

بسم الله الرحمن الرحيم

شیوه‌نامه نگارش مقاله نشریه علمی - پژوهشی «مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی»

- ۱- موضوعات نشریه در زمینه‌های مختلف مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی شامل روش‌های مختلف حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی، بناهای تاریخی و تزیینات وابسته به معماری، مبانی نظری مرمت، تاریخ مرمت، مطالعات فنی و شناخت آثار و ابنیه تاریخی، حوزه‌های مختلف مطالعات بافت‌های تاریخی، آسیب شناسی اشیاء و بناهای تاریخی می‌باشد.
- ۲- مقاله‌های ارسالی نباید قبلاً در نشریه دیگر یا مجموعه مقالات همایش‌ها چاپ شده باشند یا هم‌زمان برای مجله دیگری ارسال شده باشند.
- ۳- مقاله‌ها باید به زبان فارسی و با رعایت اصول و آیین نگارش این زبان باشند.
- ۴- تأیید نهایی مقالات برای چاپ در نشریه، پس از نظر داوران با هیئت تحریریه نشریه است.
- ۵- مسئولیت مطالب مطرح شده در مقاله به عهده نویسنده یا نویسندگان است.
- ۶- مجله در قبول، رد یا ویرایش محتوای مقاله‌ها آزاد است. مقاله‌های دریافتی بازگردانده نخواهد شد.
- ۷- استفاده از مقاله‌های چاپ شده در این مجله، در سایر مجله‌ها و کتاب‌ها با ذکر منبع بلا مانع می‌باشد.
- ۸- مقاله‌ها باید حاصل کار پژوهشی نویسنده یا نویسندگان (research papers) باشند. مقاله‌های مروری (review papers) از نویسندگان دارای مقاله‌های پژوهشی در صورتی پذیرفته می‌شوند که در نگارش آنها از منابع معتبر و متعدد استفاده شده باشد.
- ۹- مجله از پذیرش ترجمه، گزارش و یادداشت علمی معذور است.
- ۱۰- ارسال نامه درخواست چاپ و تأییدیه استاندارد - نویسنده همکار، همراه مقاله الزامیست. (قابل دالود از صفحه نشریه در سایت دانشگاه)
- ۱۱- یک نسخه کامل از مقاله و چکیده فارسی و لاتین در قطع A4 در محیط word2007، به همراه نامه درخواست چاپ و با رعایت موارد مندرج در شیوه نامه و راهنمای تنظیم مقالات، به آدرس الکترونیک دفتر نشریه «مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی» به منظور ارزیابی اولیه ارسال گردد.
- ۱۲- مقاله‌ها باید دارای ساختار علمی - پژوهشی به ترتیب دارای بخشهای زیر باشند:
 - صفحه مشخصات نویسنده: (صفحه بدون شماره) شامل عنوان کامل مقاله (عنوان مقاله باید کاملاً گویا و بیانگر محتوای مقاله باشد)، نام و نام خانوادگی نویسنده یا نویسندگان به همراه رتبه علمی، نام موسسه یا محل اشتغال، نشانی، شماره تلفن، شماره دورنگار، پست الکترونیکی (نویسنده عهده‌دار مکاتبات در صورتی که غیر از نویسنده اول باشد باید به صورت کتبی توسط نویسندگان به دفتر مجله معرفی شود).
 - چکیده فارسی: حداکثر ۳۰۰ کلمه، (باید به تنهایی بیان کننده تمام مقاله و شامل بیان مسأله، سوال تحقیق، اهداف و روش تحقیق، مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری باشد) با ذکر عنوان مقاله و کلید واژه (سه تا پنج کلمه) در یک صفحه مجزا تنظیم می‌گردد.
 - مقدمه شامل: طرح موضوع (بیانگر مسأله پژوهش، فرضیه‌های قبلی پژوهش و ارتباط آن با موضوع مقاله) اهداف تحقیق، معرفی کلی مقاله و پیشینه تحقیق
 - روش تحقیق
 - متن مقاله شامل مبانی نظری، مطالعات و بررسی‌ها، یافته‌ها و نتیجه‌گیری تحقیق
 - نتیجه تحقیق: باید به گونه‌ای منطقی و مستدل (همراه با جمع‌بندی موارد طرح شده) و شامل پاسخ به سوال تحقیق در قالب ارایه یافته‌های تحقیق باشد.
 - پی‌نوشت‌ها: شامل معادل‌های لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، که به ترتیب با شماره در متن و به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله درج گردد.
 - منابع فارسی و لاتین به ترتیب حروف الفبا بر حسب نام خانوادگی نویسنده.
 - بخش انگلیسی: شامل دو صفحه که در انتهای مقاله پس از منابع می‌آید: الف- مشخصات نویسندگان ب- ترجمه کاملی از چکیده فارسی (حداکثر ۳۵۰ کلمه)
- ۱۳- متن مقاله (با فونت: فارسی B-Nazanin سایز ۱۲ و انگلیسی Times New Roman سایز ۱۱) حداکثر ۱۸ صفحه (با تمام اطلاعات: عکس، متن، نقشه و کلیه تصاویر) یک رو (هر صفحه ۳۲ سطر) تنظیم گردد.
- ۱۴- کلیه صفحات به جز صفحه مشخصات نویسنده باید به ترتیب شماره‌گذاری شده باشند.
- ۱۵- حداقل تعداد ضروری تصاویر، نمودارها و جدول‌ها با کیفیت مناسب (تصاویر با دقت 300 dpi و با فرمت jpg) و اشاره به منبع و تعیین محل آنها در مقاله حائز اهمیت می‌باشد.
- عنوان جداول در بالا و تصاویر در پایین آنها نوشته شود. منبع و مأخذ جداول و یا تصاویر در ذیل عنوان آنها باید ذکر شود.
- ۱۶- شیوه درج منابع (فارسی و لاتین):
 - در متن مقاله به صورت: (نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار: صفحه)
 - در فهرست منابع پایان مقاله به صورت:
- کتاب‌ها: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (سال انتشار). عنوان کتاب. جلد. نام مترجم یا مصحح. محل انتشار: نام ناشر.
- مقاله‌ها: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (سال انتشار). عنوان مقاله. نام مجله. شماره مجله. شماره صفحه‌های مقاله در مجله.
- سند اینترنتی: نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (تاریخ). عنوان سند. از آدرس اینترنتی به طور کامل. بازبایی شده در تاریخ.
- ۱۷- پس از پذیرفته شدن مقاله در ارزیابی اولیه و دریافت تأییدیه (E-mail) از دفتر نشریه، مؤلفین می‌توانند با رعایت موارد مندرج در شیوه نامه و راهنمای تنظیم مقالات:
- ۱- چهار نسخه از مقاله ۲- اصل نامه درخواست چاپ، خطاب به سردبیر نشریه «مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی»
- ۳- لوح فشرده (CD) حاوی فایل مقاله تنظیم شده (word و Pdf) را به آدرس دفتر نشریه ارسال نمایند.
- ۱۸- چنانچه مقاله‌ای خارج از ضوابط مورد نظر باشد، از فهرست موارد بررسی حذف خواهد شد.

نشانی: اصفهان، چهارباغ پایین، کوچه پردیس، پلاک ۱۷، دانشگاه هنر اصفهان، معاونت پژوهشی، دفتر مجله «مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی»

فکس: ۰۳۱۱-۴۴۶۰۹۰۹

تلفن: ۰۳۱۱-۴۴۶۰۳۲۸ - ۴۴۶۰۷۵۵

Website: www.aui.ac.ir/research/mbt

E-mail: mbt@au.ac.ir

دو فصلنامه علمی-پژوهشی مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی

سال اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۰

صاحب امتیاز: دانشگاه هنر اصفهان
مدیر مسئول: دکتر فرهنگ مظفر
سر دبیر: دکتر اصغر محمد مرادی

هیئت تحریریه به ترتیب حروف الفبا

دکتر حسین احمدی
استادیار دانشگاه هنر اصفهان
دکتر محمدرضا بمانیان
دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
دکتر اکبر حاج ابراهیم زرگر
استاد دانشگاه شهید بهشتی
دکتر محمد خزائی
دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
دکتر ابوالقاسم دادور
دانشیار دانشکده الزهرا
دکتر ابوالفضل سمنانی
دانشیار دانشگاه شهرکرد
دکتر مسعود صلواتی نیاسری
استاد دانشگاه کاشان
دکتر حسن طلایی مغانجویی
استاد دانشگاه تهران
دکتر سید امیر مهرداد محمد حجازی
دانشیار دانشگاه اصفهان
دکتر اصغر محمد مرادی
استاد دانشگاه علم و صنعت
دکتر فرهنگ مظفر
استادیار دانشگاه هنر اصفهان
دکتر عبدالحمید نقره کار
دانشیار دانشگاه علم و صنعت
مدیر داخلی: امید عودباشی
مدیر اجرایی: کریم نصرالهی

طراحی سرلوحه: حمید فرهمند بروجنی
طراح جلد: افسانه ناظری
گرافیک: سام آزر
ویراستار ادبی: خشیار بهاری
صفحه آرایی: فاطمه وزین، لیدا معمای
چاپ: حافظ صحافی: سپاهان
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

آدرس دفتر نشریه: دانشگاه هنر اصفهان، چهارباغ پایین، حد فاصل
چهارراه تختی و میدان شهدا، کوچه پردیس (۳۱)، پلاک ۱۷، مجله «مرمت
آثار و بافت‌های تاریخی فرهنگی»

تلفن: ۰۳۱۱ ۴۴۶۰۳۲۸-۴۴۶۰۷۵۵
فاکس: ۰۳۱۱ ۴۴۶۰۹۰۹
کد پستی: ۸۱۴۸۶-۳۳۶۶۱
E-mail: mbt@au.ac.ir
Website: www.au.ac.ir/research/mbt

داوران و همکاران این شماره: (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر رضا ابویی
مهندس حسام اصلانی
دکتر سید محمد امین امامی
مهندس حمیدرضا بخشنده فرد
دکتر بهنام پدرام
مهندس حسین پورنادری
مهندس داریوش حیدری
دکتر ابوالفضل سمنانی
مهندس عباس عابد اصفهانی
مهندس امید عودباشی
مهندس حمید فرهمند بروجنی
مهندس امیرحسین کریمی
مهندس غلامرضا کیانی
مهندس محسن محمدی
مهندس محمد مرتضوی
مهندس شهریار ناسخیان
دکتر افسانه ناظری
مهندس رضا وحیدزاده

مقالات مندرج لزوماً نقطه نظر دو فصلنامه مرمت آثار و بافت‌های
تاریخی، فرهنگی نیست و مسئولیت مقالات به عهده نویسندگان محترم
می‌باشد.
استفاده از مطالب و کلیه تصاویر نشریه مرمت آثار و بافت‌های تاریخی،
فرهنگی با ذکر منبع، بلامانع می‌باشد.

دو فصلنامه «مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی» دارای
درجه علمی- پژوهشی بر اساس مجوز شماره ۸۹/۳/۱۱/۸۹۳۵۹
مورخ ۸۹/۱۱/۱۸ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت
علوم، تحقیقات و فن‌آوری می‌باشد.

با حمایت:





بافت های تاریخی فرهنگی

فهرست

■ فن شناسی تزئینات طلاکاری روی سنگ در مجموعه کاخ گلستان تهران

حسین احمدی، عباس عابد اصفهانی، عادلہ محتشم ۱

■ بکارگیری مثلث های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران

فاطمه مهدی زاده، فرهاد تهرانی، نیما ولی بیگ ۱۵

■ مقایسه نانو مواد هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید منیزیم در اسیدزدایی چوب های خشک تاریخی به روش غوطه وری

معصومه دیداری، حمید فرهمند بروجنی، عباس عابد اصفهانی ۲۷

■ عصاره مریم گلی دارویی به عنوان بازدارنده خوردگی طبیعی برای درمان اشیای تاریخی مسی غلامرضا وطن خواه،

حمیدرضا بخشنده فرد، محمد علی گلغذار، محمد رضا سبزهعلیان ۴۱

■ مروری بر نظریه پردازی های مرمت نقاشی دیواری در اروپا

حمید فرهمند بروجنی، حسین احمدی، ریحانه قاسم آبادی ۵۵

■ اصل حداقل مداخله، چالش پیشروی مداخلات حفاظتی در میراث فرهنگی، کشف و تبیین کاستی ها و نواقص

اصل مذکور با رویکردی نظری به آراء موجود در این حوزه احمد امین پور، محسن عباسی هرفته ۶۹

■ ریخت شناخت خوردگی در برنزهای تاریخی: تحلیل

فرآیند مس زدایی در اشیاء برنزی هفت تپه خوزستان

امید عودباشی، سید محمد امین امامی، پرویز دوامی ۸۳



تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

فن‌شناسی تزئینات طلاکاری روی سنگ در مجموعه

کاخ گلستان تهران

حسین احمدی* عباس عابد اصفهانی** عادلہ محتشم***

چکیده

تزئینات طلاکاری روی سنگ، از انواع تزئینات رایج در معماری دوره قاجار در ایران است. نمونه‌های متعددی از این تزئینات در مجموعه تاریخی- فرهنگی کاخ گلستان در تهران شناسایی شده است. در این پژوهش برای بررسی فنی تکنیک این تزئینات، به بررسی تزئینات کوشک شمس‌العماره و تخت مرمر پرداخته می‌شود. در ابتدا نمونه‌های مورد بررسی، معرفی، و سپس مطالعات آزمایشگاهی انجام شده است. جهت شناسایی ورق‌های فلزی به کار رفته در اجرای این تزئینات، از روش دستگاهی SEM-EDS و برای شناسایی واسط چسباننده ورق فلزی، از روش دستگاهی FTIR استفاده شد. مشاهدات میکروسکوپی نشان دهنده کاربرد ورق طلا در اجرای این تزئینات است و بدین گونه، شیوه اجرای این تزئینات، فن طلاچسبان بوده است. همچنین بررسی‌ها حاکی از کاربرد یک واسط چسباننده روغنی در اجرای این تزئینات است که روغن کمان به عنوان یک احتمال قرین به واقعیت مورد نظر قرار گرفت. با استناد به نمونه‌های مورد بررسی، طلاچسبان روی سنگ در این دوران به شیوه "طلاکاری روغنی" انجام می‌گرفته است. این بررسی‌ها حاکی از آن است که طلا در تزئینات معماری قاجار در مجموعه کاخ گلستان تهران همچنان مورد توجه و استفاده بوده است.

کلید واژه‌ها: تزئینات معماری، روغن کمان، طلاچسبان، طلا کاری، قاجار، کاخ گلستان

h.ahmadi@aui.ac.ir

* استادیار دانشگاه هنر اصفهان.

aabed@khuisf.ac.ir

** دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان، هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان.

adele.mohtasham@yahoo.com

*** کارشناس ارشد مرمت اشیاء تاریخی- فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.

مقدمه

ابنیه برجای مانده از دوره قاجار، چه در تهران و چه در شهرهای دیگر ایران، دربردارنده طیف گسترده‌ای از تزئینات معماری هستند. از جمله تزئینات معماری رایج در دوره قاجار، طلاکاری^۱ است که به صورت طلاچسبانی^۲ در دیوارنگاری، و در فنونی همچون لایه چینی^۳ و طلاکاری، بر روی تکیه گاه‌هایی مانند سنگ، شیشه و چوب دیده می‌شود. در این میان، تزئینات طلاکاری روی سنگ، هنری ارزشمند است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. نمونه‌هایی از این تزئینات در تاریخ هنر ایران شناسایی شده است، که از آن جمله می‌توان به تزئینات مجموعه تخت جمشید اشاره نمود (شاپور شهبازی، ۱۳۷۵: ۱۰۶). همچنین در ایران پس از اسلام، نمونه‌هایی از این تزئینات در دوره صفوی در کلیسای وانک (کتیبه‌های دو سوی در شمالی کلیسا) و در دوره زند در ارگ کریم خانی موجود است. بی‌گمان این هنر و این گونه ویژه از تزئینات در دوره‌های پیش از قاجار نیز رواج داشته است، اما امروزه با استناد به نمونه‌های شناسایی شده، بیشترین نمونه از این تزئینات، به آثار باقی مانده از دوره قاجار تعلق دارد و این تزئینات در این دوره مورد توجه بوده است. نمونه‌های ارزشمند طلاکاری روی سنگ - مربوط به دوره قاجار - را می‌توان در "کاخ صاحبقرانیه" در مجموعه کاخ "نیلوران" تهران، "ایوان تخت مرمر"، "خلوت کریم خانی"، "کوشک شمس العماره"، "تالار الماس" و "عمارت بادگیر" در مجموعه کاخ گلستان تهران، "شترگلوی فتح علی شاهی" در "باغ فین" کاشان، "باغ دلگشا" و "خانه زینت الملک" در شیراز، برخی کتیبه‌های قاجاری آستان قدس رضوی و چندین بنای دیگر دید. متأسفانه این تزئینات به واسطه لایه لایه بودن ساختار بسیار آسیب پذیرند، به همین سبب نمونه‌های زیادی از این تزئینات برجای نمانده و نمونه‌های باقی مانده نیز در وضعیت مناسبی نیستند. از آنجا که هیچ گونه پژوهشی در زمینه شناسایی فن و مواد مصرفی در اجرای تزئینات طلاکاری روی سنگ انجام نشده است، در این مقاله به این مهم پرداخته شده است. هدف این پژوهش، شناسایی، معرفی و مستندسازی ویژگی‌های فنی یکی از تزئینات ارزشمند و کمیاب معماری اسلامی در ایران است. لازم به یاد آوری است در این پژوهش تنها به شناسایی مواد مصرفی در اجرای این تزئینات پرداخته شده و بررسی نقوش و نوع آن‌ها مبحثی جداگانه است که در اینجا به آن پرداخته نشده است. در این مقاله، بیشترین تأکید بر شناسایی مواد به کار رفته در اجرای این تزئینات است.

روش تحقیق

نوع مطالعه در این پژوهش، کتابخانه‌ای، میدانی مشاهده‌ای و آزمایشگاهی بوده است. روش یافته‌اندوزی، استناد به اسناد و مدارک معتبر، مطالعات آزمایشگاهی (آنالیزهای دستگاهی و شیمی‌تر)، مشاهدات میدانی و نیز بررسی‌های میکروسکوپی بوده است. سرانجام با تحلیل داده‌های گردآوری شده به نتیجه‌گیری پرداخته شده است.

پیشینه تحقیق

در زمینه فن شناسی تزئینات طلاکاری روی سنگ در ایران، کنون بررسی و پژوهشی انجام نشده است. همچنین بر روی تزئینات مذکور در مجموعه کاخ گلستان، هیچ گونه بررسی و مطالعه‌ای در زمینه‌های مختلف انجام نشده است. با مطالعات تاریخی و بررسی پیشینه تخت مرمر و کوشک شمس العماره را می‌توان در تألیف ارزشمند مرحوم دکتر "یحیی ذکاء" با عنوان "تاریخچه ساختمان‌های ارگ سلطنتی و کاخ گلستان" یافت (ذکاء ۱۳۴۹: ۹، ۲۷۱، ۲۷۷). در زمینه فن شناسی این تزئینات در سایر کشورها می‌توان به مطالعات انجام شده بر تزئینات ایوان‌های کلیسای "سویل"^۴ در کشور "اسپانیا" اشاره کرد. نتایج این تحقیقات حاکی از کاربرد ورق طلا و ورق قلع بر روی یک لایه تدارکاتی مرکب از سرنج (Pb_3O_4)، کربنات سرب ($PbCO_3$) و روغن بزرک در اجرای این تزئینات بود (Duran 2008: 184-188).

در مقاله‌ای با عنوان "روش‌های طلاکاری در مصر باستان" مؤلفین به کاربرد گل ارمنی به عنوان زمینه‌ای برای طلاچسبانی بر سطح مجسمه‌های سنگی اشاره می‌کنند (Hatchfield et al 1991: 27-47). همچنین در مقاله‌ای با عنوان "طلاکاری در طول اعصار" اشاره شده است که در هزاره سوم قبل از میلاد در بین‌النهرین از فویل طلا و با استفاده از روش‌های مکانیکی مانند "تا کردن"، "چین دادن" و "چکش کاری" برای مطابقت دادن سطوح سنگی استفاده می‌شده است (Oddy, 1981: 76). همچنین می‌توان به مقاله‌ای با عنوان "شناسایی رنگدانه‌های باستانی ایران به کار رفته در تزئینات تخت جمشید و پاسارگاد" اشاره کرد که در آن مؤلف، به کاربرد ورق طلا بر سطح سنگ در تخت جمشید پرداخته است (Stodulski et al, 1984). در پایان نامه کارشناسی ارشد "پرویز هلاکویی" با عنوان فن شناسی و آسیب شناسی لایه چینی تزئینات برخی از بناهای دوره صفوی اصفهان^۵ به بررسی ضخامت ورق طلای به کار رفته بر سطح تزئینات لایه



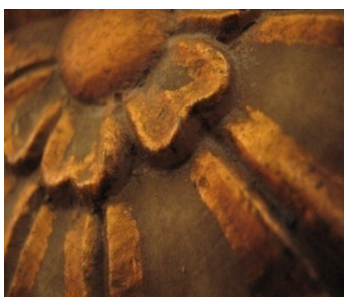
چینی پرداخته شده است (هلاکویی، ۱۳۸۷). همچنین در پایان نامه کارشناسی "سوده موسوی اصل" با عنوان "حفظ و مرمت بخشی از نقاشی‌های روی سنگ ازاره‌های ایوان آیینه کاخ چهلستون" اشاره‌ای به تزئینات طلاکاری بر روی ازاره‌های سنگی کاخ چهلستون شده است (موسوی اصل، ۱۳۸۹). متأسفانه نمونه‌های مطالعات انجام شده درباره فن شناسی تزئینات طلاکاری روی سنگ که تاکنون شناسایی شده‌اند، انگشت شمارند.

