تنها یک برش حدود ۲۵ میکرون از مقطع سفال بوده که براین اساس، احتمال تبادلات فاز را باید در یک هندسه سه‌بعدی در نظر گرفت. فرایند کلسینه شدن (تجزیه کربنات) و هیدراسیون دانه‌های کربناته حتی در دو دانه نزدیک به هم نیز، می‌تواند متفاوت باشد. ضمن اینکه، تفاوت جهت محوره‌های کریستالوگرافی کانی زیر میکروسکوپ پلاریزان هم می‌تواند سبب تفاوت رنگ‌ها در مقطع نازک یک کانی باشد.

تخریب فاز کربناته در (تصویر ۹)، قابل مشاهده است. بخشی از فاز تجزیه شده و نتیجه تخریب آن، ایجاد تخلخل در حاشیه فاز است. نکته قابل توجه آن که، هیدراسیون کامل یک دانه کربناته در نزدیکی دانه کلسیتی دیگر است که آغاز هیدراسیون را در حاشیه‌های آن می‌توان دید. نزدیکی دانه به سطح یا نزدیکی آن به مجاری حاوی رطوبت، می‌تواند عامل این تفاوت باشد.

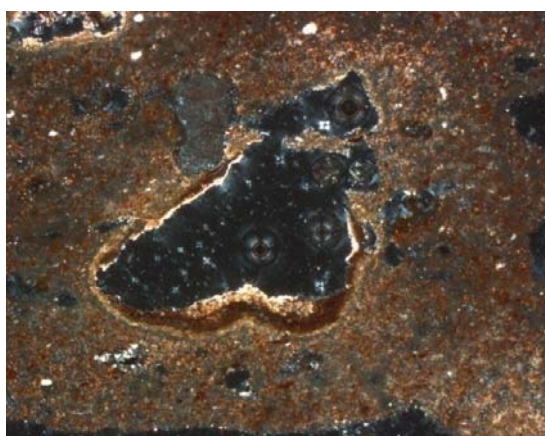
تشکیل کلسیت ثانویه در ادامه فرایند کربناتیزاسیون، با شرایط محیطی مناسب و حضور کربن دی‌اکسید اتفاق می‌افتد. تفاوت کلسیت ثانویه با فاز کربناته اولیه، اختلاف محوره‌های کریستالوگرافی و ریزدانه بودن آن است. فازهای ثانویه، تحت تأثیر شرایط محیطی، در حاشیه فازها و یا مکان مناسب جوانه‌زنی در زوایای خلل و فرج، شکل می‌گیرند. کلسیت ثانویه می‌تواند از پرتلندیت، تبدیل مستقیم کلسیم اکسید، و یا تجزیه فازهایی همچون گلنیت و آنورتیت تشکیل شود



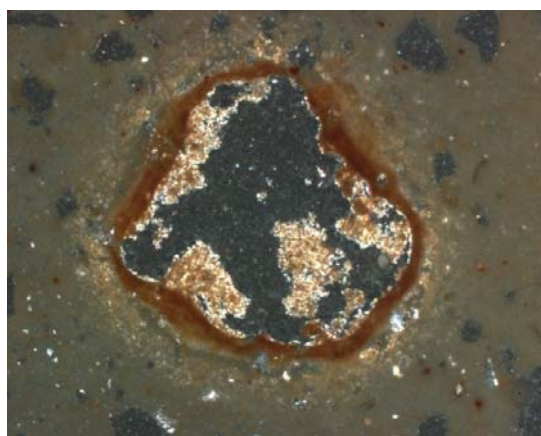
تصویر ۴. باقی ماندن کلسیم اکسید در بافت. نمونه متعلق به محوطه تخت جمشید. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۴X (نگارندگان).



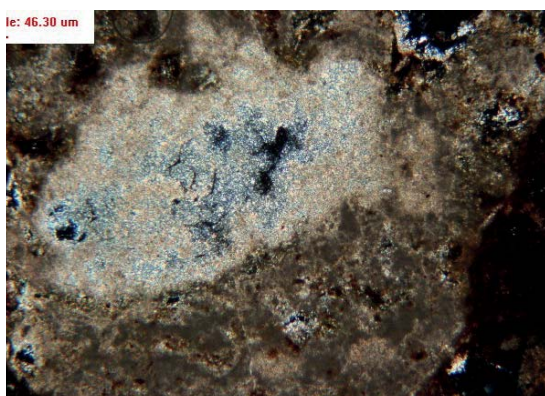
تصویر ۳. دانه کلسیت در حال تخریب بر اثر حرارت، نمونه متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۲۰X (نگارندگان).



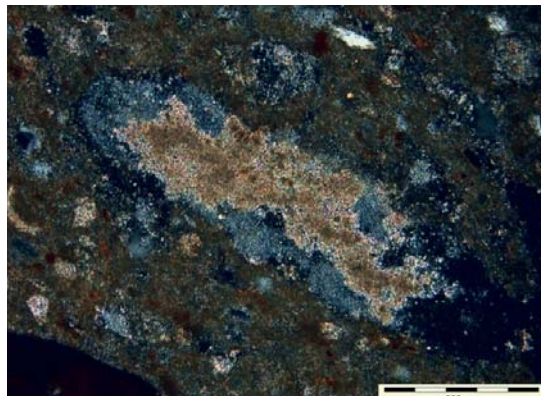
تصویر ۶. تخریب کامل فاز کربناته و ایجاد فضای خالی (تخلخل) در بافت، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۵X (نگارندگان).



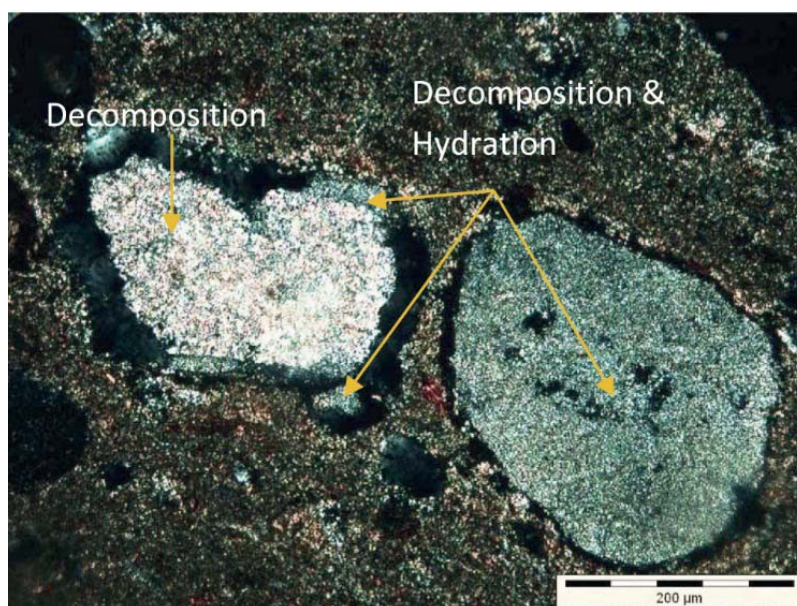
تصویر ۵. تخریب فاز دولومیتی بر اثر حرارت و باقی ماندن پریکلز در حاشیه، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۵X (نگارندگان).



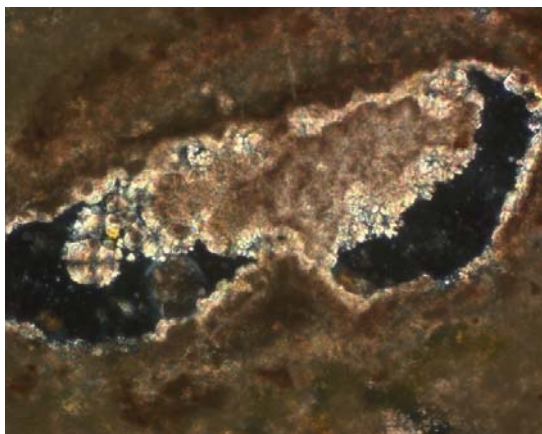
تصویر ۸. تخریب و هیدراسیون کلسیم اکسید، شکل گیری پرتلندیت در فاز آهکی. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۱۰X (نگارندگان).



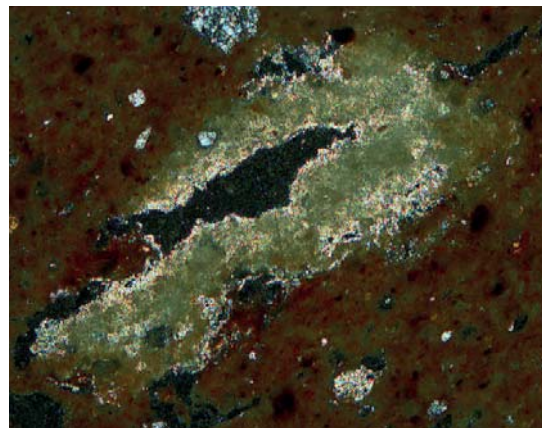
تصویر ۷. هیدراسیون کلسیم اکسید و تشکیل پرتلندیت، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۱۰X (نگارندگان).



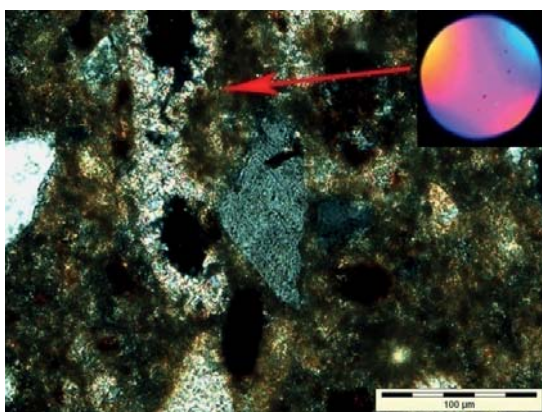
تصویر ۹. تجزیه و هیدراسیون کانی‌های کربناته، نمونه‌ای متعلق به هفت تپه. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۲۰X (نگارندگان).



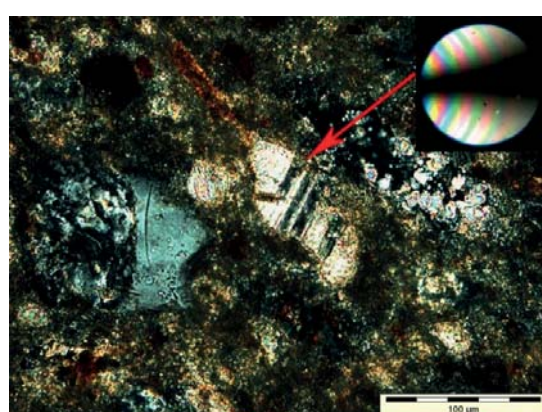
تصویر ۱۱. تشکیل کلسیت ثانویه در حاشیه فاز کربناته، نمونه‌ای متعلق به هفت‌تپه. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۱۰X (نگارندگان).



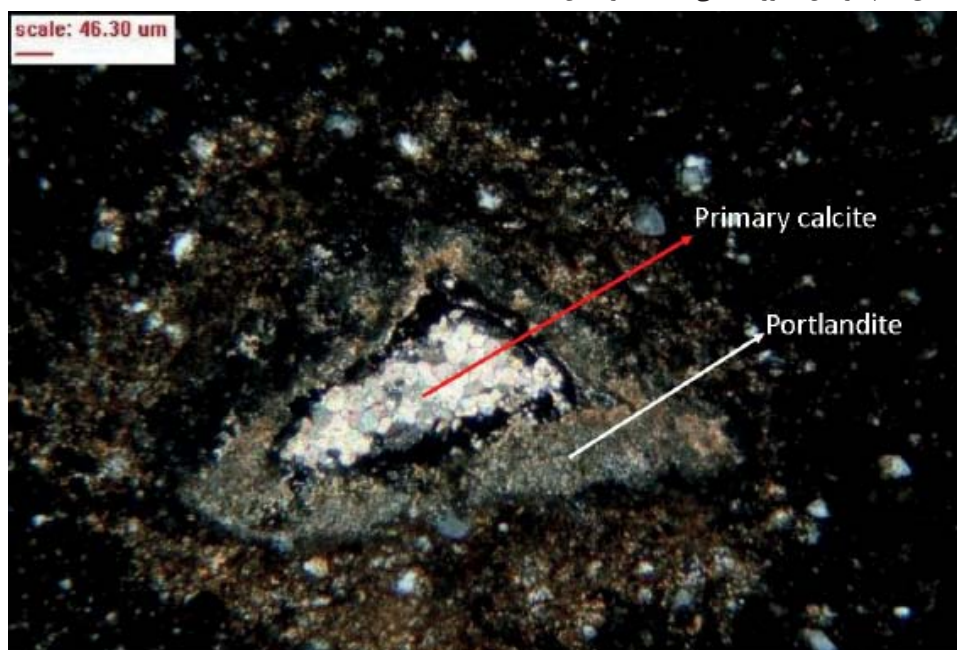
تصویر ۱۰. تشکیل کلسیت ثانویه در حاشیه فاز کربناته، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۱۰X (نگارندگان).



تصویر ۱۳. تصویر کنوسکوپی از محورهای کریستالوگرافی کلسیت ثانویه، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل با بزرگ‌نمایی ۴۰X (نگارندگان).



تصویر ۱۲. تصویر کنوسکوپی از محورهای کریستالوگرافی کلسیت اولیه در نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل با بزرگ‌نمایی ۴۰X (نگارندگان).



تصویر ۱۴. فرایند کربناتیزاسیون، کلسیت اولیه، ثانویه و پرتلندیت، نمونه‌ای متعلق به محوطه تخت جمشید. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: ۱۰X (نگارندگان).

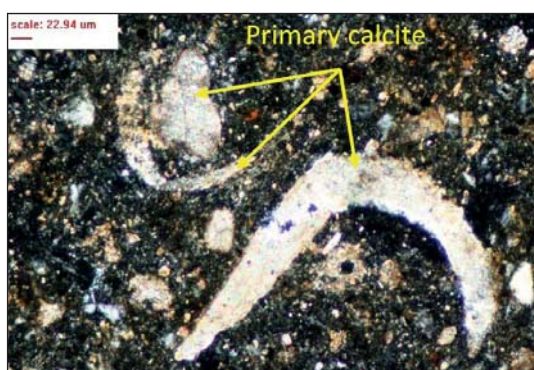
به احیا، طی فرایند پخت و در نتیجه، عدم تجزیه فاز کربناته به دلیل افزایش فشار جزئی (CO_2)، نکته مهمی است که در مقاطع نازک نیز دیده می‌شود (تصویر ۱۵). در این تصویر، اگرچه دانه‌های کربناته بر اثر درجه حرارت پخت، به تدریج آماده تخریب شده‌اند لیکن اتمسفر احیا، تجزیه آنها را بر اثر حرارت، به تأخیر انداخته‌است. نکته دیگر در این نمونه، منشاء فاز کربناته است. مورفولوژی این دانه‌ها، منشاء صدفی آنها را آشکار می‌سازد.

بقایای پوسته‌های صدفی، در منشأیابی سفال یا تحلیل

ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در مقیاسی گسترده، می‌توانند نقش به‌سزایی داشته باشند (تصویر ۱۶). بررسی ژئومورفولوژی خاک مورد استفاده در تولید سفال و همچنین تکنولوژی تولید، از لحاظ عادات و یا رسوم سفالگری در یک منطقه، نوع ماده پرکننده و چگونگی آماده‌سازی آن (مانند در دسترس بودن، ایجاد برخی ویژگی‌های مطلوب سفالگر احتمالاً با روش آزمون و خطا و ...)، از آن جمله است. البته، احتمال رویارویی با این بقایا در مقاطع نازک سفال‌های تاریخی تا اندازه زیادی به فاکتور شانس بستگی دارد.



تصویر ۱۶. حضور بقایایی از صدف حلزونی در ماتریکس، نمونه‌ای متعلق به چغازنبیل. قسمت‌های تیره، تجمع آهن و قسمت‌های روشن، بافت کربناته است. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، بزرگ‌نمایی: $20\times$. (نگارندگان).



تصویر ۱۵. باقی ماندن کلسیت (با منشاء صدفی) در بافت سفال خاکستری، نمونه‌ای متعلق به گوهرتپه. تصویربرداری با میکروسکوپ پلاریزان، نور پلاریزاتور + آنالیزاتور، با بزرگ‌نمایی: $20\times$ (نگارندگان).

نتیجه‌گیری

حضور فازهای کربناته همچون کلسیت و دولومیت (با منشأهای مختلف)، تأثیرات قابل‌توجهی بر ساختار سفال دارد. طی فرایند پخت و در اثر تجزیه این فازها، ترکیبات ثانویه‌ای شکل می‌گیرد که برخی پایدار بوده و سبب ایجاد استحکام ساختار و تغییر رنگ ماتریکس می‌شوند و برخی هم به سبب کامل نشدن واکنش‌ها به صورت ناپایدار در بافت باقی می‌مانند.

در پژوهش حاضر، تلاش شد با بهره‌گیری از روش پتروگرافی مقاطع نازک با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان به عنوان روش مطالعاتی به نسبت ساده و کم‌هزینه در مقایسه با سایر روش‌های آنالیز، ماتریکس تعدادی نمونه سفال از چهار محوطه تاریخی، چغازنبیل، هفت‌تپه، تخت‌جمشید و گوهرتپه نکا مطالعه شده و فرایند کربناتیزاسیون مجدد آنها، بررسی شود. ضرورت این امر، ایجاد حساسیت نسبت به انتخاب روش و مواد مورد استفاده در مرمت سفال است.

این بررسی نشان می‌دهد پارامترهای مدنظر برای مطالعه فرایند کربناتیزاسیون مجدد در پتروگرافی مقاطع نازک سفال، عبارتند از: ۱- بررسی تخلخل‌های موجود در بافت سفال از لحاظ شکل و پُر یا خالی بودن با توجه به تجزیه و خروج فاز کربناته، شکل‌گیری کریستال‌های جدید، بررسی ارتباط تخلخل و ماتریکس پیرامون آن از جهت نفوذ یون‌های ناشی از تجزیه فاز و تشکیل فازهای جدید، ۲- بررسی نوع (منشاء سنگ، فسیل یا پوسته صدفی)، اندازه و پراکندگی دانه کربناته، ۳- بررسی میزان تخریب دانه کربناته و در نتیجه شرایط پخت (دما و اتمسفر کوره) و ۴- بررسی محیط قرارگیری نمونه از لحاظ حضور رطوبت و میزان اسیدیته، ۵- شناسایی ترکیبات ثانویه‌ای



همچون کلسیم اکسید (ناشی از تجزیه کربنات)، پرتلندیت و کلسیت ثانویه باتوجه به ویژگی‌های نورانی و ساختاری کانی‌ها در برابر نور پلاریزه و مقطع نازک.

تشکیل (CaO)، بر اثر تجزیه فاز کربناته و باقی ماندن آن در بافت به صورت آزاد، با شکل‌گیری پرتلندیت (کلسیم هیدروکسید) و در پی آن کلسیت ثانویه همراه خواهد بود (فرایند کربناتیزاسیون مجدد). فشارهای ناشی از کریستالیزاسیون این فازهای جدید و تنش‌های ایجاد شده از افزایش حجم می‌توانند سبب ایجاد ریز ترک و ترک در بافت سفال و به دنبال آن، آسیب‌پذیری قطعه گردند. اگرچه، کربنات‌ها تقریباً در آب نامحلول اند لیکن نسبت به محیط اسیدی حساس بوده و سریع به فرم بی‌کربنات تبدیل شده و قابلیت انحلال در آب را خواهند یافت. ضمن اینکه، امکان انحلال پرتلندیت هم در آب وجود دارد.

بنابراین، ساختارشناسی سفال پیش از آغاز عملیات مرمت و حتی شستشوی قطعات یافت‌شده در زمان حفاری، به دلیل ساختار هتروژن، متخلخل و دارای ترکیبات ناپایدار محصول فرایند پخت یا محیط قرارگیری، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

سپاس‌گزاری

نگارندگان این جستار بر خود لازم می‌دانند از آقای میلاد شالیکاریان، فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته مرمت اشیای تاریخی - فرهنگی، به سبب در اختیار قراردادن تصویر مقاطع نازک نمونه گوه‌رتپه (تصویر ۱۵)، مراتب سپاس‌گزاری خود را اعلام دارند.

پی‌نوشت

- 1- Mineralogy
- 2- Microstructure
- 3- Heterogeneous
- 4- Biotite
- 5- Muscovite
- 6- Interface
- 7- Modal reaction
- 8- Cryptic reaction
- 9- Unstable
- 10- Diagenesis
- 11- Dissolution
- 12- Conversions into sediments
- 13- Cementation
- 14- Polarization Microscope
- 15- Calcite
- 16- Dolomite
- 17- Gehlenite
- 18- Wollastonite
- 19- Anorthite
- 20- Larnite
- 21- Diopside
- 22- Enstatite

- 23- Monticellite
- 24- Forsterite
- 25- Periclase
- 26- Spinel
- 27- Thermometer
- 28- Hydromagnesite

۲۹- مدل میکروسکوپ‌های پلاریزان مورد استفاده در این پژوهش: Olympus XB ۵۱, with AnalySIS Software, BK-POL/BK-POLR, Gnoec, with DSLR Remote Pro Software.

30- Post-burial alterations.

۳۱- Conoscopic, کنوسکوپی، مطالعه تعداد محورهای کریستالوگرافی کانی‌ها در مقاطع نازک و حوزه اپتیکی آنها با استفاده از لنز برتلاند-آمیچی میکروسکوپ پلاریزان نوری- عبوری است.

۳۲- Birefringence: اختلاف بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقدار ضریب شکست کانیهای آنیزوتروپ را بیرفرنژانس (ضریب انعکاس مضاعف) می‌نامند که از ویژگی‌های شاخص هر کانی در شناسایی آن از طریق پتروگرافی است.

۳۳- جدول میشل- لوی؛ جدول شناسایی کانی‌ها در مقاطع نازک باتوجه به پارامترهای طول موج نور عبوری، بیرفرنژانس و ضخامت مقطع است.

منابع

- Cultrone, G. Rodriguez-Navarro, C. Sebastian, E. Cazalla, O. & De La Torre, M. J. (2001). Carbonate and Silicate Phase Reactions during Firing. *Journal of Mineral*, 13, 621-634.
- Dei, L. Mauro, M. and Baglioni, P. (1999), Growth of Crystal Phases in Porous Media", *Langmuir* 15, 8915-8922.
- Gibson, L. Cooksey, B. G. Littlejohn, D. Linnow, K. Steiger, M. and Tennent, N. H. (2005). The Mode of Formation of Thecotrichite, A Widespread Calcium Acetate Chloride Nitrate Efflorescence, *Studies in Conservation* 50(4), 284-294.
- Goffer, Z. (2007). *Archaeological Chemistry* (second ed.). New Jersey: John Wiley & Sons., Inc.
- Heimann, R. B. & Maggetti, M. (1981). Experiments on Simulated Burial of Calcareous Terra Sigillata (Mineralogical changes). preliminary results, *British Museum Occasional Paper* 19, 163-177.
- Linnow, K. Halsberghe, L. & Steiger, M. (2007). Analysis of Calcium Acetate Efflorescences Formed on Ceramic Tiles in a Museum Environment. *Journal of Cultural Heritage*, 8, 44-52.
- Maggetti, M. (2001). Chemical Analyses of Ancient Ceramics: What for? Art and Chemical Sciences, *Chimia* 55 (11), 923-930.
- Marineau, R. Walter-Siminet, A. V. Grobety, B. & Buatier, M. (2007). Clay Resource and Technical Choices for Neolithic Pottery (Chalain, Jura, France): Chemical mineralogy and grain size analysis, *Archaeometry* 49 (1), 23-52.
- Nodari, L. Maritan, L. Mazzoli, C. & Russo, U. (2004). „Sandwich Structure in the Etruscan-Padan Type Pottery, *Applied Clay Science* 27, 119-128.
- Reedy, C. L. (2008). *Thin Section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Materials*. London: Archetype Publication Ltd.
- Riccardi, M. P. Messiga, B. & Duminuco, P. (1999). An Approach to the Dynamics of Clay Firing, *Applied Clay Science* 15 (3-4), 393-409.



- Riederer, J. (2004). Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics, **Hyperfine Interactions** 154, 143-158.
- Secco, Maritan, L. Mazzoli, C. Lampronti, G. I. Zorzi, F. Nodari, L. Russo, U. & Mattioli, S. P. (2011). Alteration Processes of Pottery in Lagoon-Like Environments, **Archaeometry** 53(4), 809-829.
- Stanmore, B. R. & Gilot, P. (2005). Review-Calcination and Carbonation of Limestone during Thermal Cycling for CO₂ Sequestration, **Fuel Processing Technology** 86, 1707-1743.
- Trindade, M. J. Dias, M. I. Coroado, J. & Rocha, F. (2009). Mineralogical Transformations of Calcareous Rich Clays with Firing: A comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal, **Applied Clay Science** 42, 345-355.
- Tschegg, C. Ntaflos, Th. & Hein, J. (2009). Thermally Triggered Two-Stage Reaction of Carbonate and Clay during Ceramic Firing: A case study on Bronze Age Cypriot ceramics, **Applied Clay Science** 43 (1), 69-78.
- Wheeler, G. S. and Wypyski, M. T. (1993). An Unusual Efflorescence on Greek Ceramics, **Studies in Conservation** 38(1), 55-62.



آسیب‌شناسی کتیبه معرق سنگ و کاشی

خدای خانه مسجد عتیق شیراز*

حسین احمدی** عباس عابد اصفهانی*** مریم اکبری فرد****

چکیده

کتیبه معرق سنگ و کاشی اثری منحصر به فرد، برجای مانده از عهد آل اینجوست که در نمای بالایی بنای خدای خانه مسجد عتیق شیراز قرار گرفته و مهم‌ترین بخش از تزئینات این بنا را تشکیل می‌دهد. این کتیبه با گذشت زمان، متحمل آسیب‌های گوناگونی شده است که باید برای جلوگیری از ویران شدن بیشتر و فراهم آوردن شرایطی مطلوب برای تأمین بقا و ادامه حیات این اثر ارزشمند، چاره‌ای اندیشیده شود. در پژوهش حاضر تلاش بر آن بوده تا با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی، آسیب‌های وارد شده بر اثر مورد نظر (بخش‌های باقی مانده از زمان ساخت کتیبه و مربوط به زمان بازسازی آن) و میزان آنها شناسایی گردد. برای شناسایی عوامل آسیب‌رسان به بدنه و لعاب کاشی، از روش‌های دستگاهی (AAS, XRD) و (SEM-EDX) و برای شناسایی آسیب‌های وارد بر سنگ از روش‌های دستگاهی (XRD) و پتروگرافی استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشانگر آن است که این تزئین به سبب ساختار و ماهیت ویژه آن، از هنگام ساخت (چه از قرن هشتم و چه از زمان بازسازی) دچار آسیب شده و عوامل محیطی و دخالت‌های انسانی به مرور زمان افزون بر سرعت بخشیدن به روند آسیب‌های ناشی از مرحله ساخت، آسیب‌های جدیدی را نیز پدید آورده‌اند. با استناد به بررسی‌ها و آزمایش‌های انجام شده روی نمونه‌های مورد بررسی، از میان عوامل محیطی آسیب‌رسان، رطوبت نقش بارزتری را در فرسایش این اثر دارد.

کلیدواژگان: آل اینجو، معرق، سنگ، کاشی، آسیب‌شناسی.

* این مقاله، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مریم اکبری فرد، رشته مرمت اشیای فرهنگی و تاریخی، با عنوان "بررسی فنی، آسیب‌شناسی و ارائه طرح حفاظت کتیبه معرق سنگ و کاشی خدای خانه مسجد عتیق شیراز" در دانشگاه هنر اصفهان است.

** استادیار، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

*** عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان.

**** دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای فرهنگی و تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).

مقدمه

بنای تاریخی خدای خانه بخشی از مسجد عتیق شیراز است که قرارگیری آن در صحن، مسجد عتیق را از دیگر مساجد متمایز کرده‌است. اگرچه بنای خدای خانه پیش از قرن هشتم هجری بنا شده لیکن اسناد و مدارک گواه بازسازی آن در دوره آل‌اینجوست. از آنجا که سنگ از اصلی‌ترین مصالح به‌کاررفته در معماری این بنا است، تزئینات آن نیز با ساختار بنا ارتباطی تنگاتنگ دارد. در نمای بالایی آن، کتیبه‌ای از معرق سنگ و کاشی زینت‌بخش بناست که با نبود این کتیبه، بیشترین بخش از هویت و جذابیت بنا از بین می‌رفت. اجرای متفاوت این کتیبه نیز درخور توجه است، آن‌گونه که شاید بتوان کتیبه معرق سنگ و کاشی در بنای خدای خانه را تزئینی متفاوت و منحصر به فرد در معماری ایران دانست. بی‌توجهی به این کتیبه و قرارگیری آن در معرض عوامل مختلف محیطی، به‌مرور زمان آسیب‌های بسیاری را بر آن وارد کرده‌است. از این‌رو، فراهم آوردن شرایط مطلوب برای حفاظت و نگهداری اصولی آن امری ضروری است. ضمن این‌که، لازم است عوامل مؤثر در ویرانی آن را نیز شناسایی کرد.

از آنجا که تاکنون روی کتیبه نام‌برده هیچ‌گونه بررسی و مطالعه‌ای انجام نشده، در مقاله پیش‌رو تلاش بر آن شده تا با شناسایی آسیب‌های وارده، اقداماتی برای کنترل روند تخریب و جلوگیری از زوال آن صورت گیرد. افزون بر این‌که این امر، سبب نگهداری این اثر ارزشمند و منحصر به فرد خواهد شد و مسیر را برای انجام مطالعات پژوهشگران در آینده جهت شناسایی این کتیبه، هموار خواهد کرد.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از مطالعات میدانی و مشاهده‌ای و بررسی‌های کتابخانه‌ای، روش ساخت کتیبه و چگونگی آسیب‌های وارده بر آن ارزیابی شده‌است. سپس، به کمک بررسی‌های میکروسکوپی و مطالعات آزمایشگاهی، انواع آسیب‌ها و عوامل مؤثر در ویرانی کتیبه شناسایی شده‌است. نهایتاً، با به‌کارگیری نتایج به‌دست آمده از بررسی‌ها و مطالعات، برای کنترل روند تخریب و ارائه راهکارهایی مؤثر جهت حفظ و نگهداری آن، اقدام شد.

پیشینه پژوهش

در برخی از منابع که تاریخچه مسجد عتیق در آنها آورده شده، تنها اشاره‌ای کوتاه به بنای خدای خانه و کتیبه نام‌برده شده‌است. چنانکه علی‌نقی بهروزی (۱۳۵۴) در کتاب "بناهای تاریخی و آثار هنری جلگه شیراز درباره

تاریخچه خدای خانه و کتیبه معرق سنگ و کاشی و نمای بالایی و تعمیرات صورت گرفته روی آن، به‌گونه‌ای کوتاه و مختصر سخن‌رانده‌است (بهروزی، ۱۳۵۴: ۱۹۹-۱۹۲).

در زمینه پیشینه ساخت خدای خانه هم در کتاب "فارسانه ابن بلخی" تصحیح منصور رستگار فسایی به‌اختصار توضیحاتی آورده شده‌است (ابن بلخی، ۱۳۷۴: ۳۲۸-۳۲۰). همچنین، درشادالازار فی خط الاوزار عن زوار المزار (۱۳۵۰) نوشته جنید شیرازی نیز، کاربری بنای خدای خانه به گونه مجمل بررسی شده‌است (جنید شیرازی، ۱۳۵۰: ۷۹-۷۷).

افزون بر این‌ها، جهانگردان و مأموران سیاسی کشورهای دیگر نیز، بارها از بنای خدای خانه بازدید کرده‌اند. از میان آنها می‌توان به دی‌الافوا و شاردن اشاره نمود (دی‌الافوا، ۱۳۵۳: ۴۶۶-۴۶۴؛ شاردن، ۱۳۷۳: ۳۶۷). دونالد ویلبر (۱۳۷۲) جهانگرد هم در مقاله‌ای با عنوان مسجد عتیق شیراز به‌صورت مختصر از بنای خدای خانه یاد کرده‌است (Wilber, 1972: 3-32).

کتیبه معرق سنگ و کاشی بنای خدای خانه

بنای تاریخی مکعب‌شکل خدای خانه مسجد عتیق شیراز مربوط به دوران آل‌اینجو است. این بنا، از نظر موقعیت قرارگیری، در صحن مسجد واقع شده که از اهمیت هنری، تاریخی و معماری ویژه‌ای برخوردار است و از لحاظ سبک بنا و تزئینات، کمتر نظیری برای آن شناخته شده‌است. پیشینه آن را براساس متون تاریخی، دست‌کم می‌توان تا قرن ششم هجری دانست (ابن بلخی، ۱۳۷۴: ۳۲۲). در دوره آل‌اینجو، شاه‌شیخ ابواسحاق حاکم فارس آن را به شکل امروزی درآورد. درباره وجه تسمیه آن بیان کرده‌اند: در آن قرآن‌هایی به‌ویژه خطی و تاریخی منسوب به ائمه اطهار و عثمان نگهداری می‌شده (جنید شیرازی، ۱۳۵۰: ۷۸) و هر جمعه صبح، عده‌ای در آنجا گردمی آمده و به تلاوت قرآن می‌پرداخته‌اند (شواتس، ۱۳۷۳: ۷۷).

بخش مهمی از جذابیت این بنای سنگی، کتیبه معرق



تصویر ۱. بنای خدای خانه و کتیبه معرق سنگ و کاشی در نمای بالایی آن (نگارندگان).



تصویر ۲. کتیبه معرق سنگ و کاشی، نمای بالایی بنای خدای خانه (نگارندگان).

بنای خدای خانه از هنگام ساخت، دچار آسیب شده و با گذشت زمان به سبب زلزله‌هایی که شهر شیراز را تحت تاثیر قرارداد، آسیب جدی‌ایی دید و بخش‌هایی از آن ویران گردید. به‌طوری‌که، سال (۱۳۱۴) شمسی تنها بخش پیل‌پاها برجای بود تا اینکه سال (۱۳۱۵) شمسی، مرمت و بازسازی شد. در ادامه، کتیبه نام‌برده به دلیل اهمیتی که داشته با هنرمندی استادان فن، مرمت گردید. در این مرمت، کلمات ریخته‌شده را از روی قرینه بقیه کلمات باقی مانده تکمیل کردند که در جای خود، نیازمند بررسی و نقد کارشناسانه است.

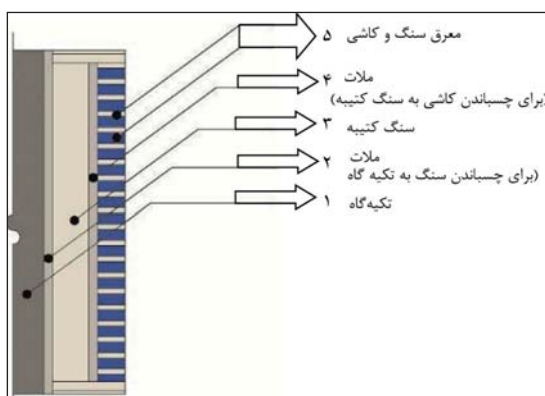
تکنیک اجرای کتیبه معرق سنگ و کاشی

درباره بحث تکنیک اجرای این کتیبه، ابهاماتی بود که دریافت نتیجه‌ای واحد و قطعی را دشوار می‌ساخت. نخست آنچه از دیدن تزئینات معرق سنگ و کاشی به نظر می‌رسد، ابهام در فن ساخت و چگونگی اجرای آن است. بدین ترتیب، برای شناسایی و درک هرچه بهتر و بیشتر هنر به کار رفته در کتیبه یادشده و نیز شناخت نوع فن و تکنیک ساخت آن، روش‌های مطالعات میدانی، مصاحبه با استادان و مطالعات آزمایشگاهی به کار گرفته شد. نهایت، با تحلیل داده‌های گردآوری شده از بحث، نتیجه‌گیری شد. در مرحله نخست از طریق گفتگو با استادان، چگونگی فن اجرای این کتیبه مشخص شد؛ هنرمند طرح کلی کتیبه را با استفاده از روش گره‌کردن بر سطح قطعات سنگ تنظیم یافته، کنار هم انتقال داده است. این طرح‌اندازی به سبب تفاوت مصالح متن کتیبه با نقوش زمینه، راهنمایی برای اجرای دقیق این تزئینات است.

سنگ و کاشی است که در هماهنگی با سطوح بنا و مصالح به کار رفته در آن، جلوه ویژه و منحصر به فردی در نمای بنا ایجاد کرده است. کتیبه در بلندترین نقطه ساختمان، اطراف بام در قاب مستطیلی به کمال، در معرض دید قرار دارد که از ضلع جنوبی بنا شروع شده و پس از گذشتن از ضلع غربی و شمالی تا انتهای ضلع شرقی امتداد می‌یابد (تصویرهای ۱-۲). یحیی الجمالی الصوفی، خوش‌نویس معروف زمان شاه ابواسحاق، روی این کتیبه که بر قطعات سنگ تنظیم شده، با حروف درشت و خط ثلث عالی نوشته و پس، اطراف آن را نقر کرده‌اند (بهروزی، ۱۳۵۴: ۱۹۶).

توضیح بیشتر آنکه، از سده هشتم هجری به بعد خط ثلث در نوشتن کتیبه‌ها بیشتر استفاده می‌شد البته، در کتیبه‌های کوفی هم چنان این خط کاربرد دارد (شایسته‌فر، ۱۳۸۳: ۹۵). زمینه کتیبه با پوشش تزئینی کاشی معرق مزین شده است. ابعاد آن کاشی‌ها متنوع است به گونه‌ای که، کوچک‌ترین اندازه آنها حدود (۱×۱) سانتی‌متر است. کاشی‌ها، زمینه فیروزه‌ای رنگ دارند و روی آنها با تزئین ماهرانه‌ای، نقوش مارپیچی لاجوردی رنگ نقش بسته است. این نقش‌مایه‌ها، بارها تکرار گشته و از لعاب زرد و گاه سفید و قرمز برای اجرای نقوش گیاهی‌ای که روی خطوط مارپیچ کار شده، استفاده شده است. این کاشی‌ها، خطوط کتیبه را برجسته می‌سازند و سبب افزایش دریافت کلی از آنها می‌شوند. به گونه‌ای که می‌توان گفت به کمک کاشی‌های معرق و بهره‌گیری از نقوش اسلیمی در آنها، متن کتیبه با بیننده ارتباط برقرار کرده و هنرمند سازنده با این ترفند به نوعی به وحدت کلی در اجزا گوناگون کتیبه دست یافته است.

این کتیبه، غیر از جنبه تزئینی و آرایشی که در ساختمان بنا دارد، از اهمیت بسیاری از نظر تاریخی و مذهبی برخوردار است آن چنان که، مجهولات بسیاری مربوط به بنا و یا ویژگی‌های دوره هنری مخصوص به آن را روشن می‌سازد. در واقع، در این کتیبه افزون بر مشاهده نام سفارش‌دهنده (شیخ ابواسحاق) و تاریخ ساخت بنا (۷۵۲ ه.ق)، وظایف دینی و اخلاقی را هم می‌توان دریافت کرد.