مشاهدات اولیه



برای بررسی این فن، تزئینات منحصر به فرد تخت مرمر (تصاویر ۱(الف) تا ۱(ج))، تزئینات ازاره‌های تالار شاه نشین کوشک شمس العماره (تصاویر ۲(الف) تا ۲(ج)) و تزئینات ازاره‌های ایوان کوشک شمس العماره (تصاویر ۳(الف) تا ۳(ج)) مورد مطالعه قرار گرفته است. تخت مرمر، سریر سنگی حجاری شده منحصر به فردی است که در سال ۱۲۲۱ هجری قمری به دستور فتح علی شاه قاجار برای انجام مراسم بار عام ساخته شده و در ایوان تخت مرمر واقع در مجموعه کاخ گلستان تهران قرار گرفت. این اثر از مرمر زرد یزد ساخته شده (گودرزی، ۱۳۸۸: ۵۷) و تمام نقوش برجسته آن مزین به طلاکاری است. کوشک شمس العماره، عمارت ۵ طبقه‌ی زیباییست که به سال ۱۲۸۲ هجری قمری در دوره قاجار و به دستور ناصرالدین شاه ساخته شده است (ذکا، ۱۳۴۹: ۴۹) و در ضلع شرقی مجموعه کاخ گلستان قرار دارد. طبقه اول این عمارت دارای ۶ تالار و یک ایوان است که بر ازاره‌های سنگی ۵ تالار و نیز ایوان آن می‌توان تزئینات طلاکاری روی سنگ را دید. در اولین مرحله، مشاهدات میکروسکوپی بر روی نمونه‌ها انجام و چند نکته در مورد این تزئینات آشکار شد. اولین مسئله‌ای که در مشاهدات میکروسکوپی مورد

تصاویر ۱(الف) تا ۱(ج). تخت مرمر و نمای نزدیک از تزئینات طلاکاری آن.

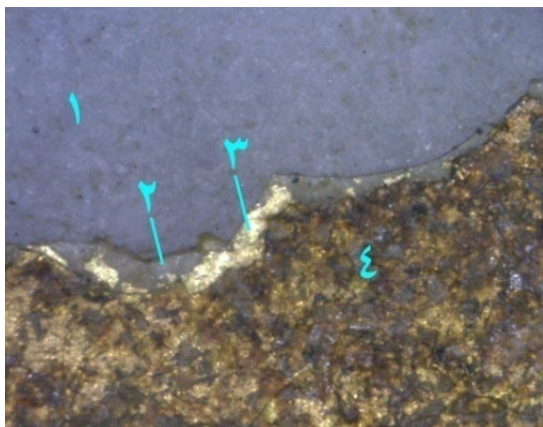


تصاویر ۲(الف) تا ۲(ج). ازاره‌های سنگی تالار شاه نشین شمس العماره و نمای نزدیک از تزئینات طلاکاری آن.



تصاویر ۳ (الف) تا ۳ (ج). ازاره های سنگی ایوان شمس العماره و نمای نزدیک از تزئینات طلاکاری آن.

شده است. این لایه در هر سه نمونه، به رنگ زرد روشن و گاه زرد-قهوه ای روشن دیده می شود. همچنین در همه نمونه های طلاکاری، جهت چسباندن ورق فلزی بر سطح سنگ از چسباننده ای شفاف به رنگ زرد- نارنجی خوشرنگ (عسلی رنگ) استفاده شده است. لازم به ذکر



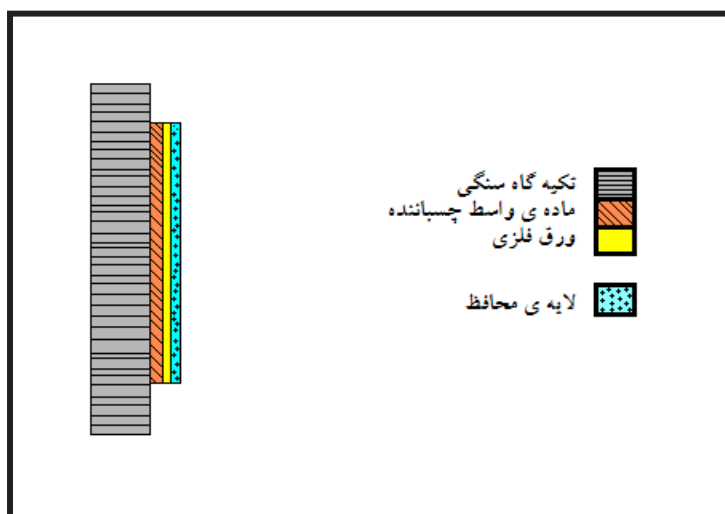
تصویر ۴. تصویر میکروسکوپی از ترتیب چینش لایه ها در تزئینات طلاکاری روی سنگ. مربوط به نمونه تخت مرمر. ۱: سطح سنگ، ۲: ماده واسط چسباننده، ۳: ورق فلزی، ۴: لایه محافظ (بزرگنمایی: ۲۰۰ برابر).

توجه قرار گرفت، چینش لایه های مختلف در این تزئینات بود. در هر سه نمونه مورد بررسی، ترتیب قرارگیری لایه ها از قرار زیر بود: ۱- تکیه گاه سنگی؛ ۲- واسط چسباننده؛ ۳- ورق طلا؛ ۴- لایه محافظ^۶ (تصاویر ۴ و ۵). ضخامت تقریبی مجموع سه لایه واسط چسباننده کمتر از ۰/۲۵ میلی متر تخمین زده شد.

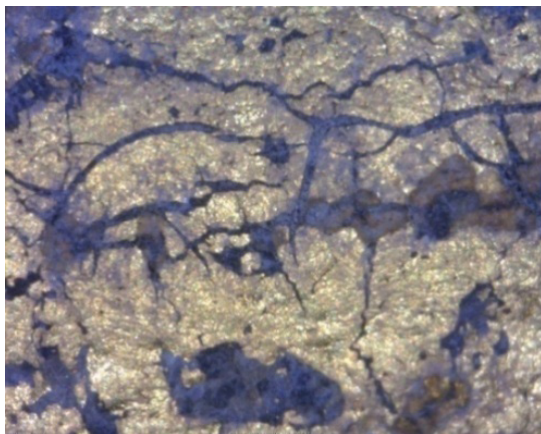
نکته ی دیگری که از این مشاهدات استنباط می شود استفاده از ورق فلزی برای طلاکاری است. در این تزئینات از رنگدانه یا پودر فلزات استفاده نشده است. این نکته در ابتدا از یکپارچگی سطح لایه طلایی رنگ و سپس از پدیدار شدن چروک و پارگی در سطح این لایه قابل تشخیص است (تصویر ۶).

بدین گونه از آنجا که از ورق فلزی در اجرای این تزئینات استفاده شده است، می توان گفت تزئینات مورد بررسی با فن "طلاچسبان" اجرا شده اند.

نکته سوم درباره لایه محافظ اعمال شده بر سطح ورق فلزیست. در اینجا پس از مشاهدات، مشخص شد بر سطح همه نمونه ها، لایه ای به عنوان لایه محافظ اعمال



تصویر ۵. ترتیب چینش لایه ها در تزئینات طلاچسبان روی سنگ.



تصویر ۶. چروک‌ها و پارگی‌های ایجاد شده، نشان دهنده کاربرد ورق فلزی در این تزئینات است. نمونه تخت مرمر (تصویر میکروسکوپی با بزرگمایی ۲۰۰ برابر). در باقی نمونه‌ها نیز مشاهدات میکروسکوپی، این نکته را ثابت کرد.



تصویر ۷. تصویری از سطح طلاکاری شده ازاره‌های ایوان شمس العماره.

مورد طلاکاری روی سنگ صدق می‌کند و در مورد سایر تزئینات نیاز به بررسی بیشتر است. نمونه‌های مورد بررسی، شامل تخت مرمر از دوره سلطنت فتح علی شاه و کوشک شمس العماره مربوط به دوره سلطنت ناصرالدین شاه است. دوره پادشاهی فتحعلی

است برای انجام مطالعات آزمایشگاهی، نمونه برداری از تزئینات تخت مرمر از قسمت بالای ستون انتهایی در سمت چپ، در تالار شاه نشین شمس العماره از ازاره‌های ضلع شرقی در منتهی الیه سمت راست، و در ایوان شمس العماره از ازاره‌های ضلع شمالی در منتهی الیه سمت راست انجام شد.^۹ به دلیل حساسیت بصری فوق العاده تزئینات طلاکاری در برابر خدشه دار شدن، سعی شد نمونه برداری در کمترین میزان ممکن و در بخش‌هایی که کمتر به چشم می‌آیند انجام شود. ابعاد نمونه‌ها در حدود ۲ میلی‌متر در ۲ میلی‌متر بود.

در بخش مطالعات آزمایشگاهی، شناسایی لایه‌ها به ترتیب چینش آن‌ها انجام شده است:

۱: ورق فلزی، ۲: لایه واسط چسباننده و ۳: سنگ. همچنین به واسطه اهمیت نوع ورق فلزی و ماده واسط چسباننده در شناسایی فن طلاکاری، پرداختن به این دو مورد در اولویت قرار داده شده است. سرانجام به شناسایی لایه محافظ پرداخته شده است.

مطالعات آزمایشگاهی

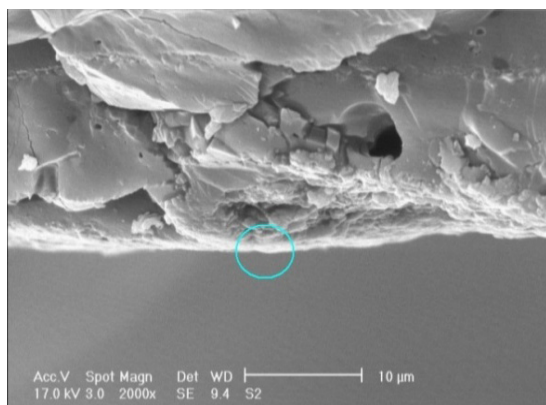
۱. شناسایی ورق فلزی

برای شناسایی ورق‌های فلزی به کار رفته در نمونه‌های موجود، از دستگاه "میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم آنالیز انرژی پرتوی X پراکنده شده"، "SEM-EDX"^۸ استفاده شد.^۹ نتایج این آنالیزها از قرار زیر است (جدول ۱) (پیوست اول):

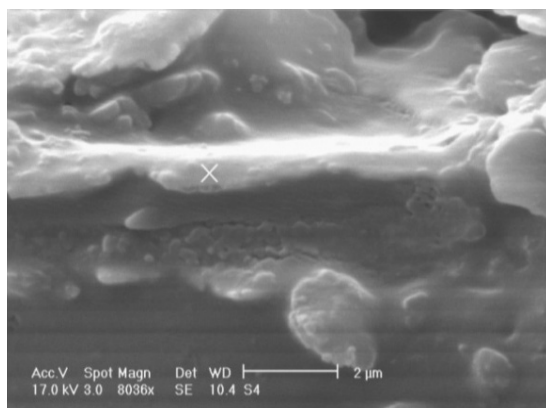
آنالیزها نشان دهنده کاربرد ورق طلا در این تزئینات است. هرچند «در دوره قاجار، شاهد کاربرد پودر فلزات، "اکلیل فرنگی"^{۱۰} (طلای موزائیک)^{۱۱} و "گل زرفشان"^{۱۲} در تزئینات طلاکاری هستیم» (هلاکویی ۱۳۸۷: ۵۸)، اما این بررسی نشان می‌دهد که در این دوره کماکان ورق طلا در تزئینات معماری مورد توجه بوده است. این نکته در

جدول ۱. عناصر فلزی تشکیل دهنده ورق فلزی در نمونه‌ها و میزان آن‌ها بر حسب درصد وزنی (Wt%).

Al	Ag	Fe	Zn	Sn	Cu	Au	
-	-	-	-	-	0/78	99/22	طلاچسبان (تخت مرمر)
-	-	-	-	12/92	3/91	83/17	طلاچسبان (شاه‌نشین شمس العماره)
2/97	-	-	0/84	-	0/69	95/20	طلاچسبان (ایوان شمس العماره)



تصویر ۸. تصویر میکروسکوپ الکترونی برای بررسی ضخامت ورق فلزی. تالار شاه نشین شمس العماره، ضخامت تقریبی ورق فلزی: ۱۰۰ nm. (17kV, 2000X).



تصویر ۹. تصویر میکروسکوپ الکترونی برای بررسی ضخامت ورق فلزی. ایوان شمس العماره، ضخامت تقریبی ورق فلزی: ۳۰۰ nm. (17kV, 8036X).

مربع‌هایی کوچک (به ضلع تقریبی ۵ سانتی‌متر) می‌برند. این ورق‌های نسبتاً نازک طلا میان دو لایه "پوست زرکوبی" قرار گرفته و بر روی سنگ کوبیده می‌شد. کوبیدن تا جایی پیش می‌رفت که ورق طلا از لبه‌های پوست خود را نشان دهد. پس از این مرحله، اگر ورق طلا در حد لازم نازک نشده بود، به قسمت‌های کوچک‌تری بریده شده و بار دیگر کوبیده می‌شد. پوست زرکوبی یا طلاکوبی، از قسمت لطیف روده کور گاو تهیه می‌شد. این روال زرکوبی که در ایران رواج داشته، تقریباً همانند روشی است که "پلینی"^{۱۵} در زمان رومی‌ها و "تئوفیلوس"^{۱۶} در سده دوازدهم میلادی و دیگر نویسندگان در سده‌های پانزده و شانزدهم میلادی شرح داده‌اند (وولف ۱۳۸۴: ۳۶). در بررسی منابع مکتوب، مطلبی که به طور خاص به شیوه‌های زرکوبی در دوره قاجار اشاره کند دیده نشد. احتمالاً روش تهیه ورق طلا در دوره قاجار، همان روش زرکوبی در میان دو لایه پوست زرکوبی بوده است.

شاه سال‌های آغازین دوره قاجار و پادشاهی ناصرالدین شاه، میانه راه سلطنت خاندان قاجار است. اما در نمونه‌های هر دو دوره، کاربرد ورق طلا مشهود است. گویا کاربرد طلا در فن طلاکاری روی سنگ در دوره قاجار از نظر زمانی محدودیتی نداشته است.

شاید بتوان گفت با توجه به سلطنتی بودن کوشک شمس العماره، کاربرد ورق طلا در اجرای تزئینات این بنا چندان دور از ذهن نیست. تخت مرمر نیز در مراسم حکومتی و تشریفات درباری مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

۲. اندازه‌گیری ضخامت ورق فلزی

«ساخت ورق‌های فلزی بسیار نازک و بدون نقص و عیب، همواره نشان دهنده مهارت و هنر زرکوب^{۱۷} بوده است. در این میان ورق طلا به دلیل ویژگی‌های ساختاری آن، بیش از سایر فلزات نازک می‌شود. ورق طلا را حتی می‌توان تا ضخامت ۰/۱ میکرون کوبید. نازک‌ترین ورق‌های طلا، در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ در اروپا ساخته شده‌اند. در این دوران کارگاه‌ها متعدد و پر رونق بودند» (Rivers 2003: 210).

برای بررسی ضخامت ورق‌های طلای به‌کاررفته در اجرای تزئینات مورد بررسی، نیازمند تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از مقطع نمونه‌های مورد بررسی بودیم. این بررسی‌ها، ضخامت‌های تقریبی ۱۰۰ نانومتر (۰/۱ میکرون) و ۳۰۰ نانومتر (۰/۳ میکرون) را در ورق‌های طلا نشان داد (تصاویر ۸ و ۹). به نظر می‌رسد هنرمندان طلاکوب در دوره قاجار، از مهارت بسیار برخوردار بوده‌اند. مقایسه این نتایج، با نتایج به دست آمده از بررسی ضخامت ورق طلا در چند نمونه متعلق به دوره صفوی، که ضخامت‌های ۳۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر را نشان می‌دهند (هلاکوبی، ۱۳۸۷: ۱۱۷) تا حدودی مؤید این مطلب است.

در مورد شیوه ساخت ورق طلا، باید گفت در طول سالیان، ورق طلا همواره به روش ساده "کوبیدن" ساخته شده و پیشه زرکوب بوده است. «نقوش برجسته دیواره شرقی مقبره "مرروکا"^{۱۸} در مصر، مردانی را در حال کوبیدن ورق‌های مستطیل شکل طلا، با سنگ‌های گرد نشان می‌دهد. این فرآیند کوبیدن، مشابه روش‌های جدیدتر است؛ با این تفاوت که امروزه این کار با چکش‌های مکانیکی انجام می‌گیرد» (Hatchfield 1991: 28). «در ایران، زرکوب زر را به درجه عالی پالایش داده و سپس آن را با کوبیدن و یا نورد کردن به ضخامتی می‌رساند که بتوان با ناخن روی آن علامت گذاشت. سپس آن را به

کمان یکی از روش‌های طلاچسبانی در کتاب‌آرایی است» (مجرد تاکستانی، ۱۳۷۲: ۶۱). روغن کمان ترکیبی از دو واحد وزنی روغن (روغن بزرک) و یک واحد وزنی صمغ (سندروس) است که طی یک فرآیند پخت در شرایط معین به روغن کمان تبدیل می‌شود (منشی قمی، ۱۳۶۶: ۱۶۴-۱۶۳). بررسی یک طیف مادون قرمز مربوط به یک نمونه شاهد روغن کمان، و مقایسه با طیف نمونه تخت مرمر، تا اندازه‌ای موید این مطلب است^{۱۰} (تصویر ۱۱).

طیف‌های به دست آمده از دو نمونه دیگر، به یکدیگر و نیز به نمونه تخت مرمر شبیه بوده، دارای باندهای عبوری در طول موج‌های 1-cm^{-1} ۲۹۲۰، 1-cm^{-1} ۱۷۱۰، 1-cm^{-1} ۱۶۳۰ و 1-cm^{-1} ۱۱۵۰ (اسیدهای چرب- استرها) (با تفاوت‌های بسیار جزئی در اعداد) بودند. بدین گونه می‌توان دریافت واسط چسباننده در دو نمونه دیگر نیز یک روغن و با توجه به شواهد و مقایسه طیف‌های مذکور با طیف شاهد روغن کمان مانند نمونه تخت مرمر، به احتمال بسیار زیاد روغن کمان بوده است. (پیوست دوم)

"شایان شاکریان" در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان "ساختارشناسی روغن کمان در راستای حفظ و مرمت قلمدان‌های تاریخی" بررسی جامعی با استفاده از روش دستگاهی FTIR در زمینه شناسایی روغن کمان انجام داده است. مقایسه طیف‌های به دست آمده در این پژوهش با نتایج

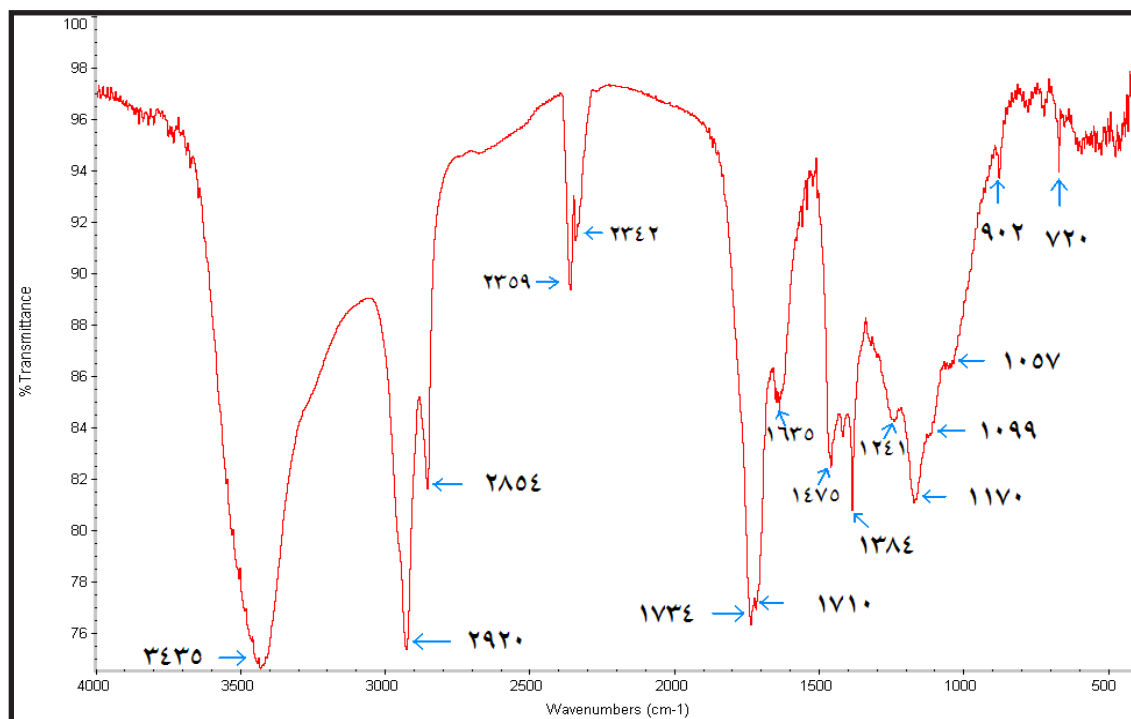
۳. شناسایی ماده واسط چسباننده ورق فلزی و سنگ

برای شناسایی ماده واسط چسباننده، از روش دستگاهی FTIR^{۱۷} استفاده شد^{۱۸} (تصویر ۱۰).

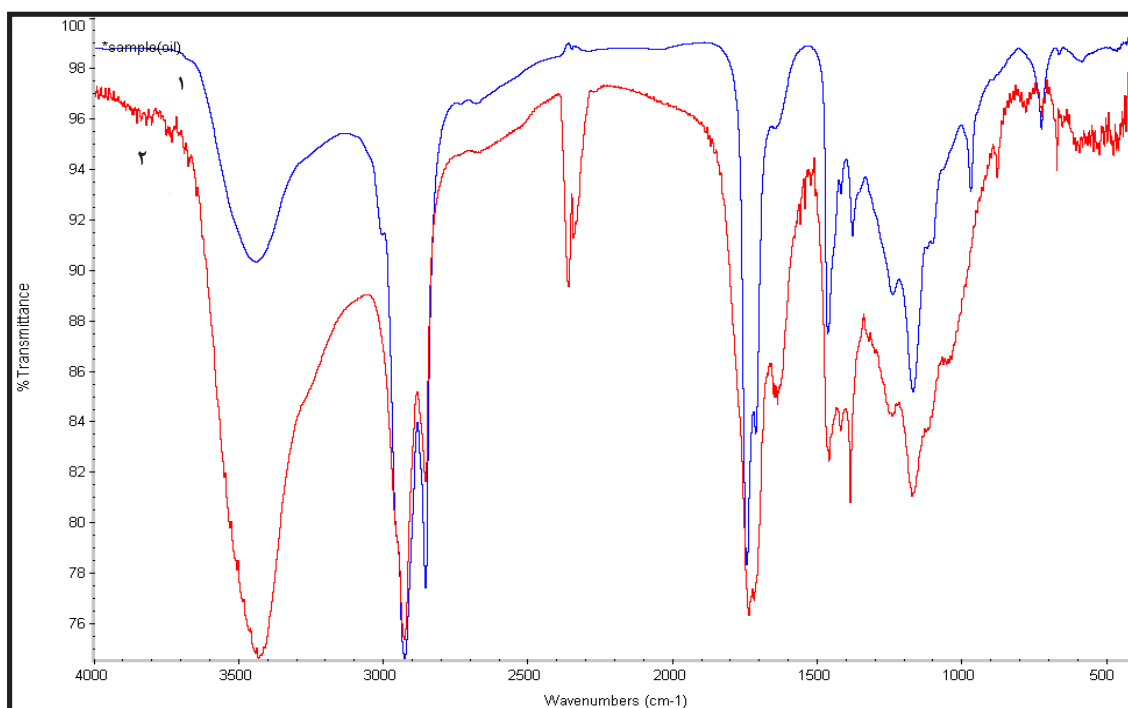
«باندهای عبوری در نواحی 3200-cm^{-1} - 1360-cm^{-1} مربوط به اتصالات O-H (گروه هیدروکسیل)، 2800-cm^{-1} - 1300-cm^{-1} نشان‌دهنده اتصالات C-H (گروه متین)، 1730-cm^{-1} - 1750-cm^{-1} مربوط به اتصالات C=O (کربونیل)، 1300-cm^{-1} - 1140-cm^{-1} مربوط به اتصالات C-H، 900-cm^{-1} - 1130-cm^{-1} مربوط به اتصالات C-O و 700-cm^{-1} - 1750-cm^{-1} مربوط به اتصالات C-H می‌باشند. طیفی که شامل پیک‌های شاخص در این نواحی است، یک ترکیب روغنی است» (Derrick, 1999: 95, 185).

هر چند نمی‌توان به طور دقیق نوع روغن را شناسایی کرد، اما با استناد به منابع مکتوب مبنی بر کاربرد "روغن کمان" برای طلاچسبانی در تزئینات معماری و کتاب‌آرایی، می‌توان این ماده را به عنوان یکی از احتمالات قرین به واقعیت، در نظر گرفت. در کتاب "دیوارنگاری عصر صفویه در اصفهان" مؤلفین یاد آور می‌شوند که «در دیوارنگاری دوره صفوی، برای طلاچسبانی از روغن کمان استفاده می‌شده است» (آقاجانی اصفهانی، ۱۳۸۶: ۱۲۷).

همچنین "اردشیر مجرد تاکستانی" در کتاب "راهنمای نقاشی و کتاب‌آرایی در ایران" می‌گوید: «استفاده از روغن



تصویر ۱۰: طیف مادون قرمز از واسط چسباننده در نمونه طلاچسبان روی سنگ متعلق به تخت مرمر.



تصویر ۱۱. مقایسه طیف مادون قرمز از واسط چسباننده در نمونه طلاچسبان تخت مرمر با طیف مادون قرمز متعلق به نمونه شاهد روغن کمان. ۱. نمونه شاهد. ۲. نمونه تاریخی.

۴: شناسایی تکیه‌گاه سنگی

برای شناسایی نوع سنگی که به عنوان تکیه‌گاه این تزئینات مورد استفاده قرار گرفته است، آزمایش شیمی‌تر و یا آنالیز دستگاهی انجام نگرفت؛ زیرا امکان نمونه‌برداری از سطح سنگ وجود نداشت. اما بررسی مشخصات ظاهری و ویژگی‌های سطحی سنگ‌ها و انجام مشاهدات میکروسکوپی، تا حد زیادی نشان‌دهنده نوع و جنسیت آن‌هاست.

سنگ به کار رفته در ساخت تخت مرمر، تالار شاه‌نشین و ایوان شمس‌العماره با توجه به ویژگی‌های ظاهری از قبیل شفافیت، درخشندگی و صیقلی بودن سطح، سنگ مرمر است (تصاویر ۱۲ و ۱۳). «شفافیت، درخشندگی و صیقلی بودن از ویژگی‌های ظاهری سنگ مرمر است.

مرمرها، سنگ‌های کربناته دگرگونی هستند و به دلیل سختی مناسب، قابلیت ساب و برش، تنوع رنگ، مقاومت کافی و قابلیت استخراج آسان، از جایگاه خاصی برخوردارند. مرمرها در رنگ‌های سبز، آبی، لیمویی، زرد، سفید و خاکستری دیده می‌شوند» (جعفری ۱۳۸۷: ۱۱). چنین استنباط می‌شود سنگ مرمر تکیه‌گاه رایج برای اجرای این تزئینات بوده است. اما آنچه باید بدان توجه کرد این است که در دوره قاجار، استفاده از سنگ مرمر

بدست آمده از پایان نامه مذکور، نظریه کاربرد روغن کمان به عنوان دندانه^{۲۰} یا چسباننده ورق طلا را تقویت کرد (رجوع شود به: شاکریان، ۱۳۸۶، و نیز: سعیدزاده، ۱۳۸۸).

«طلاچسبانی بر سطوح مختلف در ادوار متمادی، به دو روش عمده «طلاکاری روغنی»^{۲۱} و «طلاکاری آبی»^{۲۲} انجام می‌گرفته است. طلاکاری روغنی که در مقایسه با طلاکاری آبی، ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر بود، بر سطوح مختلف قابل اجرا بود. در این روش، دندانه که اغلب روغن بزرک پخته به همراه ترکیبات رنگی بود، بر سطح اعمال می‌شد و پس از این که به درجه مطلوبی از چسبندگی می‌رسید، ورق طلا روی آن قرار می‌گرفت. این روش که قابل مهره کشی^{۲۳} نبود، در مقایسه با روش طلاکاری آبی با دوام‌تر بود» (Edward, 2000: 95). در واقع می‌توان گفت در طلاکاری به روش روغنی از یک ماده چسباننده روغنی برای طلاچسبانی استفاده می‌شده است. بنابراین با توجه به کاربرد واسط چسباننده روغنی در نمونه‌های مورد بررسی، و با توجه به تعریف روش طلاکاری روغنی، می‌توان دریافت طلاچسبانی روی سنگ در دوره قاجار در مجموعه کاخ گلستان تهران به روش «طلاکاری روغنی» انجام می‌گرفته است. همچنین عدم امکان مهره کشی در تزئینات مورد بررسی به واسطه روغنی بودن تکنیک طلاکاری بوده است.



تصاویر ۱۲ و ۱۳. در این تصاویر شفافیت، درخشندگی و صیقلی بودن سنگ به کار رفته در ساخت تخت مرمر (راست) و ازاره مرمری ایوان شمس العماره نمایان است.

۶. شناسایی لایه محافظ

برای شناسایی لایه محافظ نیز از روش دستگاهی FTIR استفاده شد.^{۲۵} طیف‌های به دست آمده از این نمونه‌ها نیز، در بردارنده باند جذبی در نواحی 12923-cm ، 12853-cm ، 11713-cm و 11628-cm بودند (پیوست سوم). بدین گونه می‌توان پی برد که از یک روغن به عنوان لایه محافظ استفاده شده است (Derrick, 1999: 95, 185).

شباهت بسیار این طیف‌ها با طیف‌های به دست آمده از ماده واسط چسباننده، و نیز طیف شاهد روغن کمان، نشان می‌دهد که از همان ماده مصرفی به عنوان واسط چسباننده (محتماً روغن کمان)، برای لایه محافظ نیز استفاده شده است. "محمد تقی احسانی" در کتاب "جلدها و قلمدان‌های ایرانی و نگارگری" به فن لایه چینی روی سنگ در دوره قاجار اشاره کرده و می‌گوید: «پس از اجرای تزئینات لایه چینی، با روغن کمان سطح را می‌پوشانند

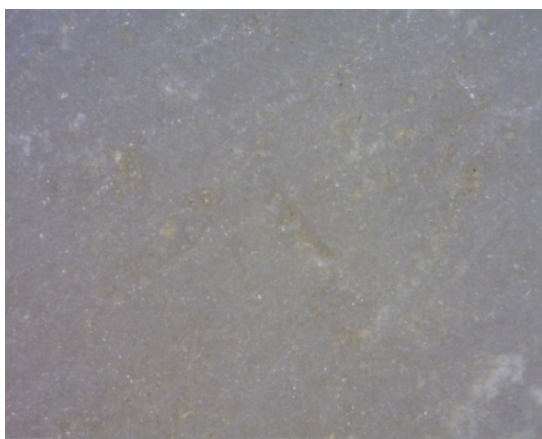
برای اجرای تزئینات معماری، به ویژه در کاخ‌ها و بناهای سلطنتی در تهران رواج داشته است. از آن جمله، افزون بر ابنیه مجموعه کاخ گلستان، می‌توان به برخی خانه‌های رجال درباری در تهران، همچون خانه میرزا سعید خان در محله پامنار اشاره کرد (احسانی ۱۳۸۲: ۱۶۸). بدین گونه بیشتر تزئینات طلاکاری روی سنگ نیز بر روی سنگ مرمر انجام گرفته است.

۵. آماده‌سازی تکیه‌گاه سنگی

در مورد آماده‌سازی سطح سنگ برای اجرای تزئینات طلاچسبان، ۳ احتمال وجود دارد:
۱: سطح سنگ در محل اجرای تزئینات، برای اتصال بهتر تزئینات و سنگ "زبره کاری" می‌شده است.
۲: سطح سنگ با ماده‌ای "واشور"^{۲۴} می‌شده است.
۳: بدون هیچ گونه زمینه‌سازی یا آماده‌سازی، تزئینات اجرا می‌شده است.

احتمال اول با انجام بررسی‌های لازم رد شد، چراکه مشاهدات میکروسکوپی سطح سنگ در محل ریختگی تزئینات نشان می‌دهد که سطح سنگ در محل اجرای تزئینات، به همان میزان صیقلی است که در سایر قسمت‌ها. در مورد احتمال دوم باید گفت واشور کردن سطح با ماده‌ای مانند سریشم یا جز آن، منطقی به نظر نمی‌رسد؛ زیرا در صورت استفاده از ماده‌ای مانند روغن کمان با خاصیت چسبانندگی مطلوب، کاربرد ماده واشور لازم به نظر نمی‌رسد. همچنین مشاهدات میکروسکوپی، نبود چنین لایه‌ای را ثابت کرد. بنابراین احتمال سوم قابل قبول است و در واقع تنها کاری که برای آماده‌سازی سطح سنگ برای اجرای تزئینات انجام می‌شده، تمیزکاری و زدودن آلودگی‌هایی چون غبار و چربی از سطح سنگ بوده است.

سنگ مرمر به دلیل شفافیت و جلای ویژه، تکیه‌گاهی زیبا، خوشایند و هماهنگ برای تزئینات طلاکاریست. «این سنگ، از تخلخل ساختاری بالایی برخوردار نیست» (پروین، ۱۳۸۳: ۲۹). اما همین تخلخل اندک، موجبات ایجاد اتصال تزئینات و سطح سنگ را فراهم می‌آورد. در تزئینات طلاچسبان روی سنگ، نفوذ واسط چسباننده روغنی به درون منافذ و فضاهای خالی سطح، در کنار خاصیت چسبندگی روغن کمان، دو عامل مهم در ایجاد اتصال تزئینات و تکیه‌گاه هستند. در واقع این دو عامل، تقویت‌کننده یکدیگرند.



تصویر ۱۴. تصویر میکروسکوپی از سطح سنگ تکیه گاه تزئینات مورد بررسی. تخت مرمر. (بزرگنمایی: X 200)

تا دوام نقوش بر روی سنگ حفظ شود» (احسانی، ۱۳۸۲: ۱۶۸). بر سطح آزاره‌های سنگی مورد بررسی در کوشک شمس‌العماره، هم زمان شاهد کاربرد تزئینات طلاچسبان و لایه چینی روی سنگ هستیم. با توجه به این مسئله، گفته محمد تقی احسانی می‌تواند در مورد تزئینات طلاچسبان روی سنگ نیز صادق بوده و بدین گونه می‌توان روغن کمان را به عنوان یک احتمال قرین به یقین لحاظ کرد. در مورد روش اجرای لایه محافظ، نمی‌توان نظر دقیقی ارائه کرد. اما با توجه به مشاهده رد قلم مو در برخی قسمت‌ها، احتمال استفاده از آن تقویت می‌شود.

نتیجه گیری

پس از بررسی‌های انجام گرفته، می‌توان گفت تزئینات طلاکاری روی سنگ در دوره قاجار در مجموعه کاخ گلستان تهران با استفاده از ورق‌های فلزی و به شیوه طلاچسبانی انجام می‌گرفته است. هر سه نمونه مورد بررسی از نظر مواد مصرفی در اجرای تزئینات بسیار شبیه به یکدیگر ارزیابی می‌شوند. ورق‌های فلزی شناسایی شده در هر سه نمونه مورد بررسی، طلا با عیار بالا بودند. ماده چسباننده مصرفی برای طلاچسبانی، ماده‌ای روغنی است که به احتمال زیاد روغن کمان است. سرانجام پس از اجرای تزئینات، سطح ورق فلزی با استفاده از یک لایه محافظ روغنی - که شاید همان روغن کمان به کار رفته برای طلاچسبانی بوده - پوشانده می‌شده است. با وجود نظریاتی که درباره مهجور شدن طلا در اجرای تزئینات معماری در دوره قاجار وجود دارد، کاربرد طلا در تزئینات معماری این دوران در مجموعه کاخ گلستان تهران همچنان مورد توجه قرار داشته است. به عنوان نکته‌ای مهم درباره فن اجرای تزئینات طلاکاری روی سنگ در این دوران باید گفت تزئینات مورد نظر به روش طلاکاری روغنی انجام می‌گرفته است. همچنین با بررسی ضخامت ورق‌های فلزی، مهارت ستایش‌برانگیز طلاکوبان دوره قاجار آشکار شد.

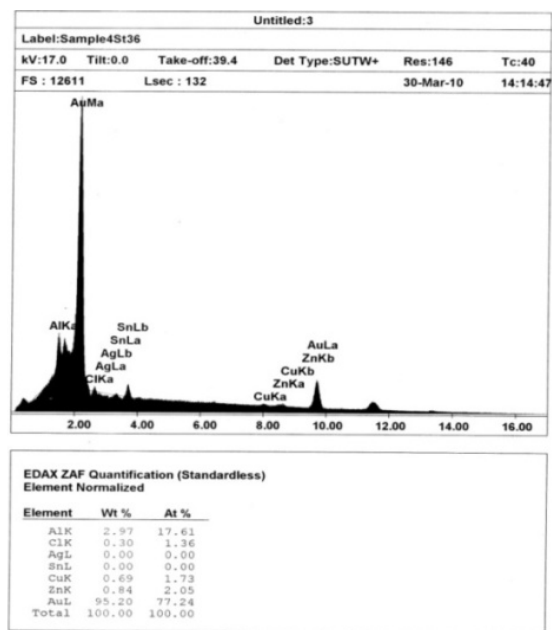
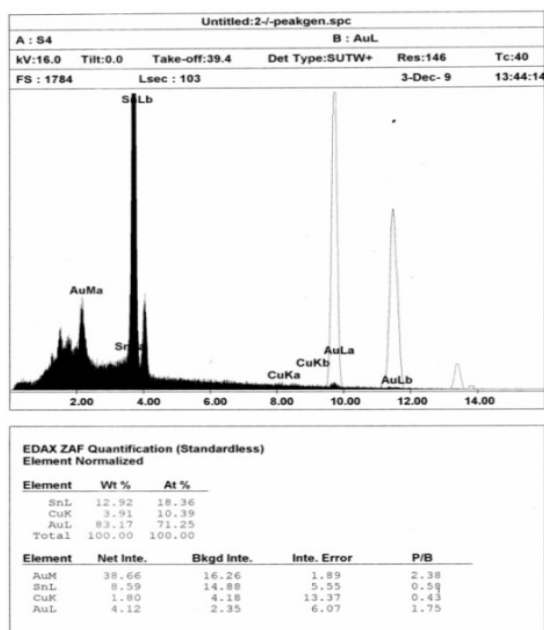
تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از راهنمایی‌های مهندس حسام اصلانی، عضو محترم هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان و همچنین از همکاری‌های سرکار خانم "پروین صدر ثقه الاسلامی" مدیریت سابق و نیز مهندس "مسعود شریفی" مدیریت فعلی مجموعه کاخ گلستان، مهندس "عبدالحمید رضایی" مسئول بخش SEM-EDS در "دانشگاه تربیت مدرس" تهران، مسئولین محترم آزمایشگاه شیمی در دانشگاه هنر اصفهان و همچنین هیأت امنای اموال مجموعه کاخ گلستان سپاسگزاری نمایند.



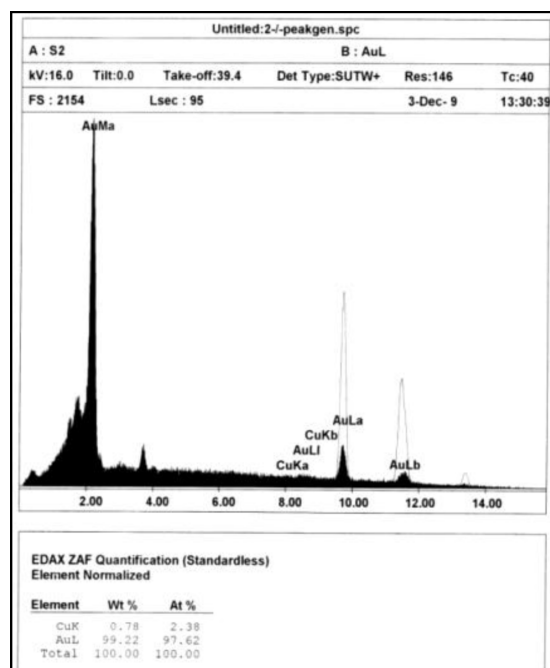
پیوست

پیوست اول: نمودار آنالیزهای SEM-EDS از ورق های فلزی در تکنیک طلاچسبان روی سنگ.



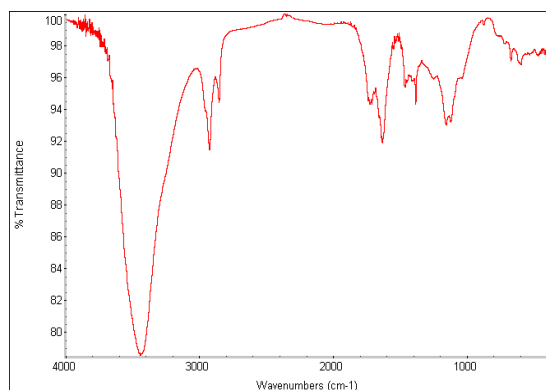
۲: نمودار آنالیز عنصری از ورق فلزی در طلاچسبان تالار چهارم (شاه نشین) شمس العماره.

۱: نمودار آنالیز عنصری از ورق فلزی در طلاچسبان ایوان شمس العماره.

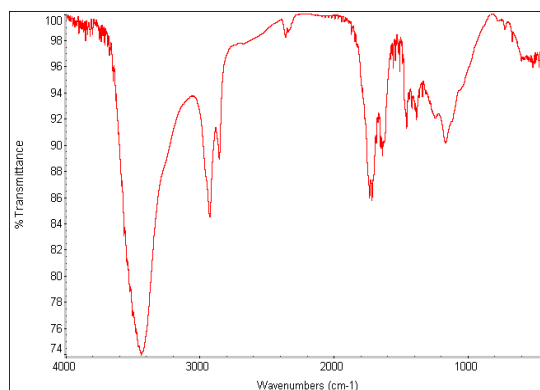


۳: نمودار آنالیز عنصری از ورق فلزی در طلاچسبان تخت مرمر.

پیوست دوم: تصاویر طیف مادون قرمز به روش FTIR برای شناسایی ماده واسط چسباننده ورق فلزی در فن طلاچسبان روی سنگ.

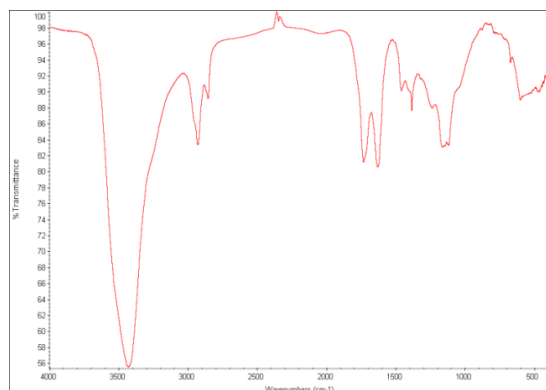


۵: طیف FTIR ماده واسط چسباننده ورق طلا و سنگ در طلاچسبان ازاره های ایوان شمس العماره.

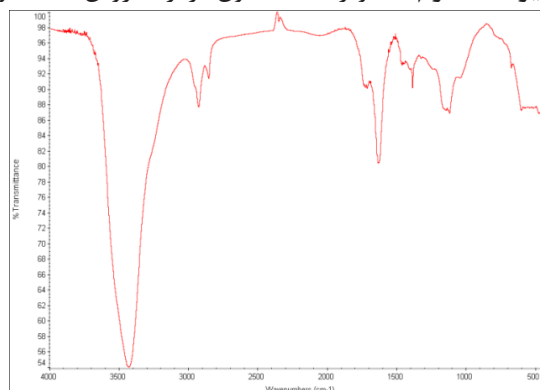


۴: طیف FTIR از ماده واسط چسباننده ورق طلا و سنگ در طلاچسبان ازاره های تالار چهارم شمس العماره.

پیوست سوم: تصاویر طیف مادون قرمز به روش FTIR از لایه محافظ.



۷: طیف FTIR از لایه محافظ ورق فلزی در نمونه طلاچسبان ایوان شمس العماره.



۶: طیف FTIR از لایه محافظ ورق فلزی در نمونه طلاچسبان تخت مرمر.