تصویر ۳. طرح ترسیمی از مقطع کتیبه بالای بنای خدای خانه: ۱- تکیه گاه ۲- ملات (برای چسباندن سنگ به تکیه گاه) ۳- سنگ کتیبه ۴- ملات (برای چسباندن کاشی به سنگ کتیبه) ۵- معرق سنگ و کاشی (نگارندگان).

شرق ضلع جنوب، از بدنه سفالی لعاب سفید بخش غرب جبهه جنوب و بخش مرکزی جبهه شرق، از بدنه سفالی لعاب فیروزه‌ای بخش غربی و شرقی پیل پای جنوب شرقی، از بدنه سفالی لعاب لاجورد انتهایی بخش جنوبی جبهه شرقی و انتهایی پیل پای شمال شرق و (۵ نمونه) هم از لعاب زرد بخش‌های شرق ضلع جنوب؛ ۱- انتهایی پیل پای شمال شرق، ۲- بخش شرقی پیل پای جنوب شرق، ۳- بخش غربی پیل پای جنوب شرق، ۴- بخش مرکزی جبهه شرق. همچنین، (۲ نمونه) از ملات پشت کاشی‌ها و (۲ نمونه) از بست فلزی برداشته شد. نمونه‌برداری از سنگ اصلی، از بخش انتهایی قسمت غربی پیل پای جنوب شرق و بخش شرقی پیل پای جنوب شرقی و بخش مرکزی جبهه جنوب آن انجام شد و از سنگ مرمتی، از بخش انتهایی شرقی جبهه جنوب و بخش مرکزی ضلع جنوب و قسمت شرقی جبهه شرق آن، صورت پذیرفت.

بررسی آسیب‌های کاشی کتیبه

بنابر تصویرهای به‌دست‌آمده از سال (۱۳۱۴) (پیش از بازسازی کتیبه)، کاشی‌های بخش پیل پاها، بخش اصلی بنا هستند لیکن اسنادی که نشان‌دهند پس از بازسازی کتیبه، بخش‌های جدید و قدیم کاشی‌ها در آنها مشخص باشد، دردست نیست. وجود شبهه درباره قدیم یا جدید بودن کاشی‌های پیل پاها سبب شد که نمونه‌برداری‌هایی از بخش‌های گوناگون پیل پاها و قسمت‌های بازسازی شده آنها صورت پذیرد. مقایسه آنالیز شیمیایی نمونه‌های لعاب و بدنه سفالی کاشی‌های بخش‌های پیل پاها و بازسازی شده، نشانگر آن است که میزان عناصر موجود در هر گروه رنگی لعاب‌ها و تمامی عناصر بدنه‌ها تا اندازه زیادی به یکدیگر نزدیک است.

با انجام مطالعات میدانی، آشکار شد که اطراف متن کتیبه به اندازه لازم و کافی، براساس دیدگاه هنرمند و تا جایی که متن در این حد برجسته نمودار گردد و کاشی معرق بتواند بر زمینه آن جای گیرد، حجاری شده است. همچنین، برای اجرای متن با آن ظرایف و پیچیدگی خط، در اجرای تک تک حروف دقت بسیاری شده است. پس از تکمیل مراحل نقر زمینه کتیبه، قطعات سنگ درون قاب مستطیلی که از ابتدای ساخت بنا در بدنه آن تعبیه شده، نصب گردیده و با ملات به بخش‌های زیرین متصل شده‌اند.

در ادامه، برای آنکه کتیبه مرئی و خوانا تر شود، بخش‌های زمینه این قطعات سنگ با قطعه‌های بریده شده کاشی که از نقوش اسلیمی تراشیده و کنار هم دیگر به شکل قطعه‌ای بزرگ درآمده، زینت یافته است. با استناد بر شواهد دیداری و مشاهده اثر نام برده و گفتگو با استادان اهل فن، کاشی‌های معرق تا آنجا که امکان داشته به شکلی که حروف متن کتیبه مانع از پیوستگی آن نشود، به صورت یکپارچه اجرا شده‌اند و این، برخلاف چیزی است که نخست، پیش از بررسی دقیق تصور می‌شد. پس از تکمیل مراحل نقر متن، کاشی‌ها روی هر قطعه سنگ به صورت جداگانه اجرا و سپس، قطعات سنگ کنار هم چیده شده‌اند. نصب کاشی‌ها بر سنگ بنابر نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات آزمایشگاهی، با گچ بوده است. در معرق کاری این کتیبه، چه در انتخاب نقش و رنگ و چه در تراش کاشی‌ها، دقت بسیاری شده است. آن گونه که می‌توان گفت، متن کتیبه با تزئین کاشی معرق در زمینه آن تکمیل شده است. برای درک بهتر از ترتیب قرارگیری اجزای کتیبه مورد بررسی، طرح شماتیک آن ارائه شده است (تصویر ۳).

آسیب‌شناسی

چون کتیبه نام برده از دو گونه مصالح متفاوت، کاشی و سنگ، ساخته شده و هر کدام نیز روند تخریبی خاصی را گذرانده‌اند؛ پس از مشاهدات و بررسی‌ها برای شناسایی و دسته‌بندی آسیب‌ها، جداگانه آسیب‌های بخش‌های کاشی و سنگ کتیبه، بررسی شدند. به طور کلی، می‌توان آسیب‌های وارد شده بر کتیبه معرق سنگ و کاشی را ناشی از ضعف تکنیکی مرحله ساخت، عوامل محیطی و انسانی دانست. برای انجام مطالعات آزمایشگاهی از بیست و سه بخش مختلف این کتیبه نمونه‌برداری شد. (۳ نمونه) از؛ ۱- لعاب و بدنه سفالی کاشی‌های پیل پاها، ۲- بخش‌های بازسازی شده و ملات و بست فلزی پشت کاشی‌ها و ۳- قسمت قدیم و جدید سنگ کتیبه. (۸ نمونه) از بدنه سفالی کاشی‌ها؛ از بدنه سفالی لعاب زرد بخش انتهایی پیل پای شمال شرق و قسمت

ب- تخلخل باز بدنه و جذب رطوبت

بسیاری از ترک‌های لعاب‌های کاشی‌های کتیبه به‌مرور زمان ایجاد شده به گونه‌ای که، به شکل شاخه‌ای در سطح آن گسترده شده‌اند (تصویر ۵). دلیل ایجاد این آسیب را می‌توان در دو مورد بیان داشت: ۱- احتمال دارد انقباض لعاب، مدتی پس از خروج از کوره صورت گرفته باشد چون گاهی لعاب به زمان احتیاج دارد تا به دمای محیط برسد. ۲- ناشی از تخلخل باز بدنه است که نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها بر بدنه کاشی‌ها، میزان تخلخل باز در بدنه کاشی‌ها را به‌طور متوسط ۲/۱۶٪ نشان می‌دهد که بدنه با جذب رطوبت محیط به تدریج، منبسط می‌شود و با انبساط بدنه، لعاب تحت کشش قرار گرفته و ترک می‌خورد.

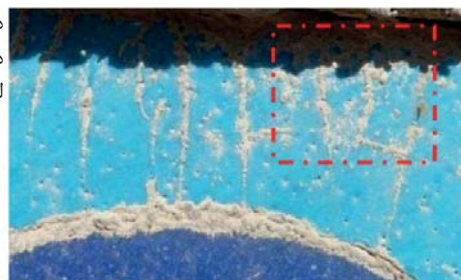
نصب‌نشدن و اتصال صحیح کاشی‌های معرق هنگام اجرای تزئینات که به دلایلی همچون قرارگیری کاشی در نزدیکی سنگ روی می‌دهد، همراه عوامل محیطی به‌ویژه رطوبت ناشی از نزولات جوی (نفوذ رطوبت از طریق بندهای بین کاشی‌ها)، منجر به انبساط بدنه شده و تنش بین لعاب و بدنه را به‌وجود می‌آورد. با تکرار این روند طی سال‌ها بدون پیشگیری از نفوذ رطوبت، بر کاشی‌ها آسیب‌هایی وارد می‌کند که در نهایت، سبب ترک‌دار شدن لعاب می‌شود. گاه در سطح ترک‌ها، رسوب نمک‌ها دیده می‌شود که نشانگر تبلور نمک‌ها در بدنه کاشی است که به تدریج با تبخیر رطوبت، نمک‌های موجود در بدنه از میان ترک‌ها روی سطح آمده و آثار آشکاری از خود برجای گذاشته‌اند (تصویرهای ۶-۷).



تصویر ۵. وجود ترک شاخه‌ای در سطح لعاب کتیبه (نگارندگان).



تصویر ۶. نفوذ رطوبت از طریق درزهای بین کاشی و ایجاد ترک در سطح لعاب بر اثر تنش بین لعاب و بدنه (نگارندگان).



تصویر ۷. تبلور نمک در سطح ترک‌ها (نگارندگان).

ترک و ریز ترک در لعاب کاشی

ترک و ریز ترک‌ها، رایج‌ترین آسیب در تزئینات کاشی و اولین آسیبی است که در بررسی نمونه‌ها قابل توجه هستند. این ترک و ریز ترک‌ها به حالت‌های مختلف با توجه به ویژگی‌های لعاب و بدنه و شرایط محیطی‌ای که در آن قرار می‌گیرند، ایجاد شده‌اند. برخی از عواملی که منجر به پیدایش آنها شده عبارتند از:

الف- تطابق نداشتن میزان انقباض لعاب و بدنه هنگام سرد شدن

گاه ترک‌هایی که روی سطح لعاب‌های کاشی‌های کتیبه دیده می‌شوند به شکل توری و شبکه‌ریز است (تصویر ۴). علت ایجاد این ترک‌ها را می‌توان تفاوت بسیار میان انقباض لعاب نسبت به بدنه آن دانست. چرا که، بر اثر تغییرات دما، لعاب بیشتر منقبض می‌گردد و به شکل توری با زاویه‌هایی نزدیک به ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر نمود می‌یابد (نورتن، ۱۳۷۵: ۴۶۳). این ترک‌ها، مربوط به زمانی است که بدنه‌های لعاب خورده از کوره بیرون آمده و با کاهش دما تا دمای محیط، بدنه و لعاب با سرعت یکسان منقبض نشده و سبب ایجاد ترک در لعاب گردیده و سپس شبکه‌ریزی از ترک‌ها گسترش یافته است.

ج- عوامل انسانی

آسیب‌های انسانی نیز از عوامل مهم در پیدایش ترک و ریزترک هستند. این آسیب، بیشتر خود را به شکل تأثیر عوامل مکانیکی همچون ضربه در مرحله ساخت کاشی معرق نشان می‌دهد. بدین ترتیب که، بر اثر ضربه تیشه در مرحله تراش قطعات کاشی، ریزترک‌هایی در لبه قطعات به وجود می‌آید. درواقع، تراش کاشی‌ها، سبب خدشه‌دار شدن سطوح لعاب گردیده، لعاب هم بسته به میزان شدت ضربه آسیب می‌بیند و باعث شده لعاب تا مرحله جدایش از سطح بدنه پیش‌رود و در حضور عوامل محیطی گسترش یابد (تصویرهای ۹-۸).

د- پدیدگی و شکستگی لبه کاشی

پدیدگی و شکستگی لبه کاشی، در تزئینات کاشی معرق بسیار رایج است که این امر ناشی از ضعف ساخت و تراش کاشی‌ها است. کاشی‌هایی که بدنه آنها از جنس گل است، ترکیب آنها خاک‌رس با مقدار کمی سیلیس است. این چنین ترکیبی سبب می‌شود تا کاشی پس از پخت در کوره به صورت خشک و شکننده نباشد و با انجام مهارت تیشه‌کاری هنگام تراش، کاشی‌ها نشکند و لبه آنها نپرد (نادری، ۱۳۵۷: ۶۸-۶۵). وجود مقادیر زیاد سیلیس در بدنه کاشی‌ها، باعث تولید بدنه‌ای سخت و شکننده از آنها می‌شود که در واقع، میزان شکل‌پذیری آنها را بسیار کم می‌کند (Porter, 1995:14; Degeorge et al, 2002:13).

با این که، پس از آنالیز بدنه کاشی‌ها با دستگاه جذب اتمی، میزان سیلیس در آنها بین ۴۵ تا ۵۰ درصد به دست آمد (جدول ۱) و مشخص شد بدنه کاشی‌های کتیبه از جنس کاشی گلی است، باز هم پدیدگی و شکستگی‌هایی در لبه کاشی‌ها دیده می‌شود. علت این امر تا حد زیادی بستگی به مهارت هنرمند در تراش دادن قطعات دارد که با وارد آمدن ضربه به سطح لعاب هنگام تراش، قطعات دچار پدیدگی و شکستگی شده‌اند.



تصویر ۹. وجود ترک و ریزترک در سطح کاشی بر اثر بی‌توجهی هنگام استفاده و ضربه وارد کردن بر آن (نگارندگان).

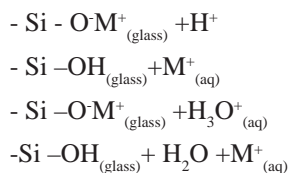


تصویر ۸. وجود ترک در لبه‌های کاشی و جدایش لعاب از سطح آن بر اثر ضربه تیشه کاشی تراشی (نگارندگان).

از طرف دیگر، در بخش‌های مختلف کتیبه به ویژه پیل‌ها، گسترده‌گی، شکستگی و پدیدگی لعاب دیده می‌شود که یکپارچگی کاشی‌ها را از بین برده و منشأ بسیاری از آسیب‌ها و صدمات بعدی گردیده است. به سبب قرارگیری کتیبه در فضای باز، عوامل مختلف محیطی به شکل‌های رطوبت و رطوبت نسبی در طول شبانه روز، تغییرات فصل‌ها، تابش نور خورشید و باد، پدیدگی و شکستگی کاشی‌ها را گسترش داده و آنها را به صورت امروزی درآورده است. درواقع، شکستگی‌های اولیه که مربوط به تراش کاشی‌ها است، امکان تأثیر بیشتر عوامل مختلف محیطی را فراهم آورده و به مرور زمان باعث تخریب بیشتر کاشی‌ها شده است (تصویرهای ۱۱-۱۰).

ه- تبادل یونی در لعاب

مهم‌ترین عامل تخریب لعاب کاشی‌ها، واکنش تبادل یونی است که مربوط به ضعف تکنولوژی در روند تولید لعاب بوده است. همین امر، سبب ایجاد دهیدروکسیلاسیون و نهایت، تشکیل قشر دهیدراته روی سطح لعاب کاشی‌ها شده است. رطوبت محیطی روی سطح لعاب با نفوذ در آن، پدیده تبادل یونی را به وجود آورده و باعث سستی ساختار سطحی شده است. به تقریب، مبنای تمام تئوری‌های اولیه که مرتبط با این موضوع‌اند، براساس سرعت جدایش و شستشوی یون‌ها برای ماتریس‌های چند جزئی است. زمانی که میزان یون‌های کلسیم، منیزیم و آلومینیوم پائین‌تر از حد مشخص خود باشند، قدرت جابه‌جایی یون‌های سدیم و پتاسیم افزایش یافته و لعاب در برابر رطوبت محیطی حساس می‌شود. با حضور لایه‌ای از رطوبت روی سطح، یون‌های متحرک سدیم و پتاسیم از شبکه بیرون و یون‌های (H_3O^+, H^+) در شبکه نفوذ یافته و جایگزین یون‌های قلیایی می‌گردند. در فرایند تبادل یونی که فرمول آن آورده شده، سرعت برون‌رفت قلیایی‌ها اهمیت به‌سزایی دارد.



در این عمل، لایه‌ای نازک از هیدروکسیدهای سدیم و پتاسیم بر سطح لعاب تشکیل می‌شوند که سریع، با دی‌اکسیدکربن هوا ترکیب شده و کربنات‌های سدیم و پتاسیم را که قشری بسیار رطوبت‌گیر است، ایجاد می‌کنند.

$$2MOH + CO_2 \rightarrow M_2CO_3 + H_2O$$

و نفوذ رطوبت در لعاب، می‌توان بیان کرد که پدیده تبادل یونی در لعاب کاشی‌های زرد ایجاد شده است (جدول ۲)۳، (تصویرهای ۱۳-۱۲).

و- طبله کردن و ریختگی کاشی

گاه در کاشی‌های معرقی که تحت تأثیر عوامل آسیب‌رسان بدون جدایش از سطح و ریختگی آن هستند، گسستگی‌هایی به وجود می‌آید که خود را به گونه طبله کردن نشان می‌دهد. این امر در نهایت، تحت تأثیر عوامل محیطی سبب ریختگی خواهد شد. به دلیل کاربرد بست‌های فلزی در کتیبه هنگام بازسازی بنا و قرارگیری کتیبه در فضای باز که موجب نفوذ رطوبت به پشت کاشی‌ها شده، این رطوبت سبب خوردگی بست فلز آهنی گردیده و در نتیجه تأثیر عوامل محیطی، بست مغز فلزی ندارد (تصویر ۱۴). ضمن اینکه، افزونی حجم آهن که ناشی از زنگ‌زدن آن است، سبب طبله کردن کاشی‌ها شده است (تصویر ۱۵).

طبله کردن کاشی، عاملی مهم در بروز آسیب ریختگی است. در صورتی که، اگر گچ در اثر رطوبت خیس و نمدار شود، آب وارد شده به فضای بین کریستالی بلورهای گچ سبب حل شدن

با جذب بیشتر رطوبت از محیط، سطح لعاب همواره مرطوب بوده و عمل تخریب لعاب ادامه می‌یابد که سبب می‌شود ساختار شبکه را برهم‌زند. اجزای حل شده‌ای که بر سطح لعاب منتشر شده، روی آن رسوب کرده و افزون‌بر آن، تغییراتی را در شبکه سه‌بعدی سیلیکاتی به صورت دپلمیریزاسیون ایجاد می‌کنند. مجموعه جدیدی که روی لعاب به شکل لایه‌ای نازک و از جنس خود آن تشکیل شده، به ظاهر شبیه لعاب لیکن ماهیتی متفاوت دارد. حضور این لایه و تراکم آن، به نوع پوشش، زمان تماس، دما و (PH) بستگی دارد (Tournie, 2008: 2143-2144).

در بررسی کاشی‌های کتیبه، برخی از لعاب‌های زرد، به ویژه بخش پیل‌ها تخریب شده به گونه‌ای که، شفافیت خود را از دست داده و با مشاهدات میکروسکوپی، کم‌رنگ شدن سطح لعاب و سستی آن آشکار دیده می‌شود. مقایسه آنالیز شیمیایی میان نمونه لعاب‌های تخریب نشده با نمونه لعاب‌هایی که کم‌رنگ شدن سطح و سستی لعاب در آنها قابل مشاهده است، نشانگر آن است که میزان عنصرهای (Na, Mg)، در نمونه لعاب‌های تخریب شده کمتر از نمونه‌های سالم است. بنابر آنچه گفته شد و قرارگیری کتیبه در معرض رطوبت محیطی

جدول ۱. نتایج تجزیه کمی بدنه بخش‌های مختلف کاشی‌های کتیبه.

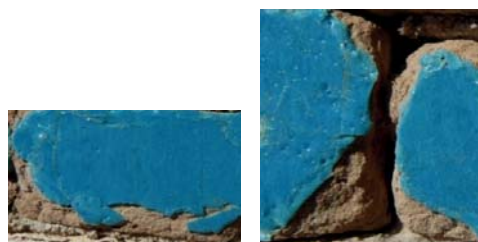
اجزای تشکیل دهنده بدنه کاشی‌های کتیبه						نمونه	
SiO ₂ %	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	Na ₂ O %	CaO %		
۴۷/۱۲	۰/۳۱	۲/۷۹	۳/۶۵	۵/۲۷	۱۰/۳۱	PNEBY	۱
۵۰/۰۲	۱/۳۱	۳/۱۴	۳/۵۰	۴/۹۶	۱۰/۲۳	JSBY	۲
۴۵/۱۷	۱/۱۸	۳/۲۰	۳/۷۲	۴/۹۰	۱۱/۱۸	JSBW	۳
۴۹/۴۳	۱/۲۴	۳/۴۹	۳/۶۶	۴/۳۱	۱۰/۲۵	JEBW	۴
۴۷/۹۵	۱/۴۳	۳/۲۵	۳/۵۷	۴/۶۸	۲/۸۱	PSE ₁ BT	۵
۴۹/۰۵	۱/۱۳	۲/۹۵	۳/۴۱	۴/۶۰	۱۰/۴۷	PSE ₂ BT	۶
۴۷/۴۱	۱/۳۳	۳/۲۷	۳/۸۰	۴/۵۳	۱۰/۲۷	JEBA	۷
۴۸/۸۴	۱/۰۶	۳/۱۷	۳/۴۹	۴/۲۳	۱۰/۸۴	PNEBA	۸

(نگارندگان)

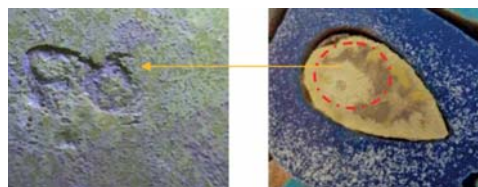
جدول ۲. نتایج تجزیه کمی مقایسه لعاب‌های زرد سالم و تخریب شده کاشی‌های کتیبه.

ترکیب عنصری لعاب زرد						نمونه	
Sn %	Pb %	Mg %	K %	Na %	Ca %		
۴/۹۷	۰/۳۲	۰/۰۸	-	۰/۴۴	-	PSE ₂ Y	۱
۸/۵۴	۰/۵۴	۰/۰۵	-	۰/۴۴	-	PSE ₁ Y	۲
۱۳/۱۵	۰/۸۸	۰/۴۶	-	۰/۶۷	-	JSY	۳
۸/۵۶	۰/۷۹	۰/۴۳	-	۰/۶۳	-	JEY	۴
۷/۶۳	۰/۴۹	۰/۰۶	-	۰/۳۹	-	PNEY	۵

(نگارندگان)



تصویرهای ۱۱-۱۰. پریدگی و شگستگی لبه کاشی (نگارندگان).



تصویر ۱۲. تبادل یونی در لعاب زرد کاشی‌های کتیبه (نگارندگان).
تصویر ۱۳. تصویر میکروسکوپی از لعاب زرد کاشی‌های کتیبه با بزرگ‌نمایی 40X (نگارندگان).



تصویر ۱۴. عکس میکروسکوپی از بست فلزی با بزرگ‌نمایی (100X) (نگارندگان).

نقاط فعال شیمیایی و باعث تبلور دوباره بلورهای ریز گچ می‌شود. این روند، هم‌چنان با ورود مجدد آب ادامه می‌یابد. همراه این روند، سطوح درهم رفته بلورهای گچ نیز به نسبت از هم گسسته می‌شوند و در نتیجه، ساختار گچ به راحتی با کم‌ترین میزان تماس مکانیکی فرو می‌ریزد (میش مست، ۱۳۸۵: ۶۸). در (تصویر ۱۶)، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی که از ملات پشت کاشی‌ها گرفته شده، قابل مشاهده است که این واکنش، سبب ریختگی کاشی‌ها شده است (تصویر ۱۷).

بررسی آسیب‌های سنگ کتیبه

سنگ‌های بخش‌های اصلی (دوره آل‌اینجو) و بخش‌های مرمتی (۱۳۱۵ شمسی) کتیبه، از گونه سنگ‌های آهکی است. آسیب‌های وارده بر آنها نیز، تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که مهم‌ترین آنها پوسته شدن، ترک، ریز ترک و شوره زدگی است.

الف- یخ زدگی و ذوب متناوب

آسیب حاصل از یخ زدن شکل‌های گوناگونی دارد که یکی از آنها ترک برداری عمیق و پوسته پوسته شدن سطحی است (معماریان، ۱۳۸۰: ۲۲۳). با بررسی سطح کتیبه مشخص شد که بخش‌های مختلف سطح سنگ کتیبه پوسته پوسته شده است (تصویرهای ۱۹-۱۸). جدایش لایه‌های نازک موازی با سطح سنگ در ضخامت یک میلی‌متر تا یک سانتی‌متر را پوسته شدن می‌گویند (Vergas, 2008: 26) که با عوامل متعددی همچون نوع سنگ و ویژگی‌های معدنی آن، میزان تخلخل و محل آن مشخص می‌شود.

- نوع و بافت سنگ

وجود و میزان میکروفسیل‌ها، نوع آنها و کانی‌های تشکیل دهنده بافت سنگ، در واکنش سنگ‌ها مقابل عوامل شیمیایی

و فیزیکی مؤثر است. چنانکه سنگ‌های کتیبه از گونه سنگ‌های آهکی باشد و قطعه‌های فسیلی و ذرات آواری در آنها وجود داشته باشد، نسبت به سنگ‌هایی که ذرات آواری ندارند، از پایداری کمتری در برابر یخ زدگی برخوردارند (تصویر ۲۰).

- تخلخل

میزان تخلخل یک سنگ، از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده طول عمر آن خواهد بود. نتایج به دست آمده از پتروگرافی سنگ‌های اصلی و مرمتی کتیبه، بیانگر وجود ماتریسی با تخلخل بالا به صورت پراکنده در تمام سطوح سنگ‌های کتیبه است.

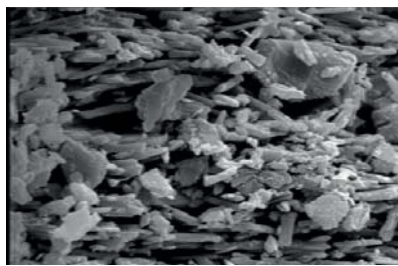
تخلخل، در نمونه سنگ مرمتی بیشتر از سنگ اصلی است. از هریک از سنگ‌های قدیم و جدید، سه نمونه بررسی شد که با اندازه گیری میزان تخلخل آنها، تخلخل سنگ‌های قدیمی به طور میانگین ۲۳٪ و سنگ‌های مرمتی ۶۷٪ به دست آمد. براساس این نتایج، می‌توان که گفت میزان افزایش تخلخل نمونه سنگ مرمتی از نمونه سنگ اصلی، مربوط به مرغوبیت سنگ قدیم است (تصویرهای ۲۲-۲۱). معمولاً سنگ‌هایی با تخلخل زیاد نسبت به سنگ‌های متراکم، مقاومت کمتری در برابر یخ زدگی دارند. بنابر ماهیت سنگ‌های آهکی، سنگ کتیبه از نفوذ پذیری آب بالایی برخوردار بوده به گونه‌ای که، نفوذ آب حاصل از بارندگی، تخلخل سنگ کتیبه را بیشتر می‌کند. از دیگر سو، ابزار کار برای تراش سنگ، اثرات کیفی و کمی یکسانی را در تخلخل سنگ برجای می‌گذارند. آن چنان که، آسیب یخبندان در سنگ‌های تراش بیشتر به صورت پوسته پوسته شدن خودنمایی می‌کند (آمورسو و فاسینا، ۱۳۷۰: ۴۱-۲۶).

- موقعیت مکانی

شیراز از لحاظ جغرافیایی، در منطقه‌ای قرار گرفته که زمستان‌های به نسبت سرد و تابستان‌هایی گرم دارد. تعداد روزهای یخبندان در طول سال ۳۴ روز و متوسط حداقل دمای هوا در سردترین ماه سال ۲۰- سانتی‌گراد گزارش شده است. از آنجاکه کتیبه مورد بررسی در معرض باران



تصویر ۱۷. طبله کردن و ریختگی کاشی‌های کتیبه (نگارندگان).



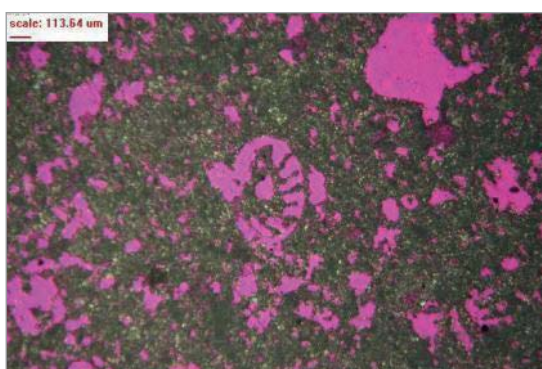
تصویر ۱۶. تصویر الکترونی روبشی از ملات گچ پشت کاشی‌ها با بزرگ‌نمایی (X1000) (نگارندگان).



تصویر ۱۵. طبله کردن کاشی‌های کتیبه (نگارندگان).



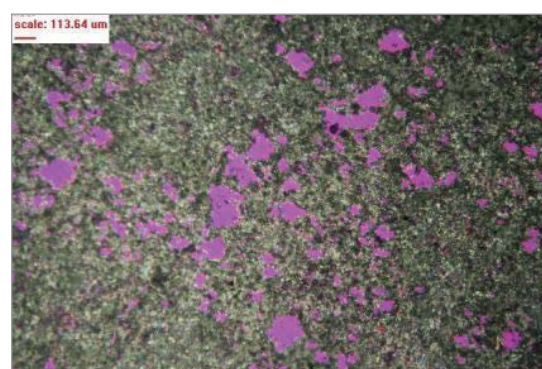
تصویر ۲۰. بقایای آثار فسیلی در سنگ‌های کتیبه با بزرگ‌نمایی (40X) (نگارندگان).



تصویرهای ۲۱-۲۲. وجود تخلخل زیاد در سنگ‌های کتیبه با بزرگ‌نمایی (40X) (نگارندگان).



تصویرهای ۱۸-۱۹. پوسیدگی در سطح سنگ کتیبه (نگارندگان).



سنگینی را بر سنگ‌ها وارد می‌کند. بنابر نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز سنگ‌های کتیبه با دستگاه (XRD) و پتروگرافی که نشان می‌دهد سنگ‌های کتیبه، ترکیب کانی‌شناسی یکنواختی دارد، می‌توان بیان داشت که سنگ‌های کتیبه از گزند اختلاف دمای شب و روز و فصل‌ها مختلف درمان نیستند. با آب‌گیری و از دست‌دادن آب ریزترک‌های حاصل از تراش سنگ‌های کتیبه که به سبب استفاده از چکش و ابزار دستی برای تراش سطح سنگ ایجاد شده و همچنین، ترک‌های انقباضی، ترک‌هایی که از پیش به دلیل از دست‌دادن آب و انقباض آنها در سنگ به وجود آمده، گسترش می‌یابد (تصویرهای ۲۳-۲۴). این انبساط و انقباض که سبب افزایش ترک‌ها و درزها می‌شود، نیروی فیزیکی و قدرت انسجام سنگ را درهم می‌شکند (پروین، ۱۳۷۵: ۲۵). از طرف دیگر، وجود این ترک‌ها در سطح کتیبه به نوبه خود نقاط آسیب‌پذیر بیشتری را ایجاد خواهند کرد و افزایش ترک‌های انقباضی هم قابلیت نفوذ، هوازگی شیمیایی را دوچندان می‌کنند.

ج- تبلور نمک‌های محلول

تبلور نمک‌های محلول در خلل و فرج مصالح ساختمانی، عاملی مهم در فرسودگی و تخریب آنها است. این آسیب، ارتباطی مستقیم با تخلخل سنگ دارد. تخلخل سنگ، موجب

و مجاورت مستقیم رطوبت قرار دارد، نوسانات رطوبتی و حرارتی به نسبت سنگینی بر سنگ‌های آن وارد می‌شود. به‌ویژه زمان‌های پس از بارندگی، با نفوذ رطوبت در منافذ سنگ و یخ‌زدن آن، سبب می‌شود سنگ کتیبه به‌طور متوالی خشک و ترشدگی را تجربه کند. این پدیده در سطح، به‌صورت پوسته‌شدن یا تورق و گاه به شکل ترک‌خوردگی در بافت سنگ مشاهده می‌شود.^۵

ب- انقباض و انبساط

تنش‌های درونی حاصل از تغییرات درجه حرارت محیط، از یک‌سو باعث گسستگی بلورها و ازسوی دیگر، منجر به ایجاد اختلاف سطح در آنها می‌شود. نتیجه نهایی آن، ایجاد ترک و شکستگی ریز است که به نوبه خود شرایطی مناسب را برای نفوذ آب به درون آن فراهم می‌آورد و بر اثر بروز نقص در شبکه بلوری، موجب تسریع روند فرسایش می‌گردد (محبعلی و وطن‌دوست، ۱۳۷۷: ۴۳۷-۴۳۳).

متوسط دمای هوای شهر شیراز ۱۶/۸۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل دمای آن طی ده سال گذشته، به ترتیب ۳۴/۲ و ۴/۴- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. متوسط حداقل دمای هوا، معیار مناسبی برای بررسی شدت سرمای هوا به‌شمار می‌رود. اختلاف دمای عنوان شده، نوسانات حرارتی به نسبت

نفوذپذیری آن در برابر آب و بخار آب می‌شود که مقدار این نفوذ، بستگی به ساختار موئین سنگ خواهد داشت. بنابراین، آگاهی از گستردگی و چگونگی پراکندگی اندازه خلل و فرج بیشتر از دانستن تخلخل جداگانه، اهمیت دارد (آموروسو و فاسینا، ۱۳۷۰: ۳۰). بخار آبی که در جو وجود دارد، در خلل و فرج سنگ، نفوذ می‌کند و بسته به مقدار رطوبت نسبی هوا، میزان معینی از این بخار آب در ماده متخلخل باقی می‌ماند. جابه‌جایی مکان آب در مصالح ساختمانی از طریق لوله‌های موئین صورت می‌پذیرد که نمک‌های محلول در طول این حرکت پخش، هیدرولیز و یا ته‌نشین می‌گردند. آبی که درون سنگ حرکت می‌کند، ممکن است حاوی مواد بسیاری باشد که از هوا، خاک، ملات چسباننده، اندود بندکشی و یا سنگ اصلی وارد آن شده است. از آنجایی که سنگ‌های آهکی دارای قدرت جذب آب بالایی باشند، با جذب رطوبت توسط سنگ کتیبه سبب انتقال نمک‌های محلول در سطح سنگ می‌شوند. عمل تبخیر رطوبت در سنگ، سبب افزایش غلظت نمک موجود در آن شده و بر سطح سنگ رسوب‌های بدشکلی را بر جای می‌گذارد که به شوره موسوم است (تصویر ۲۵). تبلور نمک‌های محلول، در نقاط مختلف خلل و فرج شکل می‌گیرد که این امر، بسته به میزان حلالیت نمک‌ها و میزان تبخیر آب، که خود بستگی به مقدار رطوبت حاصل از درون و میزان تهویه هوا در سطح دارد، خواهد داشت. بررسی‌های انجام‌شده به روش شیمی‌تر روی شوره‌های تشکیل‌شده در سنگ کتیبه نشانگر یون‌های تشکیل‌دهنده شوره‌ها، سولفاتی و کربناتی هستند. با توجه به نوع نمک‌ها به احتمال زیاد، منبع اصلی آنها سنگ‌ها و ملات گچ پشت کاشی است که برای چسباندن کاشی‌ها به سنگ استفاده شده است.

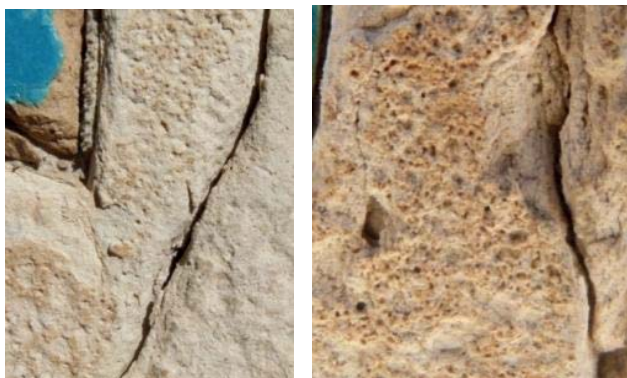
تبلور نمک‌ها افزون بر بدنما شدن ظاهر سنگ کتیبه، در بخش‌هایی سبب پوسته‌شدن لایه سطحی سنگ کتیبه شده‌اند (تصویر ۲۶). از آنجا که مستعدترین آثار سنگی در برابر اثر باران اسیدی، آنهایی هستند که از سنگ‌های آهکی درست شده‌اند، با توجه به تخلخل سنگ کتیبه، رطوبت با انحلال یون‌های موجود به آسانی درون ریز ترک‌ها و تخلخل راه می‌یابند. یون‌های محلول علاوه بر تجزیه کانی‌های ناپایدار، بر اثر تغییرات دمایی در فصل‌های گرم، آب خود را از دست داده و سبب می‌شوند نمک‌های محلول در خلل و فرج و منافذ داخلی سنگ زیر سطح خارجی تجمع یافته و در آن رسوب کرده و به سطح خارجی سنگ نرسند. در این صورت، هنگامی که رطوبت از محیط می‌گیرند، نمک‌های محلول، افزایش حجم یافته و با افزایش و رشد بلورها فشار فیزیکی بیشتری به دیواره لایه سطحی سنگ وارد می‌کنند. موقعی که این فشار بیشتر از مقاومت دیواره‌ها باشد، سبب تورق و پوسته‌شدن سنگ می‌شود (Eric et al, 2010: 15). همچنین، سنگ تخلخل بیشتری می‌یابد و در برابر اثر رطوبت و نمک‌ها حساس‌تر می‌گردد. آسیب حاصل از این نوع اثر مکانیکی، بسیار جدی‌تر از آسیبی است که با حل‌شدن ساده شیمیایی سنگ به وجود می‌آید.



تصویر ۲۵. وجود شوره بر سطح سنگ (نگارندگان).



تصویر ۲۶. پوسته شدن سطح سنگ بر اثر فشار تبلور نمک‌ها (نگارندگان).



تصویرهای ۲۴-۲۳. وجود ترک در سنگ کتیبه (نگارندگان).