پی نوشت

- ۱- طلاکاری (Gilding) روش‌های مطلا نشان دادن سطوح و یا ایجاد نقش و نگار زرین بر سطوح مختلف، با استفاده از مواد مختلف اعم از طلا و جز آن است.
- ۲- «طلاچسبانی (Leaf-gilding) عمل چسباندن ورق نازک طلا بر سطوح آماده سازی شده برای مطلا نشان دادن آن سطح است. این سطح ممکن است مهره کشی شود. طلاچسبانی بر سطوح مختلف اعم از شیشه، چوب، سرامیک، فلزات و سطوح آماده سازی شده با جسو انجام می گیرد» (Edwards, 20 00: 90).
- ۳- «لایه چینی (Pastiglia) به تزیینات کم برجسته ای اطلاق می شود که گستره وسیعی از موادی را که برای ایجاد تزیینات برجسته مطلا به کار می روند، در بر می گیرد. روی لایه چینی را با یک ورق فلزی تزیین می کردند» (هلاکویی، ۱۳۸۷: ۴).

4- Seville

5- Binding medium

6- Varnish

۷- بر طبق اسناد موجود در دفتر فنی مجموعه کاخ گلستان تهران، بر روی تزیینات طلاکاری تخت مرمر و همچنین تزیینات طلاکاری ازاره های کوشک شمس العماره تاکنون مرمتی صورت نگرفته است.

8- Scanning electron microscope- Energy dispersive X-ray microanalysis



۹- این آزمایش‌ها در آزمایشگاه علوم پایه در دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفته‌است. نوع دستگاه: (Philips, XL۳۰۰).

10- Purpurino

11- Mosaic gold

۱۲- «گل زرفشان گلی زرد رنگ است که از معادن "قه پایۀ علی آباد جبل" استخراج می‌شود و به جای طلا در اندود کردن سطوح به کار می‌رود» (جناب، ۱۳۷۶: ۷۷).

13- Goldbeater

14- Mereruka

۱۵- «پلینی بزرگ»، طبیعی‌دان، فیلسوف و نویسنده رومی و مؤلف "دانش نامه تاریخ طبیعی" که در سال ۳۵ میلادی متولد شد» (مرکز دایره المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۸۹).

۱۶- تئوفیلوس (Theophilus): راهب آلمانی در قرن ۱۲ میلادی، که دست نوشته‌هایی در زمینه شناخت مواد هنری از او بر جای مانده است.

17- Fourier Transform Infrared Spectroscopy

۱۸- برای شناسایی واسط چسباننده سنگ و ورق فلزی، در ابتدا لازم بود با دقت بسیار لایه واسط چسباننده از ورق فلزی و لایه محافظ آن جدا شود که این مهم با صرف زمان بسیار و با چشم مسلح ممکن شد. سپس، ذرات جدا شده واسط چسباننده به همراه پودر KBr (برمید پتاسیم، این ماده، هیچ پیک قابل مشاهده‌ای در برابر تابش مادون قرمز نداشته و در برابر آن کاملاً شفاف است. بنابراین زمینه‌ای مناسب برای قرار دادن نمونه مورد بررسی در دستگاه FTIR است). ساییده شده و پس از تهیه قرص حاوی نمونه، طیف مادون قرمز تهیه شد. طیف‌ها در آزمایشگاه دانشکده مرمت در دانشگاه هنر اصفهان تهیه شدند. (نام دستگاه: Thermo Nicolet 470 Nexus)

۱۹- روغن کمانی که در اینجا به عنوان نمونه شاهد مورد استفاده قرار گرفت، توسط سرکار خانم "شایان شاکریان" تهیه شده است. ایشان پایان نامه کارشناسی ارشد خود را در زمینه ساختارشناسی روغن کمان به انجام رساندند. (رجوع شود به: شاکریان ۱۳۸۶)

20- Mordant

21- Oil gilding

22- Water gilding

23- Burnishing

۲۴- "واشور کردن" نوعی زمینه‌سازی جهت نقاشی و یا اجرای تزئینات بر سطوح صیقلی (سطوح بدون خلل و فرج مثل شیشه و آئینه و یا با خلل و فرج اندک مثل سنگ) است. با این کار، بر روی سطح صیقلی، لایه نازکی اعمال می‌شود که به واسطه خلل و فرج سطحی، با لایه رنگ و یا دیگر تزئینات از قبیل آرایه‌های گچی اتصال بهتری برقرار خواهد کرد و همچنین کنترل بر حرکت ابزار کار بر سطح، بیشتر خواهد شد. در "فرهنگ واژگان و اصطلاحات خوشنویسی و هنرهای وابسته" ذیل عبارت "واشور زنی" آمده است: «برای نقاشی روی قلمدان، باید زمینه کار را واشور زد؛ یعنی به وسیله یک لایه نازک سریشم لغزش قلم مورا کم کرد» (قلیچ خانی، ۱۳۸۸: ۴۱۵). "واشور زنی" ممکن است با سریشم، روغن و یا هر ماده مناسب دیگری انجام گیرد.

۲۵- آنچه در پی نوشت (۱۸) (شناسایی ماده واسط چسباننده ورق فلزی و سنگ) آمد، در مورد تهیه طیف مادون قرمز جهت شناسایی لایه محافظ نیز صدق می‌کند.

منابع

- آقاجانی اصفهانی، حسین، جوانی، اصغر، (۱۳۸۶)، دیوارنگاری عصر صفویه در اصفهان، انتشارات فرهنگستان هنر، تهران.
- احسانی، محمد تقی، (۱۳۶۸)، جلدها و قلمدان های ایرانی و نگارگری، انتشارات امیر کبیر، چاپ اول، تهران.
- پروین، حسین، (۱۳۸۳)، سنگ شناسی رسوبی، انتشارات دانشگاه پیام نور، قم.
- جعفری، وجیه الله، (۱۳۸۷)، راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ های تزئینی و نما، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، تهران.
- جناب، میرسید علی، (۱۳۷۶)، /لاصفهان. به کوشش محمد رضا ریاضی، انتشارات سازمان میراث فرهنگی، چاپ اول، تهران.
- سعیدزاده، مسعود، (۱۳۸۸)، نگاهداشت و آسیب شناسی لایه رنگ در نقاشی های لاکه ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.

- شاپور شهبازی، ع، (۱۳۷۵)، شرح مصور تخت جمشید. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور، چاپ دوم.
- شاکریان، شایان، (۱۳۸۶)، ساختارشناسی روغن کمان در راستای حفظ و مرمت قلمدان های تاریخی، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.
- قلیچ خانی، حمید رضا، (۱۳۸۸)، فرهنگ واژگان و اصطلاحات خوشنویسی و هنرهای وابسته، تهران: انتشارات روزنه.
- موسوی اصل، سوده، (۱۳۸۹)، حفظ و مرمت بخشی از نقاشی های روی سنگ ازاره های ایوان آیینیه کاخ چهلستون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.
- ذکا، یحیی، (۱۳۴۹)، تاریخچه ساختمان های ارگ سلطنتی و کاخ گلستان، انتشارات انجمن آثار ملی، تهران.
- گودرزی، مرتضی (دیباچ)، (۱۳۸۸)، آیینیه خیال: بررسی و تحلیل تزئینات دوره قاجار، انتشارات سوره مهر (وابسته به حوزه هنری) و پژوهشگاه فرهنگ و هنر اسلامی، تهران.
- مجرد تاکستانی، اردشیر، (۱۳۷۲)، راهنمای نقاشی و کتاب آرایی در ایران، انتشارات آستانه مقدسه حضرت معصومه (س)، قم.
- مرکز دایره المعارف بزرگ اسلامی، (۱۳۸۹)، (Http//www.Cgie.org.ir (2009/11/15))
- منشی قمی، قاضی میر احمد شرف الدین حسین، (۱۳۶۶)، گلستان هنر، به تصحیح و اهتمام احمد سهیلی خوانساری، کتابخانه منوچهری، تهران.
- وولف، هانس، (۱۳۸۴)، صنایع دستی کهن ایران، ترجمه سیروس ابراهیم زاده، تهران: شرکت انتشارات- علمی و فرهنگی، چاپ دوم.
- هلاکویی، پرویز، (۱۳۸۷)، فن شناسی و آسیب شناسی لایه چینی تزئینات برخی از بناهای دوره صفوی اصفهان (عالی قاپو، چهل ستون و هشت بهشت)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر تهران.

- Derrick, M., (1999), *Infrared spectroscopy in conservation science*, Getty conservation institute, Los Angeles.
- Duran, A., Perez-Rodriguez, J. L., (2008), *Degradation of gold and false golds used as gilding in the - cultural heritage of Andalusia, Spain*, Journal of cultural heritage, Vol. 9, pp: 184-188.
- Edward, C., (2000), *Encyclopedia of furniture materials, trades and techniques*, United Kingdom : Cambridge university press.
- Hatchfield, P., Newman, R., (1991), *Ancient Egyptian gilding methods*, In *Gilded wood: conservation and history*, Deborah Bigelow, Madison: Sound View Press.
- Oddy, A., (1981), *Gilding through the ages*, Gold Bulletin, Vol. 14, (2).
- Stodulski, L., Farrel, E., Newman, R., (1984), *Identification of ancient Persian pigments from Persepolis and Pasargadae*, Studies in conservation, Vol.29, pp: 143-154.
- Rivers, S., Umney, N., (2003), *Conservation of furniture*, Butterworth- Heinemann, Oxford.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

بکارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران

فاطمه مهدی زاده سراج* فرهاد تهرانی** نیما ولی بیگ***

چکیده

برای ساختن یک بنا از نخستین گام‌ها تا مراحل پایانی، همواره نیازمند دانش هندسه هستیم. امروزه استفاده از ابزارهای بسیار دقیق که خود بر پایه دانش ریاضیات و هندسه ساخته شده است، در تمامی امور ساختمانی رواج دارد. یکی از پرسش‌های متداول در معماری گذشته، چگونگی اجرای تناسبات و تقسیم بندی‌ها در معماری سنتی، بدون داشتن ابزار امروزی است. در گذشته، پیاده سازی فرم و اندازه‌های ساختمان با استفاده از دانش هندسه انجام می‌گرفت که خود بنیان کنترل ساختمان از لحاظ زیبایی و ایستایی را بر عهده داشت. بکارگیری مثلث هنجار با استفاده از ابزار ساده و در دسترس معماران، ساختاری بود که کاربردهای گوناگونی داشت؛ مانند جذر گرفتن یا مجذور کردن اعداد و تقسیم بندی خطوط، که از ارکان هندسه عملی است. از آغاز پیاده سازی نقشه‌ها، تا ترسیم گره چینی‌های هندسی، معمار همواره با تقسیم بندی خطوط سروکار دارد. دانش مثلث هنجار، بر پایه مفاهیم ساده هندسی قابل درک برای معماران و هنرمندان بنیاد گذاشته شده است و ساختار آن به گونه‌ای است که با ابزار معماری و در ابعاد ساختمانی با دقت تمام قابل اجرا است. با تسلط معماران بر این روش، کلیه تقسیم بندی‌ها در ابعاد کوچک در تزیینات وابسته به معماری و در ابعاد بزرگ در تقسیم بندی‌های زمین بنا و پیاده سازی قوس‌های تاق‌ها و تویزه‌ها به سادگی و با دقت قابل انجام خواهد بود. روش‌های دیگری نیز برای تقسیم بندی وجود دارد که یا دقت لازم را نداشته یا در ابعاد و اندازه‌های معماری و با وسایل ساده معماری پاسخ گو نیستند. به کارگیری مثلث هنجار در انجام اعمال هندسی بالا در این مقاله برای نخستین بار معرفی می‌شود. بدین گونه، افزون بر روشن شدن ضرورت شناخت هندسه برای معماران، گوشه‌ای از توانمندی معماران ایرانی در دانش هندسه آشکار می‌گردد.

کلید واژه‌ها: هندسه عملی و نظری، مثلث هنجار، تقسیم بندی خطوط، تناسبات

* استادیار دانشگاه علم و صنعت تهران.

** دانشیار دانشگاه شهید بهشتی تهران.

*** دانشجوی دکترای مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان. n.valibeig@au.ac.ir & nima876@yahoo.com

مقدمه

در زمان‌های گذشته که هنوز معماری بر پایه دانش آکادمیک بنیاد نهاده نشده بود، پایداری ساختمان، فرم، تزئینات، ابعاد و اندازه‌های ساختمان و تناسب بین فرم و زیبایی بنا، بر اساس هندسه‌ای بود که از نسلی به نسل دیگر انتقال می‌یافت؛ این هندسه همواره از زبانی ساده و درخور فهم بهره می‌برد. هندسه‌ای که بسیار دقیق و دارای بنیان ریاضی استواری بود. یکی از این ساختارهای هندسی، مثلث‌های هنجار است. این ساختار، موارد کاربرد گسترده‌ای از ترسیم و اجرای پلان ساختمان، تا ترسیم و اجرای تزئیناتی همچون گره چینی و کار بندی دارد. شگفتی آنجا است که نگارندگان با تلاش‌های بسیاری به دنبال یافتن منابعی به زبان فارسی یا دیگر زبان‌ها بودند که در این باره نوشته شده باشد، اما پس از جستجوی فراوان در منابع متعدد و گفتگو با استادان رشته ریاضیات و معماران برجسته سنتی بدین نتیجه رسیدند که به رغم کاربرد فراوان این روش در طی چندین سده، امروزه در هیچ منبع نوشتاری یافت نشده و نیز استادکاران سنتی هم این روش را فراموش کرده‌اند. از آنجا که پژوهش‌های پیشین عمدتاً به تحلیل زیبایی‌شناسی تناسب و اندازه‌ها پرداخته‌اند، توانایی روش مثلث‌های هنجار در حل مسایل ریاضی مبتنی بر هندسه و همچنین مسایل عملی معماری امروز، آشکار نشده است. در این مقاله پس از معرفی هندسه و انواع آن، به اهمیت تناسب در معماری پرداخته و ضرورت تقسیم بندی‌ها ارائه خواهد شد. سپس با معرفی ساختار مثلث هنجار، به روش استفاده از آن پرداخته شده و با بررسی دقیق ساختار مثلث‌های هنجار، تناسب و اندازه گیری‌ها را از دیدگاه علم هندسه و ریاضیات مورد تحلیل قرار داده، و به کاربردهای عملی آن در معماری می‌پردازد. برای پاسخ به پرسش‌های مطرح شده، روش پژوهش بدین گونه بوده است که افزون بر گفتگو با استادکاران سنتی، بررسی‌های میدانی و مطالعه متون، به ویژه درس نامه‌های باقی‌مانده از زنده یاد استاد پیرنیا نیز مورد بررسی قرار گیرد. پس از اطلاعات بدست آمده که بسیار ناقص نیز بود، نگارندگان به تکمیل روش مثلث هنجار با اطلاعات ریاضی و هندسی پرداختند و سپس اقدام به تکمیل روابط کرده و سعی در اثبات فرمول‌ها به کمک قواعد هندسی و ریاضی کردند. شیوه عملی کار (هندسه عملی) نیازمند بررسی‌های بیشتری بود که با ترسیم‌های بسیار توسط نگارندگان و بدست آوردن روابط موجود بین خطوط، برطرف شد. لازم

به یادآوری است که این بخش از کار نیز مانند سایر بخش‌ها در هیچ منبع فارسی یا لاتین نیامده است.

پرسش‌های مطرح شده در مقاله که در پی پاسخ دادن به آنها بوده‌ایم، از این قرار است:

- ۱- هنر هندسه در نزد معماران و هنرمندان چه جایگاهی دارد؟
- ۲- چگونه هندسه عملی می‌تواند رابطه بین ابزار کار معماران و هنرمندان را با روابط دقیق ریاضی برقرار کند؟
- ۳- روابط موجود در مثلث هنجار، بر چه پایه و اساسی نهاده شده است؟
- ۴- شیوه استفاده عملی از مثلث هنجار چگونه است؟
- ۵- مزایا و کاربردهای مثلث هنجار در معماری و هنرهای وابسته چیست؟

هندسه و اندازه‌گیری در معماری ایرانی

واژه هندسه از ریشه اندازه، و هندسه معرب آن است (فره‌وشی، ۱۳۵۲: ۷۵). خوارزمی نیز این واژه را معرب اندازه می‌داند (آرین، ۱۳۸۴: ۹۳). المنجد هم این واژه را دارای ریشه فارسی می‌داند و آورده است که دانش آن از ایران به عربستان رفته است. وی همچنین ریشه کلمه مهندس را هنداژ فارسی آورده است (ابوالقاسمی، ۱۳۶۶: ۳۶۴). فره‌وشی این واژه را در زبان پهلوی هنداچک^۱ می‌داند (فره‌وشی، ۱۳۵۲: ۷۵). ریشه نخستین این واژه زامیگ پیمان^۲ بوده است، که واژه نخستین برابر نهاده زمین و واژه دوم برابر با اندازه است (مکنزی، ۱۳۸۸: ۱۶۹). در فرهنگ‌های دیگر نیز این واژه برابر با اندازه و شکل آمده است (خلف تبریزی، ۱۳۶۱: ۷۰۲؛ دهخدا ۱۳۷۷: ۲۳۵۵۹؛ معین ۱۳۶۰: ۳۲۵۸).

آرمان ریاضیدانان، شناخت دانشی است که در کتاب مجسطی بطلمیوس آمده و او نیز مبنای برهان‌های خود را بر پایه هندسه و شکل گذاشته است (بوزجانی، ۱۳۶۹: ۲۰ و ۲۱). جایگاه هندسه آنچنان پر اهمیت بود که تنها معماران برجسته و مقنی‌های دانشمند را مهندس می‌خواندند (ابوالقاسمی ۱۳۸۵: ۳۵۹). کاربرد هندسه در ساخت پوشش‌های معماری آشکارتر می‌شود، آنچنان که برای پیاده کردن قالب تویزه‌ها نیاز به ریسمان و اندازه‌گذاری است که آن هم مستلزم آگاهی از دانش هندسه است (حلی، ۱۳۶۵: ۵۳). آثار شاخص معماری نیز مگر به یاری دانش هندسه پدید نیامده‌اند (شفایی، ۱۳۸۰: ۲). طراحی معماری نیز در قالب هندسه نمود می‌یابد (عمومی، ۱۳۸۷: ۱۵).



هجری می‌توان مثال زد که این نسبت به آسانی با یک روش هندسی و دانستن تناسبات، قابل پیاده کردن بوده است (هیلن براند ۱۳۸۵: ۱۴).

در هم آمیختگی هندسه و معماری

جایگاه دانش هندسه از دیر زمان در معماری کهن بدان اندازه بوده است که ابوالوفاء بوزجانی (۳۳۰-۳۸۰ ه. ق) در بغداد جلسات و کارگاه‌های عملی برگزار می‌کرد که نیمی از شرکت کنندگان آن، معمار و نیمی دیگر ریاضی دانان بودند. او در این جلسات بر ایجاد ارتباط بین هنر و ریاضی از راه به چالش کشیدن هنرمندان و ریاضی دانان با طرح مسایل مشترک تلاش می‌کرده است (بروک ۱۳۸۷: ۸). بررسی‌های برنارد اوکین (۱۳۸۴: ۷۹-۸۴) آشکار می‌کند که در طراحی ساختمان‌ها و پیاده کردن آن‌ها از دانش هندسه و سیستم‌های مقیاس شناسی و شبکه‌ها بهره می‌جستند. از سوی دیگر آنچنان این آمیختگی زیاد است که رساله‌ها و کتاب‌های گوناگونی نیز در این زمینه نوشته شده است، که از آن بین می‌توان به کتاب مفتاح الحساب از غیاث الدین جمشید کاشانی اشاره کرد که درباره اندازه گیری ابعاد و سطح و حجم در معماری است (کاشانی ۱۳۶۳: ۱۸). در تمامی مراحل تکوین اثر معماری، رابطه تنگاتنگی بین هندسه و نیارش دیده می‌شود (ابوالقاسمی ۱۳۸۵: ۳۶۶) یکی از مسایل بسیار متداول در معماری، کف سازی بنا یا کاشی کاری سطح بدنه می‌باشد که رابطه تنگاتنگی با هندسه دارد، به ویژه که بسیاری از آجرهای بناهای تاریخی ابعاد مربعی دارند. این همان مسئله مطرح در هندسه است که می‌گوید چگونه می‌توان یک مربع یا مستطیل را به تعدادی مربع کوچک‌تر تقسیم‌بندی کرد. بوزجانی نیز با روشی منحصر به فرد به حل این مسئله پرداخته است (قربانی، ۱۳۷۰: ۱۰۶). در پیاده سازی تاق‌ها و همچنین گوشه سازی‌ها نیز تأثیر اعداد و هندسه آشکار است (اوکین، ۱۳۸۴: ۷۱).

کاربرد هندسه در تزئینات وابسته به معماری

برنارد اوکین، تزئینات وابسته به معماری را چهار دسته کرده است که یکی از آنها تزئینات هندسی است (اوکین، ۱۳۸۴: ۱۵۰). البته نه تنها در تزئینات هندسی، که در سایر تزئینات نیز، جایگاه هندسه کاملاً آشکار است. در هنرهای تزئینی هم کاربرد هندسه آشکار است،

جایگاه تناسبات و اندازه گیری در شکل گیری طرح نهایی معماری

از نخستین روزهای پیدایش فلسفه یونان، اندیشمندان کوشیده‌اند در هنر یک قانون هندسی بیابند (رید، ۱۳۵۴: ۱۴۳). برای نمونه تناسب طلایی، کلیدی برای اسرار هنر در نظر گرفته می‌شده است و این ساختار نه تنها در تناسب طلایی، که در دیگر نسبت‌های هندسی نیز، پیوند ناگسستنی دانش هندسه و تناسبات را با هنر بیان می‌کرد (رید ۱۳۵۴: ۹-۱۱). شناخت تناسبات به گذشته‌های بسیار دور، حتی پیش از تاریخ می‌رسد (سعید، ۱۳۶۳: ۳۸). اندازه گیری در هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد در آرامگاه‌های سومری دیده می‌شود. در ساخت اهرام نیز اندازه گیری و روابط هندسی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است. در ادوار بعد نیز نقوش دارای ضوابط منطقی هستند که از هندسه برگرفته شده است (رجبی اصل، ۱۳۸۶: ۱۱۳). اهمیت تقسیم بندی و تناسبات را در بسیاری از بناها می‌توان دید، که از جمله، هاردی درباره آتشکده نیاسر بدان اشاره کرده است (گذار، ۱۳۷۵: ۱۵۳-۱۵۶).