نتیجه‌گیری

آنچه از بررسی‌ها و آزمایش‌های انجام‌شده در این پژوهش به‌دست‌آمد بیانگر این است که آسیب‌های ایجادشده در کتیبه معرق سنگ و کاشی بر اثر عواملی چون ساختار اولیه مصالح، عوامل انسانی و شرایط مختلف محیطی که رطوبت نیز سهم ویژه‌ای در آن دارد، دست‌خوش تغییرات شده‌است. ایجاد آسیب‌های ساختاری در سنگ به نوع، بافت و میزان تخلخل سنگ مربوط است لیکن در کاشی‌ها ناشی از تخلخل باز بدنه و ضعف تکنولوژی در روند تولید لعاب است. این آسیب‌های ساختاری زمان تراش کاشی‌ها و حجاری سنگ‌های کتیبه، به دلیل تنش‌های منتقل‌شده از ابزار حجاری و تراش، گسترش‌یافته‌است. آسیب‌های یادشده افزون‌بر اینکه ضایعاتی را بر کتیبه وارد می‌کنند، به‌طور غیرمستقیم نیز عوارض سوئی چون نفوذ رطوبت را در پی دارند. درواقع، عوامل مختلف محیطی همچون رطوبت (به‌صورت نزولی)، تغییر میزان رطوبت نسبی، تغییر درجه حرارت و بسیاری از عوامل دیگر توانسته‌اند بر مصالح کتیبه اثرگذارند و علاوه‌بر تسریع آسیب‌های ساختاری، آسیب‌های مختلف دیگری را نیز پدیدآورند. ضمن‌اینکه، اجزای کتیبه در حضور رطوبت، بریکدیگر تأثیر گذاشته و آسیب‌هایی را به‌دنبال آورده‌اند که بایستی از تأثیر مخرب آن بر مصالح سنگ و کاشی کتیبه کم‌شود. باتوجه به اینکه دغدغه این تحقیق صرفاً آسیب‌شناسی کتیبه یادشده است، یافته‌های این پژوهش می‌تواند در به‌کارگیری شیوه‌های درمانی برای کاستن تأثیر مخرب عوامل آسیب‌رسان به‌ویژه رطوبت، راهگشا و قابل استفاده باشد. درپایان یادآوری این نکته بسزاست که برای ارائه راهکارهای حفاظتی به آزمایش و بررسی‌های اصولی‌ای از طریق مواد مختلف روی مصالح این کتیبه نیازاست تا بتوان شیوه‌ها و موادی را به‌کاربرد که متناسب با مصالح و شرایط محیطی کتیبه باشند.

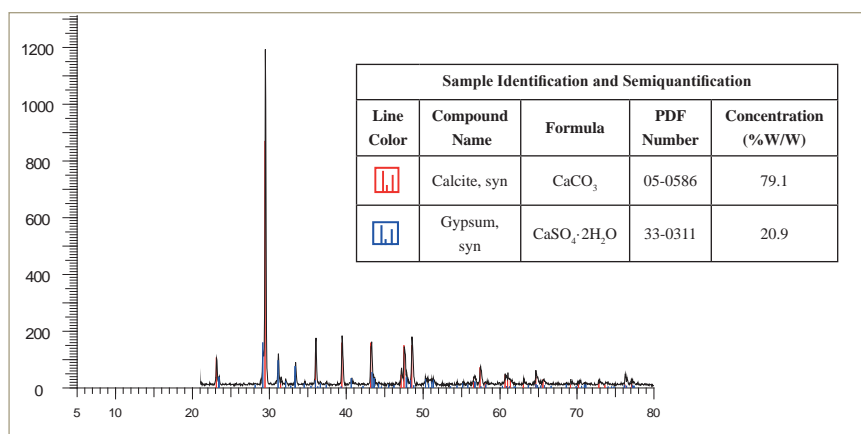
وضعیت بارندگی و میزان رطوبت نسبی در منطقه کتیبه مورد بررسی				
متوسط میزان بارندگی ماهانه	حداکثر میزان بارندگی ماهانه	حداقل میزان بارندگی ماهانه	حداکثر رطوبت نسبی	حداقل رطوبت نسبی
۴۸/۴۵ میلی‌متر	۱۸۴/۲ میلی‌متر در آذرماه	- میلی‌متر در ماههای تیر، مهر، آبان	٪۸۴/۵	٪۱۲/۵

(نگارندگان)

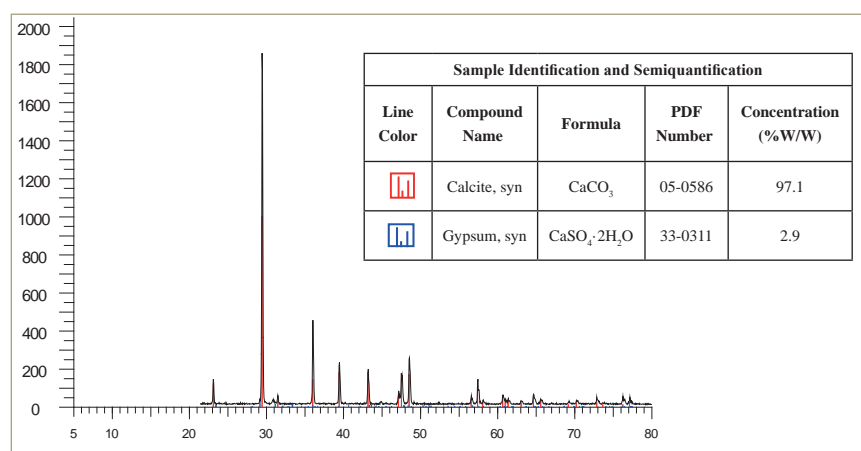


پی‌نوشت

- ۱- جدول ۱. نام و مشخصات اولیه کلیه نمونه‌های برداشته‌شده از بدنه کاشی‌های کتیبه معرق سنگ و کاشی p(pilpa): پیل‌پا، SE(South-east)، جنوب‌شرق [SE₁: قسمت غربی، SE₂: قسمت شرقی]، NE(North-east): شمال‌شرق، J(Jebhe): جبهه، S(South): جنوب، E(East): شرق، B(Body): بدنه، T(Turquoise): لعاب فیروزه‌ای، A(Azure): لعاب لاجورد، Y(Yellow): لعاب زرد، W(Withe): لعاب سفید.
- ۲- برای ساخت لعاب زرد، نسبت معینی از سرب و قلع به‌کارمیدردند که با ذوب و اکسیدکردن آنها در نزدیکی اکسیژن هوا، لعاب زرد به‌دست می‌آمده‌است. برای نمونه مشابه لعاب زرد که در آن از ترکیبات سرب و قلع استفاده‌شده می‌توان به لعاب‌های زرد مسجد جامع اصفهان اشاره کرد (Durali et al, 2006:203).
- ۳- جدول ۲. نام و مشخصات اولیه کلیه نمونه‌های برداشته از لعاب زرد کاشی‌های کتیبه معرق سنگ و کاشی P(pilpa): پیل‌پا، SE(South-east)، جنوب‌شرق [SE₁: قسمت غربی، SE₂: قسمت شرقی]، NE(North-east): شمال‌شرق، J(Jebhe): جبهه، S(South): جنوب، E(East): شرق، Y(Yellow): لعاب زرد.
- ۴- نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز (XRD)، نشانگر آن است که در نمونه سنگ قدیمی، میزان بالایی ژئپس هست که این مربوط به ملات گچی است که برای چسباندن سنگ به تکیه‌گاه است. همچنین، کاشی با سنگ‌در آن نفوذ کرده و از آنجا که سختی ژئپس پائین است، هنگام ساخت و پولیش نمونه برای آنالیز پتروگرافی، ژئپس از بین می‌رود که در تصویرهای پتروگرافی نشان داده نمی‌شود.
- ۵- عرض جغرافیایی شهر شیراز ۲۹ درجه و ۳۲ دقیق و ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد ۱۴۹۱ متر است.



۱- نمودار آنالیز XRD از نمونه سنگ اصلی (دوره آل اینجو) (نگارندگان)



۲- نمودار آنالیز XRD از نمونه سنگ مرمتی (سال ۱۳۱۴ شمسی) (نگارندگان)



منابع

- آموروسو، ج.ج و فاسینا (۱۳۷۰). فرسودگی سنگ و حفاظت از آن، ترجمه رسول وطن دوست، تهران: سازمان علمی و فرهنگی.
- ابن بلخی (۱۳۷۴). فارسنامه ابن بلخی، تصحیح منصور رستگار فسایی، شیراز: بنیاد فارس شناسی.
- بهروزی، علی نقی (۱۳۵۴). بناهای تاریخی و آثار هنری جلگه شیراز، شیراز: اداره فرهنگ و هنر استان فارس.
- پروین، حسین (۱۳۷۵). سنگ شناسی رسوبی، تهران: دانشگاه پیام نور.
- جنید شیرازی، ابوالقاسم (۱۳۵۰). شدالازار فی خط الاوزار عن زوار المزار، تصحیح و تحشیه محمد قزوینی، شیراز: وصال شیراز.
- دیالافوا، ژان (۱۳۵۳). ایران کلد و شوش، ترجمه محمد علی فرهوشی، تهران: دانشگاه تهران.
- شاردن، ژان (۱۳۷۳). سیاحت نامه شاردن، ترجمه محمد عباسی، تهران: امیرکبیر.
- شایسته فر، مهناز (۱۳۸۳). دوفصل نامه مطالعات هنر اسلامی، شماره ۱، ۹۵.
- شواتس، پاول (۱۳۷۳). جغرافیای تاریخ فارس، ترجمه کیکاووس جهاننداری، تهران: انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.
- مجبعلی، شهریار و وطن دوست، رسول (۱۳۷۷). علل شوره زنی سنگ های آهکی در بناهای تاریخی، مجموعه مقالات پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی چاپ اول: ۴۳۸-۴۳۳.
- معماریان، حسین (۱۳۸۰). زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، تهران: دانشگاه تهران.
- میش مست، مسلم (۱۳۸۵). تحلیل فن شناسی، وضعیت حفاظتی و مدل سازی و آسیب شناسی گچ بری های کوه خواجه سیستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت.
- نادری، بقرات (۱۳۵۷). مختصری راجع به کاشی، پخت و انواع کاشی مشهد، مجله هنر و مردم، شماره ۱۸۸، ۶۵-۵۸.
- نورتین، اف اچ (۱۳۷۵). سرامیک برای اهل فن سرامیک، ترجمه شعبانعلی تشکری، تهران: دانشگاه تهران.
- Degeorgy, G., Porter, Y. (2002). **The Art of the Islamic Tiles**, (translated from the French by David Radzinowicz) Flammarion, French.
- Durali, S. & Oliaiy, P. Sh. (2006). Evolution of the Tilework of Friday Mosque in Isfahan, Based on Glaze Analysis. In **Scientific Research in the Field Asian Art**, Jett P., In association with the freer Gallery of Art, Smithsonian Institution: Archetype Publications. pp. 200-207.
- Eric, D., Clifford, A.P. (2010). **Stone Conservation: An Overview of Current Research** Los Angeles: Getty Conservation Institute Publications.
- Porter, V. (1995). **Islamic Tiles**. London: Trustees of the British Museum by British Museum Press.
- Tournie, A. & Ricciardi, P.C. (2008). Glass corrosion Mechanisms: A multiscale analysis. **Studies in**, Vol 179, No. 2: 2143-2144.
- Vergas, B. (2008). **Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns**. London: ICOMOS International Scientific Committee for Stone.

پژوهشی در ملات‌های آهکی تاریخی (ساروج)

نمونه موردی: حمام شاهزاده‌ها در اصفهان

داریوش حیدری* حامدیونسی** غلامرضا وطن‌خواه***

چکیده

آثار برجای‌مانده از دوره‌های مختلف معماری ایرانی، افزون‌بر بیان تغییر و تحول آنها بیانگر تکامل و گسترش دانش ایستایی، سازه، شناخت و تولید مصالح گوناگون است. در پایداری معماری ایرانی عوامل مختلفی تأثیرگذار هستند که از میان آنها، مصالح یکی از بخش‌های مهم و اساسی بقای آثار معماری است. ایرانیان در طراحی ملات‌های مختلف و مطابق با شرایط هر بنا، از هوش و استعداد سرشاری برخوردار بوده‌اند. آنچنان‌که، بسیاری از این ملات‌ها پس از گذشت قرن‌ها همچنان، پابرجا باقی‌مانده و ویژگی‌های خود را از دست نداده‌اند. همین اهمیت ملات‌ها موجب گردید که نگارندگان مقاله پیش‌رو بر آن شوند تا تحقیق گسترده‌ای را درباره آنها به انجام‌رسانند. چراکه، شناخت و آشنایی با ساختار و ترکیبات مورد استفاده در این ملات‌ها، سبب گزینش روشی مناسب در حفاظت و مرمت می‌شود.

مقاله حاضر، گزیده بخشی از پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه بررسی ملات‌های آهکی به‌کاررفته در حمام تاریخی شاهزاده‌های اصفهان است. همچنین در این مقاله، درباره روش‌های تهیه ملات‌های تاریخی با هدف رسیدن به ترکیبات موجود طرح اختلاط و شیوه اجرای ملات‌های جدید برای مرمت نیز، مطالعه‌شده‌است. آزمایش‌های گوناگونی روی ملات‌های ساروجی تهیه‌شده از این بنای تاریخی، صورت گرفت. پس از بررسی‌های نتایج این آزمایش‌ها و انجام مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، نمونه‌های جدید ملات ساروج با نسبت‌های متفاوت ساخته‌شد. در مرحله نهایی، با انجام آزمایش‌های مکانیکی مختلف روی نمونه‌های ساخته‌شده، ملات بهینه با داشتن ویژگی‌های مشابه با ملات‌های تاریخی مورد مطالعه، برای استفاده در امر مرمت گزینش‌شد.

کلیدواژگان: ملات تاریخی، ملات آهکی، ساروج، آنالیز XRD، آنالیز TG/DTG.

d.heydari@au.ac.ir

* عضو هیأت علمی دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت (نویسنده مسئول).

** کارشناس ارشد، رشته مرمت اشیاء و آثار تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

*** استادیار، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

مقدمه

در طول تاریخ، ملات‌های آهکی در سازه‌های آبی و بخش‌هایی از ساختمان‌ها که در معرض رطوبت بوده کاربرد گسترده‌ای داشته‌اند. اگرچه، باوجود کاربرد مشابه آنها در هر منطقه‌ای با ترکیبات متنوعی ساخته می‌شده‌اند. اکنون، بنابر وجود بناهای تاریخی فراوانی که در آنها این مجموعه ملات‌ها به کار رفته و لزوم حفظ و مرمت علمی و بهینه آنها که بیشتر هم در حال تخریب هستند، ضرورت دارد نسبت به شناخت فناوری ساخت و طرح اختلاط ملات‌های یادشده اقدامی مناسب صورت گیرد. این امر افزون بر دستیابی به ترکیب و روش‌های عمل‌آوری و ساخت ملات‌ها منجر به مرمت اصولی و تطابق ظاهری و ذاتی بخش‌های جدید با اجزای اصلی بنا نیز می‌گردد.

اگرچه این ملات‌ها انواع گوناگونی دارند لیکن به‌طور کلی به دو دسته ملات‌های هوازی و بی‌هوازی بخش‌بندی می‌شوند. ملات‌های هوازی برای گیرش و به مقاومت رسیدن نیاز به حضور هوا و (CO_2) موجود در آن دارند اما ملات‌های بی‌هوازی نیازی به حضور هوا ندارند (حامی، ۱۳۷۸: ۸۱). ملات ماسه آهک، نمونه‌ای از ملات‌های دسته نخست است که از مخلوط کردن آهک شکفته، $(Ca(OH)_2)$ ، ماسه و آب به دست می‌آید. ملات ماسه آهک نیز، برای گیرش و به مقاومت رسیدن نیاز به حضور هوا و جذب (CO_2) هوا دارد که نهایت، سنگ آهک اولیه $(CaCO_3)$ می‌شود (همان: ۸۲). دسته دوم خود شامل دو دسته عمده زیر است:

۱- ملات شفته آهک (ملات‌های آهکی معمولی) که از ترکیب کردن خاک رس آهک شکفته و آب به دست می‌آید و نیازی هم به حضور هوا و جذب (CO_2) ندارد. بلکه، آهک شکفته $(Ca(OH)_2)$ با آلومینات‌ها و سیلیکات‌های خاک ترکیب شده و آلومینات کلسیم $(CaO \cdot Al_2O_3)$ و سیلیکات کلسیم $(CaO \cdot SiO_2)$ را تشکیل می‌دهد (همان: ۱۰۹).

۲- ملات آهک آبی: این آهک‌ها همانند سیمان کنار آب، قادر به انجام واکنش‌های گیرش بوده و مقاومت کسب می‌کنند. آهک‌های آبی به دو روش سرد و گرم تولید می‌شوند. در روش گرم، از پختن سنگ‌های آهکی رسی که ۶۵ تا ۷۵ درصد آهک دارند یا پختن خاک رس و سنگ آهک با یکدیگر، حاصل می‌شوند (گروه مؤلفان، ۱۳۸۵: ۲۵۲). پس از پختن، آنها را آسیاب می‌کنند و به صورت ملات استفاده می‌کنند. سرعت شکفته شدن و افزایش حجم آنها کم است (حامی، ۱۳۷۸: ۱۱۵). در روش سرد، از مخلوط کردن آهک شکفته، خاک رس، خاکستر، ماسه و برخی افزودنی‌های دیگر، آهک آبی ایجاد می‌شود (همان: ۸۲).

از نظر ترکیب شیمیایی، آهک‌های آبی دامنه گسترده‌ای دارند که بین آهک و سیمان پرتلند متغیر است. این آهک‌ها، پس از پختن درصد زیادی سیلیکات کلسیم دارند لیکن برخلاف سیمان پرتلند داری آهک آزاد (CaO) و یا $(CaO + MgO)$ هستند. ازین‌رو، آهک‌های آبی روش گرم، در آب شکفته می‌شوند (گروه مؤلفان، ۱۳۸۵: ۲۶۶).

درجه آبی بودن یا هیدرولیسیت^۱ این نوع آهک‌ها، به مقدار قابل توجهی متغیر است. این آهک‌ها به سه درجه تقسیم می‌شوند؛ آهک‌های آبی کم‌مایه، آهک‌های آبی متوسط یا نیمه‌آبی و آهک‌های پرمایه که برخی آنها را آهک رومی^۲ می‌نامند (همان: ۲۶۷).

آنچه در این مقاله آمده، تحقیق روی ملات آهکی ساروج است که جزء دسته ملات‌های آبی سرد است. ملات ساروج، مهم‌ترین ملات آهکی در ایران است. این ملات در مکان‌هایی که رطوبت بسیار وجود داشته و یا در تماس مستقیم با آب بوده، کاربرد داشته‌است. آهک، ماده اصلی به کار رفته در ملات ساروج است.

آنالیز و تحقیق روی ملات ساروج بیشتر براساس روش آنالیز دستگاهی (XRD)^۳، انجام شده‌است. در پایان، برای اهمیت ملات ساروج و مزایای استفاده از آن در مرمت بناهای تاریخی به سبب رفتار مشابه و همخوان با بقیه مواد و مصالح، شیوه‌های گوناگون ساخت ملات بررسی گردیده و چهار روش برای ساخت آن پیشنهاد شده‌است.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر، بنابر شکوفایی معماری و تکنولوژی ساخت در دوره صفویه، حمام شاهزاده‌ها در شهر اصفهان برای مطالعه و بررسی انتخاب و از ملات‌های قسمت‌های مختلف آن، نمونه برداری شد. برای شناسایی روی نمونه‌ها، آزمایش‌های مختلفی همچون تعیین دانه‌بندی، آنالیز (XRD و TG/DTG)^۴ صورت گرفت. پس از شناسایی ملات ساروج تاریخی حمام، اقدام به ساخت ساروج شد.

آزمایش (XRD)، دانه‌بندی، میزان فرسودگی الیاف و تعیین حدود اتربرگ^۵ خاک روی مواد تشکیل دهنده ملات صورت گرفت. سپس، براساس روش‌های گوناگون ملات ساروج ساخته شد و انواع آزمایش‌ها جهت تعیین مشخصات فیزیکی ملات‌های ساخته شده انجام شد. در پایان، ملات‌های ساخته شده با نمونه تاریخی مقایسه شده و از بین روش‌های ساخت ملات ساروج دو روش که با نمونه تاریخی مطابقت بیشتری داشتند، برای استفاده در عملیات حفاظت و مرمت پیشنهاد شده‌است.

پیشینه تحقیق

حمام شاهزاده‌ها، مربوط به دوران صفویه است که در بافت تاریخی اطراف میدان نقش جهان و بازار اصفهان قرار گرفته است. این حمام، نمونه‌ای ارزنده از به‌کارگیری انواع ملات‌های آهکی با کاربردهای ویژه خود است. با توجه به همین آگاهی از اصالت آن، نمونه‌ها به‌عنوان مرجع مطالعات و آنالیزهای کیفی و کمی انتخاب شد. در ایران، تاکنون مطالعات مختصر و ناقصی برای معرفی ملات‌های آهکی در کتاب‌های شناخت مواد و مصالح معماری صورت گرفته است. از میان این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات استاد فقید/حمد حامی (۱۳۷۸) اشاره نمود. آقای حسینی‌سیر (۱۳۸۱) هم در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی ملات‌های تاریخی پرداخته لیکن این مطالعه به‌صورت طرح جامعی بوده و ملات آهکی به‌طور ویژه بررسی نشده است. البته، به‌سبب اهمیت کاربرد این ملات در اروپا، مطالعات مفیدی در شناسایی و مرمت آن انجام شده که از آن جمله می‌توان به کتاب‌های زیر اشاره نمود:

- Chemistry and technology of lime and Lime-stone (1966) و Lime an Lime mortas (1998).

ملات ساروج

ملات ساروج، ملات آهکی آبی سنتی ایران است که به دو روش سرد و گرم تولید می‌شده است. در روش گرم، کلوخه‌های سنگ آهک رس‌دار را می‌کوبیدند تا نرم شود سپس، خاک به‌دست آمده را با کاه و پهن و آب مخلوط می‌کردند. پس از آن، گل به‌دست آمده را روی زمین با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر پهن کرده و بعد از خشک شدن، قطعه‌های خشک شده را می‌پختند. نهایت، هنگامی که قطعه‌ها پخته شد آنها را آسیاب می‌کردند. محصول به‌دست آمده رنگ لیمویی یا قهوه‌ای روشن داشت که ساروج گرم نامیده می‌شد (همان: ۲۶۷).

در روش سرد، ساروج از مخلوط کردن آهک شکفته، خاکستر، ماسه بادی، خاک رس ولویی یا مغز نی ساخته می‌شد (حامی، ۱۳۷۸: ۸۲). بنابر موارد کاربرد مختلف، ممکن بود افزودنی‌های دیگری همچون موی بز یا گوساله یا انسان، سفیده تخم مرغ، چربی گوساله و... به آن ترکیب افزوده شود (الکرجی، ۱۳۴۵: ۶۳). آهک، ماده اصلی این ملات است که ضمن ایجاد چسبندگی بین اجزا و قطعات آجری یا سنگی، موجب سمنته شدن ملات هم می‌گردد. مقدار کمی خاک رس در ملات افزون بر ایجاد چسبندگی در ملات به‌سبب داشتن سیلیس برای سمنته شدن آهک نیز، بسیار مفید است. ماسه هم به دلیل

دارا بودن سیلیس همان کاربرد خاک رس را برای آهک دارد. ضمن اینکه، ماسه خاصیت پرکنندگی هم دارد. خاکستر افزون بر داشتن میکروسیلیس، مقدار قابل توجهی هم کربن دارد. کربن خاکستر با آهک شکفته ترکیب شده و با دریافت اکسیژن از محیط به کربناتیزاسیون آهک سرعت می‌بخشد (Cowper, 1998: 56). از مخلوط کردن خاکستر با ملات، به میزان کافی کربن در اختیار آهک گذاشته می‌شود تا سریع‌تر به مقاومت نهایی برسد. لویی یا لوخ یا گل نی، دارای رشته‌های پنبه‌مانند بسیار نازک و به هم فشرده‌ای است که کنار رودخانه‌ها و نواحی باتلاقی می‌روید. این رشته‌های نازک که در برخی موارد جای خود را به موی حیوانات و انسان می‌دهند، همانند آرماتور افت و حرارت در بتن، موجب کاهش جمع‌شدگی ملات و جلوگیری از ترک‌های انقباضی هنگام گیرش می‌شوند (حامی، ۱۳۷۸: ۸۲).

از دیگر سو، لویی به سبب ساختار سلولزی، مقادیر فراوانی کربن و اکسیژن در خود دارد که بسیار مورد نیاز آهک در فرایند کربنیزه شدن است. ملات، ساروج سرد رنگ خاکستری یا کبود دارد و علاوه بر مقاومت مکانیکی بالا در برابر نفوذ آب نیز، مقاومت به‌نسبت خوبی نشان داده به‌گونه‌ای که، از نفوذ و نشت آب جلوگیری می‌کند (گروه مؤلفان، ۱۳۸۵: ۲۶۸).

گونه‌های دیگری از ساروج‌ها نیز هستند که چون از ساروج‌های فرعی به‌شمار می‌روند و چندان هم، رایج و متداول نیستند، در این مقاله از سخن و بررسی درباره آنها خودداری شده است.

در مطالعه و بررسی ساروج سرد، ملات‌های ساروجی حمام شاهزاده‌ها در اصفهان با پیشینه‌ای حدود ۳۵۰ سال انتخاب شدند. برای جلوگیری از افزایش حجم مقاله از معرفی بخش‌ها و فضاهای مختلف حمام و معرفی قسمت‌هایی که نمونه برداری شده جلوگیری شده است.

نمونه برداری

برای مطالعه و بررسی، از دوازده نمونه از ملات قسمت‌های مختلف حمام نمونه برداری شد. روش نمونه برداری مطابق استاندارد (ASTM 1988) ASTM - C5 - 86 بود که در بخش زیر معرفی شده است.

- A2: ملات اطراف تنبوشه‌ها و لوله‌های سفالی است که برای آب‌بندی اتصالات لوله‌های سفالین انتقال آب استفاده می‌شده است. از این ملات انتظار مقاومت در برابر نفوذ آب می‌رفته به‌گونه‌ای که، چسبندگی آن حین کار باید زیاد باشد.

- B1: ملات مربوط به کف‌سازی بوده که درصد آهک کمتری داشته و در آن بیشتر خاک و ماسه کاربرد داشته‌است. همچنین، اغلب حالت شفته آهک پیدامی کرده‌است.
- B2: کاربردی شبیه B1 داشته‌است.
- C: ملاتی برای بندکشی بین آجرچینی‌ها و اندود حوض‌ها است.
- D: ملات پشت کاشی کاری‌ها است.
- E2: ملات اطراف سنگ کاری‌ها بوده که به نسبت در معرض رطوبت کمتری قرار داشته و برای اتصالات قطعه‌های سنگی به کار می‌رفته که احتمالاً برای چسبندگی بیشتر به آن گچ هم افزوده می‌شده‌است.
- E3: مانند E2 است.
- G: اندود درون حوضچه توالی بوده که جهت آب‌بندی و پرداخت نهایی در سطح جداره داخلی حوضچه به کار می‌رفته‌است.
- H1: اندود پشت کاشی کاری‌های حوضچه گرم‌خانه بوده‌است.
- I1: ملات زیر سنگ که برای چسبندگی بیشتر احتمالاً به آن گچ هم افزوده می‌شده‌است.
- I3: شبیه I1 است.
- J: اندود جداره استخر حمام که هم لازم بوده استحکام و هم آب‌بندی خوبی داشته‌باشد.

آنالیز دانه‌بندی ماسه ملات‌های ساروج حمام شاهرده‌ها

برای آنالیز دانه‌بندی ماسه، سه مورد کلی از نمونه‌ها به شرح زیر برگزیده شدند:

۱. نمونه‌های G و J،
۲. نمونه‌های D و A2،
۳. نمونه‌های A1 و B1.

سپس، نمونه‌ها جداگانه در اسید کلریدریک ۱:۳، چهارنرمال حل شده و با کاغذ صافی ذرات ماسه جدا شدند. ماسه‌ها، پس از خشک شدن از الک‌های شماره (۸، ۱۸ و ۲۵)، عبور داده شدند.

درصد ماسه‌های مانده روی هر الک در زیر آورده شده‌است (جدول ۱).

در (جدول ۲)، درصد تجمعی عبور کرده از هر الک برای مقایسه با درصد تجمعی عبور کرده از الک‌های شماره‌های (۱۶، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰) که برای ساخت ملات ماسه آهک استفاده می‌شود، آورده شده‌است.

آن گونه که از مقایسه (جدول‌های ۳-۱) به دست می‌آید، ماسه‌های استفاده شده در ساروج حمام نسبت به آنچه هم‌اکنون

برای ملات ماسه آهک به کار می‌رود، دانه‌های درشت‌تر از الک ۱۶ و ریزتر از الک ۱۰۰ دارد. این گستردگی دامنه اندازه دانه‌ها طبیعتاً سبب دست‌یابی به تراکم بیشتر در ملات می‌شود.

آنالیز (XRD) ملات‌ها

برای مطالعه بیشتر و شناسایی فازهای تشکیل دهنده ملات‌های ساروج تاریخی، روی ۱۲ نمونه مورد نظر، آنالیز XRD انجام گرفت. درصد فازهای مختلف شناسایی شده، به صورت نمودارهای دایره‌ای نشان داده شده‌اند (نمودارهای ۱-۲). مشخصات این دستگاه به قرار زیر است:

X-ray Tube Anode : Cu

Wavelength: 1.5406 Å (CuKα)

Filter : Ni

تنها، یک نمونه با نمودار و نتایج آمده و در بقیه نمونه‌ها ارائه نتایج صرفاً به صورت درصد وزنی بیان شده‌است (Ropp, 2004: 145). آن گونه که در نتایج حاصل از آنالیز (XRD) مشاهده می‌شود، بیشترین درصد مواد تشکیل دهنده ملات‌ها کربنات کلسیم (CaCO_3) است. این مطلب، بیانگر روند مناسب کربناتیزاسیون ملات‌ها است که با تشکیل درصد بالایی از (CaCO_3) ملات، به مقاومت و سختی بالایی دست خواهد یافت. درصد (CaCO_3) در ملات G مربوط به اندود درون حوضچه توالی با ۷۸٫۶ درصد است که بیشترین مقدار را دارد.

در ملات‌هایی که کربنات کلسیم آنها نسبت به بقیه ملات‌ها کمتر است، مقاومت و سختی ملات با تشکیل سیلیکات کلسیم (Ca_2SiO_4) و دیگر محصولات حاصل از واکنش‌های گیرش و سخت‌شدگی ملات که در نمودارها دیده می‌شود، فراهم شده‌است. همانند ملات E2 که درصد کربنات کلسیم به کمترین مقدار خود ۳۷٫۹ درصد می‌رسد، درصد سیلیکات کلسیم هم ۹٫۵ درصد است.

در مجموع، این گونه می‌توان گفت که در ملات ساروج سرد، هم از تشکیل کربنات کلسیم و هم از تشکیل سیلیکات کلسیم و دیگر محصولات واکنش که موجب سخت‌شدگی و افزایش مقاومت ملات می‌گردند، بهره‌گیری شده‌است.

نکته دیگر اینکه، ملات G مربوط به اندود درون حوضچه توالی است و به آسانی با CO_2 هوا در ارتباط بوده و مسیر تشکیل (CaCO_3) را بیشتر سپری کرده در حالی که، ملات E2 مربوط به سنگ کاری‌ها است و طبیعتاً کمتر می‌توانسته از هوا (CO_2) بگیرد. از این رو، نسبت به ملات‌های دیگر بیشتر مسیر تشکیل سیلیکات کلسیم را سپری کرده‌است.

آنالیز (TG/DTG)

آزمایش وزن‌سنجی حرارتی در مورد نمونه A2 که احتمال وجود ماده‌ی آلی در آن بیشتر بود، انجام شد (Ellis, 2002:46). این نمونه، مربوط به ملات تنبوشه، لوله سفالی، بوده که برای دستیابی به اتصالات بادوام و مستحکم از موادی همچون سفیده تخم‌مرغ در آن استفاده می‌شده‌است (حامی، ۱۳۷۸: ۸۱). براساس نمودارهای ترسیم‌شده با دستگاه (نمودار ۳) این چنین دریافت شد که تغییرات اصلی باتوجه‌به پیک اصلی، حدود ۷۵۰ درجه است که این دما مربوط به تجزیه کربنات‌ها است.

این چنین می‌توان نتیجه‌گرفت که مواد آلی که در این نمونه ملات تاریخی کاربرد داشته، تقریباً به‌طور کامل از بین رفته و استفاده از آنها بیشتر جنبه موقتی تارسیدن به گیرش نهایی ملات را داشته‌است.

تهیه ساروج سرد

در تهیه ساروج سرد، برای شناسایی کیفیت مواد و مصالح مورد استفاده و تاحدودی تطبیق ویژگی‌های آنها با مواد تشکیل‌دهنده ساروج سنتی، برخی آزمایش‌های شناسایی روی آنها انجام شد که ضرورت دارد نخست، به آنها اشاره نمود.

۱. انجام آنالیز (XRD) روی نمونه آهک

برای بررسی دقیق نمونه آهک مصرفی در نمونه‌سازی ملات ساروج، آهک مورد نظر تحت آنالیز (XRD)، قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۱. درصد ماسه‌های مانده روی هر الک.

شماره الک	شماره نمونه	۱	۲	۳
درصد مانده روی الک ۸	۰	۴/۴۷	۲۰	
درصد مانده روی الک ۱۶	۲۰/۸۵	۱۳/۴۳	۱۰	
درصد مانده روی الک ۲۰	۱۲/۸۸	۸/۹۵	۵/۵۵	
درصد مانده روی الک ۵۰	۳۹/۸۷	۳۵/۸۲	۳۱/۱۱	
درصد مانده روی الک ۱۰۰	۱۶/۵۶	۲۰/۸۹	۲۰	
درصد گذشته از الک ۱۰۰	۹/۸۴	۱۶/۴۴	۱۳/۳۳	

(نگارندگان)

جدول ۲. درصد تجمعی ماسه‌های عبور کرده از هر الک.

شماره الک	شماره نمونه	۱	۲	۳
درصد تجمعی مانده روی الک ۸	۰	۴/۴۷	۲۰	
درصد تجمعی مانده روی الک ۱۶	۲۰/۸۵	۱۷/۹	۳۰	
درصد تجمعی مانده روی الک ۲۰	۳۳/۷۳	۲۶/۸۵	۳۵/۵۵	
درصد تجمعی مانده روی الک ۵۰	۷۳/۶	۶۲/۶۷	۶۶/۶۶	
درصد تجمعی مانده روی الک ۱۰۰	۹۰/۱۶	۸۳/۵۶	۸۶/۶۶	

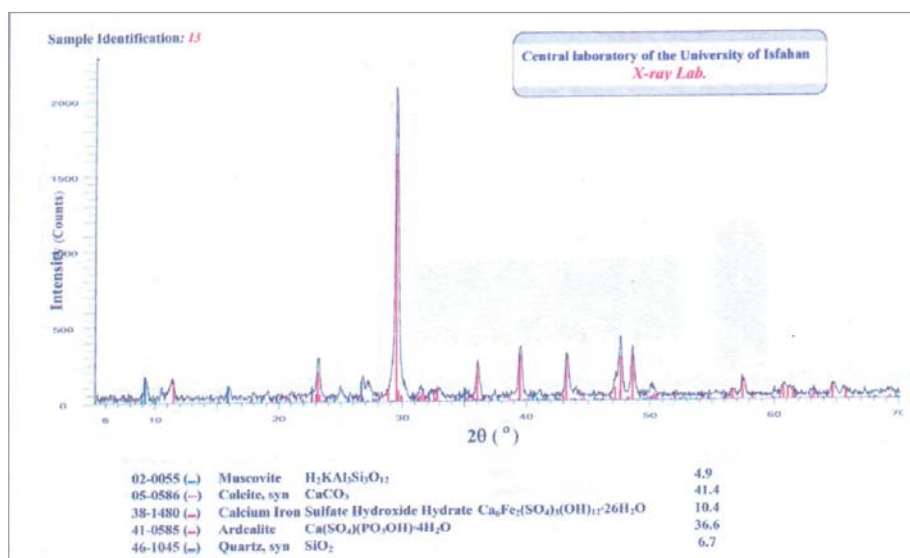
(نگارندگان)

جدول ۳. درصد تجمعی دانه‌های ماسه برای ملات مورد استفاده در نمونه‌سازی.

شماره الک	درصد تجمعی مانده %
۱۶	۰
۲۰	۲
۵۰	۷۴
۱۰۰	۱۰۰

(نگارندگان)

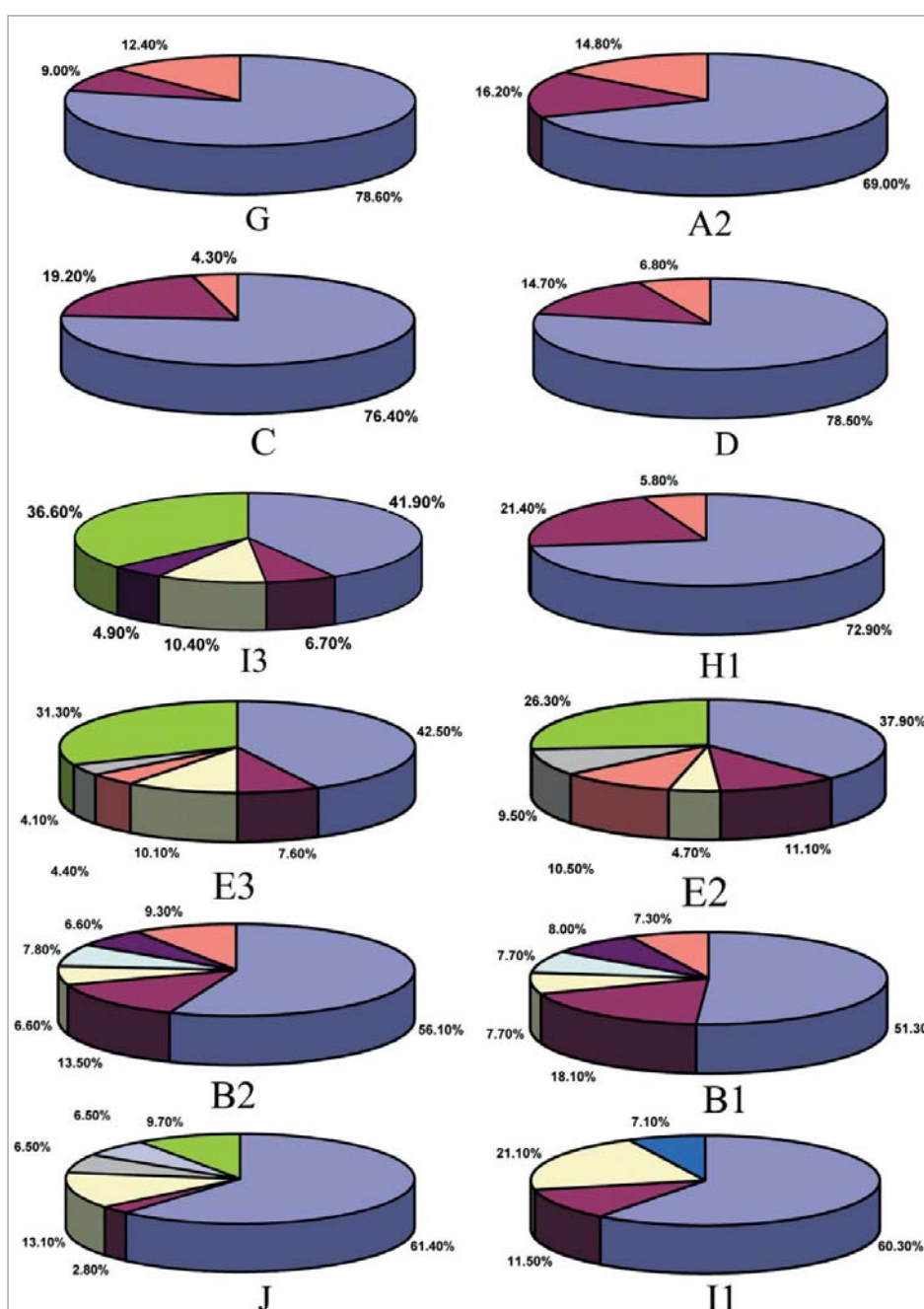
نمودار ۱. آنالیز XRD نمونه ملات‌های آهکی تاریخی



(نگارندگان)

نمودار ۲. درصد وزنی نمونه‌های تاریخی.

<i>Calcit, Syn</i>	$CaCO_3$	
<i>Quartz, Syn</i>	SiO_2	
<i>Calcium Iron Sulfate hydroxide hydrate</i>	$Ca_6Fe_2(SO_4)_3(OH)_{12} \cdot 26H_2O$	
<i>Clinchlore..., ferroan</i>	$Mg, Fe)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$	
<i>Muscovite</i>	$KAl_2Si_3Al_{10}(OH)_2$	
<i>Albite, Calcian, Ordered</i>	$Na, Ca) Al(Si, Al)_3 OH$	
<i>Calcium Silicate</i>	$\text{Gamma} - Ca_2SiO_4$	
<i>Ardealite</i>	$Ca(SO_4)(PO_3OH)_4 H_2O$	
<i>Gypsum</i>	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	



(نگارندگان)

۲. ماسه

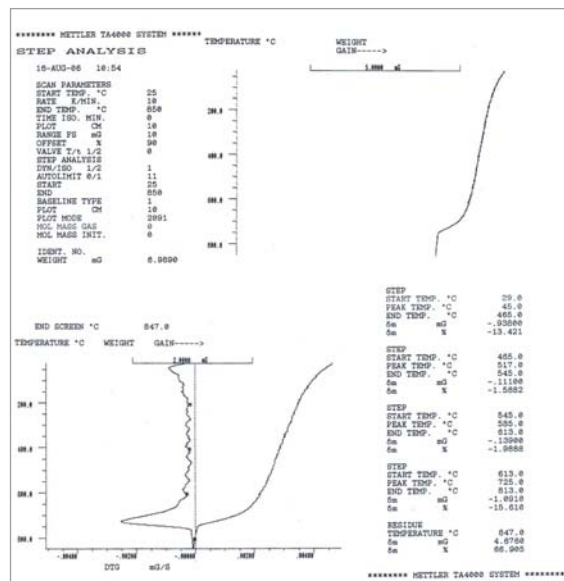
آنچنان که گفته شد، دامنه اندازه دانه‌های ماسه در ساروج تاریخی، نسبت به اندازه دانه‌های مورد استفاده در ساخت ملات ماسه آهک که فعلاً رایج است، گستردگی بیشتری دارد. لیکن، چونکه این اختلاف بسیار آشکار نیست برای ساخت نمونه ساروج از دانه‌بندی ملات ماسه آهک مطابق، آن استفاده شد.

همچنین در ترکیب ماسه مورد استفاده، ۳۰٪ ماسه سیلیسی استفاده شد. به گونه‌ای که از ماسه بادی معمولی جهت ذرات درشت و از ماسه سیلیسی برای ذرات ریز استفاده گردید. ماسه سیلیسی، گذشته از الک ۵۰ و مانده روی الک ۱۰۰ می‌باشد. دانه‌بندی هم براساس جدول بالا بدین گونه است که هم تغییر اندازه دانه‌های ماسه پیوسته و بدون گسستگی است و هم اینکه، دانه‌های درشت‌تر از ۱/۲ میلی‌متر در آن وجود ندارد چراکه، دانه‌های درشت‌تر موجب خشن شدن ملات می‌شود.

۱-۲. آنالیز (XRD) روی نمونه ماسه

برای مطالعه و شناخت بیشتر نمونه ماسه مورد استفاده، ماسه تحت آنالیز (XRD)، قرار گرفت (جدول ۵). براساس نتایج آنالیز، ماسه مورد استفاده را می‌توان با درصد سیلیس بالا قلمداد کرد. گرچه، حضور کلسیت در آن نشانگر داشتن ماسه آهکی در ترکیب دانه‌بندی است. حضور آلبیت کلینوکلر به عنوان دوفاز مرتبط با کانی‌های رسی نیز به دلیل ناخالصی‌های همراه با ذرات ماسه و یا ترکیب آلبیت همراه با کلسیت به شمار می‌رود.

نمودار ۳. آنالیز TG/DTG



(نگارندگان)

باتوجه به داده‌های آنالیز، این آهک را به واسطه داشتن میزان قابل توجهی (MgO)، می‌توان حاوی ناخالصی‌هایی از نوع سنگ آهک دولومیتی دانست. این نمونه، با داشتن فازهای مرتبط با کلسیم (کلسیت CaCO_3 ، آهک CaO ، آهک شکفته Ca(OH)_2) از درجه خلوص بالایی برخوردار است. ضمن اینکه، مقداری از آهک پخته شده (CaO) نزدیک رطوبت هوا به Ca(OH)_2 یا آهک شکفته تبدیل شده است (شرایط قبل از انجام XRD). نکته دیگر اینکه، میزان ناچیزی از آهک شکفته هم تبدیل به کلسیت شده است. نهایت، باید توجه داشت که پس از پختن سنگ آهک پیش از شکفته کردن، از قرارگیری آن در معرض رطوبت هوا باید خودداری کرد.

جدول ۴. نتایج XRD مربوط به نمونه آهک

Compound Name	Formula	Concentration(% W/W)
Portlandite,syn	Ca (OH)2	49.5
Periclase,syn	MgO	31.8
Lime,syn	CaO	17.3
Calcite,syn	CaCO3	1.4

(نگارندگان)

جدول ۵. آنالیز XRD نمونه ماسه

Compound Name	Formula	Concentration(% W/W)
Quartz,syn	SiO2	52.3
Albit, calcian,ordered	Na,Ca)Al(Si,Al)3O8)	15.3
Clinocllore	MgFe,Al)6(Si,Cr)4O10(OH)8)	4
Calcite,syn	CaCO3	28.4

(نگارندگان)

۳. لویی

لویی مورد مصرف در ساخت نمونه‌ها، نخست به قطعه‌های حداکثر ۳ سانتی‌متری خرد شد و ذرات درشت و چوبی آن جدا شدند. سپس، مدت ۴۸ ساعت در آب خیسانده شد و بعد استفاده شدند (وزن هر پیمان لویی ۱۰۰ گرم محاسبه گردید).

۳-۱. آزمایش میزان فرسودگی الیاف

مطالعه بیشتر برای نوع رفتار و واکنش مواد آلی به کار رفته در ساخت ملات آهکی، به انتخاب درست و نحوه به کارگیری بهتر این مواد کمک می‌کند. بنابر استفاده لویی به عنوان عاملی مهم در جلوگیری از ترک خوردن ملات به سبب انقباض حین گیرش، دوام آن با دیگر مواد مشابه که در ملات‌های تاریخی استفاده می‌شدند، مقایسه گردید. این بررسی بین نمونه‌های لویی، موی بز، ساقه گندم، ساقه برنج و سبوس برنج صورت گرفت. این آزمایش و کنترل کیفیت الیاف برای بررسی فرسودگی آنها، در محیط کاملاً قلیایی جهت مطابقت با شرایط ملات آهکی صورت پذیرفت.

بدین منظور، در پنج ظرف شیره آهک دوغاب آهک شکفته ریخته شد. سپس، الیاف یادشده در هریک از ظرف‌ها قرار داده شدند. نهایت، پس از گذشت ۸۰ روز، میزان فرسودگی الیاف بررسی شدند. در نگاه اول، تجزیه تقریباً کامل الیاف غیر گیاهی (موی بز)، قابل توجه بود. بین الیاف گیاهی نیز، میزان فرسودگی ساقه گندم بیشتر از همه، سپس ساقه برنج، لویی و در آخر سبوس برنج بود.

بنابراین، می‌توان بیان کرد که سبوس برنج دارای مقاومت بسیار خوبی در برابر آهک است. در موارد دیگری، سبوس برنج در ملات‌های آهکی تاریخی دیده شده است. با این همه، در ملات‌های تاریخی لویی بسیار به کار رفته است. دلیل استفاده از آن را می‌توان با توجه به شکل، فرم و ساختار فیزیکی آن توجیه کرد. همان گونه که گفته شد، عملکرد الیاف در ملات جلوگیری از ترک خوردگی ملات بر اثر انقباض حاصل از گیرش ملات است. لویی، به دلیل سطح زیر و پرزدار خود، در مقایسه با ساختار دوکی شکل سبوس برنج، قدرت درگیر شدن بیشتری را با ملات اطراف خود دارد. همچنین، حالت صیقلی بافت ساقه گندم و برنج از حرکت جزئی ملات حین گیرش جلوگیری نمی‌کند (باتوجه به اینکه، گیرش ملات‌های آهکی نسبت به گل و گچ بسیار کندتر است و حرکت‌های آن بسیار آرام و جزئی است). از دیگر سو، به دلیل نداشتن قابلیت ارتجاعی این الیاف، در سطح‌های صاف بیشتر از آنها استفاده می‌شد چونکه، انعطاف مورد نیاز برای سطح‌های منحنی را ندارند. در حالی که، لویی از انعطاف کافی برخوردار است.

در بررسی رفتار فرسودگی الیاف در محیط قلیایی، فرسودگی سریع و شدید موی بز دیده شد. بنابر استفاده از موی بز و دیگر الیاف حیوانی، احتمالاً علت استفاده از آنها به دلایل زیر بوده است:

- امکان دسترسی بیشتر به این الیاف در برخی مناطق،
- الیاف حیوانی بیشتر در مواردی استفاده می‌شد که حضور این مواد در مدت زمان ساخت تا گیرش نسبی ملات مورد نیاز بوده است. سپس، با تجزیه شدن الیاف، موجب به وجود آمدن لوله‌های موئینه در ملات می‌شده که از طریق این منافذ و لوله‌ها، رطوبت و (CO₂) هوا به درون جسم ملات نفوذ کرده و واکنش‌های ملات تکمیل می‌شده است.
- به سبب ظرافت الیاف حیوانی، از آنها در مواردی استفاده می‌شده که ظرافت و پرداخت ملات مدنظر بوده است.

۴. خاک رس

انتخاب خاک رس، براساس دامنه خمیری^۷ و حد مایع^۸ صورت گرفت. خاک انتخاب شده، از الک شماره ۱۰۰ گذرانده شد که حد مایع آن ۴۱ و دامنه خمیری آن ۱۵ بود.

$$PI=15 \quad LL=41$$

۴-۱. آنالیز (XRD) روی خاک رس

برای بررسی دقیق تر خاک رس مورد استفاده در نمونه سازی ساروج، آنالیز (XRD)، روی آن انجام شد (جدول ۶). همان گونه که در نمودار نیز دیده می‌شود، علاوه بر فازهای مشخص و اختصاصی خاک رس، کلسیت هم در خاک مورد آزمایش مشاهده می‌گردد.

۵. خاکستر

برای گزینش خاکستر مناسب نخست ساقه گندم، ساقه برنج و چوب درون کوره با دمای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد سوزانده شدند. چراکه، تمام مواد آلی در دمای بالاتر از ۸۵۰ درجه از بین رفته و مواد معدنی آنها از جمله، سیلیس برجای می‌ماند. بین سه خاکستر تولید شده، آنکه بیش از همه حاوی سیلیس باشد برای نمونه سازی مناسب تر است. از این رو، از هر سه مورد آنالیز (XRD) تهیه شد.

۵-۱. آنالیز (XRD) خاکستر

برای شناسایی بهتر خاکستر مناسب جهت نمونه سازی، سه گونه خاکستر تهیه شده تحت آنالیز (XRD)، قرار گرفتند. باتوجه به آنالیزهای انجام شده، خاکستر ساقه برنج از بقیه مناسب تر بوده و حاوی درصد بیشتری سیلیس بود (جدول ۷).

جدول ۶. آنالیز XRD نمونه خاک رس

Compound Name	Formula	Concentration(% W/W)
Quartz,syn	SiO ₂	13.5
Calcite,syn	CaCO ₃	18.2
Pyrophyllite-2ITM RG		
Clinochlore-1ITMIIb RG,ferroan	MgFe,Al)6(Si,Cr)4O10(OH)8	11.5
Albit, calcian,ordered	Na,Ca)Al(Si,Al)3O8	12.7
Muscovite-2ITM RG ,ammo-nian	K,NH ₄ ,Na)Al ₂ (Si.)Al ₄ O10(OH) ₂	19.2

(نگارندگان)

جدول ۷. آنالیز XRD خاکستر ساقه برنج

Compound Name	Formula	Concentration(% W/W)
Sylvite,syn	KCl	59.9
Silicon chloride	SiCl ₄	20
Calcite,syn	CaCO ₃	11.8
Quartz,syn	SiO ₂	3.7
Aphthitalite,syn	K ₃ Na(SO ₄) ₂	4.7

(نگارندگان)

۷. آزمایش‌های فیزیکی روی نمونه‌ها

۷-۱. توزین نمونه‌ها

نمونه‌ها به شکل مکعب در ابعاد (۵×۵×۵) سانتی‌متر، ساخته شدند. بعد از ساخت نمونه‌های هر گروه، کلیه نمونه‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در فاصله‌های زمانی ۵ روزه تا روز بیستم وزن شدند (جدول ۹).

بنابر نتایج این آنالیز، حضور سیلیس را به صورت فاز کوارتز^۹ در ترکیب با کلر می‌توان دید. براساس منشاء آلی این ماده، حضور قابل توجه پتاسیم، کلر و کلسیم در آن توجیه پذیر است.

۶. نمونه‌سازی

نمونه‌سازی باتوجه به مصاحبه با استادکاران معماری سنتی، مطالعه تاریخی روی ملات ساروج و مطالعه‌های کتابخانه‌ای با ۱۰ طرح اختلاط گوناگون، انجام شد (جدول ۸).

جدول ۸. میزان درصد حجمی ترکیبات نمونه‌های مختلف ملات ساروج ساخته شده

شماره نمونه	تاریخ ساخت	درصد آهک	درصد خاکستر	درصد لویی	درصد ماسه	درصد خاک رس
۱	۸۵/۷/۱۹	۳۳،۷۹	۹،۶۲	۷،۲۳	۳۸،۵۶	۱۰،۸۵
۲	۸۵/۷/۲۲	۴۴،۴۴	۳۱،۱۱	۸،۸۸	۸،۸۸	۶،۶۶
۳	۸۵/۷/۲۴	۳۱	۲۱،۵	۸،۶۲	۳۸،۷۹	-
۴	۸۵/۷/۲۵	۳۱،۷	۲۰،۳۲	۸،۱۳	۳۴،۱۵	۴،۸۷
۵	۷۵/۷/۲۶	۵۱،۴۲	۸،۵۷	۶	-	۳۴
۶	۸۵/۷/۲۹	۳۶	-	۸،۵	۳۰	۲۵
۷	۸۵/۷/۳۰	۳۲	۴۰	۸	۲۰	-
۸	۸۵/۸/۱	۳۲	۲۰	۸	۲۰	۲۰
۹	۸۵/۸/۶	۲۷،۹۲	۲۲،۵۲	۹	۲۷،۰۲	۱۳،۵۱
۱۰	۸۵/۸/۷	۲۸،۵۷	۲۸،۵۷	۹،۵۲	۲۸،۵۷	۴،۷۶

(نگارندگان)





جدول ۹. توزین نمونه‌ها

نمونه	کد نمونه	وزن نمونه پس از ۵روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۱۰روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۱۵روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۲۰روز (برحسب گرم)
۱	۱	۲۱۳,۵	۲۰۱,۳	۱۹۲,۵	۱۸۱,۶
۱	۲	۲۱۱,۸	۲۰۰,۲	۱۸۹,۳	۱۷۹,۸
۱	۳	۲۰۶,۵	۱۹۵,۵	۱۸۴,۷	۱۶۲,۳
۱	۴	۲۱۴,۲	۲۰۵,۲	۱۹۴,۴	۱۸۴,۴
۱	۵	۱۹۷,۶	۱۸۶,۲	۱۷۵,۳	۱۶۴,۴
۱	۶	۲۰۰,۸	۱۹۰,۱	۱۷۸,۲	۱۶۸,۷
۲	۱	۱۴۵,۶	۱۴۳	۱۴۰,۱	۱۳۵,۹
۲	۲	۱۴۸,۴	۱۴۶,۵	۱۴۳,۳	۱۳۹,۸
۲	۳	۱۵۵,۵	۱۵۳,۲	۱۵۱,۱	۱۴۹,۱
۲	۴	۱۵۰,۷	۱۴۸,۳	۱۴۶,۴	۱۴۲,۳
۲	۵	۱۵۳,۵	۱۵۱,۲	۱۴۹,۶	۱۴۵,۵
۲	۶	۱۴۱,۱	۱۳۷,۴	۱۳۶,۲	۱۳۱,۷
۳	۱	۱۸۳,۴	۱۷۶,۴	۱۶۹,۳	۱۶۲,۳
۳	۲	۱۸۲,۳	۱۷۵,۲	۱۶۸,۹	۱۶۰
۳	۳	۱۸۶,۳	۱۹۲,۵	۱۸۷,۳	۱۸۳,۲
۳	۴	۱۹۰	۱۸۶,۲	۱۸۱,۱	۱۷۶
۳	۵	۱۸۶,۵	۱۹۱,۳	۱۸۶,۲	۱۸۳,۵
۳	۶	۱۸۵	۱۷۸,۶	۱۷۱,۲	۱۶۴,۵
۴	۱	۲۰۲,۳	۱۹۲,۳	۱۸۴,۱	۱۷۶,۳
۴	۲	۱۹۸,۲	۱۸۷,۳	۱۷۷,۹	۱۶۷
۴	۳	۱۷۸,۹	۱۶۶,۳	۱۵۴,۳	۱۴۲,۶
۴	۴	۱۹۵,۵	۱۸۴,۷	۱۷۴,۶	۱۶۴,۲
۴	۵	۱۷۷,۲	۱۶۵,۲	۱۵۲,۱	۱۴۰,۲
۴	۶	۱۸۸,۹	۱۷۵,۳	۱۶۴,۱	۱۵۵,۳
۵	۱	۱۷۶,۶	۱۶۶,۵	۱۵۵,۳	۱۴۴,۷
۵	۲	۱۷۲,۴	۱۶۲,۳	۱۵۱,۲	۱۴۰
۵	۳	۱۷۴,۷	۱۶۵,۱	۱۵۴,۲	۱۴۳,۵
۵	۴	۱۷۹,۳	۱۷۰,۲	۱۶۲,۳	۱۵۰,۲
۵	۵	۱۸۲,۵	۱۷۳,۴	۱۶۰,۹	۱۵۱,۶
۵	۶	۱۷۸	۱۶۸,۸	۱۵۸,۱	۱۴۶,۲
۶	۱	۲۰۷,۶	۱۹۶,۵	۱۸۷,۳	۱۷۶,۴
۶	۲	۲۰۹,۷	۱۹۸,۹	۱۹۱,۲	۱۷۹,۱
۶	۳	۲۰۸,۸	۱۹۷,۱	۱۸۹,۱	۱۷۸,۳
۶	۴	۲۱۴	۲۰۴,۷	۱۹۲,۳	۱۸۱,۶
۶	۵	۲۱۱,۶	۲۰۱,۴	۱۹۳,۱	۱۸۰,۷
۶	۶	۲۰۶,۷	۱۹۴,۳	۱۸۶,۱	۱۷۵,۳
۷	۱	۲۱۹,۷	۲۱۱,۳	۲۰۶,۳	۱۹۶,۶
۷	۲	۲۱۱,۳	۲۰۵,۳	۱۹۶,۴	۱۹۰,۵
۷	۳	۲۱۶,۴	۲۰۸,۸	۲۰۱,۲	۱۹۵,۳
۷	۴	۲۱۷,۷	۲۰۹,۴	۲۰۳,۳	۱۹۷,۴
۷	۵	۲۱۸,۴	۲۱۱,۵	۲۰۴,۴	۱۹۷,۱
۷	۶	۲۱۸	۲۱۰,۴	۲۰۴,۵	۱۹۶,۶
۸	۱	۲۰۷,۶	۲۰۲,۴	۲۰۶,۶	۱۸۹,۴

نمونه	کد نمونه	وزن نمونه پس از ۵روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۱۰روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۱۵روز (برحسب گرم)	وزن نمونه پس از ۲۰روز (برحسب گرم)
۸	۲	۲۰۰,۷	۱۹۵,۴	۱۹۱,۲	۱۸۳,۲
۸	۳	۲۱۱	۲۰۶,۳	۲۰۰,۳	۱۹۴,۸
۸	۴	۱۹۳,۱	۱۸۸,۴	۱۸۵,۴	۱۷۶,۴
۸	۵	۲۱۲,۹	۲۰۷,۴	۲۰۱,۳	۱۹۵,۵
۸	۶	۱۹۷,۶	۱۹۲,۵	۱۸۹,۷	۱۸۰,۵
۹	۱	۲۰۲,۲	۱۹۶	۱۹۱,۳	۱۸۵,۵
۹	۲	۲۱۷,۱	۲۱۲,۷	۲۰۵,۲	۲۰۱,۸
۹	۳	۲۰۶,۳	۲۰۱,۴	۱۹۶,۵	۱۹۰,۶
۹	۴	۲۰۸	۲۰۳,۴	۱۹۸,۴	۱۹۲,۳
۹	۵	۲۱۴	۲۰۹,۹	۲۰۶,۵	۲۰۲,۴
۹	۶	۲۱۱,۳	۲۰۶,۷	۲۰۱,۲	۱۹۵,۴
۱۰	۱	۲۱۲,۶	۲۰۴,۵	۱۹۶,۳	۱۸۹,۹
۱۰	۲	۲۰۶,۶	۱۹۹,۴	۱۹۰,۲	۱۸۲,۳
۱۰	۳	۲۰۵,۲	۱۹۸,۳	۱۸۸,۳	۱۸۱,۲
۱۰	۴	۲۰۷,۴	۲۰۱,۴	۱۹۰,۳	۱۸۲,۳
۱۰	۵	۲۱۳,۵	۱۹۱,۷	۱۸۴,۵	۱۷۶,۲
۱۰	۶	۲۰۶,۱	۱۹۸,۸	۱۹۱,۳	۱۸۳

(نگارندگان)

۷-۲. محاسبه جرم حجمی، تخلخل و جذب آب

مقادیر وزن خشک، جرم حجمی، وزن نمونه اشباع از آب، حجم ظاهری و تخلخل درصد جذب آب در مورد ۲۰، نمونه تصادفی از ۱۰ گروه ساروج ساخته شده که مطابق با (جدول ۱۰) است.

۷-۳. اندازه‌گیری ارتفاع موئینگی

مصالخ متخلخل از طریق عامل موئینگی، می‌توانند منافذ خود را با مایع مرطوب کننده پر کنند. خیزش رطوبت آب و یا هر مایع دیگری در این گونه مصالح با نیروهای کشش سطحی که در فصل مشترک دو فازها جامد و مایع عمل می‌کنند، صورت می‌پذیرد (گروه مؤلفان، ۱۳۸۵: ۳۴). از هر گروه، دو نمونه مکعبی گزینش شد و روی اسفنج مرطوب قرار گرفت و میزان صعود آب طی ۲ ساعت، ثبت گردید (جدول ۱۱).

۷-۴. مقاومت فشاری

برای تعیین مقاومت فشاری گروه‌های ساروج، ابتدا نمونه‌های هر گروه به دودسته تقسیم شدند. نمونه‌های دسته اول برای تعیین مقاومت فشاری در حالت خشک ۸۰ روز در محفظه‌هایی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند تا به تدریج خشک شوند. نمونه‌های دسته دوم برای آگاهی از شرایط گیرش در آب و تعیین مقاومت فشاری در این حالت، از روز دوم به مدت ۷۹ روز داخل آب مقطر قرار گرفتند و نهایتاً برای انجام آزمایش

خشک شدند. در هر گروه آزمایش روی سه نمونه‌ها انجام شده، سپس، میانگین مقاومت فشاری سه نمونه به عنوان مقاومت فشاری آن گروه محاسبه گردید. شرایط آزمایش نمونه‌ها به صورت کنترل شده طبق استاندارد (ASTM C270-64T) و نیز دستورالعمل شماره ۷۰۶ چاپ ۶ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران صورت گرفت. سرعت بارگذاری روی نمونه‌ها با ابعاد مکعبی (۵×۵×۵) سانتی متر ۵۰ kg/s در نظر گرفته شد. (۵۰ کیلوگرم در ثانیه). واحد مقاومت فشاری نمونه‌ها نیز kg/cm^2 (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) است. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت که نمونه‌های (۷ و ۶ و ۵) از مقاومت فشاری در حالت خشک بهتر و نمونه‌های (۷ و ۸ و ۱۰) از مقاومت فشاری در حالت گیرش در آب بهتر برخوردار بودند (جدول ۱۲).

۷-۵. مقاومت در مقابل یخبندان

مقاومت در برابر یخبندان، خاصیتی از مصالح است که موجب می‌شود مصالح اشباع از آب و یا مرطوب، ضمن تحمل چرخه‌های متوالی یخ‌زدن-ذوب شدن، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، به ویژه مقاومت خود را از دست ندهند. مقاومت در برابر یخبندان به چگالی، نپذیری (جذب رطوبت)، تخلخل و به ویژه کیفیت و نحوه خلل و فرج مصالح بستگی دارد.



جدول ۱۰. جرم حجمی، تخلخل و جذب آب نمونه‌ها

نمونه	A وزن خشک (gr)	B پس از ۲۴ ساعت وزن نمونه‌اشباع (gr)	C ظاهری حجم نمونه (mlit)	تخلخل درصد $\frac{B-A}{C} \times 100$	درصد جذب آب $\frac{B-A}{A}$	جرم حجمی $\frac{B}{C}$
۱	۱۸۱/۶	۲۱۲/۳	۱۲۷	۲۴/۱۷	۱۶/۹۰	۱/۶۷
۱ x	۱۸۴/۴	۲۱۳/۴	۱۲۵	۲۳/۲	۱۵/۷۲	۱/۷۰
۲	۱۴۲/۳	۱۵۱/۵	۱۱۰	۸/۳۶	۶/۴۶	۱/۳۷
۲ x	۱۴۹/۱	۱۵۵/۴	۱۱۴	۵/۵۲	۴/۲۲	۱/۳۶
۳	۱۶۴/۵	۱۸۹/۶	۱۱۵	۲۱/۸۲	۱۵/۲۵	۱/۶۴
۳ x	۱۷۶	۱۹۱/۲	۱۳۵	۱۱/۲۵	۸/۶۳	۱/۴۱
۴	۱۶۷/۷	۲۰۵	۱۱۵	۳۲/۴۳	۲۲/۲۴	۱/۷۸
۴ x	۱۷۶/۳	۲۰۴/۷	۱۲۶	۲۲/۵۳	۱۶/۱۰	۱/۶۲
۵	۱۵۰/۲	۱۷۳	۱۱۶	۱۹/۶۵	۱۵/۱۷	۱/۴۹
۵ x	۱۵۱/۶	۱۷۲/۸	۱۰۰	۲۱/۲	۱۳/۹۸	۱/۷۲
۶	۱۸۱/۶	۱۹۹/۴	۱۲۰	۱۴/۸۳	۹/۸۰	۱/۶۶
۶ x	۱۸۰/۷	۱۹۹/۵	۱۲۵	۱۵/۰۴	۱۰/۴۰	۱/۵۹
۷	۱۹۷/۱	۲۱۶/۷	۱۳۱	۱۴/۹۶	۹/۹۴	۱/۶۵
۷ x	۲۰۰/۴	۲۲۳/۴	۱۳۵	۱۷/۰۳	۱۱/۴۷	۱/۶۵
۸	۱۹۵/۵	۲۱۰/۷	۱۲۶	۱۲/۰۶	۷/۷۷	۱/۶۷
۸ x	۱۹۴/۸	۲۱۲/۹	۱۲۵	۱۴/۴۸	۹/۲۹	۱/۷۰
۹	۱۹۹/۴	۲۰۸/۹	۱۲۸	۷/۴۲	۴/۷۶	۱/۶۳
۹ x	۲۰۲/۴	۲۱۲/۳	۱۲۸	۷/۷۳	۴/۸۹	۱/۶۵
۱۰	۱۸۹/۹	۲۰۷/۳	۱۲۸	۱۳/۵۹	۹/۱۶	۱/۶۱
۱۰ x	۱۸۳	۲۰۵/۳	۱۳۳	۱۶/۷۶	۱۲/۱۸	۱/۵۴

(نگارندگان)

جدول ۱۱. موئینگی آب در نمونه‌ها (حرکت آب روبه بالا در واحد زمان برحسب سانتی‌متر)

زمان / کد نمونه	۱x	۱	۲x	۲	۳x	۳	۴x	۴	۵x	۵	۶x	۶	۷x	۷	۸x	۸	۹x	۹	۱۰x	۱۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳min	۱،۲	۱،۵	۰،۵	۰،۵	۱	۱،۲	۱،۷	۱،۵	۰،۷۵	۰،۵	۱	۰،۷۵	۱،۵	۱،۵	۱،۲	۱،۵	۱،۵	۱،۵	۲	۱،۵
۱۰	۱،۵	۱،۵	۰،۷۵	۰،۷۵	۱،۲	۱،۲	۱،۷	۱،۵	۰،۷۵	۱	۱،۲	۱	۲	۲	۱،۷	۱،۸	۱،۶	۱،۷	۳	۲،۷
۱۶	۱،۷	۱،۸	۱،۱	۱،۲	۱،۵	۱،۸	۲	۱،۷	۰،۷۵	۱	۱،۵	۱،۲	۲،۵	۲،۷	۲،۱	۲،۷	۲	۲،۳	۴	۲،۵
۲۱	۲،۱	۲،۳	۱،۷	۱،۷	۲	۲،۵	۲،۲	۲	۱	۱	۱،۷	۱،۳	۳	۳	۲،۱	۲،۸	۲،۲	۲،۵	۴،۲	۴
۲۷	۲،۲	۲،۵	۲	۲	۲،۱	۲،۶	۲،۵	۲،۲	۱،۱	۱،۱	۲	۱،۵	۳،۲	۳،۲	۲،۱	۲،۸	۲،۷	۳	۴،۳	۴،۲
۳۴	۲،۵	۲،۷	۲،۲	۲،۴	۲،۳	۳	۳	۲،۵	۱،۲	۱،۵	۲،۲	۲	۴	۴	۲،۷	۲،۸	۳،۲	۳،۳	۴،۵	۴،۵
۴۰	۳	۳،۱	۲،۵	۲،۶	۳،۱	۳،۲	۳،۱	۳،۶	۱،۵	۲	۲،۵	۲،۲	۴،۱	۴،۱	۳،۲	۳،۸	۳،۷	۳،۷	۴،۷	۴،۸
۴۶	۳،۱	۳،۲	۲،۷	۲،۸	۳،۲	۳،۵	۳،۲	۳،۶	۲،۲	۱،۶	۲،۷	۲،۵	۴،۳	۴،۳	۳،۳	۳،۱	۳،۹	۴	۵	۵
۵۳	۳،۵	۴	۲،۹	۳	۳،۷	۴	۳،۷	۴	۲،۵	۲	۳	۲،۸	۴،۷	۴،۵	۳،۵	۳،۴	۴،۲	۴،۵		
۶۰	۴	۴،۲	۳،۲	۳،۳	۴	۴،۵	۴	۴،۱	۲،۷	۲،۲	۳،۵	۳،۲	۵	۵	۴	۳،۷	۴،۳	۴،۳		
۷۰	۴،۲	۴،۵	۳،۶	۳،۵	۴،۱	۴،۵	۴،۲	۴،۵	۲،۴	۲،۴	۳،۷	۳،۴			۴،۲	۴،۵				
۷۷	۴،۵	۴،۸	۳،۸	۳،۷	۴،۵	۴،۹	۴،۴	۴،۶	۳،۱	۲،۷	۴	۳،۶			۴،۵	۴،۶				
۸۳	۵	۵	۴،۳	۴،۲	۵	۵	۴،۶	۴،۸	۳،۵	۳،۴	۴،۱	۳،۸			۴،۵	۴،۶				
۸۹		۴،۶	۴،۸		۵	۵		۵	۴،۱	۳،۷	۴،۱	۴			۴،۶	۴،۷				
۹۵			۵	۵					۴،۳	۴،۱	۴،۲	۴،۱			۴،۷	۴،۷				
۱۰۵									۴،۵	۴،۴	۴،۵	۴،۴			۴،۸	۴،۸				
۱۱۲									۴،۸	۴،۶	۵	۵			۵	۵				
۱۲۰									۵	۵										
۱۳۰																				

(نگارندگان)

شماره نمونه	مقاومت فشاری در نمونه های خشک (KGR/CM ²)			مقاومت فشاری نمونه ی آبی (۸۰ روز در آب)			میانگین مقاومت نمونه خشک	میانگین مقاومت نمونه خیس
۱	۷	۶	۶	۴	۵	۴	۶,۳	۴,۳
۲	۷	۶	۷	-	-	-	۶,۶	مقاومت بسیار کم
۳	۱۳	۱۰	۱۲	۶	۶	۵	۱۱,۶	۵,۶
۴	۱۰	۸	۱۲	-	-	-	۱۰	-
۵	۱۵	۱۶	۱۷	۷	۸	۷	۱۶	۷,۳
۶	۱۲	۱۱	۱۴	۹	۱۰	۸	۱۲,۳	۹
۷	۱۶	۱۲	۱۲	۱۸	۱۸	۱۶	۱۳,۳	۱۷,۳
۸	۷	۱۰	۸	۱۶	۱۴	۱۵	۸,۳	۱۵
۹	۱۰	۹	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲	۱۰,۳	۱۱,۳
۱۰	۹	۸	۱۰	۱۴	۱۴	۱۳	۹	۱۳,۷

(نگارندگان)

جدول ۱۳. ضریب یخبندان

شماره نمونه	R _{ws}	R _{fr}	K _f
۱	۶	۵	۰,۸۳
۲	۳	۲	۰,۶۶
۳	۶,۵	۳	۰,۴۶
۴	۴	۳,۱	۰,۷۷
۵	۸	۱,۶	۰,۲
۶	۱۰	۲,۵	۰,۲۵
۷	۱۷	۱۴,۴۵	۰,۸۵
۸	۱۷	۱۵,۴	۰,۹۰
۹	۱۳	۶	۰,۴۶
۱۰	۱۵	۵	۰,۳۳

(نگارندگان)

مصلح متراکم و دارای حفره‌های ریز بسته، مقاومت خوبی در برابر یخبندان دارند. در حالی که، مقاومت مصالح متخلخل در برابر یخبندان کمتر است. البته، این مقاومت بستگی به آن دارد که آب، بیش از ۸۵ درصد نفوذ آنها را پر نکرده باشد که این تاحدودی، می‌تواند (ممکن است) قابل قبول باشد. به طور کمی مقاومت به یخبندان مصالح، در آزمایشگاه با تعداد سیکل‌های ذوب-انجماد که نمونه‌ای از مصالح در شرایط اشباع از آب را می‌تواند تحمل کند، مشخص می‌شود. البته به شرط اینکه، افت مقاومت فشاری و وزن نمونه به ترتیب از ۲۵ درصد و ۵ درصد بیشتر نباشد. دمای یخبندان برای ملات معمولاً پایین‌تر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته نمی‌شود. اگرچه، آزمایش‌هایی نیز گزارش شده که دمای یخ‌زدگی مصالح را در آنها تا ۶۴ درجه سانتی‌گراد رسانیده‌اند.

از نظر تعداد سیکل‌های ذوب-انجماد، معمولاً برای آزمایش مصالح تشکیل‌دهنده دیوارهای پیرامونی ساختمان‌ها ۱۵ تا ۳۵ سیکل در نظر گرفته می‌شود که در این آزمایش، ۲۵ سیکل ذوب-انجماد انجام شد. آزمایش‌های یخ‌زدگی مصالح در نهایت، منجر به محاسبه ضریبی موسوم به ضریب مقاومت به یخبندان می‌شود.

$$K_f = R_{fr} / R_{ws}$$

R_{fr} = مقاومت فشاری نمونه پس از تحمل سیکل‌های ذوب - انجماد.

R_{ws} = مقاومت فشاری نمونه در حالت اشباع از آب و قبل از یخ‌زدن.

مصلحی که K_f آنها بیشتر از ۰/۷۵ باشد، در برابر یخبندان پایدار، شناخته می‌شوند (همان: ۳۸)، (جدول ۱۳). براساس نتایج مندرج در (جدول ۹)، نمونه‌های (۸ و ۷، ۱، ۴) نسبت به یخبندان مقاومت خوبی داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

با مقایسه تمامی نمونه‌ها (جدول ۱۴) و نتایج آزمایش‌های مختلف روی آنها، می‌توان کاربردهای متفاوتی برای این ملات‌ها در نظر گرفت. برای نمونه، ملات‌هایی با میزان خاکستر بالا برای کاربرد در شرایط مرطوب، مناسب هستند (نمونه ۷). ملات‌هایی با میزان خاک رس بالا برای استفاده در شرایط خشک مفید هستند (نمونه ۵). نمونه‌هایی با مقاومت فشاری بالا در حالت اشباع و مقاوم در برابر یخبندان برای استفاده در محیط‌های سرد و مرطوب مناسب هستند (نمونه‌های ۷ و ۸).

در مجموع، این چنین می‌توان بیان داشت که از لحاظ مقاومت فشاری، (نمونه‌های ۵، ۶ و ۷) از بهترین نمونه‌ها برای محیط‌های خشک و (نمونه‌های ۷، ۸ و ۱۰) از بهترین نمونه‌ها برای محیط‌های مرطوب هستند. از میان آنها، (نمونه‌های ۷ و ۸) برای محیط‌های سرد و مرطوب از همه بهتر هستند. باید یادآور شد که نحوه و کیفیت ساخت ملات، عمل‌آوری و نگهداری آن تا پایان واکنش‌های شیمیایی، تأثیر بسیار مهمی روی کیفیت ملات خواهد داشت. برای بررسی جزئیات نمونه‌ها از نظر خصوصیات فازهای تشکیل‌دهنده و مقایسه آنها با نمونه‌های تاریخی روی (نمونه‌های ۲ و ۶)، آنالیز (XRD) صورت گرفت.

(نمونه ۲)، جزء ضعیف‌ترین نمونه‌ها و (نمونه ۶)، جزء نمونه‌های خوب برای محیط‌های خشک است. مقاومت (نمونه ۶) برای محیط‌های مرطوب نیز به نسبت خوب است. مقاومت نمونه خیس آن 9.2 kg/cm^2 است. از مقایسه نتایج آنالیز (XRD) دو نمونه بالا نیز نتایج جالبی به دست آمد؛ وجود میزان قابل توجهی از Ca(OH)_2 یا همان آهک شکفته به دلیل کامل نشدن واکنش‌های آهک با CO_2 برای تشکیل کربنات کلسیم (CaCO_3) و واکنش‌های آهک با SiO_2 برای تشکیل سیلیکات کلسیم (Ca_2SiO_4) است که آن هم به علت عمر کوتاه نمونه است.