در شهرسازی نیز می‌توان اهمیت بی‌مانندی را برای تقسیم بندی برشمرد، چنانکه دیتیریش هوف، تناسبات هندسی بسیار دقیقی را در شهر اردشیر خوره از دوره ساسانیان آورده است (کیانی، ۱۳۶۵: ۱۷۶-۲۰۴). جایگاه تناسبات تا اندازه‌ای است که لئون باتیستی آن را یکی از سه رکن زیبایی برمی‌شمرد (توسلی، ۱۳۸۳: ۷۸). در تقسیم یک خط به نسبت‌های طلایی، جایگاه هندسه خودنمایی می‌کند (شرف الدین، ۱۳۵۳: ۱۳). نه تنها تقسیم طلایی، که سایر نسبت‌های دیگر که هماهنگی‌های ریتمیک و زیبا در شکل‌ها پدید می‌آورند، همگی بر دانش هندسه استوارند (رید، ۱۳۵۴: ۱۱). بر مبنای دانش سنتی تناسبات، زیبایی به ذوق و سلیقه فردی بستگی ندارد و در برابر دیدگاه دانش تناسبات، شیوه‌های بی‌شمار و قواعد بسیار گسترده است (سعید، ۱۳۷۷: ۵۲). از سوی دیگر، می‌توان گفت مهم‌ترین وظیفه معمار، شناخت و تجسم نیروها در کالبد برابر ساختمان‌ها است که با اشراف به آن تناسبات و ابعاد، قسمت‌های پر و خالی را دقیقاً مشخص می‌کردند. هندسه راهنمای معمار در تأمین تناسبات و هماهنگی‌های اصولی بوده است (ابوالقاسمی، ۱۳۸۵: ۳۶۱). به کمک دانش کافی از هندسه در تناسبات، اعداد ویژه‌ای در طراحی بسیاری بناها بکار برده شده است، برای نمونه، جذر عدد ۲ را در طرح اندازی یک آرامگاه سامانی در قرن چهارم

چنانچه گره چینی را نیز هنر تقسیم بندی هندسی فضا می‌دانند (حصوری، ۱۳۸۵: ۱۳۳). رسم کار بندی نیز نیازمند تقسیم بندی‌های هندسی است (بزرگمهری، ۱۳۸۵: ۱۲). نه تنها در معماری، که در هنرهای وابسته به معماری، مانند گچ‌بری، آینه کاری و غیره، هنرمندان با بهره‌گیری از دانش هندسه آثار ارزنده‌ای را پدید آورده‌اند (شفایی، ۱۳۸۰: ۲). طرح‌های گره چینی نیز از اشکال هندسی مانند مثلث، لوزی و غیره استفاده می‌کنند که در همگی آن‌ها، قطعات سنگ، آجر، کاشی یا آینه را به صورت‌های هندسی می‌برند یا می‌تراشند (شفایی، ۱۳۸۰: ۵). در نیارش (استراکچر) بنا نیز اندازه‌ها با بهره‌گیری از تجاربی بدست آمده که طی سده‌ها از همیاری هندسه و تناسبات ممکن شده است (ابوالقاسمی، ۱۳۸۵: ۳۶۹).

هندسه نظری و عملی

بوزجانی دانش حساب را به دو بخش نظری و عملی دسته بندی کرده است. حساب نظری آن است که بر کاغذ از محاسبات آید و حساب عملی در محاسبه مالیات و صرافی‌ها و معاملات بکار می‌رود (قربانی و دیگران، ۱۳۷۱: ۲۰۳). به همین شیوه نیز، فارابی در احصاء العلوم، دانش ریاضی را به بخش‌های گوناگون تقسیم کرده است (تهرانی، ۱۳۷۲: ۲). آنچه به نام هندسه شناخته می‌شود، دو بخش است، هندسه نظری و هندسه عملی. هندسه نظری درباره‌ی خطوط و سطوح و احجام سخن می‌گوید، پس همان دانش هندسه بر روی کاغذ است. هندسه عملی درباره دانش هندسه روی چوب و فلز و آجر و دیگر محسوسات است (فارابی، ۱۳۸۱: ۷۷). از سوی دیگر، علم حیل، راه کاری است که هندسه نظری را بر محسوسات متکی می‌کند (فارابی، ۱۳۸۱: ۸۹).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های شناخت آثار تاریخی، پژوهش در هندسه و اشکال و دیگری هم چگونگی در انداختن این اشکال بر مصالح است (شماعی و دیگران، ۱۳۸۴: ۷۳) که باید قابل اندازه‌گیری باشند. از جمله بنیان‌های هر ساختاری، هندسه‌ی آن است که اندازه‌گیری را به دنبال خواهد داشت (فلامکی، ۱۳۸۷: ۱۵). نخستین بخش حیل هندسی، دانش معماری است (خدیو جم، ۱۳۸۷: ۸۹). آگاهی از الگوهای هندسی می‌تواند به شناخت بیشتر ما از معماری کمک برساند (تهرانی، ۱۳۷۲: ۱۵). باید میان آنچه از دانش هندسه در ذهن معمار شکل می‌گیرد (هندسه نظری) و آنچه که باید بر مصالح پیاده کرد (هندسه عملی) هماهنگی پدید آورد (علم حیل) به گفته، دیگر، باید این رشته گسسته

را بار دیگر پیوند زد (پیرنیا، ۱۳۶۹: ۷۶). در کاربرد عملی هندسه، گاه لازم می‌شود از برخی وسایل معمولی هندسه صرف‌نظر کرد. این وضع در هندسه نظری تأثیر گذاشته و موجب شده است کتاب‌های بسیار در این زمینه نوشته شود^۳. این پدیده نزد ایرانیان کهن بسیار پیش آمده است زیرا دارای معماری بسیار پیشرفته، مکانیک عملی و هنر ساختن ابزارهای نجومی بوده‌اند. یکی از روش‌های عملی کردن هندسه نظری، مسایلی است که در کتاب بوزجانی با نام ترسیم‌ها با یک بار گشایش پرگار آمده است. ویژگی آن‌ها سادگی و کوتاه بودن است (قربانی، ۱۳۷۰: ۱۰۰-۱۰۲).

ابزار کار معماران

استفاده از طناب یا ریسمان بجای پرگار، کهن‌ترین روش است که در مصر باستان برای پیاده کردن تناسبات و ترسیم‌ها معماری بکار می‌رفته است (سعید، ۱۳۷۷: ۱۲۹). طراحان به اصول هندسی کاملاً آشنا بودند. نقوشی که می‌آفریدند، از ترسیم‌ها هندسی اشکالی مانند دایره و مستطیل بدست می‌آمد و نه با محاسبات پیچیده (بروک، ۱۳۸۷: ۸). تنها ابزاری که پیشینیان در دسترس داشتند، ستاره (خط کش بدون اندازه) و پرگار بود که معماران در بسیاری جاها بجای آن، از ریسمان استفاده می‌کردند. ریسمان را رزه می‌نامیدند و گره خوردن و بریدن آن را بد می‌دانستند (پیرنیا، ۱۳۷۲: ۴۳). عموماً یک سر ریسمان به نقطه‌ای ثابت بود و سر دیگر آن به تکه چوبی وصل می‌شد. همان گونه که برای مقیاس‌های کوچک از ستاره و پرگار بهره‌می‌بردند، در مقیاس‌های بزرگ هم از ریسمان کمک می‌گرفتند (بروک، ۱۳۸۷: ۱۰ و ۱۱). بنایان ترجیح می‌دادند از پرگاری استفاده کنند که گشودگی آن ثابت باشد تا دقت نیز بیشتر شود.

مثلث‌های هنجار

هنجار به معنی روش و شیوه انجام کار می‌باشد که از فعل هنجیدن به معنای طرز کار و کشیدن آمده است و در لغت‌نامه‌ها به معنای راه و روش (خلف تبریزی، ۱۳۶۱: ۶۵۹)، جاده و راه (معین، ۱۳۶۰: ۳۲۴۱)، شیوه و قاعده (دهخدا، ۱۳۷۷: ۲۳۳۸۱) آمده است. واژه کهن هنجیدن که برابر با هیختن است، از زبان پهلوی برگرفته شده است که به معنای کشیدن آب بوده است (مکنزی، ۱۳۸۸: ۸۸). در لغت‌نامه دهخدا نیز معنی برکشیدن برای آن آمده است.



جدول ۱- معرفی بخش‌های مختلف در سیستم هنجار

نام بخش	نشانه	نام بخش	نشانه	شکل
پایه (کانون)	F1, F2	راسته (هج)	F2n	
دوال	AB	دیرک	CD	
پادیر	F1N	میان کش	F1F2	
هنجار	MF1+MF2	ماهار (دوبند)	F1D=F2D	
پیمانه	AF1=F2B			

ساختار مثلث هنجار

مثلث‌های هنجار، مثلث‌های قائم الزاویه ای هستند که بین اجزای آن‌ها روابط ویژه‌ای برقرار بوده و در بسیاری از کارهای معماری و هنرهای وابسته بدان بکار می‌رفته است. اجزای گوناگون این مثلث‌ها که عمدتاً در نیم بیضی ترسیم می‌شده‌اند، نام‌های خاصی دارند که در (جدول ۱) بدان‌ها اشاره شده است. کلیه نام‌ها از درس‌های استاد پیرنیا استفاده شده است.

روابط موجود در مثلث‌های هنجار^۵

برای پی‌گیری بخش‌های بعدی مقاله، جدول ۲ به گونه‌ای مختصرتر به معرفی اجزای مثلث هنجار می‌پردازد. در این مثلث‌ها افزون بر روابط معمول در مثلث قائم الزاویه، روابط ویژه‌ای دیگری نیز برقرار است. برای آشنا شدن با ساختار هنجار و شیوه کارکرد آن در آغاز، روابط هندسی بکار رفته در آن به همراه اثبات آن آورده شده است.

جدول ۲- معرفی اجزای مثلث هنجار

نام بخش	نشانه	شکل
راسته (هج)	a	
خفته (میان کش)	b	
چی (پادیر)	c	
پیمانه	d	

در معماری کهن ایران، به همه کارهایی که به تقسیم خط می‌انجامیده، هنجار می‌گفته‌اند (پیرنیا، ۱۳۶۴: ۱۲۵). دیده شد که طراحی پلان ساختمان، تا ساخت و پیاده کردن تزیینات بنا، همواره نیازمند دانش هندسه عملی است. معماران همواره در کار خود نیازمند به کار بردن روش‌های ساده‌ای بودند که با ابزار در دسترس و اولیه، قابل اجرا باشد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای هندسه، تناسب است: بسیاری از شیوه‌های تقسیم خط، تقریبی یا بسیار پیچیده هستند و قابلیت اجرای با ابزار معماری را ندارند. روش‌هایی هم وجود دارد که تنها می‌تواند یک خط را به سه یا چهار قسمت تقسیم کند.

مزایای استفاده از شیوه مثلث هنجار

- این شیوه منحصر به تقسیم بندی خاصی نیست.
- با ابزار ساده قابل انجام است
- در این روش تقریب و تخمین وجود ندارد.
- این ساختار، هم تقسیم بندی‌های زوج و هم تقسیم‌بندی‌های فرد را انجام می‌دهد
- این روش که تا پایان عصر قاجار نیز توسط معماران بسیار برجسته بکار می‌رفت، تنها در ایران رایج بوده است^۴ (پیرنیا، ۱۳۶۴: ۱۲۶).

• ابزار مثلث هنجار، افزون بر تقسیم خط، برای مجذور کردن، جذر گرفتن و نیز کارهای دیگر ریاضی، که جز با روش‌های دشوار ریاضی، راه حل دیگری ندارند، به آسانی توسط یک معمار بکار گرفته می‌شده است. این شیوه را می‌توان تحولی در هندسه و ریاضیات شرق، در زمینه عملی کردن هندسه نظری دانست که تا کنون در هیچ منبع نوشتاری، چه به فارسی و چه به لاتین، نیامده است.

رابطه اول، همان رابطه معروف فیثاغورث که در تمامی مثلث‌های قائم الزاویه برقرار است.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
اول	$a^2 + b^2 = c^2$	نخست	$a=2, b=1.5, c=2.5$	$4+2.25=6.25$
اول	$a^2 + b^2 = c^2$	دوم	$a=5, b=12, c=13$	$25+144=169$

رابطه دوم، که همواره مجموع وتر و ضلع بزرگ‌تر مثلث برابر است با توان دوم ضلع کوچکتر.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
دوم	$a^2 = b+c$	نخست	$a=2, b=1.5, c=2.5$	$4=1.5+2.5$
دوم	$a^2 = b+c$	دوم	$a=5, b=12, c=13$	$25=12+13$

رابطه سوم، برای بدست آوردن پیمانه (d) می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	محاسبه
سوم	$d=(a+c-b)/2$	نخست	$a=2, b=1.5, c=2.5$	$d=(2+2.5-1.5)/2=1.5$
سوم	$d=(a+c-b)/2$	دوم	$a=5, b=12, c=13$	$d=(5+13-12)/2=3$

رابطه چهارم، پیمانه (d)، به تعداد یک واحد کمتر از راسته (a) در درون میان کش (b) جای می‌گیرد. برای کنترل این رابطه ابتدا باید اندازه d را از رابطه سوم بدست آورد.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
چهارم	$b=(a-1) d$	نخست	$a=2, b=1.5, d=1.5$	$2.5=(2-1) 1.5$
چهارم	$b=(a-1) d$	دوم	$a=5, b=12, d=3$	$12=(5-1) 3$

رابطه پنجم، با افزودن یک واحد به میان کش (b)، پادیر (c) بدست می‌آید.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
پنجم	$c=b+1$	نخست	$b=1.5, c=2.5$	$2.5=1.5+1$
پنجم	$c=b+1$	دوم	$b=12, c=13$	$13=12+1$

رابطه ششم، تفاضل مربعات پادیر (c) و میان کش (b)، همواره یک عدد صحیح است.

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
ششم	$c^2 - b^2 = (n)^2$	نخست	$b=1.5, c=2.5$	$6.25 - 2.25 = (2)^2$
ششم	$c^2 - b^2 = (n)^2$	دوم	$b=12, c=13$	$169 - 144 = (5)^2$

رابطه هفتم، مجذور پیمانه (d) برابر است با نصف مجموع راسته (a) و پادیر (c).

رابطه	فرمول	نمونه	اعداد	کنترل
هفتم	$d^2 = (a+c)/2$	نخست	$a=2, c=2.5, d=1.5$	$2.25 = (2+2.5)/2$
هفتم	$d^2 = (a+c)/2$	دوم	$a=5, c=13, d=3$	$9 = (5+13)/2$

رابطه نهم، و دهم، دو سوی معادله برابر می شود:

$$d^2 = (a+c)/2, \quad c = (a^2+1)/2, \quad d = (a+1)/2$$

$$((a+1)/2)^2 = (a + ((a^2+1)/2))/2$$

$$(a^2 + 1 + 2a)/4 = (2a + a^2 + 1)/4$$

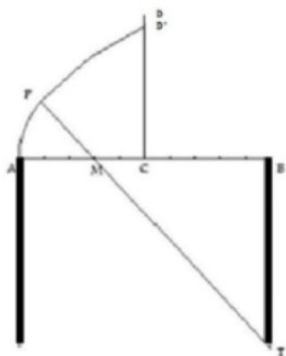
کاربردهای مثلث‌های هنجار

- تقسیم خط به چند بخش مساوی
- ترسیم چند ضلعی‌های منتظم

کاربردهای گفته شده در بالا، تنها بخشی از این دانش کهن است که امروزه بدست ما رسیده است. از بین این کاربردها، روش ترسیم چند ضلعی‌های منظم و مجذور کردن امروزه باقی نمانده و باید تلاش کرد در گام‌های بعدی به این راز فراموش شده نیز پی برد. در مطالعات میدانی انجام شده و گفتگو با استاد کاران سنتی، تنها چند تن از برجسته‌ترین آن‌ها، درباره روش‌های تقسیم بندی که از قول پدرانشان شنیده بودند، آگاهی کمی داشتند. زنده یاد استاد پیرنیا نیز این روش را در کودکی از استاد ملا محمد علی اردکانی -یکی از استادان برجسته معماری سنتی یزد- فرا گرفته و یادآوری می‌کند که تا زمان قاجار بسیاری از معماران از این شیوه برای تقسیم بندی خطوط استفاده می‌کرده اند (پیرنیا، ۱۳۶۴: ۱۲۷).

کاربرد تقسیم خطوط

یکی از کاربردی‌ترین استفاده‌های مثلث‌های هنجار، تقسیم بندی خطوط است. در گذشته در معماری، برای تقسیم یک خط، روش‌های ویژه‌ای را دنبال می‌کردند که توان اجرایی با ابزار ساده معماری را داشته باشد. تقسیم بندی خطوط، هم در معماری و هم در هنرهای وابسته بدان، جایگاه پر اهمیتی دارد، برای نمونه در معماری در ترسیم قوس‌های بکار رفته در تاق‌ها و تویزه‌ها و گنبدها، همواره باید دهانه تاق را به اندازه مشخصی تقسیم کرد؛ مانند ۳ واحد یا ۵ واحد (تصویر ۱).



تصویر ۱. ترسیم چفد پنج و
هفت پرگاری

اثبات روابط مثلث‌های هنجار

روابطی که در مثلث‌های هنجار برقرار است، از دو رابطه اول و پنجم بدست می‌آید. رابطه اول، همان قضیه فیثاغورث است و در تمامی مثلث‌های قائم الزاویه برقرار است، رابطه پنجم هم فرضی است که بر اساس آن مثلث‌های هنجار تعریف می‌شود، و در تمامی آن‌ها برقرار است. رابطه چهارم و ششم نیز از ویژگی‌های اصلی مثلث هنجار می‌باشد که در تمامی مثلث‌ها برقرار است. به گفته دیگر، سایر فرمول‌ها با استفاده از فرضیات مثلث هنجار و رابطه فیثاغورث ثابت می‌شوند. روابط دیگر به شکل زیر اثبات می‌شوند:

پیش از اثبات رابطه‌ها، اندازه b و c با داشتن a بدست می‌آید. با در نظر گرفتن رابطه اول و پنجم، رابطه هشتم بدست خواهد آمد:

رابطه هشتم

$$a^2 + b^2 = c^2, C = b + 1$$

$$a^2 + b^2 = (b+1)^2$$

$$b = (a^2 - 1) / 2$$

سپیس برای C هم بدست خواهد آمد:

رابطه نهم

$$c = b + 1, b = (a^2 - 1) / 2$$

$$c = (a^2 + 1) / 2$$

با توجه به رابطه چهارم، در هر مثلث هنجار، پیمانۀ باید به اندازه یک واحد کمتر از راسته در میان کش جا شود و همچنین با توجه به رابطه هشتم، رابطه زیر میان راسته و پیمانۀ بدست می‌آید:

رابطه دهم

$$d = (a+1) / 2$$

رابطه ۴ و رابطه ۸

همچنین از رابطه سوم که برای پیمانه برقرار است، برای تقسیم خط به اندازه های مساوی استفاده می کنند. این رابطه نشان می دهد که اگر در ریسمان به اندازه ی $a+c$ جدا، و سپس مقدار b از آن کم شود، اندازه بدست آمده دو برابر پیمانه خواهد شد. کافی است ریسمان را دو لا کرد تا اندازه ی دقیق پیمانه بدست آید.

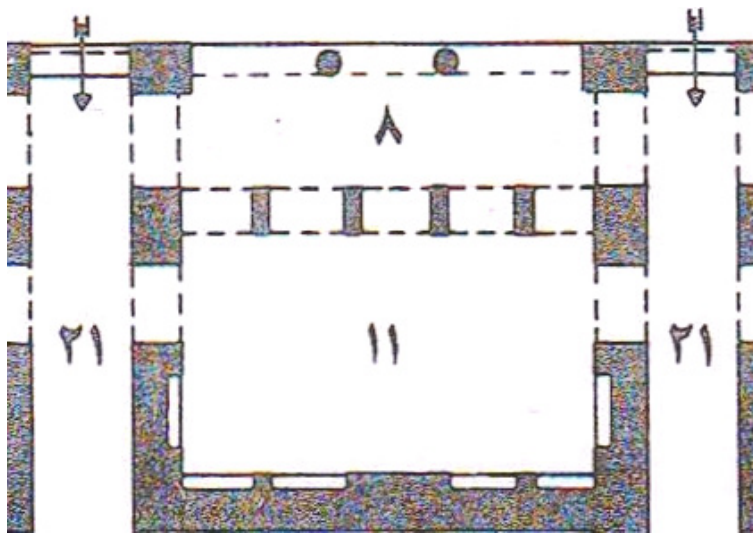
برای اثبات رابطه سوم، با قرار دادن مقادیر c و b از رابطه هشتم و نهم، دو سوی معادله برابر می‌شود.

$$d=(c+a-b)/2, \quad c=(a^2+1)/2, \quad b=(a^2-1)/2$$

$$d = ((a^2+1)/2) + a - (a^2-1)/2 \bigg/ 2$$

$$d = (a^2 + 1 + 2a - a^2 + 1)/4 \quad d = (a+1)/2$$

که این همان رابطه دهم است که در بخش قبلی بدان اشاره شد. برای اثبات رابطه هفتم، با قرار دادن مقادیر c, d از



تصویر ۲. پلان یک اتاق پنج دری با راهروهای کناری

تقسیم بندی‌ها در گره چینی‌ها و همچنین در کار بندی‌ها دیده می‌شود (تصویر ۳ و ۴)

شیوه‌های تقسیم خط

تقسیم یک خط به دو یا چهار یا هشت قسمت کار ساده‌ای بود؛ ریسمانی را به اندازه خط مورد نظر باز کرده، آنگاه آن را دولا، چهار لا یا هشت لا می‌کردند و به آسانی یک دوم یا یک چهارم یا یک هشتم خط مورد نظر را

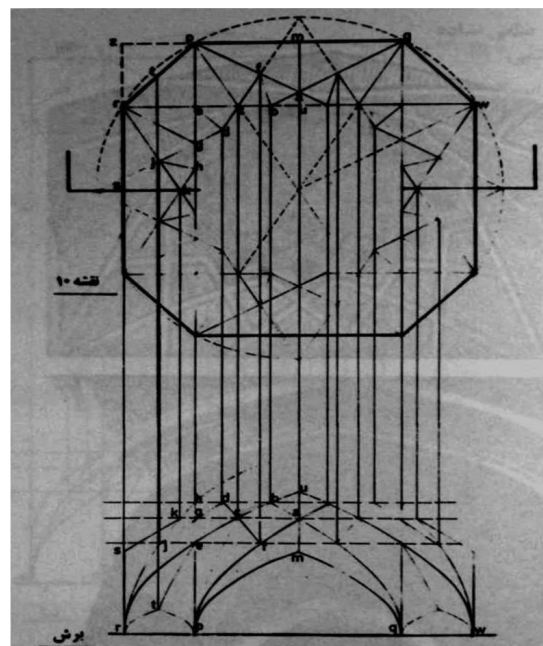
در این تقسیم بندی باید از ابزاری مانند ریسمان استفاده کرد که در دهانه‌ی ۴ یا ۵ متری تا قی توان پیاده سازی داشته باشد.