(نمونه ۲)، با میزان کربنات کلسیم بیشتر مقاومت کمتری دارد حال آنکه، در (نمونه ۶)، میزان سیلیس و ترکیبات آن بیشتر است. از این رو، مقاومت بهتری دارد. مقدار کوارتز در (نمونه ۶)، به دلیل استفاده بیشتر از ماسه، بالاتر است. در این نمونه به سبب استفاده از خاک رس بیشتر، درصد آلبیت نیز بالاتر است. حضور موسکویت در این دو نمونه هم، بیانگر به کارگیری خاک رس در ساخت آنها است که همراه آلبیت آشکار می‌شود. در مقایسه با ملات‌های مشابه تاریخی در این دو نمونه، میزان کلینوکلر ناچیز است که دلیل آن، عمر کوتاه نمونه‌ها است چراکه، ایجاد این فاز به زمان بیشتری نیاز دارد (جدول ۱۵).

جدول ۱۴. مقایسه تمامی نمونه‌های ساخته شده

شماره نمونه	میانگین درصد تخلخل	میانگین درصد جذب آب	میانگین جرم حجمی	میانگین مقاومت فشاری نمونه خشک	میانگین مقاومت فشاری نمونه تر	ضریب مقاومت یخبندان	درصد آهک	درصد خاکستر	درصد لویی	درصد ماسه	درصد خاک رس	درصد انقباض در حین گیرش
۱	۲۳،۶۸	۱۶،۳۱	۱،۶۸	۶،۴	۵،۵	۰،۸۳	۳۳،۷۹	۹،۶۲	۷،۲۳	۳۸،۵۶	۱۰،۸۵	۱،۸
۲	۶،۹۴	۵،۳۴	۱،۳۶	۶،۲	بسیار کم	۰،۶۶	۴۴،۴۴	۳۱،۱۱	۸،۸۸	۸،۸۸	۶،۶۶	۲،۵
۳	۱۶،۵۳	۱۱،۹۴	۱،۵۲	۱۱،۶	۶،۱	۰،۴۶	۳۱	۲۱،۵	۸،۶۲	۳۸،۷۹	-	۰،۸
۴	۲۷،۴۸	۱۹،۱۷	۱،۷	۱۰	-	۰،۷۷	۳۱،۷	۲۰،۳۲	۸،۱۳	۳۴،۱۵	۴،۸۷	۱
۵	۲۰،۴۲	۱۴،۵۷	۱،۶	۱۶،۲	۷،۸	۰،۲۰	۵۱،۴۲	۸،۵۷	۶	-	۳۴	۲،۸
۶	۱۵،۱۱	۱۰،۱	۱،۶۲	۱۲،۴	۹،۸	۰،۲۵	۳۶	-	۸،۵	۳۰	۲۵	۲،۱
۷	۱۵،۹۹	۱۰،۷۰	۱،۶۵	۱۳،۶	۱۷،۳	۰،۸۵	۳۲	۴۰	۸	۲۰	-	۱،۵
۸	۱۳،۲۷	۸،۵۳	۱،۶۸	۸،۲	۱۶،۱	۰،۹۰	۳۲	۲۰	۸	۲۰	۲۰	۱،۳
۹	۷،۵۷	۴،۸۲	۱،۶۴	۱۰،۴	۱۲،۵	۰،۴۶	۲۷،۹۲	۲۲،۵۲	۹	۲۷،۰۲	۱۳،۵۱	۰،۳
۱۰	۱۵،۱۷	۱۰،۶۷	۱،۵۷	۸،۴	۱۴،۳	۰،۳۳	۲۸،۵۷	۲۸،۵۷	۹،۵۲	۲۸،۵۷	۴،۷۶	۰،۵

(نگارندگان)

Compound Name	Formula	Concentration 2 (% W/W)	Concentration 6 (% W/W)
Portlandite,syn	Ca (OH)2	39.3	29.8
Quartz,syn	SiO2	16.1	31
Calcite,syn	CaCO3	34.7	26.4
Muscovite	H2KA13(SiO4)3	4.3	4.4
Clinochlore	Mg-Fe-Fe-,Al-Si-O-OH	1.4	2.2
Albit, calcian,ordered	Na,Ca)Al(Si,Al)3O8)	4.1	6.2

(نگارندگان)

سپاس‌گزاری

در پایان، برخورد لازم می‌دانیم که از کارمندان دانشگاه هنر اصفهان به‌ویژه دانشکده مرمت که امکان این مطالعه را با در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاهی برای ما فراهم آوردند، مراتب تشکر و امتنان خود را بیان کنیم.

پی‌نوشت

1- Hydraulicity

2- Roman lime

۳- آنالیز (XRD (X-ray Diffraction): از آنالیزهای دستگاهی است که برای شناسایی کیفی انواع کانی‌ها (دارای ساختار بلوری) و فازهای موجود در مواد، استفاده می‌شود. از جمله مواد قابل شناسایی با این دستگاه انواع سنگ‌ها، سرامیک‌ها (سفال و آجر و.....)، ملات‌ها، خاک‌ها و محصولات خوردگی آثار فلزی است (هادیان، ۱۳۸۶: ۱۸۴).

۴- آنالیز (TG/DTG (Thermal Methods): این نوع آنالیز، جزء آزمایش‌های حرارتی به‌شمار می‌رود. آنالیز TG/DTG در مورد نمونه‌هایی قابل اجراست که امکان وجود مواد آلی به‌صورت قابل توجه در آن نمونه موجود باشد (همان: ۱۷۵).

۵- حدود آتربرگ atterberg به‌عنوان درصد رطوبت متناظر با شرایط رفتاری متفاوت سیلیت‌ها و رس‌ها تعریف شده‌است. اگرچه در اصل، آلبرت آتربرگ (۱۹۱۱) شش محدوده را تعریف کرده‌است لیکن در مهندسی ژئوتکنیک اصطلاح حدود آتربرگ تنها به حد روانی (LL)، حد خمیری (PL) و حد انقباض (SL)، اطلاق می‌گردد.

6- Clinochlore

7- (Plastic Index) PI

8- (Liquid Limit) LL

9- Quartz

منابع

- الکرچی، ابوبکر محمد بن الحاسب (۱۳۴۵). استخراج آبهای پنهانی، ترجمه حسین خدیو جم، تهران: بنیاد فرهنگ ایران.
- حامی، احمد (۱۳۷۸). مصالح ساختمانی، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- حسینی سیر، حسین (۱۳۸۱). (بررسی ملات‌های به‌کاربرده‌شده در ذیقورات چغازنبیل، بهینه‌سازی و ساخت ملات حفاظتی)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.
- رحیمی، حسن (۱۳۸۵). مصالح ساختمانی، تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- گروه مؤلفان (۱۳۸۵). مصالح ساختمانی، یادنامه احمد حامی، ویراستار جواد فرید، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- هادیان، منیژه (۱۳۸۶). کاربری پژوهش‌های آزمایشگاهی در حفاظت و مرمت بناهای تاریخی، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.



- ASTM. Annual Book of ASTM Standard. Standard specification for building. (1988).
- Bognton, R.S. (1966). **Chemistry and Technology of Lime and Limestone**. New York: Interscience.
- Cowper, A.D. (1998). **Lime and Lime Mortars**. London: Donhead.
- Ellis, P. (2002). The analysis of mortars: The past 20years. *www.building conservation.com* (accessed 13 September 2006).
- Ropp (Rip), D. (2004). Characterization of Mortars and Pozzolan Materials from Umm al-Jimal. **Studies in Conservation**, Vol 49.N 3: 145.



مطالعه و استحکام بخشی سنگ آهک در سنگ نوشته خرم آباد لرستان

عاطفه شکفته* امید عودباشی** ملیحه بکرانی*** مسعود سیاپوش**** بهنود سیاپوش*****

چکیده

استحکام بخشی آثار سنگی یکی از موارد در عملیات حفاظت و مرمت است که طی سال های گذشته بسیار مورد توجه متخصصان حفاظت و مرمت آثار تاریخی بوده است. یکی از روش های مورد استفاده در حفاظت و مرمت آثار سنگی ساخته شده از سنگ آهک، به کاربردن روش آهک است. بخشی از این روش، کاربرد آب آهک در استحکام بخشی سنگ است. این روش در طول سالیان گذشته در مناطق مختلف دنیا به ویژه انگلستان استفاده شده و نتایج مناسبی هم با کاربرد این ماده در استحکام بخشی سنگ در بعضی پژوهش ها به دست آمده است. در مقاله پیش رو، نخست روش های مختلف استحکام بخشی سنگ معرفی و دسته بندی شده و پس از آن، روش آهک و مکانیزم استحکام بخشی سنگ آهک با استفاده از آب آهک معرفی گردیده است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی کاربردی روش آهک جهت استحکام بخشی به آثار سنگی قرار گرفته در فضای باز است. پرسش اصلی مقاله حاضر، ارزیابی کارایی و قابلیت روش آهک در استحکام بخشی سنگ آهک تشکیل دهنده اثر سنگ نوشته خرم آباد است. نتایج مطالعه و آزمایش روی اثر سنگ نوشته خرم آباد متعلق به قرن ششم (ه.ق.) ارائه شده است. برای این مطالعه از روش های میدانی و آزمایشگاهی که شامل پتروگرافی، XRD، XRF و SEM-EDS است، استفاده شد. نتایج مطالعات نشان دهنده وقوع هوازدگی فیزیکی و شیمیایی در ساختار سنگ آهک این اثر و از بین رفتن بخشی از کتیبه آن به سبب هوازدگی است. در پایان عملیات حفاظت و مرمت انجام شده روی اثر با توجه به نتایج مطالعه های آزمایشگاهی و میدانی ارائه شده است. عملیات اصلی حفاظت روی اثر، استحکام بخشی سنگ با استفاده از روش آهک است. نتایج به دست آمده پس از پنج سال، بیانگر تأثیر مثبت روش یاد شده در کنترل روند فرسایش در سنگ نوشته خرم آباد است.

کلیدواژگان: سنگ نوشته خرم آباد، سنگ آهک، هوازدگی، استحکام بخشی، روش آهک.

* دانشجوی دکتری، رشته مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.
** دانشجوی دکتری، رشته مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).
o.oudbashi@au.ac.ir

*** کارشناس ارشد، رشته مرمت بناها و بافت های تاریخی.
**** دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.
***** کارشناس ارشد، رشته مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی.

مقدمه

فرسایش آثار سنگی و حفاظت از آنها، یکی از موضوعات مورد توجه و مهم در زمینه حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری است که طی دهه‌های گذشته مرمت‌گران، متخصصان و دانشمندان حوزه‌های مختلف آن را بازبینی و مطالعه کرده‌اند (Schaffer, 1932; Ashurst et al, 1988; Selwitz, 1992; Price, 1996; Ashurst et al, 1998; Delgado Rodrigues et al, 2008; Doehne et al, 2010).

گونه‌های مختلفی از فرسایش سنگ شناسایی و ثبت شده است که شامل تغییر رنگ، فرسایش ماده و تغییرات مشخصات و شرایط فیزیکی و شیمیایی در سطح آثار است (Etymezian et al, 1998: 187). عوامل گوناگونی مانند آلاینده‌های جوی، رشد عوامل بیولوژیک بر سطح سنگ، تغییرات دما، رطوبت، باد و ... بر آثار سنگی تأثیر گذاشته و سبب رخ دادن فرسایش در آنها شده‌اند (Haneef et al, 1992: 105-106; Doehne et al, 2010: 9-26). این عوامل را به دو گونه درونی و بیرونی می‌توان تقسیم‌بندی کرد (Delgado Rodrigues, 2001: 4).

حفاظت از آثار سنگی همواره موردی پیچیده و حساس بوده است. متغیرهای مختلفی جهت شناخت مشکلات، تعیین عملیات حفاظتی مورد نظر و انتخاب روش‌ها و درمان‌های مورد نیاز باید مد نظر قرار گیرند (Ferreira Pinto et al, 2008a: 38). عملیاتی همچون پاک‌سازی، استحکام‌بخشی، بازسازی و پوشش‌دهی از مواردی هستند که بسته به شرایط و وضعیت آثار سنگی ممکن است روی اثر اعمال شوند. یکی از این موارد، استحکام‌بخشی است که در طول قرن گذشته بسیار به آن توجه شده است. افزون بر این، پژوهش‌های متعددی برای شناخت مواد مناسب جهت استحکام‌بخشی، تأثیر آنها روی سنگ و شرایط آنها در دراز مدت در محیط‌های مختلف انجام شده است.

یکی از مواد قابل کاربرد در استحکام‌بخشی سنگ، آب آهک (روش آهک) است که در بعضی نقاط جهان مانند انگلستان بسیار استفاده شده است. در این مقاله نخست، استحکام بخش‌های مورد استفاده در حفاظت و مرمت آثار سنگی بررسی شده و پس از آن، روش آهک در استحکام‌بخشی سنگ معرفی شده است. در نهایت، مطالعات فنی انجام‌شده روی اثر سنگ‌نوشته خرم‌آباد و عملیات استحکام‌بخشی آن ارزیابی شده است.

پرسش اساسی پژوهش حاضر این است که آیا روش آهک از نقطه نظر کاربرد و تأثیرگذاری، روشی مناسب برای استحکام‌بخشی آثار سنگی قرار گرفته در فضای باز است؟ بر همین اساس، مطالعه و استحکام‌بخشی روی اثر تاریخی سنگ‌نوشته خرم‌آباد صورت پذیرفته است.

استحکام‌بخشی سنگ

طی دهه‌های گذشته، مواد شیمیایی مختلفی برای تقویت و حفظ آثار سنگی هوازده در برابر اضمحلال و فرسایش‌های بعدی از سوی مرمت‌گران و دانشمندان مرمت به‌وسیله یک فرایند شناخته‌شده به نام استحکام‌بخشی^۱ استفاده شده است (Selwitz, 1992: 2). استحکام‌بخشی، یکی از مهم‌ترین و مورد توجه‌ترین عملیات مداخله‌ای مرمتی در سنگ‌های ساختمانی، مجسمه‌ها، اشیاء و تزئینات سنگی در آثار تاریخی و فرهنگی است (Theoulakis et al, 2008: 279). این عملیات، برای بهبود بخشی به چسبندگی سنگ هوازده صورت می‌پذیرد، زمانی که، الگوهای آسیب جدی در سنگ دیده شود یا چسبندگی در ساختار سنگ از بین رود (Ferreira Pinto et al, 2008a: 39; Delgado Rodrigues, 2001: 3). در مرحله ابتدایی، فرایند فرسایش سطح خارجی سنگ را تحت تأثیر قراردادده و لایه‌ای را با ضخامت متغیر ایجاد می‌کند. خواص سنگ به تدریج از مغز سنگ سالم به لایه سطحی کاملاً آسیب‌دیده تغییر خواهد کرد. ویژگی اصلی این لایه فرسایش‌یافته، ازدست‌دادن ماده، افزایش ناهمواری و تخلخل است که به سبب انحلال سیمان طبیعی‌ای چسباننده ذرات تشکیل‌دهنده سنگ یا شکست اتصالات بین‌دانه‌ای به دلیل فشارهای داخلی بوجود می‌آید (Theoulakis et al, 2008: 279; Clifton, 1984; Delgado Rodrigues, 2001: 4). به بیان دیگر، زمانی که ساختار سنگ به دلیل فرسایش ضعیف شود، ماده استحکام‌بخش^۲ جهت مرمت و بازگرداندن استحکام به سطح بیرونی و جلوگیری از فرسایش، استفاده خواهد شد (Doehne et al, 2010: 35; Theoulakis et al, 2008: 279). فرایند استحکام‌بخشی، باید اجازه دهد تا رطوبت از بین بافت سنگ عبور کند و در عین حال، سنگ را هم در برابر تأثیر رطوبت و عوامل شیمیایی حفظ کند (Selwitz, 1992: 3). بهترین حالت این است که سنگ به حالت اولیه خود پیش از آسیب بازگردد و از آسیب‌های بعدی در امان بماند. با این‌همه، بازگرداندن استحکام تاحدی که بقای اثر را به حداکثر برساند نیز مورد تأیید است. استحکام‌بخشی سنگ، آسان به نظر می‌رسد و معمولاً به استفاده از یک ماده گفته می‌شود که در سنگ آسیب‌دیده نفوذ کرده، ذرات آن را دوباره به هم بچسباند و بخش‌های سالم سنگ را نیز در برابر آسیب‌های بعدی محافظت کند (Ginell et al, 2001). زمانی تصمیم‌گیری برای استفاده از استحکام‌بخش‌ها مورد توجه است که از بین رفتن لایه سطحی سنگ، موجب ازدست‌دادن ارزش‌ها و جنبه‌های تاریخی و هنری اثر شده یا فرسایش ماده، سبب در معرض خطر قرار گرفتن پایداری ساختاری کلی اثر شود (Delgado Rodrigues, 2001: 4).

تقسیم‌بندی کرده‌اند (Öztürk, 1992: 3-19). با این حال، براساس منابع مختلف و تقسیم‌بندی‌های انجام‌شده، استحکام‌بخش‌های مورد کاربرد در مرمت آثار سنگی را از نقطه نظر شیمیایی می‌توان به دو دسته اصلی؛ استحکام‌بخش‌های معدنی^۶ و آلی^۷ تقسیم کرد (Delgado Rodrigues, 2001: 5; Filder, 2004: 33; Ferreira Pinto et al, 2008a: 36; Doehne et al, 2010: 39).

استحکام بخش‌های معدنی دو گروه اصلی استحکام‌بخش‌های سیلیسی، هیدروکسیدهای قلیایی خاکی و استحکام بخش‌های معدنی متفرقه و استحکام‌بخش‌های آلی سه گروه اصلی آلکوکسی‌سیلان‌ها، پلی‌مرهای آلی سنتزی و موم‌ها هستند (نمودار ۱).

الف. استحکام‌بخش‌های معدنی

استفاده از مواد معدنی‌ای همچون شیشه محلول^۸، آب آهک، هیدروکسید باریم و موادی از این دست، از قرن نوزدهم میلادی برای استحکام‌بخشی سنگ انجام شده است (Öztürk, 1992: 3; Weber, 1985: 16). برخلاف زمان به نسبت طولانی مطالعه و استفاده از مواد معدنی در استحکام‌بخشی آثار سنگی، میزان نتایج مثبت در استفاده از این مواد جالب توجه نبوده است. با این همه، استفاده از بعضی مواد معدنی برای استحکام‌بخشی سبب کاهش فرسایش در برخی از انواع سنگ‌ها شده است. به‌ویژه اینکه، نتایج مثبت در استفاده از موادی مانند هیدروکسید باریم^۹ و هیدروکسید کلسیم^{۱۰} موجب توجه بسیار به این دسته از مواد در سال‌های اخیر شده است (Doehne et al, 2010). استفاده از استحکام‌بخش‌های معدنی جهت تولید یک فاز

استحکام‌بخش‌ها، به سبب برگشت‌ناپذیری و تأثیرات نامطلوبی که ممکن است بر آثار سنگی وارد کنند، موادی بسیار حساس و مخاطره‌آمیز هستند (Ferreira Pinto et al, 2008: 39). از این رو، مطالعات گوناگونی درباره نوع استحکام‌بخش‌ها و شیوه استفاده از آنها در حفاظت و مرمت آثار سنگی انجام شده است (e.g.: Kotlik et al, 1983; Price et al, 1988; Schnabel, 1992; Kumar et al, 1997; Lanterna et al, 2000; Wheeler, 2005).

یک ترکیب استحکام‌بخش مناسب برای حفاظت آثار سنگی باید از شرایط و معیارهای زیر برخوردار باشد (Weber, 1985: 16; Theoulakis et al, 2008: 282-285):

- ماده چسباننده مقاوم در برابر هوازدگی تولید کند (ترجیحاً معدنی).

- به خوبی در عمق بافت سنگ نفوذ کند؛ دست کم از لایه هوازده و تغییر شکل یافته سنگ تا زیر لایه سالم.
- بدون ایجاد لایه قابل تشخیص، در مقطع عرضی سنگ یک لایه استحکام‌بخش صاف در بافت ایجاد کند.
- سبب ایجاد محصولات ثانویه همچون نمک‌های محلول مخرب در بافت سنگ نشود.
- هیچ‌گونه تغییر رنگی در سطح سنگ ایجاد نکند.
- سبب دگرگونی شرایط فیزیکی اصلی سنگ همچون: نفوذ بخار آب، انبساط حرارتی و از این دست نشود.
- قابلیت جذب آب و دیگر مواد فرساینده را کاهش دهد.

انواع استحکام‌بخش‌ها

در برخی منابع، استحکام‌بخش‌های قابل استفاده در آثار سنگی را به چهار گروه استحکام‌بخش‌های معدنی، آلکوکسی‌سیلان‌ها^{۱۱}، پلی‌مرهای آلی سنتزی^{۱۲} و موم‌ها^{۱۳}

نمودار ۱. گروه‌بندی استحکام‌بخش‌های مورد استفاده در مرمت آثار سنگی.



(نگارندگان)

مقاوم در برابر فرسایش از محلول آبی در خلل و فرج سنگ هوازه است (Öztürk, 1992: 3). ته نشست ماده به دست آمده در حفره های سنگ می تواند به دلیل تبخیر حلال یا واکنش شیمیایی با سنگ ایجاد شود که موجب چسبیدن ذرات سنگ به یکدیگر می شود. فرض بر این است که ماده چسباننده ای که از استحکام بخش به دست می آید، باید مشابه با سیمان اصلی چسباننده سنگ باشد.

استحکام بخش های سیلیسی برای استحکام بخشی سنگ آهک و ماسه سنگ استفاده شده اند. کاربرد این استحکام بخش ها، بر اساس تشکیل اکسید سیلیسیوم (سیلیس^{۱۱}) یا سیلیکات های نامحلول در حفره های سنگ و ایجاد لایه ای محافظ در دانه ها و چسباندن آنها به هم دیگر است. استحکام بخش های سیلیسی شامل ترکیبات آلکالی سیلیکات^{۱۲} و فلورو سیلیکون^{۱۳} (Ibid: 4) و هیدروکسید قلیایی خاکی شامل هیدروکسید باریم (باریتا) و هیدروکسید کلسیم (آب آهک) هستند (Delgado Rodrigues, 2001; Theoulakis et al, 2008: 281; Drdácý et al, 2008: 299). به دلیل اینکه استحکام بخش های متفرقه معدنی، دارای ترکیبات مختلفی مانند اکزالات های کلسیم^{۱۴}، باریم^{۱۵} و آمونیوم^{۱۶} و آلومینات های باریم^{۱۷} هستند، نمی توان آنها را در دو گروه دیگر جای داد (Doehne et al, 2010: 38; Bracci et al, 2008: 81-82).

استفاده از استحکام بخش های معدنی در مقیاس نانو نیز، یکی از روش های جدید مورد استفاده در استحکام بخشی آثار سنگی است. برای نمونه، نانوذرات هیدروکسید کلسیم در الکل به عنوان ماده استحکام بخشی در سنگ های آهکی به کار رفته است (Doehne et al, 2010: 37). با این حال، به سبب جدید بودن این روش، میزان تأثیر آن در دراز مدت هنوز به اثبات نرسیده است.

به کاربرد مینرالیزاسیون تحریک شده با کتریایی^{۱۸} هم، به تازگی و طی دهه گذشته برای استحکام بخشی و حفاظت آثار و تزیینات سنگی توجه شده است. این روش، برای ایجاد ته نشست کربنات کلسیم در بافت سنگ های آهکی آسیب دیده با استفاده از انواعی از باکتری ها، صورت پذیرفته است. در حقیقت، کربنات کلسیم از طریق فعالیت های زیستی این موجودات تولید شده و به دلیل ریز بودن ذرات آن، قابلیت نفوذ در بافت آسیب دیده سنگ را دارد (Jimenez-Lopez et al, 2007: 1929-1930). البته، روش های دیگری همچون استفاده از مواد آلی طبیعی و سنتزی مانند پروتئین (پلی پپتیدها) برای کنترل تبلور ذرات ماده معدنی استحکام بخش در بافت سنگ نیز پیشنهاد شده است. نتایج، بیانگر تأثیر به کارگیری پروتئین در کنار میکرو یا نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در نفوذ و تبلور

کربنات کلسیم در بافت آسیب دیده سنگ است (Tiano et al, 2006).

ب. استحکام بخش های آلی

یکی از گروه های عمده مواد قابل کاربرد در استحکام بخشی آثار سنگی، مواد آلی هستند. مواد آلی گوناگونی در مرمت آثار سنگی استفاده شده اند. با این همه، استحکام بخش های آلی شامل سه دسته اصلی آلکوکسی سیلان ها، پلی مرها و موم ها هستند. آلکوکسی سیلان ها و آلکیل آلکوکسی سیلان ها، یا به اختصار سیلان ها، بی شک پر استفاده ترین مواد استحکام بخش در آثار سنگی بوده و در دهه های اخیر توجه به نسبت گسترده ای به استفاده از آنها در استحکام بخشی آثار سنگی شده است (Doehne et al, 2010: 39-40; Ferreira Pinto et al, 2008b: 131; Oliver, 2002: 39; Brus et al, 1996: 39). کاربرد این گروه مواد در استحکام بخشی سنگ به نیمه دوم قرن ۱۹ میلادی بازمی گردد (Wheeler, 2008: 41; Öztürk, 1992: 10). موادی مانند متیل تری متوکسی سیلان^{۱۹} (MTMOS)، تترا اتوکسی سیلان^{۲۰} (TEOS) یا اتیل سیلیکات^{۲۱} و متیل تری اتوکسی سیلان^{۲۲} (MTEOS) از استحکام بخش های آلکوکسی سیلان استفاده شده در حفاظت سنگ هستند (Wheeler, 2008: 43; Ferreira Pinto et al, 2008b: 131-132; Öztürk, 1992: 31-33). پلی مری سنتزی را می توان گروه بزرگی از مواد قابل کاربرد در حفاظت و مرمت دانست. این دسته از مواد، در عملیات گوناگون مرمت مانند پوشش دهی، بازسازی و استحکام بخشی استفاده می شوند. رزین های اپوکسی و اکریلیک، از جمله پلی مرهای سنتزی استفاده شده در استحکام بخشی آثار سنگی هستند (Öztürk, 1992: 12-17; Doehne et al, 2010: 41-42). رزین های اپوکسی، طی دهه های اخیر بسیار مورد توجه بوده اند و کاربرد آنها نتایج مثبت و منفی ای را در برداشته است (Selwitz, 1992; Selwitz, 1992; Doehne et al, 2010; Gauri, 1974). این نتایج به حلال مورد استفاده، روش کاربرد و شرایط پس از اعمال آنها بر آثار سنگی بستگی دارد (Ferreira Pinto et al, 2008a; Koltik et al, 1983: 75).

کاربرد رزین های اکریلیک در استحکام بخشی سنگ نیز، در طول سال های گذشته چشمگیر بوده است. مونومرهای متیل متاکریلات^{۲۳} و بوتیل متاکریلات^{۲۴}، رزین های اکریلیکی هستند که در استحکام بخشی از آنها استفاده شده است. پلیمریزاسیون این مواد نیز با استفاده از روش های مختلفی مانند حرارت دهی با یک آغاز کننده، اشعه ماورای بنفش، اشعه گاما و ... صورت گرفته است (Öztürk, 1992: 13-14). البته،

کرد (Honeyborne, 1998: 166). به مجموع این روش‌ها در مرمت آثار سنگی، روش آهک^{۲۹} گفته می‌شود (Ashurst, 1998: 172; Doehne et al, 2010: 37).

استحکام بخشی با آب آهک

یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در حفاظت آثار سنگی ساخته شده از سنگ آهک، استحکام بخشی با استفاده از آب آهک است. آب آهک، محلول بسیار رقیق هیدروکسید کلسیم (Ca(OH)_2) است. پس از اعمال آب آهک روی سنگ (سنگ آهک)، این ماده دی‌اکسید کربن را از هوا جذب کرده و به کربنات کلسیم تبدیل می‌شود که ماده اصلی ترکیب سنگ‌های آهکی است. ایده اصلی استفاده از روش یادشده این است که کربنات کلسیم تولید شده از آب آهک، در نواحی ضعیف شده و بین حفره‌های سنگ هوازده متبلور شده و سبب تقویت ساختار سنگ می‌شود. به سبب حلال بودن کم هیدروکسید کلسیم، نیاز به اعمال آب آهک به شکل مکرر روی سطح سنگ هست تا حفره‌ها و بخش‌های آسیب دیده سنگ تحت نفوذ هیدروکسید کلسیم حل شده در آب قرار گیرند (Honeyborne, 1998: 157; Hansen et al, 2003: 14).

آب آهک در حقیقت، آهک (CaO) خوابانده شده در آب است که به Ca(OH)_2 تبدیل می‌شود. هر لیتر از این محلول، حاوی $1/4-1/7$ گرم ماده جامد است. دی‌اکسید کربن موجود در هوا، براساس واکنش زیر با هیدروکسید کلسیم ترکیب شده و کربنات کلسیم تولید می‌کند (Honeyborne, 1998: 166; Hansen et al, 2003: 14; Ashurst, 1998: 172):

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

بنابر آنچه گفته شد، هر $1/7-1/4$ گرم هیدروکسید کلسیم، $2/3$ گرم کربنات کلسیم تولید خواهد کرد. معمولاً، سنگ آهک حدود ۲۰٪ تخلخل دارد که بیانگر این است که هر ۵ لیتر حجم سنگ، حدود یک لیتر فضای حاوی هوا دارد. بنابراین، به ازای هر پنج لیتر سنگ، یک لیتر محلول نیاز است. چگالی جامد نرمال سنگ آهک 2720 kg/m^3 است ازین رو، $2/3$ گرم کربنات کلسیم رسوب یافته از محلول آب آهک پس از تبخیر کامل، تنها ۰/۲ درصد از وزن سنگ آهک جامد است. این بیانگر این است که تعداد بسیار زیاد اعمال آب آهک برای استحکام بخشی به سنگ نیاز است که تاحدی غیر عملی به نظر می‌رسد (Honeyborne, 1998: 166). لیکن، باید در نظر داشت که هدف استحکام بخشی تنها پر کردن فضای خالی موجود در بافت سنگ نیست

مشکلاتی مانند ترک خوردن سنگ هنگام پلی‌مریزاسیون را می‌توان به عنوان معضلات استفاده از این مواد به شمار آورد. استفاده از مخلوطی از دو یا چند مونومر اکریلیک به شکل کوپلی‌مر هم یکی دیگر از روش‌های به کارگیری اکریلیک‌ها در استحکام بخشی است (Öztürk, 1992: 14-15; Tabasso, 1995: 17). پارالوید B72 (آکرولوید B72)^{۲۵} که کوپلی‌مر متیل متاکریلات و اتیل متاکریلات است، بیشتر به عنوان یک استحکام بخش سطحی در آثار سنگی استفاده شده‌اند (Öztürk, 1992: 15; Doehne et al, 2010: 42). در کنار آنها، کوپلی‌مرهای اکریلیک-سیلان، اکریلیک-سیلیکون و اکریلیک-فلوئوروکربن نیز مواردی از کاربرد این گونه مواد در استحکام بخشی آثار سنگی هستند (Charola et al, 1986; Öztürk, 1992: 16; Doehne et al, 2010: 42).

موم‌ها، به ویژه موم‌های طبیعی مانند موم زنبور عسل و موم پارافین، یکی دیگر از گروه‌های مواد آلی در استحکام بخشی آثار سنگی هستند. این مواد، در برابر نفوذ آب به بافت سنگ مؤثر بوده و از سوی دیگر، مقاومت را در سنگ‌های متخلخل بالایی برنند. موم میکروکریستالی، که نوع جدید و مشابهی از موم پارافین است نیز، دارای همین خواص است با این تفاوت که دارای بلورهای ریزتری از موم پارافین است. استفاده از موم‌ها به شکل مواد پوشش دهنده‌ای همچون موم کازمولوید 80H^{26} نیز، یکی دیگر از مواد کاربرد این مواد به ویژه در سنگ‌های غیرمتخلخل و منسجم است. از موم‌ها هم به شکل محلول و هم مذاب استفاده می‌شود (Öztürk, 1992: 18-19; Amoroso et al, 1983: 31).

روش آهک

بسیار ذکر شده که ترکیب درمان سطحی در سنگ باید به ترکیب خود سنگ نزدیک باشد. امروزه نیز، توجه زیادی به استفاده از روش‌های استحکام بخشی همخوان با ساختار و ماهیت سنگ شده است. با این حال، رسیدن به چنین ترکیبی در انواع سنگ‌ها با ترکیبات متفاوت بسیار سخت به نظر می‌رسد.

یکی از این روش‌های مرمت سنگ، استفاده از محصولات به دست آمده از آهک در سنگ‌های آهکی است که در مراحل مختلفی از حفاظت و مرمت سنگ مانند استحکام بخشی و پر کردن بخش‌های کمبود، استفاده می‌شوند. در کل، روش آهک را می‌توان به سه بخش کلی؛ استحکام بخشی سطحی سنگ آهک با آب آهک، ثابت کردن قطعه‌های جدا شده و پر کردن درزها و کمبودهای کوچک با ملات آهک^{۲۷} و پوشش دهی به سطح سنگ با دوغاب آهک^{۲۸} تقسیم بندی

بلکه، پرکردن بخش های سطحی آسیب دیده مورد نظر است. نتایج بررسی ها نیز، نشان دهنده تأثیر این روش در استحکام بخشی آثار سنگی آسیب دیده البته با تعداد دفعات بسیار زیاد اعمال درمان است (Doehne et al, 2010: 37; Ashurst, 1998: 172).

برای آماده سازی آب آهک مورد نیاز جهت استحکام بخشی، از آهک زنده آب دهی شده استفاده می شود. وقتی که آهک زنده به یک تانک کم عمق حاوی آب افزوده شود، اکسید کلسیم به هیدروکسید کلسیم تبدیل می شود و محصولات آن استفاده های مختلفی دارند. سنگ آهک بیش از حد سوخته، دور ریخته می شود. ملات آهک، در ته ظرف جمع آوری شده و برای پر کردن قطعات و به عنوان چسب و پرکننده به شکل ملات و به گونه رقیق برای پوشش های حفاظتی نهایی روی سطح اثر استفاده می شود. باقی مانده شیری جمع شده روی آن به عنوان آب آهک شیره گیری می شود. روشی ساده برای تولید آب آهک (تصویر ۱)، ریختن پودر آهک در یک ظرف آب، تکان دادن و رها کردن آن با قرار گرفتن زیر یک درپوش مهر و موم شده با چوب پنبه یا پلی استیرن جهت جلوگیری از کربناته شدن است (Ashurst et al, 1988: 82). روش کار، صاف کردن محلول روشن تشکیل شده در بالای ظرف حاوی آب و پودر آهک و اسپری کردن آن روی سنگ آسیب دیده است. برای این کار چندین بار، اسپری نیاز است به گونه ای که، به نظر می رسد در مدت چندین روز به بیش از چهل بار نیاز باشد. کاربرد آن می تواند تا وقتی که سطح آب آهک را جذب کند، ادامه یابد. لیکن، به آب آهک اضافی نباید اجازه داد تا روی سطح سنگ جاری شود. آب

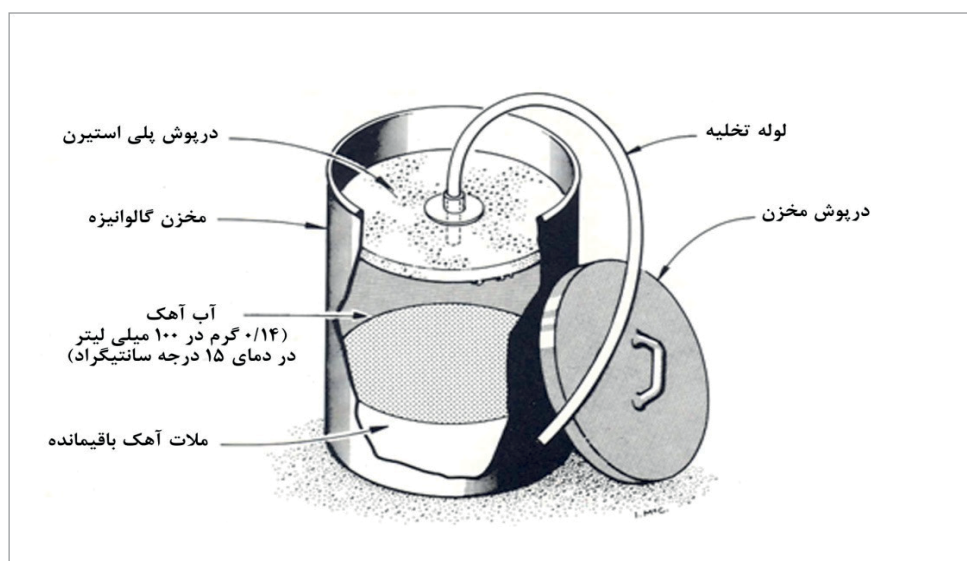
آهک اضافی را باید با اسفنج های فشرده شده در آب تمیز از سطح سنگ جمع آوری کرد چراکه، سنگ خشک قبل از درمان، قدرت جذب بیشتری دارد (Filder, 2002: 22).

استحکام بخشی سنگ نوشته خرم آباد

معرفی اثر

سنگ نوشته خرم آباد، یک ستون مکعب مستطیل سنگی است که از دل صخره ای سنگی تراشیده شده و به شکل ستونی کتیبه دار درآمده است. روی چهار سطح عمودی آن، کتیبه ای به خط کوفی و زبان فارسی نقش شده است^{۳۰}. تاریخ کتیبه نگاشته شده روی این سنگ، سال ۵۱۳ (ه.ق.) است که زمان حکومت سلجوقیان در ایران، به دستور حاکم شهر شاپورخواست، امیر اسفهلار کبیر ظهیر الدین و الدوله معین الاسلام طغرلتکین ابوسعید برسق بن برسق بن حسنویه، نگاشته شده است. این کتیبه دورتادور بخش میانی این ستون مکعبی را فرا گرفته است. به سبب وجود کتیبه، این اثر را سنگ نوشته می نامند. در گذشته، این اثر به نام های بردنوشته^{۳۱} و زرسنگ نیز معروف بوده است. این اثر، در جبهه شرقی خیابان شریعتی خرم آباد و دامنه کوه سنگ سوراخ که ادامه رشته کوه مدبه است، قرار گرفته است (تصویر ۲). موضوع کتیبه، بخشش مالیات چراگاهی در منطقه شاپورخواست است (ایزدپناه، ۱۳۷۶: ۵۷-۵۶).

پائین این ستون مکعبی شکل، دو ردیف پله در هر چهار وجه به شکل متصل و یکپارچه تراشیده شده که حالت سکوی دوپله ای را دارد که مکعب مستطیلی به شکل عمودی روی آن قرار گرفته است (تصویرهای ۵-۳). ارتفاع هریک از دو پله



تصویر ۱. روش تهیه آب آهک (Ashurst et al, 1988: 82; Filder, 2002: 22)

نسبت به جای اصلی‌اش منتقل شده است (جوادی و همکاران، ۱۳۷۹).