کاربرد دیگر استفاده از تقسیم بندی خطوط را می‌توان در پیاده کردن ابعاد اتاق‌ها برای نمونه در سه دری‌ها و پنج دری‌ها دانست که باید طول یا عرض اتاق به یک اندازه مشخص تقسیم می شده است (تصویر ۲).

کاربرد دیگر مثلث‌های هنجار در تقسیم بندی‌هایی است که در هنرهای وابسته به معماری بکار می‌رود. نمونه این



تصویر ۳ و ۴. کاربرد تقسیم بندی خطوط و تناسبات در کار بندی و گره چینی (در هر دو شکل اضلاع به نسبت‌های مشخصی تقسیم و سپس بقیه خطوط با استفاده از این تقسیم بندی‌های بدست آمده ترسیم و به یکدیگر متصل می‌شده‌اند).



بدست می‌آورد و یا آن را از لیست جدول‌های مثلث هنجار (جدول ۳) می‌یافتند. لازم به ذکر است که این جدول را اکثر معماران به دلیل کثرت استفاده از بر هستند. به هر روی استفاده از هر دو روش بسیار ساده است.

یکی از نکات بسیار مهم، چگونگی بدست آوردن b, c با ریسمان است. برای این کار نیز به هندسه روی می‌آوردند و چون معماران خط کش در دسترس نداشتند و اگر داشتند مستقیم می‌توانستند همان خط اولیه را تقسیم بندی کنند، پس در اینجا نیز با شگردی جالب این مشکل را نیز حل کردند کافی است به رابطه زیر نگاه کرد:

$$c = (a^2 + 1) / 2, b = (a^2 - 1) / 2 \quad b+c = a^2$$

پس کافی بود معمار، اندازه a^2 را داشته باشد. برای این کار معمار ریسمان دیگری بر می‌داشت و به تعداد n بار روی ریسمان اولیه (راسته) می‌کشید. مثلاً اگر ریسمان اولیه را ۳ واحد در نظر گرفته بود، کافی بود ۳ بار روی آن جدا کند تا اندازه ۹ یا همان اندازه a^2 بدست می‌آید و دیگر نیازی به اندازه b, c نبود، زیرا با ریسمانی به اندازه a^2 می‌توانست $b + c$ را داشته باشد. با ریسمان مورد نظر و ریسمانی که قبلاً بین دو میخ روی زمین بسته شده بود، مثلثی قائم الزاویه ساخته می‌شد (پدید آوردن مثلث قائم الزاویه و کنترل زاویه قائمه آن نیز، با یک ریسمان دیگر که ۳ و ۴ و ۵ را با آن اندازه می‌گرفت، انجام می‌شد)، اکنون هر سه ضلع را داشت و خود به خود a, b, c را بدست می‌آورد. گام دوم کار هم، روایت عملی شده همان هندسه نظری است. اگر یک ریسمان پیوسته در نظر گرفته شود که به نسبت‌های a, b, c به میخ‌هایی که بر روی زمین کوبانده شده، بسته شده باشد، کافی است میخ بالا از زمین درآید (میخ B) و سپس ریسمان به سمت راست کشیده شود. اندازه بخشی از ریسمان که باز است، برابر با $a + c$ است. اگر روی قاعده خوابانده شود (قرار گیرد) و به راست کشیده شود، به اندازه b ریسمان روی هم می‌افتد و ادامه آن دولا روی سمت راست میان کش روی زمین می‌افتد. این یعنی $2d$ را جدا می‌کند (رابطه ۳). کافی است اندازه $2d$ بر روی یک ریسمان دیگر جدا شود.

سپس سر ریسمان $2d$ روی نقطه پایین راسته گذاشته،

بدست می‌آوردند. اما کار برای تقسیم بندی به سه یا پنج یا هفت و نه، نیازمند مهارت بوده است. اگر می‌توانستند خط را به سه یا پنج قسمت تقسیم کنند، دیگر به آسانی می‌شد با دولا کردن ریسمان، شش یا ده قسمت را هم به سادگی بدست آورند. از دیگر مزیت‌های روش مثلث هنجار این است که برای تقسیم یک خط به دو، چهار یا هشت قسمت و یا به اعداد فرد و یا به اعدادی مانند شش یا ده قسمت، تنها با یک بار تقسیم کردن خط به اندازه مورد نظر، کار انجام می‌گرفت. برای اعداد بیش از ده قسمت هم این روش پاسخ می‌دهد، ولی در معماری و هنرهای وابسته کمتر نیاز به تقسیم یک خط به تعداد بیش از ده قسمت پیش می‌آید.

روش علمی کار با مثلث هنجار (هندسه نظری)

برای اینکه یک خط به n قسمت تقسیم شود، مراحل زیر باید پیموده شود:

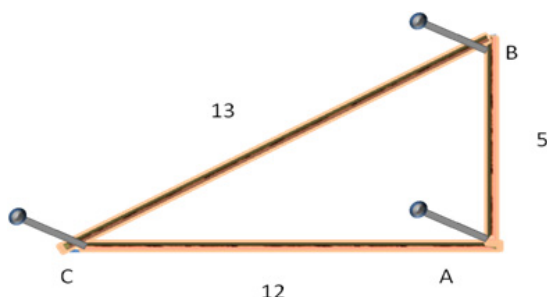
ابتدا a برابر n (تعداد تقسیم بعدی‌ها) انتخاب می‌شود و سپس a, b, c, d با روابط ۸ و ۹ و ۱۰ بدست می‌آید. کافی است مثلثی به ابعاد a, b, c, d ترسیم شود تا پیمان به رابطه دهم بدست آید. اگر اندازه دو برابر پیمان از راسته کم شود، یک واحد از تقسیم بندی مورد نظر بدست می‌آید. یعنی $a/1$ از a بدست می‌آید که همان مقدار مطلوب است. یعنی خط به اندازه‌های مورد نظر تقسیم شده است.

شیوه عملی کار برای معماران و هنرمندان (هندسه عملی)

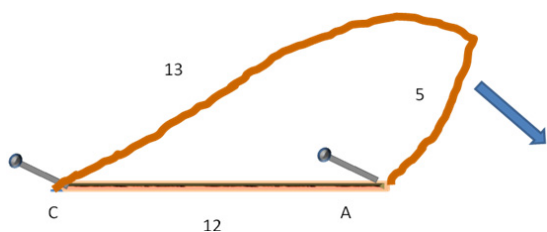
راهکار عملی ساده برای پیاده کردن هندسه نظری مورد نظر در تقسیم بندی را هندسه عملی گویند و روش اجرای آن، همان علم حیل است. چگونگی تقسیم خط به اندازه مورد نظر، توسط معماران بدین گونه است که اگر می‌خواستند خطی را به n قسمت تقسیم کنند، در آغاز ریسمانی به اندازه‌ی آن خط جدا می‌کردند دو میخ روی زمین به اندازه ریسمان کوبیده می‌شد و ریسمان را بدان می‌بستند. فرض می‌کردند این خط n قسمت است. این خط را راسته می‌نامند. سپس b, c را با رابطه ۸ و ۹

جدول ۳- معرفی اضلاع مثلث‌های هنجار مورد استفاده در معماری و هنرهای وابسته به آن

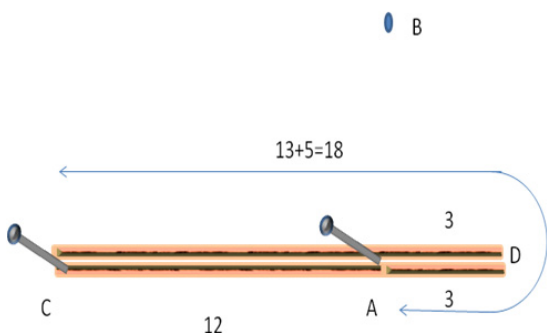
a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
b	1.5	4	7.5	12	17.5	24	31.5	40	49.5	60
c	2.5	5	8.5	13	18.5	25	32.5	41	50.5	61



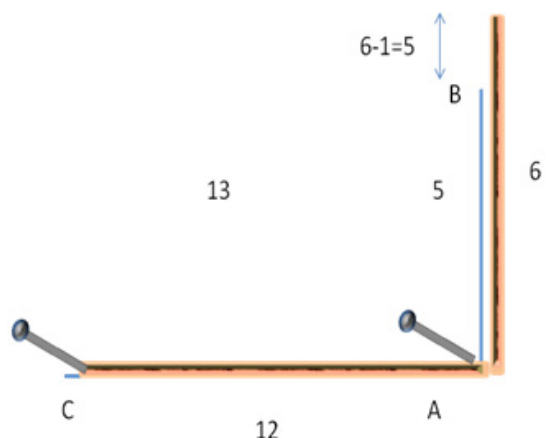
تصویر ۵. با ریسمان خط اولیه (خط AB) و سپس مثلث هنجار بر پایه آن بر سه میخ بسته می‌شود.



تصویر ۶. میخ در B بیرون کشیده می‌شود و ریسمان به سمت راست و پایین کشیده می‌شود.



تصویر ۷. ریسمان کاملاً روی خط افقی جای می‌گیرد



تصویر ۸. بخش علامت گذاری شده را از میخ A به سمت بالا می‌کشیم

و به بالا کشیده می‌شود. با توجه به رابطه ۱۰ خواهیم داشت:

$$2d=a+1$$

یعنی ریسمان به اندازه $1+a$ است. به عبارت دیگر ریسمان به اندازه ۱ واحد از راسته بلندتر است. کافی است این اندازه روی ریسمان علامت گذاشته شود. چون در آغاز فرض شد ریسمان به اندازه n واحد است، پس اکنون یک واحد از آن، یعنی همان $n/1$ بدست آمده است. با این اندازه می‌توان راسته را که به اندازه a واحد است، به بخش‌هایی به اندازه $a/1$ تقسیم کرد.

بسیار بندرت پیش می‌آید لازم شود یک خط را به اندازه‌های نامساوی تقسیم کنند، ولی برای این کار باید برای هر تقسیم بندی، برای نمونه $n/1$ و $m/1$ ، یک‌بار خط را به n قسمت و یک‌بار هم به m قسمت تقسیم کرد. معماران به دلیل از بر بودن (جدول ۳)، این کار را در زمان کوتاهی انجام می‌دادند.

نمونه عملی تقسیم بندی خط

در اینجا برای مثالی عملی، روند تقسیم یک خط به ۵ قسمت، به گونه‌ای که معماران و هنرمندان انجام می‌دادند و به شیوه کاملاً عملی آورده می‌شود.

ابتدا ریسمانی به اندازه خطی که قرار است پنج قسمت شود، علامت گذاری می‌گردد (خط AB). سپس ادامه ریسمان، پنج برابر خط مورد نظر جدا می‌گردد (۲۵ واحد) که همان ۱۲+۱۳ است (ریسمان پنج بار روی خط مفروض اولیه کشیده می‌شود). سپس با این قطعه ریسمان و بخش AB یک مثلث قائم الزاویه ساخته شده و دو سر ریسمان در نقطه B گره زده می‌شود (تصویر ۵).

سپس میخ B بیرون آورده شده و ریسمان به سمت پایین و راست کشیده می‌شود (تصویر ۶).

طول آزاد ریسمان $5+13$ یا ۱۸ واحد است که وقتی به سمت پایین و راست خوابانده می‌شود، ۱۲ واحد آن روی AC جای گرفته و ادامه‌ی ریسمان $13-12$ (واحد) که برابر با ۱ واحد است روی ریسمان علامت گذاری می‌شود (تصویر ۷). اکنون ریسمان اندازه گذاری شده به اندازه ۶ واحد را کنار خط اولیه AB گذاشته و روی خط علامتی هم پایه B گذاشته می‌شود تا یک واحد بالای آن جدا شود، که در واقع پاسخ مسئله می‌باشد (تصویر ۸).

به گفته دیگر، این $5/1$ خطی است که ۵ واحد در نظر گرفته شده بود. به همین روش تمام تقسیم بندی‌های دیگر نیز قابل انجام خواهند بود.

نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین مسایل معماری در مراحل طراحی و اجرا، تقسیم‌بندی خطوط است. تقسیم‌بندی خطوط از مراحل نخستین شکل‌گیری پلان، تا تزیینات بکار رفته در ساختمان مورد استفاده می‌باشد. روش‌های بسیاری برای تقسیم‌بندی خطوط وجود دارد که بیشتر آن‌ها تقریبی، یا روش‌هایی هستند که به ابزار دقیق نیاز دارند، ابزارهایی که در همه شرایط در دسترس معمار یا هنرمند نیست. برخی روش‌ها نیز، نیازمند کارهای پیچیده ریاضی‌اند. در ضمن روش‌هایی هم وجود دارند که تنها یک خط را برای نمونه به ۳ قسمت تقسیم می‌کنند و برای تقسیم کردن آن به ۷ قسمت، باید از روش دیگری استفاده کرد. روش مثلث هنجار برای تمامی تقسیم‌بندی‌های زوج و فرد پاسخگو است و به ابزار بسیار ساده‌ای همچون ریسمان و میخ نیاز دارد که در دسترس همه بوده و بسیاری کاربردهای دیگر هم دارد؛ مانند به توان رساندن اعداد یا جذر گرفتن و کاربردهای بسیار دیگر که نیازمند جستار دیگری است. روش مثلث هنجار، بر مبنای هندسه عملی و کارا برای معماران، دروگران و سایر هنرمندان است که به خوبی کاربرد و تطبیق دانش هندسه را با ابزار هنرمند، بدون تقریب و خطا بیان می‌کند. در این مقاله جایگاه هندسه در نزد معماران و هنرمندان بررسی و ثابت شد که معماران گذشته، با آشنایی با دانش هندسه و نیز توانمندی در عملی کردن روابط هندسی، در پی هم خوان کردن روش‌های هندسه نظری با ابزار خود بودند.

پی‌نوشت

1. Handachak

2. Zamig-peymaneh

۳- لازم به یاد آوری است برای نمونه، در کتب هندسی قدیمی، موارد بسیاری مطرح شده است که مسایل هندسی را تنها با خط کش حل می‌کردند و یا از پرگاری استفاده می‌شده است که دهانه آن غیر قابل تغییر- برای جلوگیری از پدید آمدن خطا در هندسه عملی در ترسیمات- بوده است. در برخی مسائل نیز از نقاله بعنوان یک وسیله هندسی معمول، استفاده نمی‌شده است، زیرا ساخت و کاربرد آن در هندسه عملی به سادگی امکان پذیر نبوده است.

۴- در سایر کشورها همچون یونان که معماری شاخص و برجسته دارند، برای تقسیم‌بندی خطوط، بجای بکار بردن دانش هندسه، بیشتر از ریاضیات استفاده می‌کردند، بدین گونه که طول خط را اندازه گرفته و عدد بدست آمده را به اندازه‌ی مشخص تقسیم می‌کردند. برای مطالعه بیشتر می‌توان به منابعی از جمله GEOMETRY OF CONSTRUCTION کار بسیار ارزشمند NICHOLLS اشاره کرد که از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۹ توسط انتشارات DONHEAD چندین بار به چاپ رسیده است. فصل نخست کتاب درباره تقسیم‌بندی‌ها و همچنین ترسیم چند ضلعی‌ها است.

۵- فرمول‌بندی و مباحث ریاضی کل مقاله، توسط نگارندگان برای نخستین بار انجام شده است. این فرمول‌ها بر پایه‌ی روش کارهای عملی مطرح شده از سوی استادکاران و بویژه نظرات زنده یاد استاد پیرنیا بنیان گذاشته شده است.

منابع

- آرین، منوچهر، (۱۳۸۴)، نگاهی دیگر به برج‌ها، میراث فرهنگی، تهران.
- ابوالقاسمی، لطیف، (۱۳۸۵)، هنجار شکل‌یابی در معماری اسلامی/ایران، به کوشش محمد یوسف کیانی، سمت، تهران.
- بوزجانی، ابوالوفاء محمد بن محمد، (۱۳۶۹)، هندسه ایرانی، برگردان سید علیرضا جذبی، سروش، تهران.
- سعید، عصام و پرمان، آیشه، (۱۳۷۷)، نقش‌های هندسی در هنر اسلامی، برگردان مسعود رجب‌نیا، سروش، تهران.
- اوکین، برنارد، (۱۳۸۴)، معماری تیموری در خراسان، ترجمه علی آخشینی، بنیاد پژوهش‌های اسلامی، تهران.
- بروک، اریک، (۱۳۸۷)، نقوش هندسی در هنر سلامی، ترجمه بهروز ذبیحیان، مازیار، تهران.
- بزرگمهری، زهره و محمد کریم پیرنیا، (۱۳۸۵)، هندسه در معماری، سبحان نور، تهران.
- پیرنیا، محمد کریم، (۱۳۶۰)، کاربندی، هندسه در معماری ایران، به کوشش زهره بزرگمهری، مجله اثرش ۶، تهران.

- پیرنیا، محمد کریم، (۱۳۶۴)، معماری ایرانی، درس‌های سازمان حفاظت آثار باستانی، به کوشش مهندس امیر حسین رأیتی مقدم.
- پیرنیا، محمد کریم، (۱۳۶۹)، درس‌نامه معماری اسلامی ۱، دانشگاه تهران، تهران.
- پیرنیا، محمد کریم، (۱۳۷۰)، درس‌نامه معماری اسلامی ۲، دانشگاه تهران، تهران.
- توسلی، محمود، (۱۳۸۳)، هنر هندسه، پویایی اشکال و احجام، پیام، تهران.
- تهرانی، فرهاد، (۱۳۷۲)، درس‌نامه شناخت اهداف معمار اسلامی در بیان جمال، دانشکده معماری و شهرسازی بهشتی، تهران.
- تهرانی، فرهاد، (۱۳۷۱)، ورای هندسه تاغ و گنبد، مجله صفا، دانشگاه شهید بهشتی، شماره ۶-۸، پاییز و زمستان.
- حصوری، علی، (۱۳۸۵)، مبانی طراحی سنتی در ایران، چشمه، تهران.
- حلی، اکبر، (۱۳۶۵)، گره‌ها و قوس‌ها در معماری ایران، بی‌نا، بی‌جا.
- خلف تبریزی، محمد حسین، (۱۳۶۱)، برهان قاطع، امیرکبیر، تهران.
- دهخدا، علی اکبر، (۱۳۷۷)، لغت‌نامه، دانشگاه تهران، تهران.
- رجبی الاصل، موسی، (۱۳۸۱)، نقش و رنگ در بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی، میراث فرهنگی، تهران.
- رید، هربرت، (۱۳۵۴)، معنی هنر، ترجمه نجف دریا بندری، شرکت سهامی کتاب‌های جیبی، تهران.
- شرف‌الدین، احمد، (۱۳۵۳)، چند مسئله مشهور هندسه، کتاب‌های سیمرغ، تهران.
- شفایی، جواد، (۱۳۸۰)، هنر گره سازی در معماری و درودگری، انجمن آثار و مفاخر، تهران.
- شماعتی، علی، پور احمد، احمد، (۱۳۸۴)، بهسازی و نوسازی شهری از دیدگاه علم جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.
- عمومی، محمد، (۱۳۸۷)، معماری الگو نظم، خاک، تهران.
- فارابی، ابوالنصر محمد، (۱۳۸۱)، احصاء العلوم، برگردان حسین خدیو جم، علمی و فرهنگی، تهران.
- فره‌وشی، بهرام، (۱۳۵۲)، فرهنگ پهلوی، دانشگاه تهران، تهران.
- فلامکی، منصور، (۱۳۸۷)، تکنولوژی مرمت معماری، فضا، تهران.
- قربانی، ابوالقاسم، (۱۳۷۰)، نسوی‌نامه، موسسه مطالعات و تحقیقات فرهنگی، تهران.
- قربانی، ابوالقاسم، شیخان، محمد علی، (۱۳۷۱)، بوزجانی‌نامه، علمی و فرهنگی، تهران.
- کیانی، محمد یوسف، (۱۳۶۵)، نظری اجمالی به شهرسازی و شهرنشینی در ایران، میراث فرهنگی، تهران.
- گذار، آندره، سیرو، ماکسیم، گذار، یدا، (۱۳۷۵)، آثار ایران، ترجمه ابوالحسن سروقد مقدم، آستان قدس رضوی، تهران.
- معین، محمد، (۱۳۶۰)، فرهنگ فارسی، امیرکبیر، تهران.
- مکنزی، دیوید نیل، (۱۳۸۸)، فرهنگ کوچک زبان پهلوی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران.
- هیلن براند، روبرت، (۱۳۸۵)، معماری اسلامی پیروزی شکل و رنگ، ترجمه باقر آیت الله زاده شیرازی، روزنه، تهران.



تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

مقایسه نانو مواد هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید منیزیم در

اسیدزدایی چوب‌های خشک تاریخی به روش غوطه‌وری

معصومه دیداری* حمید فرهنگد بروجنی** عباس عابد اصفهانی***

چکیده

ایران با توجه به تمدن کهن خود، آثار تاریخی و فرهنگی بسیار زیادی دارد. در بین این آثار ارزشمند که نیازمند تدابیر نگهداشتی ویژه است، اشیاء چوبی فراوان دیده می‌شود، چوب که ماده‌ای ناپایدار است، نیازمند نگهداشت دقیق است اسیدی شدن از جمله آسیب‌هایی است که باعث تخریب چوب می‌شود. در این پژوهش سعی شده با استفاده از فناوری جدید نانو (با توجه به ابعاد و ویژگی‌های نانو مواد) و با رعایت اصول نگهداشتی، راهکار مرمتی کارآمد و به روزی برای اسیدزدایی چوبینه‌های تاریخی ارائه شود.