روش پژوهش

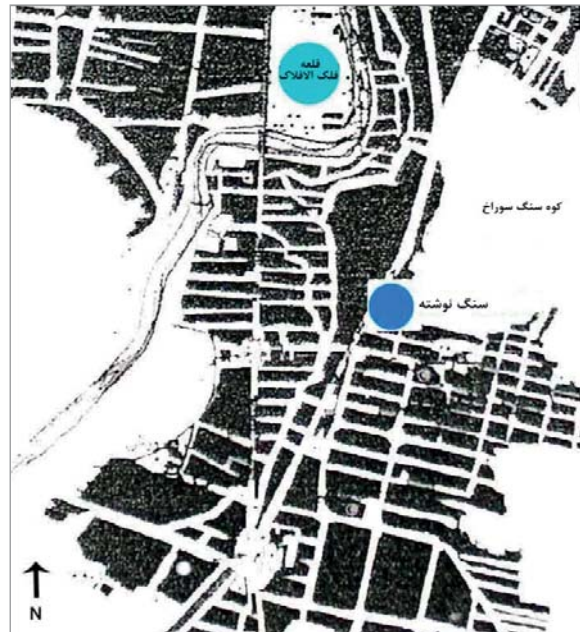
جهت مطالعه وضعیت سنگ‌نوشته خرم‌آباد، از روش پژوهش میدانی و آزمایشگاهی استفاده شد. بر این اساس، داده‌های مورد نیاز با استفاده از مشاهدات مستقیم اثر و روش‌های آنالیز پتروگرافی، XRF، XRD و SEM-EDS روی نمونه‌های سنگ سالم و هوازده تشکیل‌دهنده اثر و مطالعه محیط قرارگیری اثر باتوجه به نتایج بررسی‌های هواشناسی به‌دست‌آمدند. در پایان

۲۸ سانتیمتر و عرض بخش افقی آنها، بین ۲۸ تا ۳۲ سانتیمتر در تغییر است. ارتفاع ستون مکعبی کتیبه‌دار تا سطح پله‌ها در جبهه غربی، ۲۹۱ سانتیمتر و ارتفاع کلی ستون همراه پله‌ها ۳۴۷ سانتیمتر است. عرض چهار جبهه کتیبه‌دار بدین ترتیب است: جبهه شمالی ۱۹۱/۵، جبهه جنوبی ۲۱۲، جبهه غربی ۲۵۲ و جبهه شرقی ۲۵۰ سانتیمتر.

سنگ‌نوشته، سال ۱۳۷۲ (ه.ش)، به‌دلیل انجام عملیات تعریض خیابان شریعتی و قرارگیری آن در وسط خیابان، از سوی کارشناسان فنی سازمان میراث فرهنگی از جای اصلی خود جابه‌جا شده است. این عملیات، پس از ۸۰ روز فعالیت در تاریخ ۷۲/۷/۲۴ پایان‌یافته و اثر حدود ۱۴ متر به سمت شرق



تصویر ۳. منظره سنگ‌نوشته خرم‌آباد از جنوب غرب (نگارندگان).



تصویر ۲. نقشه شهر خرم‌آباد و قرارگیری سنگ‌نوشته در شرق آن (نگارندگان).



تصویر ۵. نمای جنوبی سنگ‌نوشته. آغاز کتیبه کوفی اثر در این جبهه دیده می‌شود (نگارندگان).



تصویر ۴. نمای سنگ نوشته از بالا. محل جدید اثرکنار خیابان شریعتی و محوطه‌سازی اطراف آن همراه محل قرارگیری میله‌ها در جبهه غربی (نگارندگان، ۱۳۸۴).

برای عملیات حفاظتی روی اثر باتوجه به نتایج به دست آمده از مشاهدات و آنالیزهای یادشده تصمیم گیری شد.

نتایج و بحث

مشاهدات

در نگاه نخست به ساختار زمین شناسی منطقه و ظاهر سنگ، به نظر می رسد که سنگ از نوع سنگ آهک باشد. همچنین آسیب ها، فرسایش ها و مداخلات گوناگونی بر روی سطح سنگ نوشته دیده می شود. آثار این اتفاقات، به خوبی روی این اثر دیده می شود. این اتفاقات شامل پوسته شدگی شدید در بخش هایی از کتیبه (تصویر ۶)، جدا شدن و افتادن بخش هایی از سنگ به صورت تکه های به نسبت بزرگ (تصویر ۷)، ترک های بزرگ در اثر، تخلخل و فرسایش سطحی سنگ، آسیب های عمده از سوی انسان (تصویر ۸)، آلودگی های سطحی عمده و شکل گرفته به صورت طبیعی، مرمت های انجام شده با استفاده از میله های فلزی در عمق و سیمان (تصویر ۴) و رزین در سطح (تصویر ۹) و از این دست است.

شناسایی سنگ

برای شناسایی ماهیت سنگ تشکیل دهنده اثر، سه نمونه از سه ناحیه مختلف پایه اثر، مورد مطالعات آزمایشگاهی و میکروسکوپی شامل پتروگرافی و آنالیز شیمیایی کمی و کیفی با استفاده از روش فلوئورسانس پرتو ایکس (XRF) و پراش پرتو ایکس (XRD) قرار گرفتند. جهت آنالیز شیمیایی از دو نمونه 1/61 و 1/64 استفاده شد. مطالعات میکروسکوپ پلاریزان نیز، روی نمونه شماره 1/60 انجام گرفت. در جدول ۱ نتایج آنالیز کمی با استفاده از روش XRF ارائه شده است. بنابر نتایج آنالیز می توان دریافت که عنصر اصلی تشکیل دهنده این سنگ، کلسیم است. در عین حال، میزان بالای مواد فرار (L.O.I) در هر دو نمونه، نشان دهنده وجود عناصر سبک به میزان بالا در سنگ است. با این همه، نتایج آنالیز در دو نمونه، تقریباً با یکدیگر مشابه است. البته، میزان قابل توجه SO_3 در نمونه 1/61 و MgO در نمونه 1/64 می تواند مهم باشد. در کنار آنالیز کمی، برای شناسایی فازهای تشکیل دهنده



تصویر ۷. شکستگی و جدا شدن قطعه هایی از سنگ و جدایش لایه های زیرین در پایه اثر (نگارندگان).



تصویر ۶. بخشی از کتیبه که به شدت پوسته شده و از بین رفته است. بخش های زیرین نیز در حال پوسته شدن هستند (نگارندگان).



تصویر ۹. رزین استفاده شده برای مرمت در حال جدا شدن از سنگ (نگارندگان).



تصویر ۸. آسیب عمده شدید ایجاد شده با یک جسم تیز و سخت در بخش کتیبه (نگارندگان).

جدول ۱. نتایج آنالیز XRF از دو نمونه متعلق به ساختار سنگ تشکیل دهنده اثر.

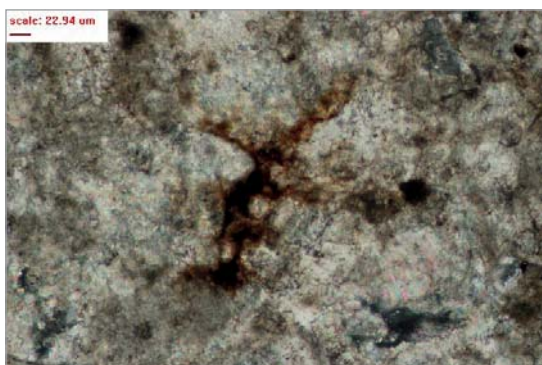
	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cl	SrO	La&Lu	L.O.I
1/61	0.016	55.8	0.44	0.89	0.041	0.00	0.017	0.061	0.012	43.51
1/64	0.029	55.4	0.9	0.09	0.095	0.08	0.015	0.069	0.012	43.33

(نگارندگان)

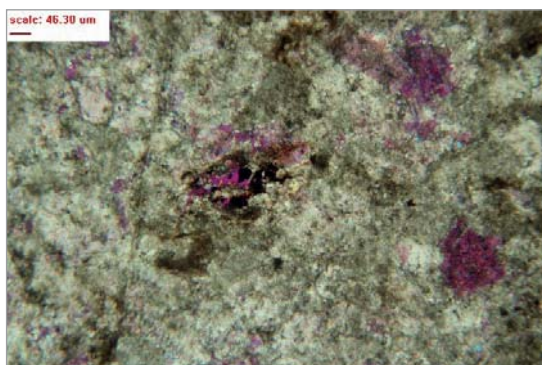
جدول ۲. نتایج آنالیز (XRD) از دو نمونه متعلق به ساختار سنگ تشکیل دهنده اثر.

	Major Phase	Trace Phase
1/61	Calcite (CaCO ₃)	-
1/64	Calcite (CaCO ₃)	Dolomite (MgCO ₃)

(نگارندگان)



تصویر ۱۰. مقطع نازک نمونه 1/60 که نشان دهنده وجود کلسیت و مقدار کمی تغییرات رنگی است. بافت سنگ، کاملاً فشرده بوده و تخلخل بسیار کمی دارد.



تصویر ۱۱. مقطع نازک نمونه 1/60 که مشابه با تصویر ۱۰ است و کنار کلسیت به عنوان ترکیب اصلی، مقدار کمی تغییرات رنگی قرمز در بافت دیده می شود.

آزمایش درصد تخلخل قرار گرفت. این آزمایش هم بیانگر شرایط و وضعیت سنگ مورد مطالعه بوده و هم در عملیات حفاظت و استحکام بخشی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. آزمایش درصد تخلخل نشان داد که درصد تخلخل سنگ مورد مطالعه حدود ۰/۴ درصد است.

محصولات فرسایش

برای بررسی سطحی اثر از دیدگاه فرسایش و شناخت تغییرات ایجاد شده در ترکیب آن بر اثر فرآیندهای شیمیایی، قشر سطحی تغییر یافته نمونه های 1/62 و 1/66 انتخاب شدند. نمونه های یاد شده، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM-EDS)، تحت آنالیز عنصری و تهیه تصویر میکروسکوپی

سنگ دو نمونه یاد شده نیز، نمونه ها مورد آنالیز کیفی قرار گرفتند (جدول ۲). نتایج آنالیز نشانگر آن است که تنها فاز تشکیل دهنده نمونه 1/61، کلسیت (CaCO₃) است. نمونه شماره 1/64 نیز حاوی فاز کلسیت و مقدار بسیار کمی فاز دولومیت (MgCO₃) است. وجود مقدار قابل ملاحظه منیزیم هم در آنالیز عنصری، وجود فاز دولومیت را در نتیجه آنالیز تأیید می کند.

با توجه به نتایج آنالیزها می توان نتیجه گرفت که سنگ تشکیل دهنده اثر، نوعی سنگ کربناته حاوی کلسیت بسیار زیاد است و ناخالصی های بسیار کمی دارد. در عین حال، وجود مقدار کمی کانی دولومیت نیز در سنگ دیده می شود. در حقیقت، بنابر میزان CaO در نمونه ها (حدود ۵۵ درصد) و نیز نتایج XRD می توان دریافت که میزان کلسیت در بافت سنگ بیش از ۹۰ درصد است. با این بیان، به نظر می رسد که سنگ تشکیل دهنده اثر از نوع سنگ کربناته آهکی (کلسیتی) است (فیض نیا، ۱۳۷۷: ۱).

تصویرهای ۱۰ و ۱۱ ریزساختار مقطع نازک نمونه 1/60 را زیر نور پلاریزان نمایش می دهند. مقطع نازک سنگ نیز، نشانگر این است که این نمونه شامل کلسیت و مقداری آهک به صورت CaO است. به طور کلی، ترکیبات و ناخالصی هایی مانند کوارتز و موارد دیگر در آن دیده نمی شود. تنها، مقداری تغییرات رنگی در بافت سنگ مشاهده می گردد که می تواند ناشی از وجود یون های منیزیم و آهن باشد. سنگ، دارای بافت فشرده ای بوده و تخلخل کمی دارد. کلسیت تشکیل دهنده سنگ حل نشده است. در مجموع، می توان بیان داشت که سنگ تشکیل دهنده اثر نوعی سنگ آهکی معمولی است که بیشتر متشکل از کلسیت بوده و ناخالصی بسیار کمی دارد.

برای شناسایی درصد تخلخل سنگ، نمونه 1/60 مورد

قرار گرفتند.

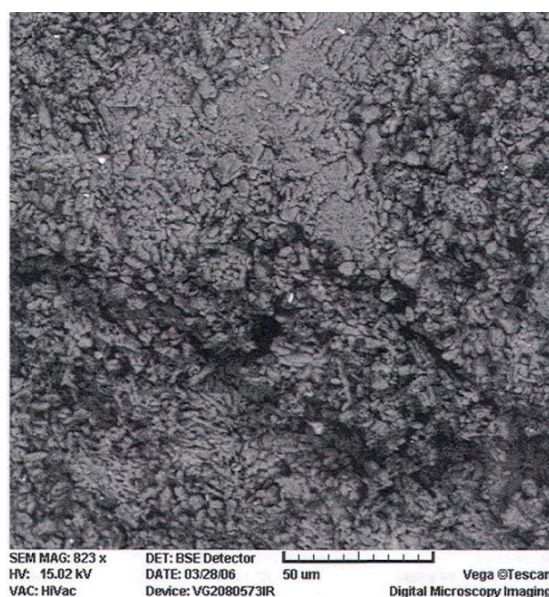
تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 1/62، نشانگر ساختار متخلخل و به شدت هوازده سنگ است (تصویر ۱۲). آنالیز عنصری نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نشان می دهد که نمونه، حاوی مقدار قابل توجهی از عناصر اکسیژن، کلسیم و گوگرد است. ضمن اینکه، در جدول شماره ۳ نتیجه آنالیز نمونه ذکر شده ارائه شده است. آنالیز و ساختار نمونه شماره 1/66، مشابه با نمونه 1/62 است. این نمونه نیز، حاوی عناصر اصلی اکسیژن، کلسیم و گوگرد است. در تصویر ۱۳ هوازگی و تخلخل در بافت میکروسکوپی سنگ دیده می شود.

بنابر نتایج آنالیز ارائه شده در جدول ۳، می توان دریافت که سطح سنگ در نقطه های مختلف دچار فرسایش و هوازگی شدید شده است. وجود درصد بالای گوگرد در نمونه های 1/62 و 1/66، بیانگر تأثیر گازهای اکسید گوگرد موجود در منطقه شهری بر روی اثر است که سبب تشکیل فازهای حاوی گوگرد شده است.

بررسی های اقلیمی

براساس مشاهدات و بررسی های انجام شده، این چنین می توان دریافت که مهم ترین عامل تأثیرگذار بر فرسایش سنگ نوشته، تغییرات دما و رطوبت نسبی آلاینده های جوی و میزان بارندگی در منطقه است. این تغییرات، سبب می شود تا سنگ تحت تأثیر تنش های فیزیکی و درعین حال شیمیایی قرار گرفته و دچار فرسایش شود.

برای شناسایی اقلیم منطقه و شرایط آب و هوایی محل قرارگیری اثر، بررسی های اقلیمی براساس آمار هواشناسی موجود منطقه صورت گرفت. این مطالعات، بیانگر وضعیت فعلی اثر در رابطه با محیط و عوامل محیطی تأثیرگذار بر سنگ است. از دیگر سو، آمار وضعیت اقلیمی ناحیه می تواند هم به انتخاب روش استحکام بخشی و حفاظت اثر یاری رساند و هم طی زمان پس از عملیات حفاظت و مرمت، در ارزیابی شرایط اثر و تأثیر شیوه درمان و استحکام بخشی موثر باشد. نمودار ۲ میانگین درصد رطوبت نسبی (بین حداقل و حداکثر) را در طول ماه بین سال های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۲ مقارن با ۱۹۸۵



تصویر ۱۳. تصویر SEM از نمونه 1/66 که مشابه با نمونه 1/62 بوده و بیانگر تخلخل و هوازگی در سطح سنگ است (نگارندگان).



تصویر ۱۲. تصویر SEM نمونه 1/62. که هوازگی و تخلخل در سطح سنگ دیده می شود (نگارندگان).

جدول ۳. نتایج آنالیز (SEM-EDS) رویدو نمونه متعلق با لایه های سطحی سنگ

	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe
1/62	2.04	52.23	0.09	0.84	2.20	18.14	0.17	23.97	0.02	0.32
1/66	0.90	52.00	0.00	0.71	1.10	19.55	0.00	25.62	0.00	0.13

(نگارندگان)

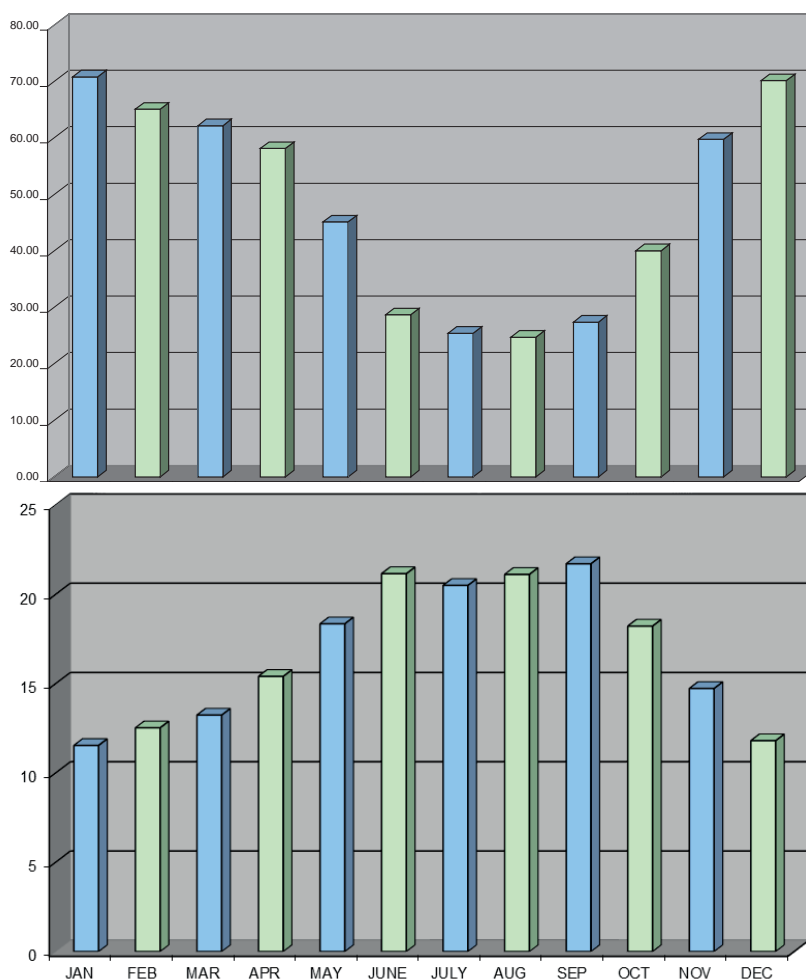
منطقه خرم‌آباد در مجموع، از آب و هوایی معتدل و نیمه‌مرطوب برخوردار است که در فصل‌های سرد سال درجه حرارت به زیر صفر رسیده و هوا سرد و مرطوب می‌شود. میانگین بارندگی ۳۰ سال گذشته در منطقه خرم‌آباد ۱۳۹/۴ میلی‌متر بوده که میزان قابل توجهی را در برمی‌گیرد (Ibid).

براساس آمارهای اقلیمی، سنگ‌نوشته خرم‌آباد در محیطی قرار گرفته که از نظر تغییرات دمایی و تفاوت میانگین دمای شب و روز دارای نوسان به نسبت بالایی است. از سوی دیگر، با توجه به دمای نسبتاً بالای منطقه در تابستان، بسیاری از مواد استحکام‌بخش در این محیط از طول عمر حدوداً کوتاهی برخوردار خواهند بود. همچنین، میزان بارندگی و رطوبت نسبی نیز در این ناحیه هم روی اثر و هم مواد مورد استفاده در استحکام‌بخش‌ها می‌تواند تأثیرگذار باشد.

حفاظت و مرمت

پس از انجام مطالعات و با توجه به نتایج به دست آمده، مراحل زیر برای انجام عملیات حفاظت و مرمت سنگ‌نوشته

تا ۲۰۰۳ میلادی را نمایش می‌دهد (www.weather.ir). این نتایج، نشانگر آن است که در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان میانگین رطوبت نسبی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد متغیر بوده در صورتی که، در دیگر مواقع سال بین ۲۰ تا ۴۰ درصد است. در عین حال، میانگین رطوبت نسبی سالانه منطقه در سال‌های یادشده حدود ۵۰ درصد است. نمودار ۳ نیز، میانگین تفاوت حداکثر و حداقل دما را در بازه زمانی بیان شده نشان می‌دهد. نتایج، بیانگر آن است که در فصل تابستان، تفاوت میانگین درجه حرارت بین سردترین و گرم‌ترین زمان شب و روز به بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. در حالی که، در فصل زمستان این تفاوت، به حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه می‌رسد. میانگین سالانه تفاوت درجه حرارت بین روز و شب در منطقه خرم‌آباد نیز، بین ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتیگراد است. بنابر نتایج ارائه شده می‌توان گفت که تفاوت دما در منطقه، در ماه‌های سرد و گرم سال و نیز هنگام شب و روز به نسبت بالاست. با توجه به نتایج آماری هواشناسی منطقه می‌توان دریافت که



نمودار ۳. میانگین تفاوت حداکثر و حداقل دما در ماه‌های سال در شهر خرم‌آباد، بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۲ شمسی (نگارندگان).

خرم‌آباد برگزیده شد:

- پاک‌سازی و تمیزکاری آلودگی‌ها،
- استحکام بخشی ساختار سنگ،
- تثبیت و پوشش دهی نهایی.

این مراحل، براساس شرایط اثر انتخاب شدند. چون سطح اثر با گرد و غبار محیطی آلوده شده بود و این آلودگی‌ها، از کارکرد مناسب و نفوذ استحکام بخش به درون بافت اثر تاحدی جلوگیری می‌کرد، تصمیم گرفته شد تا پیش از انجام استحکام بخشی، سطح اثر از گرد و غبار پاک شود. از دیگر سو، وجود لکه‌های آلودگی مانند رنگ، روغن و موادی از این قبیل هم سبب شدند تا به مرحله پاک‌سازی اثر توجه شود. پس از آن، عملیات استحکام بخشی با روش آهک (آب آهک) انجام گرفت و در نهایت، سطح اثر پوشش داده شد. دلیل استفاده از استحکام بخش معدنی و طبیعی، شرایط اقلیمی ناحیه و سازگاری و کاربرد آسان آن در شرایط موجود اثر بود.

پاک‌سازی

عملیات پاک‌سازی اثر از آلودگی‌ها به چند منظور انجام پذیرفت؛ نخست اینکه، سطح اثر را گرد و غبار بسیاری فرا گرفته بود و موجب شده بود تا لایه‌ای از این آلودگی، سطح آن را فراگیرد و جلوه سطحی را تاحدی مخدوش کند. بنابراین، برای یافتن جلوه بهتر عملیات پاک‌سازی گرد و غبار انجام شد. افزون‌براین، این اثر در کنار یک منطقه پر رفت و آمد بوده و بخشی از گرد و غبار مربوط به ذرات و آلودگی‌های حاصل از آن است. بنابراین، برای زدودن سطح اثر از ذرات آلاینده‌ها قبل از استحکام بخشی و تثبیت پاک‌سازی سطحی صورت پذیرفت. مرحله اول پاک‌سازی اثر، استفاده از اسپری آب مقطر با فشار کم از بالا به پایین بود. بدین منظور، آب مقطر با یک دستگاه

اسپری بر سطح سنگ پاشیده شد تا گرد و غبار سطحی از روی اثر پاک‌شود.

مرحله دوم پاک‌سازی، جدا کردن و از بین بردن لایه‌های رنگ حاوی اسامی اشخاص، واژگان، خط‌ها و بقایای چسب‌های استفاده شده در مرمت‌های پیشین بود که افزون بر آسیب منطری برای تسهیل نفوذ مواد استحکام بخش نیز، باید پاک‌سازی می‌شدند (تصویر ۱۴). پس از شستشوی کامل سنگ با آب مقطر، لایه‌های رنگ و تکه‌های چسب و روغنی که بر سطح اثر بودند، با استفاده از تیغ جراحی، الکل، استن و رنگ‌برهای صنعتی از سطح آن برداشته شدند (تصویر ۱۵).

استحکام بخشی

نتایج مطالعات نشان داد که سنگ‌نوشته خرم‌آباد از سنگ آهک ساخته شده و به دلیل عوامل مختلف محیطی، تحت تأثیر فرایند هوازدگی فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته است. بنابر شرایط بیان شده اثر و هوازدگی شدید رخ داده در آن، عملیات استحکام بخشی برای جلوگیری از روند فرسایش و بازگرداندن بخشی از مقاومت ساختاری اثر انتخاب شد. برای استحکام بخشی سنگ‌نوشته از روش آب آهک استفاده شد. این تصمیم، هم به دلیل ماهیت سنگ و هم همخوان بودن روش با سنگ، اجرای آسان، عدم نیاز به برگشت پذیری و عدم ایجاد آسیب در ساختار سنگ به مرور زمان برگزیده شد. درباره این روش، بسته به شرایط خاص هر اثر نظریه‌های متفاوتی وجود دارد. بعضی نتایج بیانگر این است که این روش، روی سنگ‌های آهکی متراکم مؤثر نبوده و روی سنگ‌هایی همچون ماسه‌سنگ‌ها که تخلخل بالاتری دارند، مناسب‌تر عمل می‌کند (Price et al, 1988). حال آن‌که برخی نتایج، بیانگر عدم توفیق استفاده از آب آهک در استحکام بخشی ماسه‌سنگ‌ها است (Ashurst et al, 1988). استحکام بخشی با آب آهک برای سنگ‌های آهکی، اندودها و درکل، آثاری که آهک و یا کربنات کلسیم



تصویر ۱۵. سطح اثر پس از پاک‌سازی رنگ‌ها با استفاده از استن و رنگ‌بر صنعتی (نگارندگان).



تصویر ۱۴. اثر رنگ قرمز و سیاه روی سطح سنگ‌نوشته پیش از پاک‌سازی (نگارندگان).

رخ دهد و هم سنگ، کاملاً خشک شود. قرارگیری اثر در محیط شهری می تواند به فرایند کربناته شدن یاری رساند. در نهایت، سطح اثر با استفاده از محلول ۵٪ پارالوید B72 در استن پوشش داده شد. این عملیات، برای جلوگیری از تأثیر رطوبت بر اثر انجام شد زیرا، در کنار تأثیر تغییرات دما، رطوبت نیز چه به شکل باران و چه به صورت رطوبت نسبی بر سطح اثر تأثیرگذار است (تصویر ۱۷).

مطالعات و عملیات حفاظت و مرمت تابستان سال ۱۳۸۶ روی سنگ نوشته خرم آباد انجام شده است، برای ارزیابی تأثیر کاربرد روش آهک در استحکام بخشی، این اثر دوباره سال ۱۳۹۱ بازبینی شد. به دلیل نداشتن مجوز برای نمونه برداری و مطالعات آزمایشگاهی روی اثر، تنها به مشاهدات ماکروسکوپی و مقایسه وضعیت قبلی و فعلی اثر بسنده شد. مشاهدات نشانگر آن است که اثر، در وضعیت مناسبی قرار دارد و پس از گذشت ۵ سال، در کتیبه و سطح اثر تغییر قابل مشاهده ای رخ نداده است (تصویرهای ۲۰-۱۸). البته، باید خاطر نشان نمود که جهت ارزیابی بهتر شرایط اثر و کارآیی روش آهک، مطالعات میکروسکوپی و روش های دقیق تر می توانند نتایج بهتری را ارائه کنند.

نتیجه گیری

جزء اصلی تشکیل دهنده آنهاست، پیشینه طولانی ای دارد. برای استحکام بخشی سنگ نوشته با استفاده از آهک زنده آزمایشگاهی، با روش ذکر شده آب آهک تهیه شد. سپس، با یک دستگاه اسپری، آب آهک حاصل شده، بر سطح اثر پاشیده شد. این عملیات، تا زمانی ادامه می یابد که دیگر آب آهک در ساختار سنگ نفوذ نکرده و سنگ، آب آهک اسپری شده را جذب نکند. بنابر میزان بالای جذب آب آهک توسط لایه سطحی سنگ تشکیل دهنده اثر، اسپری آب آهک حدود ۷۰ بار، تا پیش از اینکه سنگ دیگر آب آهک جذب نکند، تکرار شد (تصویر ۱۶). با توجه به تخلخل بسیار پایین سنگ (حدود ۰/۴ درصد)، میزان بالای جذب آب آهک توسط سنگ را می توان به دلیل تخلخل سطحی اثر در نتیجه هوازگی دانست. این امر، در مطالعات انجام شده با میکروسکوپ الکترونی هم، آشکارا دیده شد (تصویرهای ۱۲ و ۱۳). ساختار متخلخل ناحیه سطحی سنگ و وجود میزان بالای خلخل و فرج منتج از هوازگی، دلیل اصلی میزان جذب بالای ماده استحکام بخش در ساختار سنگ بود. همچنین، در مشاهدات ماکروسکوپی نیز، سطح سنگ به شدت هوازده و لایه لایه به نظر می رسید که این امر می تواند در جذب استحکام بخش مؤثر باشد (تصویرهای ۶ و ۷). پس از آن، اثر ۱۵ روز رها شد تا هم فرایند کربناته شدن Ca(OH)_2



تصویر ۱۷. سنگ نوشته خرم آباد پس از استحکام بخشی با آب آهک و پوشش دهی با پارالوید B72 (نگارندگان).



تصویر ۱۶. استحکام بخشی اثر با استفاده از اسپری آب آهک (نگارندگان).



تصویر ۱۹. نمای جنوبی سنگ نوشته پس از گذشت ۵ سال از عملیات حفاظت و مرمت، خرداد ۱۳۹۱ (نگارندگان).



تصویر ۱۸. نمای جنوبی سنگ نوشته قبل از انجام عملیات حفاظت و مرمت (نگارندگان).



تصویر ۲۰. سطح سنگ از نمایی نزدیک که نشان دهنده حالت ثابت سطح اثر و عدم تغییر و فرسایش قابل توجه پس از گذشت ۵ سال از عملیات حفاظت و مرمت است. خرداد ۱۳۹۱ (نگارندگان).

مطالعه و آزمایش بر روی اثر سنگ نوشته خرم آباد، بیانگر رخ دادن هوازدگی فیزیکی و شیمیایی تحت تأثیر تغییرات رطوبت و دما و درعین حال، آلاینده های محیطی است. در سال های گذشته، استفاده از مواد و روش های مختلف به عنوان استحکام بخشی در آثار سنگی، یکی از موضوعات مورد توجه مرمت گران آثار تاریخی بوده است. یکی از روش هایی که در استحکام بخشی آثار ساخته شده از سنگ آهک مورد استفاده قرار گرفته، روش آهک است. در این روش، آب آهک گرفته شده از آهک زنده برای استحکام بخشی سنگ به کار می رود. عملیات استحکام بخشی روی سنگ نوشته خرم آباد نیز، با استفاده از آب آهک انجام شد. میزان بالای جذب آب آهک توسط سنگ، بیانگر نفوذ میزان بالای استحکام بخشی به درون ساختار آسیب دیده سنگ بود. پس از اجرای استحکام بخشی روی اثر، جهت پوشش دهی و تثبیت سطحی اثر نیز از پارالوید B72 استفاده شد. در نهایت، چنین به دست آمد که روش آهک به دلیل همخوانی با ماهیت سنگ و نیز نداشتن تأثیر منفی مانند ایجاد



نمک‌های محلول روی سنگ، می‌تواند روشی مناسب در استحکام‌بخشی آثار سنگی باشد. هر چند آزمایش‌های مختلف، نتایج مشابه و یکسانی در زمینه تاثیر و میزان استحکام‌بخشی این ماده ارائه نمی‌دهند، نتایج مشاهدات نیز نشان داد که پس از گذشت ۵ سال از انجام استحکام‌بخشی با روش آهک، سطح سنگ‌نوشته خرم‌آباد تغییر و فرسایش قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد و اثر در حالتی پایدار به نظر می‌رسد. بااین‌همه، بنابر قابلیت‌های بالقوه روش آهک در استحکام‌بخشی آثار سنگی و گستردگی آثار ساخته‌شده از سنگ آهک در ایران، مطالعات بیشتر و گسترده‌تر در زمینه‌های مختلف و جنبه‌های متفاوت روش آهک در استحکام‌بخشی سنگ‌های آهکی در آثار ایران پیشنهاد می‌گردد.

سپاس‌گزاری

نگارندگان، بر خود لازم می‌دانند تا از استادان و همکاران محترم، آقایان و خانم‌ها، مهندس حمید فدایی، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی و فرهنگی، مهندس داریوش حیدری، دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان، دکتر سید محمدامین امامی، دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان، مهندس مریم احمدی، اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان آذربایجان شرقی، مهندس مسعود دارابی، اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان لرستان و مهندس سیروس ابراهیمی رئیس وقت اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان لرستان سپاس‌گزاری خود را اعلام دارند.

پی‌نوشت

- 1- Consolidation
- 2- Consolidant
- 3- Alkoxysilanes
- 4- Synthetic Organic Polymers
- 5- Waxes
- 6- Inorganic
- 7- Organic
- 8- Soluble Glass
- 9- Barium Hydroxide
- 10- Calcium Hydroxide
- 11- Silica
- 12- Alkali Silicate
- 13- Fluorosilicon
- 14- Calcium Oxalates
- 15- Barium Oxalates
- 16- Ammonium Oxalates
- 17- Barium Aluminates
- 18- Bacterially Induced Mineralization
- 19- Methyltrimethoxysilane(MTMOS)
- 20- Tetraethoxysilane(TEOS)
- 21- Ethyl Silicate
- 22- Methyltriethoxysilane(MTEOS)
- 23- Methyl Methacrylate
- 24- Butyl Methacrylate

۲۵- پارالوید B72 در ایالات متحده آمریکا به نام آکرولولوید B72 شناخته می‌شود.

۲۶- نام تجاری موم میکروکریستالی

27- Lime Mortar

28- Lime Wash or Lime Shelter

29- Lime Technique

۳۰- جهت مطالعه متن کتیبه و اطلاع از جزییات آن رجوع شود به:

ایزدپناه، حمید(۱۳۷۶)، آثار باستانی و تاریخی لرستان (جلد دوم)، گنجینه ایران ۳۲، تهران: انجمن آثار و مفاخر فرهنگی ایران، صص: ۶۰-۵۷.

۳۱- در لهجه محلی خرم آباد، برد به معنای سنگ است.

منابع

- ایزدپناه، حمید(۱۳۷۶)، آثار باستانی و تاریخی لرستان (جلد دوم)، گنجینه ایران ۳۲، انتشارات انجمن آثار و مفاخر فرهنگی ایران.
- جوادی، محمدرضا و همکاران(۱۳۷۹)، شناسایی مقدماتی تپه‌ها و معرفی غارهای دره خرم آباد، مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی استان لرستان، منتشر نشده.
- فیض‌نیا، سادات(۱۳۷۷)، سنگ‌های رسوبی کربناته، مشهد: دانشگاه امام‌رضا.
- Amoroso, G. G. & Fassina, V. (1983). **Stone Decay and Conservation: Atmospheric Pollution-Cleaning, Consolidation and Protection**, (Materials Science Monographs, 11). New York: Elsevier Science Publishers.
- Ashurst, J. (1998). The Cleaning and Treatment of Limestone by the Lime Method, In **Conservation of Building and Decorative Stone**, Ashurst, J. & Dimes, F. G. (Eds.), Vol. II, London : Butterworth-Heinemann, , 169-176.
- Ashurst, J. & Ashurst, N.. (1988). **Practical Building Conservation, Vol. 1, Stone Masonry**, English Heritage Technical Handbook, New York : Halsted Press,.
- Ashurst, J. & Dimes, F. G. (Eds.). (1998). **Conservation of Building and Decorative Stone**. London: Butterworth-Heinemann.
- Bracci, S. Sacchi, B. Ferreira Pinto, A. P. Delgado Rodrigues, J. (2008). Inorganic Consolidation on Stone Artefacts: Optimisation of Application Procedures for Marble and Limestones, in **Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage- Research and Practice**, Lisbon, 6-7 May 2008, Delgado Rodrigues, J. & Mimoso, J. M. (Eds.), LNEC Publication, 81-90.
- Brus, J. & Kotlik, P. (1996). Consolidation of Stone by Mixtures of Alkoxysilane and Acrylic Polymer, **Studies in Conservation** 41: 109-119.
- Charola, A. E. Tucci, A. Koestler, R. J. (1986). On the Reversibility of Treatments with Acrylic/Silicone Resin Mixtures, **Journal of the American Institute for Conservation**, Vol. 25, No. 2: 83-92.
- Clifton, J. R., (1984), Laboratory Evaluation of Stone Consolidants, in Adhesives and Consolidants, **Proceedings of IIC Congres**, Brommelle, N. S., Pye, E. M., Smith, P., Thomson, G., (Eds.), Paris, IIC Publications, pp: 151-155.
- Delgado Rodrigues, J. & Mimoso, J. M. (Eds.). (2008). **Stone Consolidation in Cultural Heritage- Research and Practice**, Proceedings of the International Symposium, 6-7 May 2008, Lisbon: LNEC Publication.
- Delgado Rodrigues, J. (2001). Consolidation of Decayed Stones. A Delicate Problem with Few Practical Solutions, in **Historical Constructions**, Lourenço, P. B. Roca, P. (Eds.), Guimarães, 3-14.
- Doehne, E. & Price, C. A. (2010). **Stone Conservation: An Overview of Current Research**,



- (Second Edition), Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Drdácý, M. & Sližková, Z. (2008). **Calcium Hydroxide Based Consolidants of Lime Mortars and Stone**, in Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage- Research and Practice, Lisbon, 6-7 May 2008, Delgado Rodrigues, J., Mimoso, J. M., (Eds.), LNEC Publication, pp: 299-308.
 - Etymezian, V., Davidson, C. I., Finger, S., Striegel, M. F., Barabas, N., Chow, J. C., (1998), **Vertical Gradients of Pollutant Concentrations and Deposition Fluxes on a Tall Limestone Building**, Journal of the American Institute for Conservation, Vol. 37, No. 2, pp: 187-210.
 - Ferreira Pinto, A. P. & Delgado Rodrigues, J. (2008 a). Stone Consolidation: The Role of Treatment Procedures, **Journal of Cultural Heritage** 9: 38-53.
 - Ferreira Pinto, A. P. & Delgado Rodrigues, J. (2008 b). Hydroxylating Conversion Treatment and Alkoxysilane Coupling Agent as Pre-Treatment for the Consolidation of Limestones with Ethyl Silicate, in **Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage- Research and Practice**, Lisbon, 6-7 May 2008, Delgado Rodrigues, J. & Mimoso, J. M., (Eds.), LNEC Publication, 131-140.
 - Fidler, J. (2004). Stone Consolidants: Inorganic Treatments, **Conservation Bulletin** 45: 33-35.
 - Filder, J. (2002). Lime Treatments: An Overview of Lime Watering and Shelter Coating of Friable Historic Limestone Masonry, In **Stone: Stone Building Materials, Construction and Associated Component Systems: Their Decay and Treatment**, J. Filder. (Ed.), English Heritage Research Transactions, Vol. 2, London: English Heritage , 19-28
 - Gauri, K. L. (1974). Efficiency of Epoxy Resins as Stone Preservatives, **Studies in Conservation**, Vol. 19, No. 2: 100-101.
 - Ginell, W. S. Wessel, D. Searles, C. (2001). **Standard Guide for Selection and Use of Stone Consolidants**, ASTM E2167-01, West Conshohocken, PA: ASTM International.
 - Haneef, S. J. Dickinson, C. Johnson, J. B. Thompson, G. E. Wood, G. C. (1992). Simulation of the Degradation of Coupled Stones by Artificial Acid Rain, **Studies in Conservation** 37: 105-112.
 - Hansen, E. Doehne, E. Filder, J. Larson, J. Martin, B. Matteini, M. Rudriguez-Navarro, C. Sebastián Pardo, E. Price, C. de Tagle, A. Teutonico, J. M. Weiss, N. (2003). A Review of Selected Inorganic Consolidants and Protective Treatments for Porous Calcareous Materials, **Reviews in Conservation**. 4: 13-25.
 - Honeyborne, D. (1998). Surface Treatments in General, in **Conservation of Building and Decorative Stone**, Ashurst, J. & Dimes, F. G. (Eds.), Vol. II, London: Butterworth-Heinemann, 156-169.
 - Jimenez-Lopez, C. Rodriguez-Navarro, C. Piñar, G. Carrillo-Rosúa, F.J. Rodriguez-Gallego, M. Gonzalez-Muñoz, M.T. (2007). Consolidation of Degraded Ornamental Porous Limestone by Calcium Carbonate Precipitation Induced by the Microbiota Inhabiting the Stone, **Chemosphere** 68: 1929-1936.
 - Kotlik, P. Justa, P. Zelinger, J. (1983). The Application of Epoxy Resins for the Consolidation of Porous Stone, **Studies in Conservation** 28: 75-79.
 - Kumar, R. & Ginell, W. S. (1997). A New Technique for Determining the Depth of Penetration of Consolidants into Limestone Using Iodine Vapor, **Journal of the American Institute for Conservation**, Vol. 36, No. 2: 143-150.
 - Lanterna, G. Mairani, A. Matteini, M. Rizzi, M. Scuto, S. (2000). Mineral Inorganic Treatments for the Conservation of Calcareous Artefacts, in **Proceedings of the 9th International Congress**



- on **Deterioration and Conservation of Stone**, Venice, Vol. 2, Fassina, V. (Ed.), 387-394.
- Oliver, A. B. (2002). The Variable Performance of Ethyl Silicate: Consolidated Stone at Three National Parks, **APT Bulletin**, Vol. 33, No. 2/3: 39-44.
 - Öztürk, I. (1992), Alkoxysilanes Consolidation of Stone and Earthen Building Materials. Unpublished MSc Thesis: University of Pennsylvania,.
 - Price, C. A. (1996). **Stone Conservation: An Overview of Current Research**. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
 - Price, C. A. Ross, K. White, G. (1988). A Further Appraisal of the Lime Technique for Limestone Consolidation, Using a Radioactive Tracer, **Studies in Conservation** 33: 178-186.
 - Schaffer, R. J. (1932). **The Weathering of Natural Building Stones**, His Majesty's Stationery Office, Reprinted 1972, Watford, London: Building Research Establishment,.
 - Schnabel, L. (1992). Evaluation of the Barium Hydroxide-Urea Consolidation Method, in **Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, Lisbon, Vol. 3, Delgado Rodrigues, J. Henriques, F. Jeremias, F. T. (Eds.), 1063-1072.
 - Selwitz, C. (1995). The Use of Epoxy Resins for the Stabilization of Deteriorated Masonry, **APT Bulletin**, Vol. 26, No. 4, Preservation of Historic Masonry: 27-34.
 - Selwitz, C. (1992). **Epoxy Resins in Stone Conservation**. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
 - Tabasso, M. L. (1995). Acrylic Polymers for the Conservation of Stone: Advantages and Drawbacks, **APT Bulletin** Vol. 26, No. 4, Preservation of Historic Masonry: 17-21
 - Theoulakis, P. Karatasios, I. Stefanis, N. A. (2008). Performance Criteria and Evaluation Parameters for the Consolidation of Stone, in **Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage: Research and Practice**, Lisbon, 6-7 May 2008, Delgado Rodrigues, J. Mimoso, J. M. (Eds.), LNEC Publication, 279-288.
 - Tiano, P. Cantisani, E. Sutherland, I. Paget, J. M. (2006). Biomediated Reinforcement of Weathered Calcareous Stones, **Journal of Cultural Heritage** 7: 49-55.
 - Wheeler, G. (2005). **Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone**. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
 - Wheeler, G. (2008). Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone: Where We Are Now, in **Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage: Research and Practice**, Lisbon, 6-7 May 2008, Delgado Rodrigues, J. Mimoso, J. M. (Eds.), LNEC Publication, 41-52.
 - Weber, H., (1985), Conservation and Restoration of Natural Stone in Europe, **Bulletin of the Association for Preservation Technology** Vol. 17, No. 2, Masonry: 15-23.
 - www.weather.ir (Access Date: 17.05.2006).

تحلیل کمی مقاله‌های مرمت در نشریه‌های ترویجی - تخصصی کشور از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰

فرهنگ مظفر* فریال احمدی** علی اسدپور***

چکیده

نشریه‌های تخصصی و ترویجی بنابر خوانندگان متعدد خود، از این توانایی برخوردارند که بستر مناسبی را برای افزایش دانسته‌های علمی و یافته‌های تجربی در حوزه مرمت بناها و بافت‌های تاریخی فراهم آورند. از این روی، بررسی این نشریات از جهت محتوا و تعداد مقالات چاپ‌شده در آنها می‌تواند تصویری آشکار از این حوزه را به مخاطبان، متولیان نشر و پژوهشگران نشان دهد.

در این نوشتار، تلاش بر آن بوده تا مقالات منتشرشده در ۹ نشریه ترویجی-تخصصی "مرمت، معماری و شهرسازی" که یکی از نشریات پرشمارگان کشور است، در بازه زمانی ده ساله (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰) بررسی شوند. روش تحقیق در این پژوهش، آماری-تحلیلی در بستری پیمایشی است. برای تحکیم نتایج پژوهش نیز از ثبت نظرات متخصصان با تکمیل پرسش‌نامه استفاده شده است.

مقالات منتشرشده در سه زیرگروه: ۱. مبانی نظری مرمت، ۲. تجربیات مرمت و ۳. معرفی آثار واجد ارزش مرمتی در ایران و سایر نقاط جهان بخش‌بندی شده‌اند. ضمن اینکه کلیه مقالات در دو حوزه: مقالات تألیفی و ترجمه‌ای نیز طبقه‌بندی گردیده‌اند.

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، نشان‌دهنده سهم بسیار اندک (۱۰/۰۳٪) مباحث مرمت در نشریه‌های مورد بررسی است. همچنین، بیشتر مقالات (۵۶/۰۹٪) به حوزه مباحث نظری مرمت اختصاص داشته‌اند. معرفی تجارب مرمت و آثار واجد ارزش در ایران (۳۸/۴۱٪) و جهان (۵/۵٪) به ترتیب در جایگاه‌های بعدی بودند. افزون بر این‌ها، مقالات تألیفی رشد فراوانی را در برابر سیر نزولی مقالات ترجمه‌ای در ده سال اخیر داشته‌اند.

با این حال بررسی روند کنونی، امکان پیش‌بینی مشخصی از وضعیت مباحث مرمت در نشریات را فراهم نمی‌آورد. البته، حرکت روبه‌رشد مقالات مرتبط با حوزه مباحث نظری، در آینده هم می‌تواند، نشان دهد که مقالات مبانی نظری مرمت در صدر تعداد مقالات منتشرشده در زمینه مرمت قرار داشته باشد. راه‌اندازی نشریات الکترونیکی و ترغیب بخش خصوصی به انتشار نشریات ادواری، بخشی از پیشنهاد‌های نگارندگان این نوشتار است که متخصصان این امر نیز اجرای آن را تأیید کرده‌اند.

کلیدواژگان: نشریه‌های ترویجی، تحلیل آماری، مرمت، محتوای موضوعی، ماهیت مقاله‌ها.

* دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.

** دانشجوی دکتری رشته معماری دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (نویسنده مسئول).

ferial.ahmadi@modares.ac.ir

*** دانشجوی دکتری رشته معماری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

مقدمه

با اینکه در یک‌صد سال اخیر برای حفظ و نگهداری از آثار تاریخی و فرهنگی ایران بسیار تلاش شده لیکن سهم پژوهش‌های منتشر شده به‌ویژه در چند دهه گذشته شایسته به‌نظر نمی‌رسد. با نگاهی کوتاه بر عنوان‌های نشریه‌ها تخصصی حوزه مرمت می‌توان به کم‌بودن تعداد آنها پی‌برد. همچنین، بررسی دوره‌های چاپ و استمرار چاپ این نشریه‌ها، خود گواهی بر نابسامانی نشر در این حوزه است. برای نمونه، فصل‌نامه "آثر" که نخستین شماره آن سال ۱۳۵۹ منتشر شده‌است، در برخی شماره‌ها (۳۳ و ۳۴، ۳۶ و ۳۷ و ۴۰ و ۴۱)، به‌صورت دوفصل‌نامه چاپ گردیده و یا در فرایند عرضه به جامعه علمی و حرفه‌ای کشور تأخیر قابل توجهی داشته‌است. با این‌همه، اثر تنها فصل‌نامه تخصصی حوزه مرمت و باستان‌شناسی کشور به‌شمار می‌رود که موفق به دریافت درجه علمی - ترویجی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شده‌است.

دوفصل‌نامه "مرمت و پژوهش" هم نخستین بار سال ۱۳۸۵ منتشر شد اما اکنون، نشان‌چندانی از آن دیده نمی‌شود. نشریه‌های داخلی‌تر مانند "نامه پژوهشگاه میراث فرهنگی" نیز به‌سبب روی آوردن به حوزه‌های هفت‌گانه پژوهشگاه (زبان‌شناسی، مردم‌شناسی، باستان‌شناسی، بناها و بافت‌های تاریخی، هنرهای سنتی، گردشگری و حفاظت و مرمت) توجهی کافی و صرفاً تخصصی به موضوع مرمت ندارند.

این درحالی‌است که ایران، یکی از غنی‌ترین سرزمین‌های جهان در برخورداری از آثار و بناهای تاریخی است. این کشور به‌دلیل گونه‌گونی اقلیمی، غنای فرهنگی و پیشینه تاریخی کهن و طبیعی و به‌لحاظ کمتی و کیفی دارای آثار ارزشمند فرهنگی و تاریخی برجای‌مانده از گذشته است (شایسته‌فر، ۱۳۸۸: ۴۰). در کل، «میراث طبیعی و فرهنگی در گسترده‌ترین سطح ممکن، به همه مردم تعلق دارد. براین‌اساس مناظر، مکان‌های تاریخی، محوطه‌ها و محیط‌های ساخت دست بشر، همچنین تنوع موجودات زنده، مجموعه‌ها، اقدامات فرهنگی بشر، چه آنهایی که در گذشته انجام داده‌است و چه آنهایی که تا امروز هم ادامه دارند، دانش و تجارب زنده، همه جزو میراث به‌شمار می‌روند» (ایکوموس، ۱۹۹۹ به نقل از چراغی، ۱۳۸۹: ۱).

باتوجه به اینکه در تعریف مرمت چنین آمده: «به‌طور کلی به‌معنای مداخله است که امکان بازیافت عملکرد محصولات انسانی را فراهم می‌آورد و لحظه روش‌مندی است که اثر هنری در آن لحظه، در وجود فیزیکی خود و در طبیعت زیباشناختی و تاریخی‌اش، از نظر انتقال به آینده مورد

تشخیص قرار می‌گیرد» (برندی، ۱۳۸۸: ۳۹-۳۷) و از سوی دیگر مرمت را باید «کاری آئینی و مستمر دانست که نمی‌توان آن را در یک‌زمان مشخص و به‌صورت مقطعی آن هم به‌شکل مسکن اعمال کرد» (حبیبی و مقصودی، ۱۳۸۶: ۱۸)، پرسش‌هایی به‌قرار زیر پیش می‌آید:

- چرا حوزه نشر، در چاپ دستاوردهای مرمتی به‌اندازه کافی توانمند نیست.
- بنابر ماهیت مستمر و لزوم پویایی‌ای که در امر مرمت دیده می‌شود، وضعیت کمتی و کیفی مقالات علمی منتشر شده در این حوزه چگونه است.
- مقاله‌ها برای چاپ چه سیری را طی می‌کنند.
- آیا می‌توان برای خط‌مشی کنونی مقاله‌ها به‌ویژه در دهه گذشته، الگوی قابل قبولی جهت ترسیم و پیش‌بینی آینده به‌دست آورد.

با بررسی محتوا و سهم مباحث مرمتی در نشریات تخصصی مرمت، معماری و شهرسازی می‌توان اهمیت این موضوعات را برای حوزه نشر، پژوهشگران و خوانندگان آنها روشن‌تر ساخت. تاکنون، هیچ نوشته‌ای سهم مباحث مرمتی را در نشریه‌های حوزه تخصصی و ترویجی کشور بررسی نکرده‌است. هدف از انجام این پژوهش، تحلیل سمت‌وسوهای گذشته و پیش‌بینی جهت‌گیری‌های احتمالی پیش‌روی در نشریه‌های تخصصی کشور در آینده است. نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی، می‌تواند در حوزه تصمیم‌سازی آموزشی و دانشگاهی و یا تعریف جایگاه بهتر مباحث مرمتی در نشریه‌های تخصصی سودمند باشد. ضمن این‌که، چنین نتایجی قابلیت این را دارند که گرایش‌های نشریه‌های مورد بررسی را به‌عنوان نمایندگان حوزه نشر، تشریح و نقاط ضعف و قوت آنها را شناسایی کنند.

روش و فرایند تحقیق

روش تحقیق، پیمایشی در بستری توصیفی - تحلیلی است که برای گردآوری اطلاعات از مطالعات کتابخانه‌ای در چارچوب استفاده از اسناد کتابخانه‌ای و منابع اینترنتی بهره‌گیری شده‌است. از این رهگذر، محتوا و سهم مقاله‌های منتشر شده در زمینه مرمت بافت و بنا در ۱۰ سال اخیر در نشریات پرشمارگان غیرعلمی - پژوهشی کشور مشخص گردید. همراه این روش، در مرحله نهایی برای ثبت نظرات متخصصان مرمت و دانشجویان این رشته از تنظیم پرسش‌نامه نیز بهره‌گرفته شد. از آنجاکه در ده سال اخیر (۱۳۸۰-۱۳۹۰) هیچ نشریه علمی - پژوهشی به‌طور تخصصی درباره موضوع

که در بخش مربوط به فرایند کار و نتایج حاصل از آن، اشاره خواهد شد. نتایج این بخش نیز به صورت نمودارهایی با استفاده از نرم افزار (Excel)، ارائه شده است.

پیشینه تحقیق

سال (۱۳۸۴)/رشاد و همکارانش به انتشار مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل اسناد داوری مقاله‌های مجله جامعه‌شناسی ایران" مبادرت ورزیدند. نگارندگان این مقاله ضمن بررسی اسناد داوری مقالات رسیده به مجله جامعه‌شناسی ایران کوشیده‌اند عمده‌ترین اشکالات وارده بر مقالات را از دیدگاه داوران مجله شناسایی و دسته‌بندی نموده و در تحلیل‌های نهایی ارائه کنند. در همین سال ناصر ولایی و همکارانش، تحقیق دیگری را با عنوان "بررسی کمی و کیفی مقالات مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران" به چاپ رساندند. نتایج به دست آمده از پژوهش آنان، بیانگر این است که سیر تکاملی مقالات چاپ شده به لحاظ تعداد و کیفیت پژوهش‌های انجام شده در مقالات اعضای هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی مازندران و سایر دانشگاه‌ها محسوس است یک سال پس از آن، سال (۱۳۸۵)، محمدعلی زکی مقاله‌ای با عنوان "بررسی تحلیل محتوای گرایش‌های پژوهشی در مجلات علمی تخصصی مدیریت" منتشر کرد. وی در این مقاله، اطلاعات مربوط به ۲۸۶۸ فهرست مقالات چهار مجله علمی-تخصصی مدیریتی را که طی سال‌های (۱۹۸۱-۲۰۰۱) چاپ شده بودند، گردآوری کرد. در پژوهشی دیگر محمدحسین دیانی و شهلا شیردل (۱۳۷۹)، چکیده فارسی مقاله‌های مجله‌های علمی-پژوهشی حوزه علوم انسانی را با استاندارد ایزو ۲۱۴ بررسی و مقایسه کردند. در پژوهش آنان تلاش بر آن بوده تا با روش تحقیق پیمایشی به بررسی وضعیت و شرایط تعدادی از چکیده‌های فارسی مقاله‌های مجله‌های علمی-تمام‌نمای حوزه علوم انسانی براساس معیارهای ذکر شده در استاندارد ایزو ۲۱۴ پرداخته شود. سال (۱۳۸۷) تحقیقی با مضمون ارزیابی کمی و کیفی نشریه هنرهای زیبا به دست بهمانیان و همکارانش به چاپ رسید. هدف نگارندگان آن ارائه نمایی کلی از روند حاکم بر شمارگان منتشر شده مجله از اولین شماره آن در بهار ۱۳۷۶ تا شماره ۳۳ آن در بهار ۱۳۸۷ همراه پرداختن به کم و کیف جزئی آن در ۹ پارامتر بود. باین حال، هنوز پژوهشی درباره نشریات حوزه مرمت بناها و بافت‌های تاریخی و فرهنگی در کشور نگاشته نشده است.

مرمت بناها و بافت‌های فرهنگی و تاریخی نبوده و بی‌توجهی در انتشار پژوهش‌های مرمتی آشکار است، بررسی نشریه‌های تخصصی-ترویجی امری ضروری است. ازین رو، بررسی نشریه‌های علمی-پژوهشی‌ای همچون "صفه"، "هنرهای زیبا"، نگره و مانند آنها بیرون از دایره ارزیابی این پژوهش هستند. دلیل دیگر حذف نشریه‌های علمی-پژوهشی، اهداف خاص هر نشریه است که عمدتاً در حوزه‌های غیرمرمتی تعریف شده‌اند. همچنین، نظر به اینکه «تعداد و کیفیت مقاله‌های منتشر شده در مجلات علمی-پژوهشی از شاخص‌های ارزیابی و برون داد» (ولایی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۳۳) دانشگاه‌ها و مراکز علمی هستند؛ مسئولین این نشریه‌ها، تمایل کمتری به چاپ مقاله‌های حاصل از فعالیت‌های حرفه‌ای و اجرایی و یا انتشار دیدگاه‌های مختلف صاحب‌نظران در حوزه مرمت نشان می‌دهند.

پژوهش حاضر در سه مرحله؛ تعیین، تبیین و تدقیق انجام شده است. در مرحله تعیین، تمامی اطلاعات موجود درباره تحقیق جمع‌آوری و برداشت شده است. بدین منظور، نخست برای شناخت رویکردهای نظری در زمینه موردنظر، منابع و اسناد کتابخانه‌ای و اینترنتی درباره مرمت بافت و بنا بررسی شد. سپس، ۹ نشریه غیرعلمی-پژوهشی که با موضوع معماری و شهرسازی در پایگاه بانک اطلاعات نشریه‌های کشور نمایه شده با دو شرط برگزیده شدند؛ داشتن بالاترین رقم شمارگان و آشنایی نسبی دانشجویان با این نشریه‌ها. نشریه‌های برگزیده شامل "اثر"، "مرمت و پژوهش"، "معماری و ساختمان"، "معماری و شهرسازی"، "معمار"، "آبادی"، "منظر"، "معماری محوطه" و "معماری ایران" است. از میان ۹ نشریه انتخابی، یک مورد ماهنامه منظر، یک مورد دو ماهنامه معمار و دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش و بقیه فصل‌نامه است.

در مرحله تبیین، نخست اطلاعات جمع‌آوری شده از مبانی نظری تحقیق، تفسیر و پردازش شد. سپس، تمامی مقاله‌های چاپ شده در زمینه مرمت بافت و بنا براساس پارامترهای ارزیابی، دسته‌بندی شدند. در مرحله نهایی، مرحله تدقیق، همه اطلاعات به دست آمده از مقاله‌های منتشر شده در دسته‌های یاد شده در بازه زمانی ۱۰ سال اخیر (از ابتدای سال ۱۳۸۰ تا پایان ۱۳۸۹) با استفاده از نرم افزار (Excel) در قالب نمودارها و جدول‌ها پردازش و تفسیر شدند.

برای ثبت نظرات دانشجویان و استادان رشته مرمت درباره نتایج به دست آمده از مرحله پیشین، پرسش‌نامه‌ای حاوی ۸ سؤال سه گزینه‌ای طراحی گردید و بین ۴۲ نفر توزیع شد

تعریف پارامترهای مورد ارزیابی

در پژوهش حاضر، مقاله‌ها در ۲ حوزه که شرح آنها در زیر می‌آید، بررسی شده‌اند.

الف-محتوای موضوعی مقالات

منظور از محتوای موضوعی مقاله‌ها، دسته‌بندی آنها از نظر توجه به حوزه‌های نظری و یا ارائه تجارب عملی مرمتی است. از این رو، مقاله‌ها به سه دسته؛ ۱. مبانی نظری، ۲. تجارب مرمتی و معرفی آثار تاریخی واجد ارزش مرمت در ایران و ۳. تجارب مرمتی و معرفی آثار تاریخی واجد ارزش مرمت در سایر کشورها تقسیم‌بندی شده‌اند. هر مقاله متناسب با کلیدواژگان اصلی و رویکرد کلی بیان شده در چکیده آن، در گروه‌های بالا جای گرفته‌است. مقاله‌هایی که به رویکردها و مبانی نظری، تاریخ و سیر تحول روش‌های مرمت بافت و بنا، اشاره داشته‌اند، در زیرگروه مبانی نظری قرار گرفتند. تمامی مقاله‌هایی که پروژه‌های انجام گرفته و یا آثار تاریخی مهم و ارزشمند نیازمند مرمت بافت و بنا در ایران و سایر کشورها در آنها قیاس و مطالعه شده؛ به ترتیب در زیرگروه تجارب مرمتی در ایران و تجارب مرمتی در سایر کشورها جای گرفتند.

ب-ماهیت مقاله‌ها

ویژگی تألیفی یا ترجمه‌ای، معرف ماهیت مقاله است. مقاله‌هایی که حاصل پژوهش نویسندگان داخلی است؛ در زیرگروه مقاله‌های تألیفی و نوشته‌هایی که از ترجمه مقاله‌های غیرفارسی منتشر شده باشند، در زیرگروه مقاله‌های ترجمه‌ای جای دارند. ویژگی تألیفی یا ترجمه‌ای برای هر یک از سه زیرگروه محتوای موضوعی مقاله‌ها، لحاظ شده‌است.

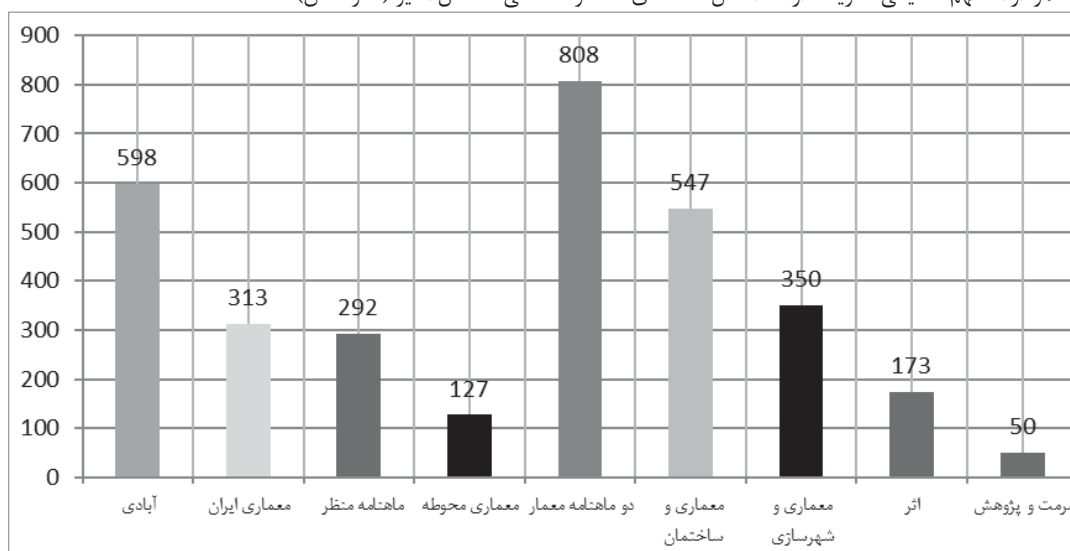
داده‌ها و یافته‌ها

نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های آماری، نشان‌دهنده سهم بسیار اندک مقاله‌های منتشرشده (۱۰/۰۳٪) درباره مرمت بافت و بنا در بازه زمانی ۱۰ سال اخیر است. تحلیل‌های انجام شده در ۹ نشریه (آبادی، معمار، معماری و ساختمان، معماری ایران، معماری و شهرسازی، منظر، معماری محوطه، اثر و مرمت و پژوهش) نشان می‌دهد که از ابتدای سال ۱۳۸۰ تا انتهای سال ۱۳۸۹، تعداد ۳۲۶۸ مقاله در زمینه‌های گوناگون معماری، شهرسازی، مرمت و معماری منظر چاپ شده‌است.

(نمودار ۱)، نشانگر سهم جداگانه هریک از نشریه‌ها بین تمام مقاله‌های منتشرشده در بازه زمانی موردنظر این پژوهش است. آمارها، بیانگر این است که ۵۴٪ از کل مقاله‌های منتشرشده در زمینه مرمت در فصل‌نامه اثر انتشار یافته‌است. فصل‌نامه آبادی، دومه‌نامه معمار و فصل‌نامه معماری و ساختمان، هریک با ۱۷٪، ۱۶٪ و ۵٪ به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند.

از میان تمامی مقاله‌های انتشار یافته در این محدوده زمانی، ۳۲۸ مقاله با موضوع مرمت بافت و بنا (۲ مقاله در فصل‌نامه معماری ایران، ۹ مقاله در ماه‌نامه منظر، ۵۶ مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱۵ مقاله در دومه‌نامه معمار، ۱۰ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و شهرسازی و ۲ مقاله در فصل‌نامه معماری محوطه، ۱۷۳ مقاله در فصل‌نامه اثر و ۶۰ مقاله در دو فصل‌نامه مرمت و پژوهش) چاپ شده که معادل ۹/۷۶٪ درصد از کل مقاله‌های منتشرشده را به خود اختصاص داده‌اند (نمودار ۲).

نمودار ۱. سهم تفکیکی نشریه‌ها از تعداد کل مقاله‌های منتشرشده طی ده سال اخیر (نگارندگان)

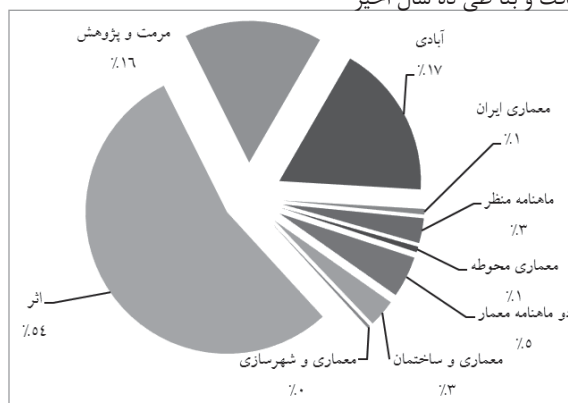


(نگارندگان)

در ایران و سایر کشورها بخش بندی شده اند که محدوده هریک در بخش پارامترهای ارزیابی، به طور کامل تشریح شده است. در بازه زمانی ۱۰ سال اخیر، به طور کلی ۵۶/۰۹٪ از کل مقاله های منتشر شده در زمینه مرمت بافت و بنا در زیرگروه مبانی نظری مرمت، ۳۸/۴۱٪ در زیرگروه تجارب مرمتی در ایران و ۵/۵٪ آنها در زیرگروه تجارب مرمتی در سایر کشورها جای داشته اند. نتایج به دست آمده از دسته بندی بالا بیانگر آن است که به طور کلی ۱۸۴ مقاله از ۳۲۸ مقاله های منتشر شده، در باب مبانی نظری مرمت بوده است. این در حالی است که ۱۲۶ مقاله موضوع تجارب مرمتی و معرفی آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی در ایران و ۱۸ مقاله هم موضوع تجارب مرمتی و معرفی آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی در سایر کشورها را تدقیق و بررسی کرده است (جدول ۱). لازم به یادآوری است که از ۱۸۴ مقاله منتشر شده در زمینه مبانی نظری مرمت بافت و بنا، ۱ مقاله سال ۱۳۸۰ در

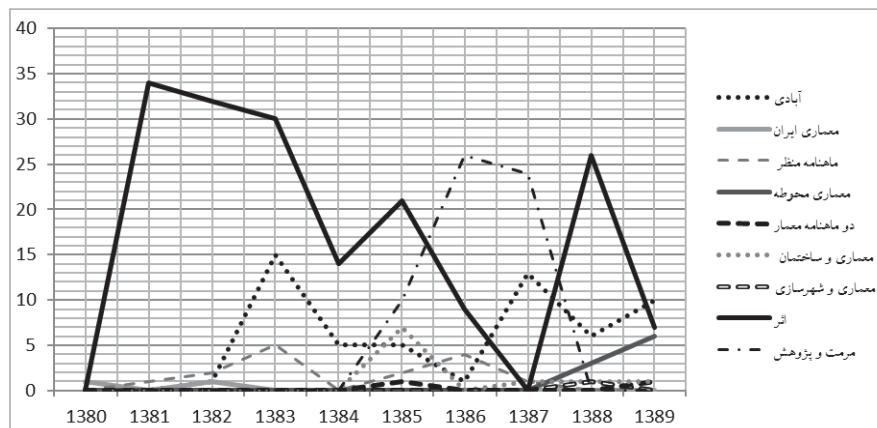
از ۳۲۸ مقاله چاپ شده در ۱۰ سال اخیر، ۱ مقاله سال ۱۳۸۰ در فصلنامه معماری ایران، ۳۵ مقاله سال ۱۳۸۱ (۱ مقاله در دوماه نامه معمار و ۳۴ مقاله در فصلنامه اثر)، ۳۶ مقاله سال ۱۳۸۲ (۳۲ مقاله در فصلنامه اثر، ۱ مقاله در فصلنامه آبادی، ۱ مقاله در فصلنامه معماری ایران و ۲ مقاله در دوماه نامه معمار)، ۵۰ مقاله سال ۱۳۸۳ (۳۰ مقاله در فصلنامه اثر، ۱۵ مقاله در فصلنامه آبادی و ۵ مقاله در دوماه نامه معمار)، ۱۹ مقاله سال ۱۳۸۴ (۱۴ مقاله در فصلنامه اثر و ۵ مقاله در فصلنامه آبادی)، ۴۶ مقاله سال ۱۳۸۵ (۲۱ مقاله در فصلنامه اثر، ۱۰ مقاله در دو فصل نامه مرمت و پژوهش، ۵ مقاله در فصلنامه آبادی، ۲ مقاله در دوماه نامه معمار، ۱ مقاله در فصلنامه معماری محوطه و ۷ مقاله در فصلنامه معماری و ساختمان)، ۴۰ مقاله سال ۱۳۸۶ (۹ مقاله در فصلنامه اثر، ۲۶ مقاله در دو فصل نامه مرمت و پژوهش، ۱ مقاله در فصلنامه آبادی و ۴ مقاله در دوماه نامه معمار)، ۳۹ مقاله سال ۱۳۸۷ (۲۴ مقاله در دو فصل نامه مرمت و پژوهش، ۱۳ مقاله در فصلنامه آبادی، ۱ مقاله در دوماه نامه معمار و ۱ مقاله در فصلنامه معماری و ساختمان)، ۳۷ مقاله سال ۱۳۸۸ (۲۶ مقاله در فصلنامه اثر، ۶ مقاله در فصلنامه آبادی، ۳ مقاله در ماه نامه منظر، ۱ مقاله در فصلنامه معماری و ساختمان و ۱ مقاله در فصلنامه معماری و شهرسازی) و ۲۵ مقاله سال ۱۳۸۹ (۱۰ مقاله در فصلنامه آبادی، ۷ مقاله در فصلنامه اثر، ۶ مقاله در ماه نامه منظر، ۱ مقاله در فصلنامه معماری محوطه و ۱ مقاله در فصلنامه معماری و ساختمان) منتشر شده است (نمودار ۳). برای تعیین گرایش مقاله های چاپ شده با موضوع مرمت بافت و بنا، تمامی مقاله های منتشر شده در ۳ زیرگروه؛ مبانی نظری مرمت، تجارب مرمتی و آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی

نمودار ۲. سهم تفکیکی نشریه ها از مقاله های منتشر شده با موضوع مرمت بافت و بنا طی ده سال اخیر



(نگارندگان)

نمودار ۳. سهم تفکیکی نشریه ها از مقاله های منتشر شده در زمینه مرمت بافت و بنا، به تفکیک سال



(نگارندگان)

فصل‌نامه معماری ایران، ۱۵ مقاله سال ۱۳۸۱ در فصل‌نامه اثر، ۱۹ مقاله سال ۱۳۸۲ (۱) مقاله در فصل‌نامه معماری ایران و ۱۸ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۲۰ مقاله سال ۱۳۸۳ (۹) مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱۰ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۸ مقاله سال ۱۳۸۴ (۱) مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۷ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۲۶ مقاله سال ۱۳۸۵ (۴) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۴ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان، ۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری محوطه، ۷ مقاله در فصل‌نامه اثر و ۹ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش، ۲۸ مقاله سال ۱۳۸۶ (۱) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۳ مقاله در فصل‌نامه اثر و ۲۴ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش (۳۲ مقاله سال ۱۳۸۷ (۱۰) مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۲۲ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش، ۲۳ مقاله سال ۱۳۸۸ (۲) مقاله در ماه‌نامه منظر، ۴ مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱۷ مقاله در فصل‌نامه اثر) و ۱۲ مقاله سال ۱۳۸۹ (۳) مقاله در ماه‌نامه منظر، ۶ مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری محوطه و ۲ مقاله در فصل‌نامه اثر، به‌چاپ‌رسیده‌است. از میان این مقاله‌ها می‌توان به مقاله‌هایی همچون "جایگاه علم و فن‌آوری‌های نوین در نگهداری و حفاظت از میراث فرهنگی" چاپ‌شده در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش، "توصیه‌هایی برای تحلیل، حفاظت و مرمت سازه‌ای میراث معمارانه" چاپ‌شده در فصل‌نامه اثر، "مقدمه‌ای بر مدیریت پروژه‌های مرمت و بازسازی بناها و محوطه‌های تاریخی" چاپ‌شده در دوماه‌نامه معمار و "بازآفرینی شهری: به‌سوی

زبانی مشترک برای مرمت و حفاظت شهری در ایران" چاپ شده در دوفصل‌نامه آبادی اشاره‌نمود (نمودار ۴).

همچنین، از ۱۲۶ مقاله منتشرشده در معرفی و بررسی تجارب مرمتی و آثار تاریخی ایران؛ ۱۹ مقاله سال ۱۳۸۱ (۱) مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱۸ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۱۵ مقاله سال ۱۳۸۲ (۱) مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱۴ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۲۷ مقاله سال ۱۳۸۳ (۶) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۳ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱۸ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۹ مقاله سال ۱۳۸۴ (۲) مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۷ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۱۸ مقاله سال ۱۳۸۵ (۱) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۲ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان، ۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱۴ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۱۰ مقاله سال ۱۳۸۶ (۳) مقاله در دوماه‌نامه معمار، ۱ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش و ۶ مقاله در فصل‌نامه اثر، ۴ مقاله سال ۱۳۸۷ (۲) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان و ۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار، ۱۳ مقاله سال ۱۳۸۸ (۱) مقاله در ماه‌نامه منظر، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و شهرسازی، ۱ مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان و ۹ مقاله در فصل‌نامه اثر) و ۱۱ مقاله سال ۱۳۸۹ (۳) مقاله در فصل‌نامه آبادی، ۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان، ۵ مقاله در فصل‌نامه اثر و ۲ مقاله در ماه‌نامه منظر) به‌چاپ‌رسیده‌اند. برای نمونه، می‌توان به معرفی مقاله «سه پناهگاه سنگی دره خرگوش‌ناو الشتر لرستان» و یا «دومین نقش برجسته ساسانی در دارابگرد فارس» فصل‌نامه اثر، مقاله «طرح

جدول ۱. درصد تفکیک موضوعی مقاله‌های منتشر شده درباره مرمت بافت و بنا، به‌تفکیک سال

گونه‌بندی مقاله	مبانی نظری (%)			تجارب مرمتی و آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی ایران (%)			تجارب مرمتی و آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی در سایر کشورها (%)			درصد کل
	عنوان نشریه	معماری	آبادی	معماری	آبادی	معماری	معماری	آبادی	معماری	
معماری	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۶۰	۰,۳۰	۰,۹۰	۴,۵۴
آبادی	۹,۱۴	۱,۵۲	۱۰,۶۶	۰,۳۰	۰,۳۰	۰,۳۰	۰,۹۱	۰,۶۰	۱,۵۱	۱۶,۷۳
معماری و شهرسازی	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۳۰
معماری ایران	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۶۰
معماری و ساختمان	۱,۲۱	۰,۰۰	۱,۲۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۳۰	۰,۰۰	۰,۳۰	۳,۰۳
معماری محوطه	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۶۰
منظر	۱,۵۲	۰,۰۰	۱,۵۲	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۳۰	۰,۰۰	۰,۳۰	۲,۷۳
اثر	۲۳,۷۸	۰,۳۰	۲۴,۰۸	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۹۱	۰,۰۰	۰,۹۱	۵۲,۷۳
مرمت و پژوهش	۱۶,۷۶	۰,۰۰	۱۶,۷۶	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۳۰	۰,۳۰	۱,۶۸	۱۸,۷۴
جمع کل (%)	۵۴,۲۱	۱,۸۲	۵۶,۰۳	۰,۳۰	۰,۳۰	۰,۳۰	۳۸,۳۷	۴,۴	۱,۲	۱۰۰

(نگارندگان)



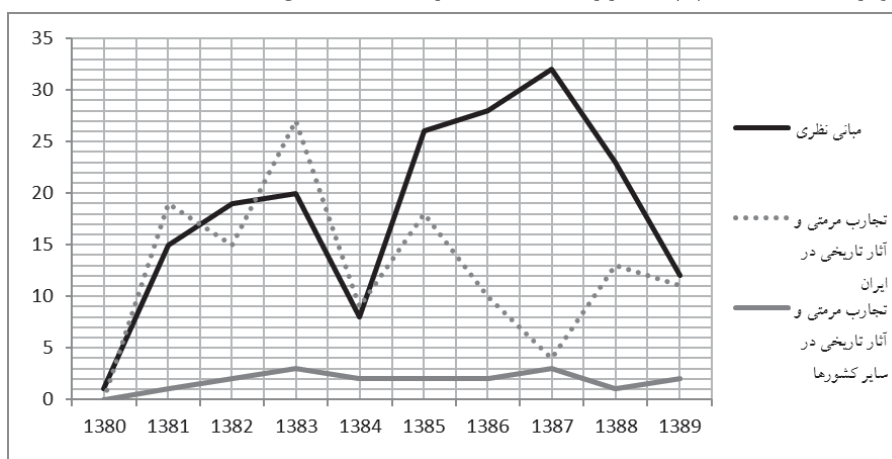
در این باره نیز می‌توان از مقاله‌هایی همچون محراب چوبی منصربه‌فرد مسجد اسکادر در تاجیکستان فصل‌نامه اثر، بازسازی ساختمان مجلس ملی آلمان (رایش‌تاک)؛ بازخوانی اندیشه‌های به‌کاررفته در بازسازی رایش‌ناگ“ دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش و مانند آنها یاد کرد (جدول ۱).