نمونه چوب آزمایشی در این پروژه یک نمونه چوب مطالعاتی قدیمی مربوط به اوایل قرن دهم هجری (با pH حدود ۳/۹۸) است. چوب مذکور در قطعات هم اندازه برش خورد و با محلول نانو مواد هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید منیزیم، به شیوه غوطه‌وری اسید زدایی شد. پس از بررسی نتایج به دست آمده از آزمایش‌های اسیدزدایی، مشخص شد درمان با نانو ذرات هیدروکسید منیزیم، خنثی سازی بهتری را در پی دارد، زیرا، عمق نفوذ بیشتر و یکنواخت‌تری دارد، ذخیره قلیایی مناسبی بر جا می‌گذارد و چوب را در برابر آسیب‌های آتی مقاوم‌تر می‌کند.

کلید واژه‌ها: چوب، محافظت، اسید زدایی، نانو تکنولوژی، سلولز، هیدروکسید کلسیم، هیدروکسید منیزیم

m_didari26@yahoo.com

* کارشناس ارشد مرمت آثار تاریخی.

farahmandhamid@gmail.com

** دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی، عضو هیأت علمی دانشگاه هنر اصفهان.

*** دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی دانشگاه هنر اصفهان، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.

abedesfahani@gmail.com

مقدمه

چوب به عنوان یک ماده ارزشمند و یکی از موهبت‌هایی که به سهولت در دسترس انسان قرار داده شده به لحاظ افزار خوری و شکل‌پذیری آسان و قابلیت تبدیل به انواع فرآورده‌ها، در همه اعصار، مزیتی چشمگیر بر سایر مواد جامد داشته است.

چوب دارای تنوع وسیعی از نظر بافت، رنگ و چگالی است. در مقایسه با فولاد هم وزنش، مقدار بار بیشتری را تحمل می‌کند. برخلاف بسیاری از مواد دیگر، در برابر مواد شیمیایی ضعیف (رقیق) مقاوم، و عایق الکتریسیته و گرما است چوب بر خلاف این خصوصیات خوب و پر شمار، می‌سوزد و می‌تواند در معرض حمله حشرات، قارچ‌ها و جانوران حفار دریایی^۱ قرار گیرد. بر اثر تغییرات رطوبت محیط، هم کشیده و واکشیده می‌شود و مقاومت آن در برابر نیروها در تمامی جهات یکسان نیست. چوب به لحاظ ساختار ویژه، مانند کلیه مواد آلی می‌تواند به آسانی تحت تاثیر عوامل مختلف و مخرب بیوتیک و آبیوتیک، تخریب گردد. (ویلیکینسون، ۱۳۸۶: ۱۰-۱۴)

امروزه با استفاده از فناوری روز می‌توان معایب چوب را بر طرف و آن را اصلاح کرد. از جمله ویژگی‌هایی که با استفاده از فناوری نانو افزایش می‌یابد، پایداری در برابر رطوبت، پرتو فرابنفش، فساد میکروبی و انواع ویژگی‌های ظاهری از قبیل سختی و مقاومت در برابر آتش است. امکان‌های جدید برای غلبه بر ویژگی‌هایی از چوب که موجب نامرغوبی آن می‌شود عبارتند از: نفوذپذیری در برابر رطوبت، پوسیدگی میکروبی، پوسیدگی در اثر دما، انواع جدیدی از چسب‌ها و روکش‌های سطحی با مقاومت افزایش یافته برای شرایط متفاوت رطوبتی و آب و هوایی، با استفاده از فناوری نانو ساخته شده‌است. چوب و کامپوزیت‌های چوبی، به ویژه در مصارف بیرونی، اغلب در معرض تهاجمات باکتریایی مانند لکه‌های آبی، کپک‌ها و قارچ‌های نابود کننده چوب قرار دارند. جلوگیری از تماس باکتری‌ها با سطح چوب می‌تواند روش مناسبی برای به حداقل رساندن تکثیر کلونی‌های میکروبی و یا تشکیل کپک در چوب باشد. اصلاح سطح چوب با استفاده از نانو ذرات سیلیکا، تکثیر باکتری‌ها و کلونی‌های قارچ‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

امروزه فناوری‌های نوین و نوظهور نوید بخش روش‌های درمانی و حفاظتی کارآمد و موثر در مرمت آثار تاریخی هستند. ویژگی بارز این فناوری‌ها وابستگی آنها به علم روز

است و کاربری آنها در حوزه‌های مختلف، از جمله حفاظت از میراث فرهنگی، به خلاقیت و وسعت دانش و توانایی متخصصان این حوزه منوط است. از جمله این فناوری‌ها، نانو فناوری است که توانایی بدست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانو متری (ملکولی) و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های این دست از مواد، ابزارها و سیستم‌های نوین است. امروزه چشم‌انداز روشنی برای استفاده از قابلیت‌های این فناوری در حوزه حفاظت از میراث فرهنگی وجود دارد" (عطاری، ۱۳۸۷: ۲۰).

نانو تکنولوژی

نانونتکنولوژی عنوانی است که برای اولین بار توسط دکتر اریک درکسلر در سال ۱۹۸۶ در کتاب موتورهای آفرینش به کار برده شد. نانونتکنولوژی به مجموعه اقدام‌هایی اطلاق می‌گردد که با آن می‌توان تا با شناخت دقیق ماهیت مواد، ساختار و خواص آنها، به دقت کنترل شگفت‌آوری دست یافت. مقیاس نانو به مقیاس اتم‌ها و مولکول‌ها نزدیک است، پس می‌توان گفت نانو تکنولوژی عبارت است از فناوری در سطوح اتم‌ها، مولکول‌ها، و ابر مولکول‌ها در محدوده یک تا ۱۰۰ نانومتر (سلیمی، ۱۳۸۷).

مشخص نیست برای اولین بار چه زمانی از مواد نانو ساینز استفاده شده است. مشهور است که در قرن چهارم میلادی شیشه‌سازان رومی، شیشه‌هایی حاوی فلزات نانو ساینز می‌ساختند. یک محصول مصنوع از این دوره، جام لیکورگوس است که در موزه بریتانیا نگهداری می‌شود.

این جام که صحنه مرگ پادشاه لیکورگوس را در بردارد، از شیشه‌های آهکی کربنات سدیم ساخته شده و حاوی نانو ذرات طلا و نقره است. وقتی که منبع نور داخل این جام قرار گیرد، رنگ جام از سبز به قرمز پر رنگ تغییر می‌کند. تنوع فوق العاده رنگ‌های زیبا در پنجره‌های کلیساهای قرون وسطی، بدلیل وجود نانو ذرات فلزی در این شیشه‌ها بوده است (پی پول و دیگران، ۱۳۸۵: ۶-۲۶).

تلالو سرخ و طلائی کاشی‌های زرین فام ایرانی نیز به دلیل پی‌بردن به خواص برخی مواد در مقیاس نانومتری و استفاده هوشیارانه از آن در تزئینات کاشی بوده است. اخیراً ثابت شده که تلالو طلائی در کاشی‌های زرین فام، به دلیل استفاده از نانو ذرات نقره و تلالو سرخ، مربوط به نانو ذرات مس در لعاب کاشی است، که سرانجام سبب پیدایش اثرات کروماتیکی مختلف در این سفال‌ها می‌شده است (کریمی، ۱۳۸۶: ۳۲).

در فرآیند ارائه یک پیشنهاد درمانی، هدف، پیدا کردن



سلولز می‌شود. با این همه، مکانیسم‌های اصلی تجزیه را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد: واکنش هیدرولیز، واکنش اکسیداسیون، واکنش اتصال عرضی، که هیدرولیز کاتالیز شده با عوامل اسیدی مهم‌ترین عامل تجزیه سلولز است. نتیجه حاصل از واکنش‌های ذکر شده، شکسته شدن و تجزیه زنجیرهای سلولزی و سرانجام دپلیمریزاسیون سلولز است که کاهش مقاومت فیزیکی الیاف را می‌توان به آن نسبت داد (دهقانی، ۱۳۸۷).

اسیدزدایی

اسیدزدایی به عنوان یک عمل مرمتی - حفاظتی و به معنای بالا بردن pH و زدودن حالت اسیدی و نیز مقاوم کردن شیء ضعیف شده در برابر عوامل مخرب است. "اسید، کاتالیزور تخریب هیدرولیزی مولکول‌های پلیمر سلولز است که طول زنجیر آن را کاهش می‌دهد. حتی یک شکست کوچک زنجیر برای هر مولکول سبب کاهش قابل توجه خواص فیزیکی می‌شود. قلیاهای ضعیف غلظت اسید و میزان واکنش‌های هیدرولیز اسیدی را کاهش می‌دهند" (Kohler, 2008). "درمان قلیایی سلولز سبب جلوگیری از کاهش درجه پلیمریزاسیون و بهبود اتصال‌های عرضی می‌شود" (Toth et al, 2003: 513-515). باید دقت کرد که در پروسه اسید زدایی نباید از قلیاهای قوی و یا از مدت زمان طولانی جهت اسیدزدایی استفاده کرد، زیرا "اسید زدایی قوی می‌تواند به خاطر شکستن حلقه گلوکز بدون آب در زنجیره سلولز، فرآیند تخریب را سرعت بخشد" (Bicchieri et al, 2006: 1186-1192). ساختمان کریستالی سلولز با قلیاهای قوی تخریب می‌شود که طی آن، ماده قلیایی سبب واکنش‌دهی شده و ساختمان سلولز را به طور غیر قابل بازگشتی تخریب می‌کند.

آزمایش‌ها

برای بررسی تاثیر عوامل قلیایی در اندازه نانو، در چوب‌های خشک تاریخی، تاثیر روش اسید زدایی غیر آبی، دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و منیزیم با یکدیگر، و نیز با روش‌های معمول اسید زدایی غیر آبی آمونیاک و هیدروکسید باریم مقایسه شد. در اینجا از هیدروکسیدهای قلیایی فلزی استفاده شد زیرا هیدروکسیدهای قلیایی فلزی سبب افزایش چگالی، افزایش پایداری در برابر عوامل مخرب شیمیایی، افزایش مقاومت کششی، استحکام بیشتر، صاف و هموار شدن الیاف سلولزی می‌شوند.

و استفاده موثر از مواد هماهنگ با مواد اولیه شیء یا بنای درمان شده است، چرا که برگشت پذیری درمان به تنهایی کافی نیست، بلکه موادی که در فرآیند درمان مورد استفاده قرار می‌گیرند باید با مواد سازنده هماهنگی داشته باشند و خود، چه در فرآیند استفاده و درمان اثر و چه در زمانی که به اقتضای نیاز اثر، باید زدوده شود، موجب ایجاد آسیب نشود. رمز حیات، قابلیت باز درمانی است. بنابر این استفاده از روشهایی با چنین خصوصیتی در تداوم حیات یک اثر تاریخی و هنری همواره لازم است.

از آنجا که هر اثر تاریخی و هنری، منحصر به فرد شمرده می‌شود، راه حل‌های درمان و حفاظت از آن نیز مخصوص به خود آن است و لزوماً قابل تعمیم به مواد دیگر نیست. پس داشتن یک متدولوژی روشن برای شناخت مشکلات اثر و ارزیابی قابلیت گزینه‌های موجود برای درمان آن، و نیز فراهم کردن شرایطی که در آن بتوان سرعت مکانیسم تخریب طبیعی و غیر قابل اجتناب اثر را که سرانجام موجب نابودی مواد سازنده آن می‌شود کند کرد، بهترین اقدام ممکن است (عطاری، ۱۳۸۷: ۲۰).

سلولز و چگونگی تخریب آن

چوب به عنوان ماده خام آلی ناهمگن، از عناصر اصلی کربن، اکسیژن، نیتروژن و ترکیبات سفیده‌ای تشکیل شده است. از این عناصر اصلی، اتصالات شیمیایی با ترکیبات مختلف تولید می‌شود که ترکیبات اصلی و جانبی چوب را تشکیل می‌دهند. از ترکیبات اصلی می‌توان هولو سلولز و لیگنین، و از ترکیبات جانبی می‌توان چربی، روغن، موم، صمغ، نشاسته، قند، مواد معدنی، تانن و رنگ و نیز آلکالوئید را نام برد (عنایتی، ۱۳۸۵: ۱۶-۱۵). هولو سلولزها در واقع شامل سلولز و پلی اوز هستند (عنایتی، ۱۳۸۵: ۱۷). سلولز فراوان‌ترین ماده آلی در سطح زمین است که در تمام گیاهان خشکی و به صورت فیبری وجود دارد. مقدار سلولز در چوب نرمال تقریباً ثابت است، 2 ± 42 درصد (اف سو، ۱۳۸۶: ۸۲). گذشت زمان سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی الیاف سلولزی می‌شود که عموماً "کهنگی طبیعی"^۲ نامیده می‌شود.

فرآیند کهنه شدن، همان تجزیه و تخریب سلولز در طول زمان است. علل این تجزیه و تخریب که ناشی از فرآیند بازیابی الیاف سلولز و یا ناشی از محیط است، متعدد بوده و عبارت است از: دما، نور، رطوبت، آلودگی‌های محیطی، زیست مخرب‌ها، ناخالصی‌ها، مواد اضافی و غیره. هر یک از این عوامل ذکر شده به گونه‌ای سبب تجزیه و تخریب

برای اسیدزدایی از شیوه‌های مختلف می‌توان استفاده کرد که در اینجا شیوه غوطه‌وری با مدت زمان ۳ روز مورد آزمایش قرار گرفت.

۱. آماده‌سازی نمونه‌ها

"پیش‌بینی زندگی واقعی از روی نتایج آزمایشگاهی کار آسانی نیست و افزون بر این، باید در نظر داشت که این گونه آزمایش‌ها در سامانه‌های کاملاً بسته‌ای انجام می‌شود که صرفاً تحت تاثیر یک یا دو عامل است. این شکاف بزرگ بین دانش و دنیای واقعی، تاثیراتی مهم بر جای گذاشته است. معمولاً دانشمند باید بین نمونه‌های دنیای واقعی و نمونه‌های استاندارد آزمایشگاهی یکی را برگزیند. نتایجی که از گروه اول به دست می‌آید بندرت تکرار پذیر است، اما دسته دوم نتایج تکرارپذیری در اختیار می‌گذارد که به راحتی نمی‌توان آن را به اشیای نگاهداشتی تکرار نشدنی واقعی نسبت داد" (میونز ویناس، ۱۳۸۸).

در گام اول باید نمونه آزمایشی تهیه و آماده‌سازی شود، که برای آن، نمونه از چوب مورد نظر تهیه و به طور مصنوعی پیر سازی، و سپس مواد مختلف روی آن آزموده و مقایسه می‌شود. برای اینکه نتیجه بهتری به دست‌آید، از یک تکه نمونه چوب قدیمی مطالعاتی استفاده شد که بر اساس نظر کارشناسان، از روی شواهد فن شناسی اثر، مربوط به اوایل قرن دهم هجری بود آزمایش گونه‌شناسی انجام، و نوع چوب چنار تشخیص داده شد. بر روی این تکه چوب "طبق یک روش استاندارد" (Gindle et al, 2002: 3209). تست اندازه گیری pH انجام شد. pH بدست آمده حدود ۳/۹۸ بود که این رقم نشان‌دهنده یک میزان اسیدیته بالا برای این نمونه بود. برای انجام آزمون‌ها قطعه چوب قدیمی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با اندازه‌های مساوی برش خورد و قطعات نمونه آماده شدند.

۲. سنتز نانو ذرات هیدروکسید کلسیم

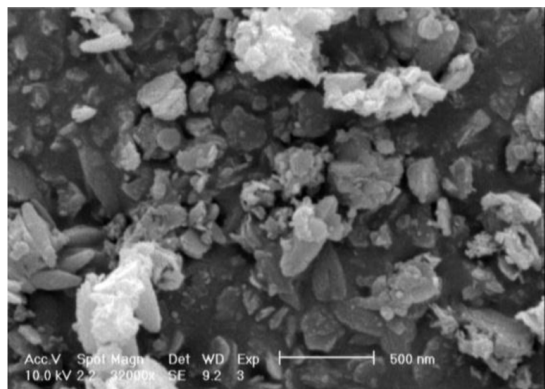
برای سنتز نانو ذرات هیدروکسید کلسیم از روش پلی ال^۳ استفاده شد، بدین ترتیب که ابتدا پودر H_2O_2 .CaCl₂ در اتیلن گلیکول در دمای ۹۰ °C حل شد. سپس محلول آبی NaOH به عنوان عامل رسوب دهنده تهیه شد. ابتدا محلول H_2O_2 .CaCl₂ و اتیلن گلیکول در بالن ته صافی ریخته، روی هیتر همزن قرار داده، در حین حرارت توسط مگنت به شدت هم‌زده شد. زمانی که دمای محلول به حدود ۹۰ درجه سلیسیوس رسید، محلول آبی NaOH با دمای ۰ °C

۸ درجه سلیسیوس به صورت قطره قطره به آن افزوده شد. در طول واکنش، اکسیژن محیط توسط گاز ازت حذف می‌شد، طی واکنش سعی شد دما از ۹۰ درجه سلیسیوس پایین تر نیاید، زیرا دمای واکنش یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر روی اندازه، خواص و ویژگی‌های نانو ذرات است. پس از پایان واکنش، محصول واکنش ۵ دقیقه در دمای ۹۰ درجه به شدت به هم‌زده، یا در واقع ۵ دقیقه پیر سازی شد. عواملی مانند دمای واکنش، غلظت واکنش‌گرها، نسبت مولار، اندازه قطرات، فاصله زمانی بین قطرات و زمان پیر سازی بر روی اندازه، شکل و خواص نانو ذرات بسیار موثر هستند.

پس از ته نشین شدن محصول واکنش، محلول رویی دور ریخته، و رسوب باقیمانده، در پنج نوبت با آب مقطر شسته و سانتریفوژ شد تا محصولات فرعی و اتیلن گلیکول آن جدا شود. پس از آن رسوب حاصله در دستگاه اولتراسونیک لخته زدایی شد و سپس رسوب به دست آمده به مدت ۶ ساعت در آون در دمای ۱۲۰ °C قرار گرفت (Salvadori et al, 2001: 2371).



تصویر ۱. نانو ذرات سنتز شده (نگارنده)



تصویر ۲. تصویر SEM نانو ذرات $Ca(OH)_2$ (با بزرگنمایی ۳۲۰۰۰ برابر، مشخصات دستگاه SEM: philips XL2۰، نوع: FE-SEM، محل آزمایش: اصفهان)

نانومواد (دیسپرسیون الکلی نانو هیدروکسید کلسیم و منیزیم) مقایسه شدند. همزمان محلول‌های ماکرو (هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید منیزیم) نیز با آنها مقایسه شد در این پروژه اسیدزدایی به روش غوطه‌وری انجام شد.

۵. آزمون اسیدزدایی

محلول‌های ساخته شده که pH آنها بین ۱۰/۶ تا ۱۱ بود (pH محلول هیدروکسید منیزیم بالاتر از ۱۰/۶ نمی‌رود) بر روی نمونه چوب‌های آزمون به کار برده شدند. در این آزمون از روش غوطه‌وری به دو صورت انجام شد، به این ترتیب که یک نمونه بصورت کامل در محلول اسیدزداد غوطه‌ور و از نمونه دیگر چوب، فقط قسمت ابتدایی آن (۱/۳ ابتدایی نمونه چوب) در محلول قرار داده شد.

در این مقایسه ۶ محلول با pH بین ۱۰/۶ تا ۱۱ انتخاب شدند (محلول آمونیاک - متانول، محلول هیدروکسید باریم - متانول، محلول آبی هیدروکسید کلسیم، محلول آبی هیدروکسید منیزیم، دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید منیزیم). سپس نمونه‌ها در این مواد به مدت ۳ روز (Giorgi et al, 2006) به دو شیوه غوطه‌وری کامل و غوطه‌وری ۱/۳ ارتفاع، قرار داده شدند. برای مقایسه میزان نفوذ این مواد و تغییر pH در عمق‌های مختلف، نمونه‌ها از وسط برش داده شدند و در فضاهای: سطح تا ۱ میلی متری زیر سطح - ۱ تا ۳ میلی متری زیر سطح - ۴ تا ۶ میلی متری زیر سطح - ۷ تا ۹ میلی متری زیر سطح - ۹ تا ۱۱ میلی متری زیر سطح - ۱۵ تا ۱۶ میلی متری زیر سطح و بیشتر از ۱۶ میلی متری زیر سطح با pH متر دیجیتالی pH سنجی شد، که نتایج آن در جدول‌های زیر آمده است. برای اینکه میزان عمق نفوذ بهتر تشخیص داده شود، ۳ نمونه انتخاب، و از فضاهای مختلف زیر سطح آنها تصویر SEM گرفته شد:

بعد از خشک شدن رسوب حاصله، برای تشخیص اندازه ذرات رسوب، از آن تصویر SEM گرفته شد، که در آن ذرات بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر دیده شدند (که تصویر SEM آن با بزرگنمایی ۳۲۰۰۰ برابر در ذیل آمده است).

۳. تهیه نانو ذرات هیدروکسید منیزیم

نانو ذرات هیدروکسید منیزیم برای آزمایش، به صورت پودر از شرکت سیگما آلد ریچ امریکا خریداری شد. مشخصات پودر نانو هیدروکسید منیزیم عبارت است از: CASBO9 - 42 - 8Mg(OH)2 ; FW58.33 mp350c; d2,36 Nanopowder; <100 nm 99.9% metalsbasis Product of USA

۴. محلول‌های اسیدزدا

موادی که قرار بود نسبت به یکدیگر مقایسه شوند عبارت بودند از: آمونیاک - هیدروکسید باریم - هیدروکسید کلسیم - هیدروکسید منیزیم - نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و نانو ذرات هیدروکسید منیزیم، که محلول‌های آنها ساخته شد. برای اسیدزدایی چوب، نمی‌توان از قلیاهایی با pH بالا استفاده کرد. زیرا "قلیاهای با pH > ۱۲ سبب تخریب شدید الیاف سلولزی می‌شوند" (www.cmu.edu/acrc/alkaline - damag. html).

در ساخت محلول‌ها وجه اشتراک بین آنها، pH تقریباً یکسان آنها در نظر گرفته شد.