در پایان، باید اذعان داشت که در ۱۰ سال اخیر، از تمامی مقاله‌های چاپ‌شده در زمینه مرمت بافت و بنا، ۳۱۵ مقاله تألیفی و ۱۳ مقاله ترجمه‌ای بوده‌اند. از میان آنها، ۱ مقاله تألیفی سال ۱۳۸۰، ۳۴ مقاله تألیفی و ۱ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۱، ۳۵ مقاله تألیفی و ۲ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۲، ۴۶ مقاله تألیفی و ۴ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۳، ۱۶ مقاله تألیفی و ۳ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۴، ۴۵ مقاله تألیفی و ۱ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۵، ۳۹ مقاله تألیفی و ۱ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۶، ۳۸ مقاله تألیفی سال ۱۳۸۷، ۳۶ مقاله تألیفی و ۱ مقاله ترجمه‌ای سال ۱۳۸۸ و ۲۵ مقاله تألیفی سال ۱۳۸۹ چاپ‌شده‌اند (نمودار ۵).

توسعه و مرمت بقعه امامزاده هاشم» فصل‌نامه معماری و شهرسازی، مقاله «مرمت و احیای موزه رئیس‌علی دلواری» فصل‌نامه آبادی و مانند آنها اشاره نمود.

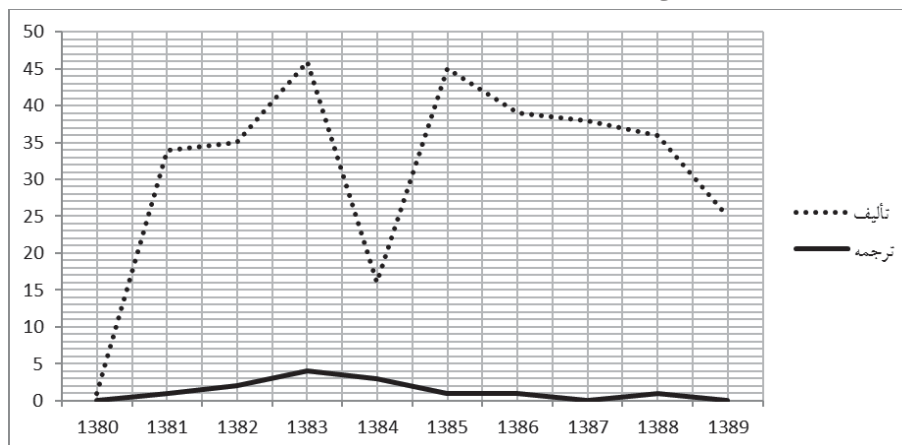
در نهایت، شایان یادآوری است که از ۱۸ مقاله منتشرشده درباره تجارب مرمتی در سایر کشورها؛ ۱ مقاله سال ۱۳۸۱ در فصل‌نامه اثر، ۲ مقاله سال ۱۳۸۲ (۱ مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار)، ۳ مقاله سال ۱۳۸۳ (۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۲ مقاله در فصل‌نامه اثر)، ۲ مقاله سال ۱۳۸۴ در فصل‌نامه آبادی، ۲ مقاله سال ۱۳۸۵ (۱ مقاله در فصل‌نامه معماری و ساختمان و ۱ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش)، ۲ مقاله سال ۱۳۸۶ (۱ مقاله در دوماه‌نامه معمار و ۱ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش)، ۳ مقاله سال ۱۳۸۷ (۱ مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۲ مقاله در دوفصل‌نامه مرمت و پژوهش)، ۱ مقاله سال ۱۳۸۸ در فصل‌نامه آبادی و ۲ مقاله سال ۱۳۸۹ (۱ مقاله در فصل‌نامه آبادی و ۱ مقاله در ماه‌نامه منظر) منتشرشده است.

نمودار ۴. تعداد مقاله‌های چاپ‌شده در زمینه‌های مختلف مرمت، به تفکیک سال



(نگارندگان)

نمودار ۵. تعداد مقاله‌های تألیفی و ترجمه‌ای چاپ‌شده در نشریه‌ها، به تفکیک سال



(نگارندگان)

بحث و تحلیل یافته‌ها

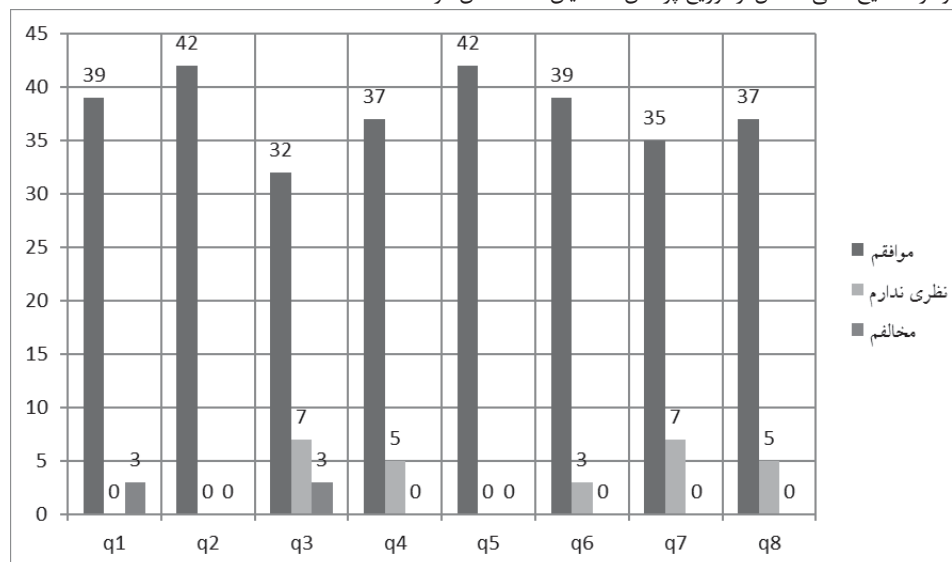
بررسی مضمون این مقاله‌ها در ۱۰ سال اخیر در نشریه‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده سهم بیشتر مباحث نظری در حوزه مرمت نسبت به سایر مباحث است (۵۶/۰۹٪). باینکه نوسانات متعددی در این بازه بوده، در کل رشدی صعودی داشته و از یک مقاله سال ۱۳۸۰ به ۱۲ مقاله سال ۱۳۹۰ رسیده‌است. هرچند مباحث مرتبط با تجربیات مرمتی و معرفی آثار تاریخی واجد ارزش مرمتی در ایران (۳۸/۴۱٪) در رتبه دوم تعداد مقاله‌های منتشر شده قرار دارد، رشد این دسته از مقاله‌ها به اندازه کافی نبوده و قابل توجه نیست. چراکه، در این زمینه، تعداد مقاله‌های سیر نزولی داشته و از ۱۹ مقاله سال ۱۳۸۱ به ۱۱ مقاله سال ۱۳۸۹ کاهش یافته‌است. نکته جالب توجه، رشد فراوان مقاله‌های تألیفی در برابر رشد

نزولی مقاله‌های ترجمه‌ای است که این خود موضع بسیار

مثبت و مهمی به‌شمار می‌رود.

برای ثبت نظرات متخصصان حوزه مرمت درباره برخی از نتایج آشکار و قابل استنباط این بخش پژوهش، پرسش‌نامه‌ای بسته‌ای، حاوی ۸ سؤال تنظیم و بین ۴۲ نفر از آنان به‌صورت اینترنتی (ایمیل) توزیع گشت. براین اساس، ۱۶ نفر از پرسش‌شوندگان زن و ۲۶ نفر هم مرد بودند (جدول ۲). میانگین سنی آنان ۲۸/۵۵ سال بود که ۸۰٪ دانش‌آموخته و یا دانشجوی کارشناسی‌ارشد مرمت و ۲۰٪ نیز دانش‌آموخته و یا دانشجوی دکتری مرمت بودند. از این میان، ۲ نفر استاد دانشگاه، ۱ نفر کارمند میراث فرهنگی و ۳۹ نفر دانشجو بودند. نتایج حاصل از پاسخ به پرسش‌ها در (نمودار ۶) آورده شده‌است.

نمودار ۶. نتایج کمی حاصل از توزیع پرسش‌نامه میان متخصصان مرمت



(نگارندگان)

جدول ۲. پرسش‌های مطرح‌شده از سوی متخصصان حوزه مرمت

شماره	پرسش
q1	در سال‌های اخیر، پژوهشگران توجه کافی به نشر مقاله‌ها در زمینه مرمت بافت و بنا نداشته‌اند.
q2	نتایج حاصل از بازنده‌سازی و مرمت بناهای تاریخی کشور، به‌گونه دقیق و مستمر منتشر نمی‌شوند.
q3	مقاله‌های بین‌رشته‌ای مرمت در مجلات تخصصی- ترویجی مرمت چاپ نمی‌شوند بلکه، بیشتر در نشریات میان‌رشته‌ای یا معماری منتشر می‌شوند.
q4	یافته‌ها و نتایج حاصل از پژوهش پژوهشگران خارجی، کمتر به‌صورت مقاله‌های ترجمه‌ای در اختیار محققان قرار می‌گیرند.
q5	بیشتر مقاله‌های منتشر شده، نتیجه تحقیقات نظری دانشگاهیان است.
q6	به مقاله‌های مستخرج از کارمیدانی و تجربی در نشریات تخصصی مرمت کمتر توجه می‌شود.
q7	بخش خصوصی رغبت چندانی به چاپ نشریات در حوزه مرمت ندارد.
q8	نشریه‌های الکترونیکی مانند سایر کشورها می‌توانند جایگزین مناسبی برای نشریات چاپی حوزه مرمت باشند.

(نگارندگان)

کشور، به گونه‌ای دقیق و مستمر چاپ نمی‌شوند. همچنین، آنان بیشتر مقالات منتشر شده را حاصل تحقیقات نظری دانشگاهیان می‌دانند. پرسش‌های (۹۷ و ۹۸) دربردارنده برخی از حدس‌ها و پیشنهادهاى نگارندگان است که به ترتیب ۸۳/۳٪ و ۸۸/۰۹٪ درصد از رأی موافق متخصصان این حوزه را دربرداشته‌است.

آن گونه که از نمودار برمی‌آید؛ درصد بالایی از متخصصان با نتایج آماری به دست آمده از بررسی نشریه‌های اشاره شده موافق هستند. برخی از آنها هم پیشنهادهاى مطرح شده ازسوی نگارندگان را مناسب می‌دانند. تمامی پرسش‌شوندگان براین باور بودند که نتایج حاصل از بازنده‌سازی و مرمت بناهای تاریخی

نتیجه‌گیری

بررسی‌های به دست آمده از این پژوهش، نشانگر آن است که سهم مرمت بنا و بافت‌های تاریخی در ۹ نشریه مورد بررسی، که از نشریه‌های پر شمارگان تخصصی و ترویجی کشور است، بسیار اندک (معادل ۱۰/۰۳٪ از کل مقالات) است. این موضوع، بیانگر بی‌توجهی پژوهشگران به نشر یافته‌های حوزه مرمت بافت و بنا در کشور است. درحالی‌که، شایسته است کشور ایران با پیشینه تاریخی کهن و آثار تاریخی - فرهنگی ارزشمندی که دارد، مدیران و مسئولان در این زمینه به آن توجه بیشتری داشته باشند. همچنین، با شناساندن ارزش‌های ویژه و منحصر به فرد بافت‌ها و آثار تاریخی آن از طریق نشر مقاله‌هایی درباره معرفی و ارائه بنیان‌های نظری درباب چگونگی مداخله و توسعه در محوطه‌های با ارزش تاریخی، می‌توان گام‌های بلندی را در حراست و حفاظت از هویت و فرهنگ ایرانی - اسلامی برداشت.

بیشتر مقاله‌های منتشر شده (۵۶/۰۹٪)، مربوط به حوزه مباحث نظری مرمت بوده‌اند. مقاله‌هایی با موضوع معرفی تجارب مرمت و آثار واجد ارزش در ایران (۳۸/۴۱٪) و جهان (۵/۵٪)، به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار داشتند. نوسانات متعدد و غیرمتعارف در انتشار مقالات مرتبط به حوزه مرمت، امکان هرگونه پیش‌بینی مناسب و نزدیک به یقین را در وضعیت نشر مقاله‌های سال‌های آینده بسیار دشوار می‌کند. با این همه، در صورت ادامه روند کنونی می‌توان به ارتقای جایگاه این مباحث به ویژه مباحث نظری و تألیفی امیدوار بود. لیکن ضعف انتشار مقاله‌ها درحوزه تجربیات مرمتی در ایران، چالش بزرگی است که حل آن بیشتر در گرو نهادهای صلاحیت‌داری همچون پژوهشگاه‌ها و پایگاه‌های مرمتی است که امیدمی‌رود دستاوردهای خود را در قالب مقاله‌های معتبر منتشر کنند.

به جز نشریه‌های اثر و مرمت و پژوهش که به طور اختصاصی مقاله‌هایی را در زمینه مرمت آثار و بناهای تاریخی چاپ کرده‌اند، سایر نشریه‌ها رغبت چندانی به چاپ مقاله‌ها در این حوزه نشان نداده‌اند. البته، فصل‌نامه آبادی که وزارت راه و شهرسازی آن را منتشر می‌کند، مقاله‌های بیشتری را نسبت به سایر نشریه‌ها در این حوزه چاپ کرده‌است. ماهیت دولتی فصل‌نامه‌های اثر و آبادی، نشان‌دهنده عدم تلاش بخش خصوصی در چاپ نشریه‌های حوزه مرمت است.

این امر، افزون بر کمبود مقاله‌های ارسالی در این حوزه، به جریان‌های روز و عامه‌پسند خوانندگان این نشریه‌ها نیز مربوط است که در برابر رشد دانشجویان تحصیلات تکمیلی حوزه مرمت در سال‌های اخیر قرار دارد. از این روی، راه‌اندازی نشریه‌های تخصصی دانشگاهی و یا دولتی در این زمینه حیاتی است. ضمن اینکه، همکاری مشترک پایگاه‌های میراث فرهنگی و پژوهشکده‌های آن در راه‌اندازی نشریه‌های ادواری از راه‌حل‌های پیشنهادی برای اجرای این امر است. باتوجه به رشد چشمگیر نشریه‌های الکترونیکی و کاهش نشریه‌های چاپی در جهان، به نظر می‌رسد استفاده از فضای مجازی ضمن کم کردن شدید هزینه‌ها، امکان دسترسی همگان را به اطلاعات و تجربه‌های روز مرمتی میسر خواهد کرد.

بنابراین، پیشنهاد این نوشتار درباره راه‌اندازی نشریه‌های اینترنتی در تمامی رده‌ها و سطوح مختلف علمی حوزه مرمت بناها و بافت‌های ارزشمند ایران است. همچنین، پژوهشگران باید در زمینه انتقال مبانی نظری مطرح شده ازسوی دیگر پژوهشگران و بیانیه‌های ارائه شده در حوزه مرمت بافت و بناهای تاریخی تلاش کنند و با ترجمه دست‌آوردهای معتبر علمی در این حوزه، آن را در اختیار پژوهشگران داخلی قرار دهند. از این طریق، زمینه

بومی‌سازی اصول و فرآیندهای مرمتی مطرح‌شده نیز فراهم می‌شود. از دیگر سو، پیشنهاد می‌گردد تا پژوهشگران با معرفی استادکاران سنتی مرمت بافت و بنا و نحوه کارکردشان، تجارب عملی آنان را در اختیار کارشناسان قرار دهند تا آنها نیز بتوانند زمینه مناسبی را برای رشد و شکوفایی بناهای واجد ارزش ایران به‌وجود آورند.

منابع

- ارشاد، ف.، قاراخانی، م. و میرزایی، س. آ. (۱۳۸۴)، تحلیل اسناد داوری مقاله‌های مجله جامعه‌شناسی ایران. جامعه‌شناسی و علوم اجتماعی، شماره ۴، ۳۳-۲.
- بمانیان، م.، ابافت یگانه، م. و تادری، م. (۱۳۸۷)، ارزیابی کمی و کیفی نشریه هنرهای زیبا دوره دوازده‌ساله، هنرهای زیبا، شماره ۳۳، ۱۴۵-۱۳۵.
- برندی، سزاره (۱۳۸۸)، تئوری مرمت، ترجمه دکتر پیروز حناچی، تهران: دانشگاه تهران.
- چراغی، سوسن (۱۳۸۹)، منشور بین‌المللی گردشگری (توریسم) فرهنگی در مورد مدیریت گردشگری در اماکن دارای اعتبار میراث، بازیابی در ۱۳۹۰/۵/۸، از سایت: <http://www.iranboom.ir/didehban/hoghoghi/817> [gardeshgari1999.html](http://www.gardeshgari1999.html).
- حبیبی، محسن و مقصودی، ملیحه (۱۳۸۶)، مرمت شهری، چاپ سوم، تهران: دانشگاه تهران.
- دیانی، م. ح. و شیردل، ش. (۱۳۷۹)، بررسی و مقایسه چکیده فارسی مقاله‌های مجله‌های علمی - پژوهشی حوزه علوم انسانی با استاندارد ایزو ۲۱۴، فصل‌نامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، شماره ۳۸، ۵۲-۳۷.
- شایسته‌فر، مهناز (۱۳۸۸)، بازسازی یا مرمت، کتاب‌ماه هنر، شماره ۱۲۷: ۴۰.
- ولایی، ن.، کوثریان، م.، نصیری، ا. و موسوی، ف. (۱۳۸۵)، بررسی کمی و کیفی مقالات مجله علمی - پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، شماره ۵۲: ۱۳۹-۱۳۱.

Received:2011/12/26

Accepted:2012/11/26



Statistical Analysis of the Content of Restoration Published Articles in the Iranian Professional- Educational Journals 2001-2011

Farhang Mozaffar* Ferial Ahmadi** Ali Asadpour***

Abstract

Professional-educational journals can provide a suitable context for researchers to increase their scientific and practical knowledge. Thus, analysis of the content and quantity of published papers in these journals can reveal the image of restoration domain to the audiences, publishers and researchers. To achieve the main goals of this research, analytical- statistical method as well as questionnaires have been used. It should be mentioned that nine journals have been chosen among fifteen existing journals in a 10-year period and were categorized into three subgroups (theoretical foundation of restoration, restoration experiences and the introducing of monuments with restoration value in Iran and other countries). The results of the current research indicate that the articles of restoration are few among published articles in Iranian journals (10.03%). Among the three subgroups, theoretical foundation of restoration has more contribution in published papers (56.09%). Restoration experiences in Iran (38.41%) and other countries (5.5%) are at the next ranks. The analysis also shows the growth of original papers relative to the decrease of translated papers. Finally, it should be mentioned that the current research cannot provide a prediction of restoration papers in the professional-educational journals. Of course, the growth of theoretical papers can imply that they will be at the first rank in the future. Establishing e-journals and persuasion of private sector to publish journals are the suggestions of the authors of this article which have been emphasized by the experts of this field, too.

Keywords: educational journals, statistical analysis, restoration, subject content, nature of articles

Associate Professor, Faculty of Architecture, Art University of Isfahan, Iran

Ph.D. Candidate, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Ph.D. Candidate, Faculty of Architecture and Urban Planning, Elm va Sanaat University, Tehran, Iran



Received: 2011/12/31

Accepted: 2012/07/09

Study and Consolidation of limestone in Sangnavashteh of Khorramabad

Atefeh Shekofteh* Omid Oudbashi** Malihe Bakrani***
Masoud Siapoosh**** Behnood Siapoosh*****

Abstract

Consolidation of stone monuments and artefacts is a conservation operation that has considered by conservators and conservation scientists in last years. One of the methods in conservation of lime stone monuments and artefacts is Lime method. One part of this method is consolidation by lime water. The method has used in last years, especially in England, and some suitable results have achieved in some cases.

In this paper, first the stone consolidation methods are introduced and classified and then, the lime method and mechanism of limestone consolidation by lime water have reviewed. The aim of this method is assessing the application of Lime method in consolidation of limestone in air exposed stone monuments.

The main question is assessing the lime water consolidation in Sangneveshteh stone monument of Khorramabad (6th century A. H.). For this purpose, the stone has investigated by field and laboratory methods consisting of petrography, XRF, XRD and SEM-EDS. The results show occurrence of physical and chemical weathering in stone surface and loss of some parts in kufic inscription. Finally, the conservation process selected based on results and has presented. The main conservation operation is consolidation by lime water. The stone condition is suitable and show control of stone weathering after five years of conservation.

Keywords: Sangneveshteh of Khorramabad, Limestone, weathering, consolidation, lime method.

* Ph.D. Candidate, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Iran.

** Ph.D. Candidate, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Iran.

*** M.A. in Conservation, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Iran.

**** M.A. student in Conservation, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Iran.

***** M.A. in Conservation, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Iran.

Received:2011/06/22

Accepted:2013/05/12



An Investigation of Historical Lime Mortars (Saruj)

Case study: Shahzadeha public bath in Isfahan

Dariush Heidari* Hamed Younesi Gholamreza Vatankhah*****

Abstract

Having an old civilization, Persia is among important countries in the world with rich architecture. The remains of different historical priods show not only the evolution and transformation of Persian architecture but also the evolution and development of knowledge of static, structure and production of different kinds of building materials.

Sustainability of Persian architecture is due to different parameters among which building materials is one of the main principles of monuments' survival.

Persians have used their talents to devise a variety of mortars suitable for the conditions of each building. Due to the smart considerations in mortar production, these mortars are still very well preserved and have not lost their qualities after centuries. This paper investigtes the structure and composition of a special kind of mortar which is very important in choosing the suitable method of coservation and restoration. This mortar is a kind of historical lime one – Saruj – which has been identified and accordingly a method for its preparation has been proposed which is suitable for conservation and restoration purposes.

Keywords: historical mortar, lime mortar, Saruj, XRD, TG/DTG

Lecturer, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran.

M.Sc, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran.

Assistant Professor, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran.



Received:2012/06/05

Accepted:2012/11/26

The Pathology of Mosaic Stone-and-Tile Inscription in the Khodaikhaneh of Shiraz's Atiq Mosque

Hosain Ahmadi* Abbas Abed Esfahani** Maryam Akbarifard***

Abstract

The mosaic stone-and-tile inscription, which is a unique work of art dating back to the Injuids period, is located on the upper facade of the Khodaikhaneh of Shiraz's Atiq mosque and constitutes the most significant decoration of this building. It has suffered various damages due to old age and new strategies and solutions are required to preserve this precious monument. The goal of the present study is to identify and measure these damages using laboratory investigations. To do so, XRD and AAS methods were used to identify factors damaging the body and glaze of the tiles and, in order to identify the factors damaging the stones, the XRD and petrography methods were adopted. The findings show that due to its unique structure, this decoration was exposed to damages both at the time of its construction and reconstruction and human and environmental factors not only accelerated the rate of its damages but also triggered new damages. Based on the investigations conducted on the samples, humidity was detected to be the most important factor in damaging this monument compared to other factors.

Keywords: Injuids, mosaic, tile, stone, pathology

Lecturer, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran

Lecturer, Islamic Azad University of Khorasan, Isfahan, Iran

M.Sc Student, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran



An Investigation of re-Carbonation Process and Formation of Secondary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method

Mohammad Amin Emami* Somayeh Noghani**

Abstract

Re-carbonation process of calcareous phases in the texture of ancient potteries is important regarding the burial environment, pathology and prevention of future damages.

If the decay process of carbonatic phases (e.g. calcite CaCO_3 and dolomite $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$) during firing is not completed or calcium oxide (CaO) is not transformed to stable phases at high temperature (as a result of stop the firing), this can be combined with moisture (water or water vapor) and calcium hydroxide (portlandite: $\text{Ca}(\text{OH})_2$) can be formed. Crystallization pressure followed by increasing the volume from new growth phase can cause crevices (the narrow cracks), cracks and separations of the structure of pottery. Furthermore, portlandite can absorb carbon dioxide to form secondary calcite crystals. Formation of secondary calcite occurs after decomposition of gehlenite and anorthite in moist and acidic environment.

Carbonate phase is very sensitive to the acidic environment and, by absorbing H^+ , it is transformed to bicarbonate phase which is soluble in water. In addition, solubility of portlandite in water is well known and therefore the presence of carbonate grains in the matrix of pottery during conservation and restoration process is remarkable.

The purpose of this paper is to review re-carbonation process through investigating the thin sections of ancient potteries by means of polarize microscope. Pores generated from decomposition of carbonate grain, re-carbonation and formation of new crystalline phases (such as portlandite and secondary calcite) can be detected by this method.

Petrographical investigation of thin section of ancient potteries implies that the type and origin of carbonatic phase, burial environment and its effect on decomposition of carbonates, and formation of secondary products (portlandite & secondary calcite), are important parameters for investigating the re-carbonation process.

Keywords: ancient pottery, structure, carbonatic phases, petrography, re-carbonation

* Assistant Professor, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran

** Ph.D. Candidate, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran



Received: 2011/11/22

Accepted: 2013/05/12

Rethinking the Concept of Karbandi

Based on theoretical geometry, practical geometry and building function

Mahdi Raeisi* Mohamadreza Bemanian* Farhad Tehrani***

Abstract

It seems that findings about the so-called “Karbandi” in traditional Iranian architecture (also known as ribbed vault, arch net, stellate vault etc), are unfortunately not comprehensive and coherent enough. Existing ideas have two extremes: sometimes Karbandi has been counted just as a load-bearing structure and sometimes as a completely decorative one. With existing analyses it is difficult to distinguish the several similar cases.

What are the deficiencies of current descriptions and concepts? Is it possible to have a practical concept of Karbandi? What is the key for identifying Karbandi?

Our aim is to develop a correct knowledge of Karbandi's appearance. The research method is descriptive-analytical based on library, atelier and field information.

The article identifies three ambiguities (in naming, recognizing geometry and recognizing building function) in current findings and presents a solution for each one on the basis of an inter-cultural viewpoint. Accordingly, some criteria in building function, theoretical geometry and practical geometry are proposed for distinguishing different cases.

Based on the three criteria, eight types of Kar (including both revetment and non-revetment) are separated in which two types are geometrically the most complete ones and can be considered as standard types for evaluating other cases. It seems that future examinations should pay more attention to these diverse types.

Keywords: Islamic architecture, traditional architecture, Karbandi, Rasmibandi, cross-ribbed vaulting

* Ph.D. Candidate, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

** Associate Professor, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*** Associate Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran



Suggesting Several Strategies for Organizing and Restoring Madies of Old Fabric of Isfahan

Sedighe Kalantari * Mahmood Mohammadi**

Abstract

One of the unique features of urban texture of Isfahan is “madies”. Nets of madies in Isfahan can be considered as a part of this city’s identity. Not far ago, madies were especially important in agricultural affairs, collecting surface water and city development and were counted as one of the beautiful and pleasing visual effects of the city. But recent urban development and the increase in the density of activities, structures and skeletal elements around the city and loss of gardens and urban farms cause this identity-giving element to be forgotten and disappeared.

Therefore, in this paper, in addition to explain the value and importance of such an element, the author tries to suggest a number of strategies to conserve and restore the old fabric of Isfahan’s madies. To achieve such a goal, this research seeks to answer several questions such as which factors are associated with organizing the madies and what are the effects of this matter on the places in the neighbourhood of madies? Due to the nature of this research, the analytical method is used. Accordingly, for gathering information, in addition to library studies and checking the maps, field studies are done as well. For the analysis of information the technique of SWOT is used. The result of this study shows that madies have potential which can lead to positive and desired results by correct and targeted planning of them. Achieving this matter is not only in accordance with spatial-physical principles of traditional Iranian urban planning according to which the old fabric of the city has been shaped, but also accords with principles of the modern and sustainable urban planning in which human being and his needs and cultural-social values are considered and respected.

Keywords: urban planning of Isfahan, organizing, old fabric, madi

* M.Sc, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University (Central Tehran Branch), Tehran, Iran

** Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, Art University of Isfahan, Iran.



Received:2012/06/10

Accepted:2012/11/26

The Study of Varoius Methods of Mould Plaster Decoration in Historical Monuments of Yazd in Qajar Period Case study: decorations of Prince mihrab in Jame mosque

Hesam Aslani *, Asefeh Mirniam **Majid Oloumi***

Abstract

Stucco decoration is one of the oldest methods of architectural decoration in Iran. The city of Yazd is one of the most famous cities regarding this kind of building decoration. Amongst the different periods of time, Qajar era is the most prosperous era in using stucco decoration. The most common method is making very thin, subtle and artistic patterns.

There is some evidence such as no trace of stucco tools, small repetitive designs, designs of the same size without the slightest difference and change and very low thickness of stucco patterns which all reject the use of stucco tools such as cutting and carving tools during the decoration procedures. What comes to mind in the first view is the usage of a template in the creation of this ornament. It seems that although the stucco decorations are the same, the methods are different. The outstanding example of this decoration can be seen in dome chamber of Prince mihrab in Jame Mosque of Yazd. In order to investigate such decoration methods, samples of these ornaments were taken for observational and laboratory studies. At the same time, a wide range of articles and different sources, which point indirectly to this kind of decorations, were studied. The findings of this study show that two different methods of molded plaster have been used.

Keywords: Qajar period, Yazd, molded plaster, Jame mosque , Prince dome chamber

* Assistant Professor, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran

** Ph.D. Candidate, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, Iran

M.Sc, Faculty of Restoration, Art University of Tehran, Iran



Contents

- **The Study of Varoius Methods of Mould Plaster Decoration in Historical Monuments of Yazd in Qajar Period**
Case study: decorations of Prince mihrab in Jame mosque1
Hesam Aslani, Asefeh Mirniam, Majid Oloumi
- **Suggesting Several Strategies for Organizing and Restoring Madies of Old Fabric of Isfahan.....15**
Sedighe Kalantari, Mahmood Mohammadi
- **Rethinking the Concept of Karbandi**
Based on theoretical geometry, practical geometry and building function.....33
Mahdi Raeisi, Mohamadreza Bemanian, Farhad Tehrani
- **An Investigation of re-Carbonation Process and Formation of Secondary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method.....55**
Seyed Mohammad Amin Emami, Somayeh Noghani
- **The Pathology of Mosaic Stone-and-Tile Inscription in the Khodaikhaneh of Shiraz's Atiq Mosque.....69**
Hosain Ahmadi, Abbas Abed Esfahani, Maryam Akbarifard
- **An Investigation of Historical Lime Mortars (Saruj)**
Case study: Shahzadeha public bath in Isfahan.....83
Dariush Heidari, Hamed Younesi, Gholamreza Vatankhah
- **Study and Solidification of Limestone in Sangnavashteh of Khorramabad.....99**
Atefeh Shekofteh, Omid Oudbashi, Malihe Bakrani, Masoud Siapoosh, Behnood Siapoosh
- **Statistical Analysis of the Content of Restoration Published Articles in the Iranian Professional -Educational Journals 2001-2011.....117**
Farhang Mozaffar, Ferial Ahmadi, Ali Asadpour

Scientific Journal of Maremat & Me'mari-e Iran (Biannual)

Vol.3.No.5.Spring & Summer 2013

Concessionaire: Art University of Isfahan

Editor-in-charge: Farhang Mozaffar (Ph.D.)

Editor-in-chief: Asghar Mohammad Moradi (Ph.D.)

Editorial Board (in alphabetical order)

Hossein Ahmadi

Assis. Professor, Art University of Isfahan

Mohammadreza Bemanian

Assoc. Professor, Tarbiat Modarres University

Abolqasem Dadvar

Assoc. Professor, Alzahra University

Akbar Hajebrahim Zargar

Professor, Shahid Beheshti University

Mohammad Khazaei

Assoc. Professor, Tarbiat Modarres University

Seyed Amirmehrdad Mohammad Hejazi

Assoc. Professor, Isfahan University

Asghar Mohammad Moradi

Professor, Iran Science & Technology University

Farhang Mozaffar

Assoc. Professor, Art University of Isfahan

Abdolhamid Noghrekar

Assoc. Professor, Iran Science & Technology University

Behnam Pedram

Assis. Professor, Art University of Isfahan

Abolfazl Semnani

Assoc. Professor, Shahrekord University

Masoud Salavati Niasari

Professor, Kashan University

Hasan Talaie Moghanjoghi

Professor, Tehran University

General Editor: Nader Shayegan Far

Coordinator: Karim Nasrolahi

Logo type: Hamid Farahmnad Boroujeni

Cover designing: Afsaneh Nazeri

Graphic: Sam Azarn

Persian editor: Bahareh Abasi Abdoli

English editor: Ehsan Golahmar

Layout: Somayeh Faregh

Address: No. 17, Pardis Alley(31), Chahar baq -e-
paeen St. Isfahan. Iran, Vice-chancellor of Re-
search, Art University of Isfahan

P.O.BOX: 81486-33661

Phone: (+98311) 4460328 - 4460755

Fax: (+98311) 4460909

E-mail: mmi@au.ac.ir

Website: <http://mmi.au.ac.ir>

Referees and Contributors

- Reza Abouie (Ph.D.)
- Hossein Ahmadi (Ph.D.)
- Ahmad Amin Poor (Ph.D.)
- Naser Barati (Ph.D.)
- Seyed Mohammad Amin Emami (Ph.D.)
- Dariush Heidari (M.A.)
- Seyed Amirmehrdad Mohammad Hejazi (Ph.D.)
- Afsaneh Nazeri (Ph.D.)
- Mohammad Reza Nillforoshan (Ph.D.)
- Omid Oudbashi (Ph.D.)
- Behnam Pedram (Ph.D.)
- Nader Shayegan Far (Ph.D.)
- Reza Vahid Zadeh (M.A.)
- Nima Vali Beigh (Ph.D.)
- Gholam Reza Vatankhah (Ph.D.)

Note:

- The author(s) is responsible for views, statements and ideas expressed in papers.
- No part of the papers in this journal may be published elsewhere without being referred to this journal.

This journal is indexed and abstracted in the following databases:

- Islamic World Science Citation Database (ISC) (www.ricest.ac.ir)
- Scientific Information Database (www.sid.ir)
- www.magiran.com

Sponsored by:





Instructions for Contributors *Maremat & Me'mari-e Iran*

- The subjects of articles include various fields of Restoration such as different methods of conservation and restoration of historical artifacts and monuments, the decorations related to architecture, theoretical foundations of Restoration, the history of Restoration, the studies on techniques and pathology of historical artifacts and monuments, and various subjects related to Persian architecture like theoretical issues of architecture, history, philosophy, teaching, interdisciplinary studies, criticism and design of environment and techniques of building, landscape architecture and other subjects related to title of this journal.

- Papers should be original and comprise previously unpublished materials, as well as not being currently under review for publication elsewhere.

- Manuscripts must be written in Persian language.

- The papers will be published after being reviewed and evaluated by reviewers and editorial board.

- The author(s) is responsible for views, statements and ideas expressed in their paper.

- The journal has the authority to accept or reject the papers. Received paper will not be returned.

- No part of the published papers in this journal may be published elsewhere without being referred to this journal.

- The papers should be research work done by the authors(s). Review papers will be accepted provided that various authentic references have been used and the journal will not publish the research reports and notes.

- For submitting the article, go to the website of the journal (<http://mmi.aui.ac.ir>) and register your article.

The letter of publication request and confirmation letter by supervisor professor and co-author should be submitted with the article (these letters can be downloaded from the journal website).

Preparation of Manuscript

Cover Page

The cover page, separated from the manuscript and unnumbered, must include: title (which should be brief and emphasize the subject), the names of author(s), scientific affiliation and corresponding author(s)' address (postal address, phone and fax numbers and e-mail).

Abstract

Abstract, written in a separate page in Persian and not exceed 300 words, should include research question, objectives, methodology, major results and conclusion.

The English abstract should be a complete translation of Persian abstract and be placed at the end of paper in the same format.

Keywords

Keywords should be separated by comma and not exceed 5 words. They should include words that best describe the topic.

Introduction

This part must include the research question, hypothesis and general idea of the paper as well as literature review.

Research methodology

Paper's main body

This part should include the research's theoretical principles, studies, investigations and results.

Conclusion

The research conclusion should include a brief summary of research subject and answer the research question(s) in a logical way.

Acknowledgement (optional)

Acknowledgement must be brief and confined to persons or organizations that have made significant contributions.

Endnotes

Endnotes (including foreign words, expressions and remarks) must be numbered in the text using brackets and finally placed at the end in alphabetical order.

References

All references cited in the text must be listed at the end of the paper. References should follow the below style:

- In paper: (Author's surname, year of publication: page number).

- In paper's final reference:

Books: author's surname, author's name, (year of publication). Book title. Volume. translator's name, city name: publisher.

Papers: author's surname, author's name (year of publication). paper title. Journal's title. volume (number), page number(s).

Electronic documents: author's surname, author's name (date). Title of document. Full electronic address. Access date.

In English references, instead of author(s) name, the first letter(s) of his/her name and middle name is mentioned.

Illustrations, figures and tables

Illustrations in appropriate quality (provided with at least 300 dpi in jpg format) should be inserted at nearest place to related text with their reference including the author's name, year of publication and page number which must be placed at the bottom left of it.

All illustrations must be numbered in the order to which they are referred in the text.

The table captions must be placed at the top of the table and the figures captions must be placed at the bottom of the figures.

Submission

The paper manuscripts must be submitted in 2 one-sided printed copies in A4 size. The text must be typed in word 2007 (font: B-Nazanin, size 12 for Farsi version and font: Times New Roman, size 11 for English version), in maximum 15 pages.

In condition, when the received paper manuscripts don't follow the instruction, the journal has right to reject it.

In The Name Of God