عموماً هیدروکسید باریم و آمونیاک به صورت محلول‌های غیرآبی، مانند آمونیاک - متانول و هیدروکسید باریم - متانول استفاده می‌شوند. در این آزمون محلول‌های غیرآبی اسیدزدای معمول (آمونیاک و هیدروکسید باریم) با

جدول ۱. محلول آمونیاک - متانول

روش	سطح تا ۱ میلی‌متر pH	۱ تا ۳ میلی‌متر pH	۳ تا ۶ میلی‌متر pH	۶ تا ۹ میلی‌متر pH	۹ تا ۱۱ میلی‌متر pH	۱۱ تا ۱۵ میلی‌متر pH	بیش از ۱۵ میلی‌متر pH
غوطه‌وری کامل	۷/۹۰	۷/۲۰	۶/۰۷	۵/۴۸	۴/۷۳	۴/۱۰	۳/۹۸
غوطه‌وری ۱/۳	۷/۸۷	۷/۱۷	۵/۶۴	۵/۲۰	۴/۳۶	۴/۰۳	۳/۹۸

جدول ۲. محلول باریم - متانول

روش	سطح تا ۱ میلیتر pH	۳ تا ۱ میلیتر pH	۴ تا ۶ میلیتر pH	۷ تا ۹ میلیتر pH	۹ تا ۱۳ میلیتر pH	۱۵ تا ۱۶ میلیتر pH	بیش از ۱۵ میلیتر pH
غوطه وری کامل	۷ / ۸۹	۷ / ۳۲	۶ / ۶۴	۶ / ۴۷	۵ / ۳۱	۴ / ۱۰	۳ / ۹۸
غوطه وری ۱/۳	۷ / ۹۲	۷ / ۵۰	۶ / ۸۹	۶ / ۰۷	۵ / ۱۵	۴ / ۰۱	۳ / ۹۸

جدول ۳. محلول آبی هیدروکسید کلسیم

روش	سطح تا ۱ میلیتر pH	۳ تا ۱ میلیتر pH	۴ تا ۶ میلیتر pH	۷ تا ۹ میلیتر pH	۹ تا ۱۳ میلیتر pH	۱۵ تا ۱۶ میلیتر pH	بیش از ۱۵ میلیتر pH
غوطه وری کامل	۷ / ۲۶	۶ / ۹۷	۵ / ۲۴	۵ / ۱۴	۴ / ۸۱	۴ / ۰۴	۳ / ۹۸
غوطه وری ۱/۳	۷ / ۱۸	۶ / ۸۲	۵ / ۰۹	۴ / ۳۴	۴ / ۱۹	۳ / ۹۸	۳ / ۹۸

جدول ۴. محلول آبی هیدروکسید منیزیم

روش	سطح تا ۱ میلیتر pH	۳ تا ۱ میلیتر pH	۴ تا ۶ میلیتر pH	۷ تا ۹ میلیتر pH	۹ تا ۱۳ میلیتر pH	۱۵ تا ۱۶ میلیتر pH	بیش از ۱۵ میلیتر pH
غوطه وری کامل	۷ / ۸۷	۷ / ۸۰	۶ / ۶۰	۶ / ۳۵	۵ / ۲۳	۴ / ۱۳	۳ / ۹۸
غوطه وری ۱/۳	۷ / ۸۰	۷ / ۶۵	۶ / ۴۱	۵ / ۹۷	۵	۴	۳ / ۹۸

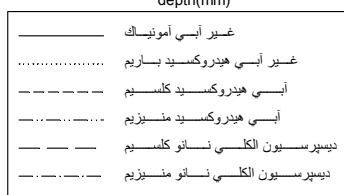
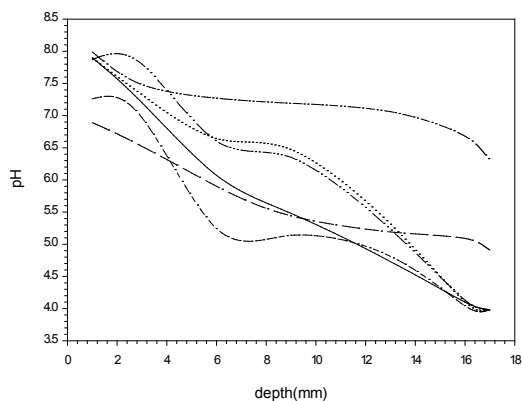
جدول ۵. دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم

روش	سطح تا ۱ میلیتر pH	۳ تا ۱ میلیتر pH	۴ تا ۶ میلیتر pH	۷ تا ۹ میلیتر pH	۹ تا ۱۳ میلیتر pH	۱۵ تا ۱۶ میلیتر pH	بیش از ۱۵ میلیتر pH
غوطه وری کامل	۶ / ۸۹	۶ / ۵۲	۵ / ۹۰	۵ / ۴۴	۵ / ۱۹	۵ / ۰۹	۴ / ۹۱
غوطه وری ۱/۳	۶ / ۹۳	۶ / ۴۹	۵ / ۴۵	۵ / ۲۹	۵	۴ / ۸۷	۴ / ۳۰

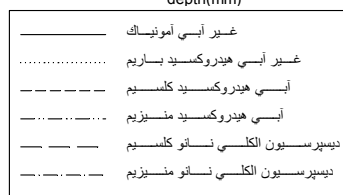
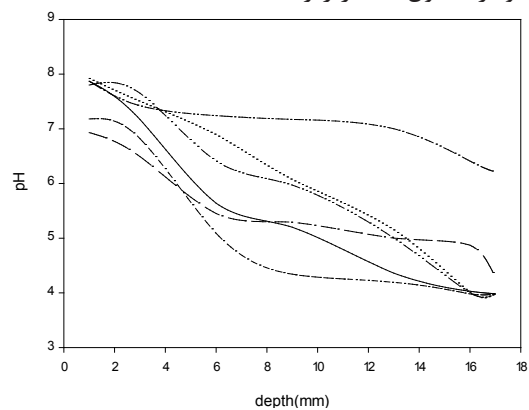
جدول ۶. دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید منیزیم

روش	سطح تا ۱ میلیتر pH	۳ تا ۱ میلیتر pH	۴ تا ۶ میلیتر pH	۷ تا ۹ میلیتر pH	۹ تا ۱۳ میلیتر pH	۱۵ تا ۱۶ میلیتر pH	بیش از ۱۵ میلیتر pH
غوطه وری کامل	۷ / ۹۹	۷ / ۴۸	۷ / ۲۷	۷ / ۱۹	۷ / ۰۶	۶ / ۶۸	۶ / ۳۱
غوطه وری ۱/۳	۷ / ۸۷	۷ / ۴۲	۷ / ۲۴	۷ / ۱۷	۷	۶ / ۴۱	۶ / ۲۱

نمودار جداول بالا در زیر آمده است:



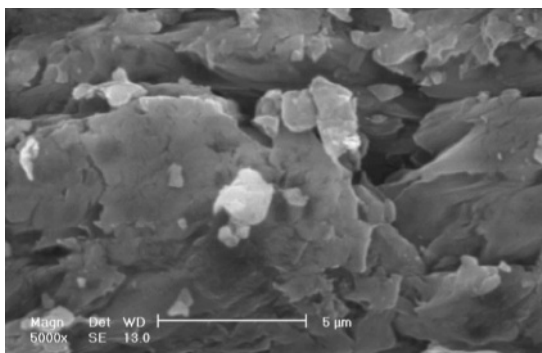
نمودار ۲. مقایسه روش غوطه وری کامل در همه مواد



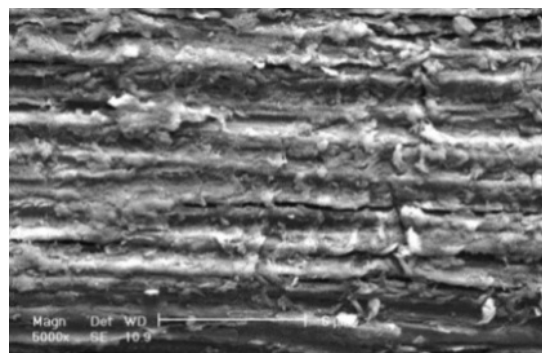
نمودار ۱. مقایسه روش غوطه وری ۱/۳ در همه مواد

نمونه C ← نمونه اسید زدایی شده با دیسپرسیون الکلی
نانو ذرات هیدروکسید کلسیم
نمونه D ← نمونه اسید زدایی شده با دیسپرسیون الکلی
نانو ذرات هیدروکسید منیزیم

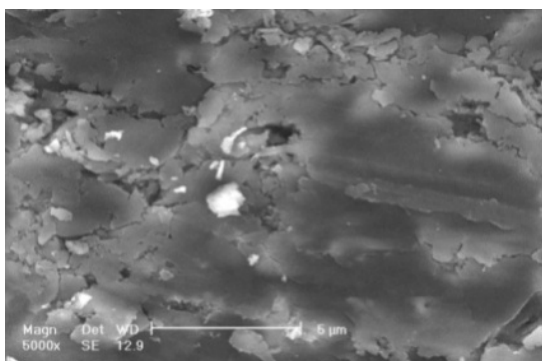
نمونه A ← نمونه شاهد
نمونه B ← نمونه اسید زدایی شده با محلول هیدروکسید
باریم - متانول



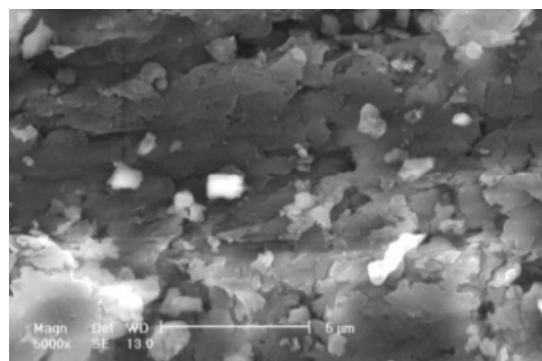
نمونه B ۱



نمونه A ۱

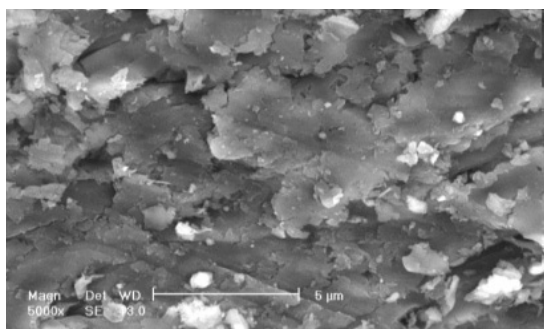


نمونه D ۱

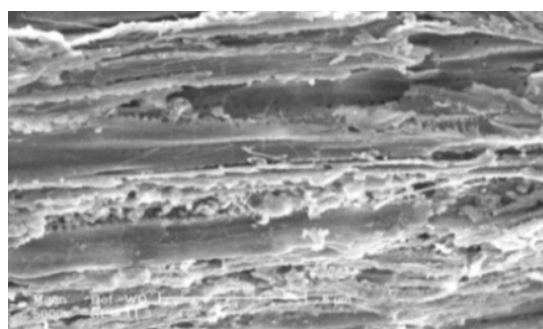


نمونه C ۱

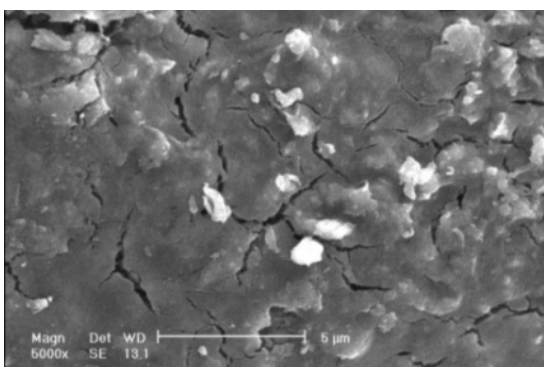
تصویر ۳. تصویر SEM نمونه‌ها از ۲ میلیمتری زیر سطح (با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، مشخصات دستگاه SEM: philips XL20، نوع: FE-SEM، محل آزمایش: اصفهان)



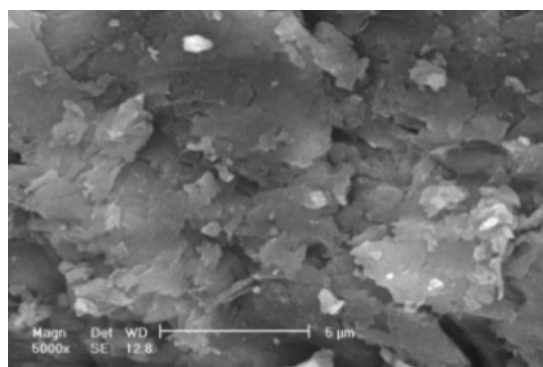
نمونه B۲



نمونه A۲

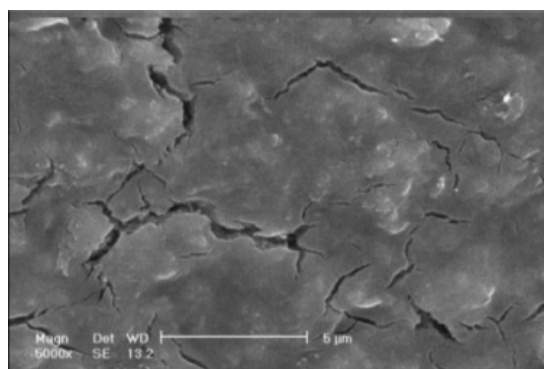


نمونه D۲

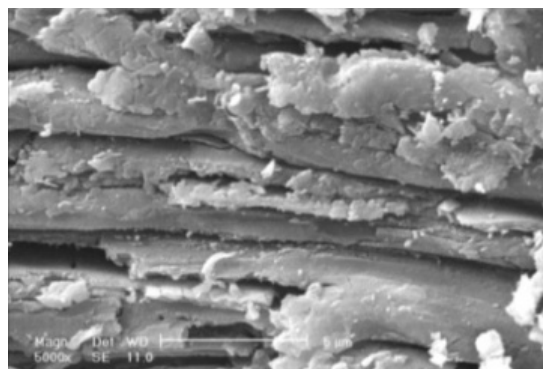


نمونه C۲

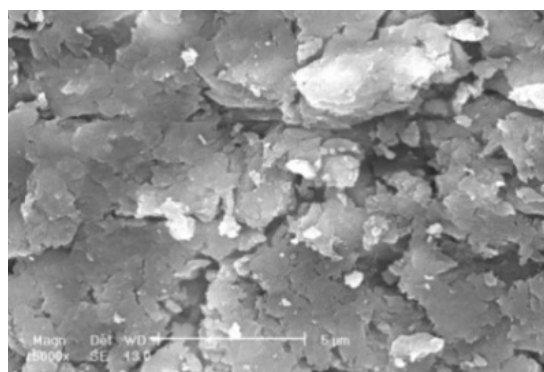
تصویر ۴. تصویر SEM نمونه‌ها از ۸ میلیمتری زیر سطح (با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، مشخصات دستگاه SEM: philips XL20، نوع: FE-SEM، محل آزمایش: اصفهان)



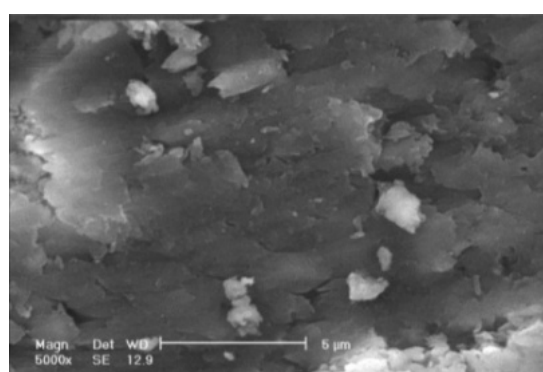
نمونه B۳



نمونه A۳

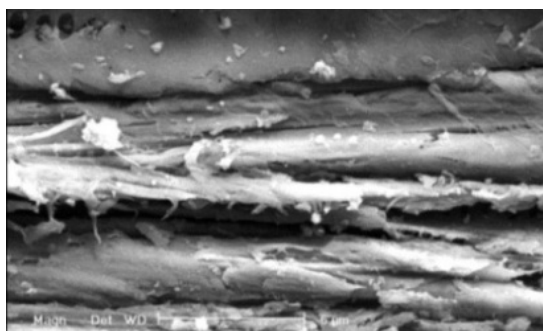


نمونه D۳

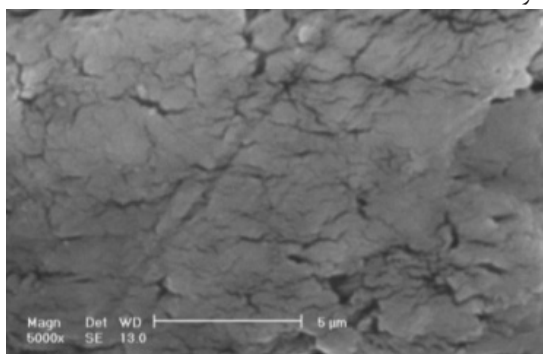


نمونه C۳

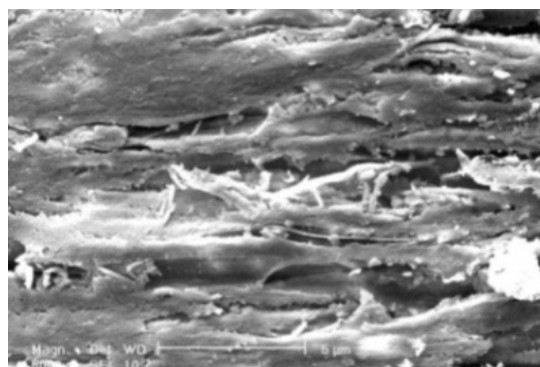
تصویر ۵. تصویر SEM از ۱۵ میلیمتری زیر سطح (با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، مشخصات دستگاه SEM: philips XL20، نوع: FE-SEM، محل آزمایش: اصفهان)



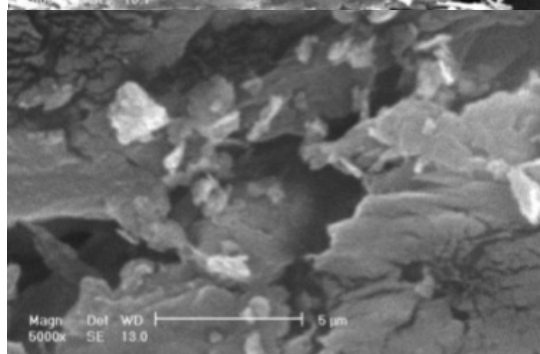
نمونه B۴



نمونه D۴



نمونه C۴



تصویر ۶. تصویر SEM از فضای پائین تر از ۱۵ میلیمتری (با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، مشخصات دستگاه SEM: philips XL20، نوع: FE-SEM، محل آزمایش: اصفهان)

نیز وجود دارد. برای تشخیص میزان استحکام بخشی نمونه‌ها، پس از پروسه اسیدزدایی و سپس پیرسازی حرارتی، از آنالیز دیفرانسیل ترموگراویمتریک استفاده شد.

۷. آماده سازی نمونه ها برای آنالیز

چهار نمونه چوب برای آنالیز انتخاب شد:

نمونه شاهد (نمونه A)، نمونه اسید زدایی شده با محلول هیدروکسید باریم - متانول (نمونه B)، نمونه های چوب اسید زدایی شده با استفاده نانو ذرات هیدروکسید کلسیم (نمونه C) و نانو ذرات هیدروکسید منیزیم (نمونه D) انتخاب شدند. نمونه ها پس از اینکه ۳ روز در مواد اسید زدا غوطه‌ور بودند با آب مقطر شسته شدند. نمونه ها پس از خشک شدن پیرسازی شدند.

۸. پیر سازی نمونه ها

برای تشخیص میزان سودمندی و درجه تاثیر درمان اسید زدایی بر روی چهار نمونه گفته شده، پیر سازی حرارتی انجام شد (گرچه تغییر و تبدیل دقیق در پیر سازی مصنوعی با مدت پیر شدن واقعی متفاوت است). پیر سازی با مدت زمان ۱۲۰ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۷۸٪ انجام شد (Giorgi et al, 2002: 8198 - 88203).

از این نمونه‌ها در فضاهای ۲ میلیمتری زیر سطح، ۸ میلیمتری زیر سطح، ۱۵ میلیمتری زیر سطح و فضای پایین‌تر از ۱۵ میلی متری (حدود ۱۸ میلی متری) زیر سطح تصویر SEM گرفته شد.

۶. آنالیز حرارتی^۴ (DTGA)

"دمای پیرولیز^۵ سلولز یک پارامتر مهم در فرآیند تخریب است و با اسیدینه چوب نسبت دارد. کاهش دمای پیرولیز سلولز در حال تخریب با کاهش درجه پلیمری آن مربوط می شود" (عطاری، ۱۳۸۷: ۲۰-۱۴).

"آنالیز دیفرانسیل ترموگراویمتریک (DTGA) یک روش خوب و مطمئن برای توصیف مواد آلی نامتجانس است. مطالعه تخریب حرارتی چوب یک ابزار مهم اطلاعاتی مفید برای تشخیص وضعیت سلولز قبل و بعد از درمان اسید زدایی است. دمای بالا در رخدادهای حرارتی گواهی بر وضعیت بهتر فیزیکی و شیمیایی در حفاظت سلولز، همی سلولز و لیگنین چوب است" (Giorgi et al, 2006: 569).

"براساس مقالات، در دامنه حرارتی ۱۶۰ °C تا ۳۹۰ °C در ساختار بزرگ مولکولی چوب تخریب اتفاق می افتد." (Soares et al 1995: 275) از آنجا که در پروسه اسید زدایی، عوامل تخریبی کاهش پیدا می کند، احتمال استحکام بخشی

۹. آنالیز حرارتی نمونه‌ها

منحنی های ترموگراویمتریک (DTG) نمونه ها، در حالت غیر هم دمایی پویا با استفاده از دستگاه TA4000 system TG50 ثبت شد.

شرایط آزمایشگاهی

"رنج حرارتی از 21°C (دمای محیط) تا 900°C ، وزن نمونه $5 - 2 \text{ mg}$ ، میزان حرارت 10°C/min ، جریان N_2 100 ml/min ، تخریب اسیدی، توسط مکانیسم هیدرولیز به سرعت صورت می گیرد و پلیمر سلولز به اولیگومر با وزن مولکولی کمتر تبدیل می شود. تجزیه حرارتی در این ترکیب نیاز به انرژی کمتری دارد و به همین دلیل پیرولیز حرارتی مقدار کمتری تغییرات را نشان می دهد" (Giorgi et al, 2006: 568-569).

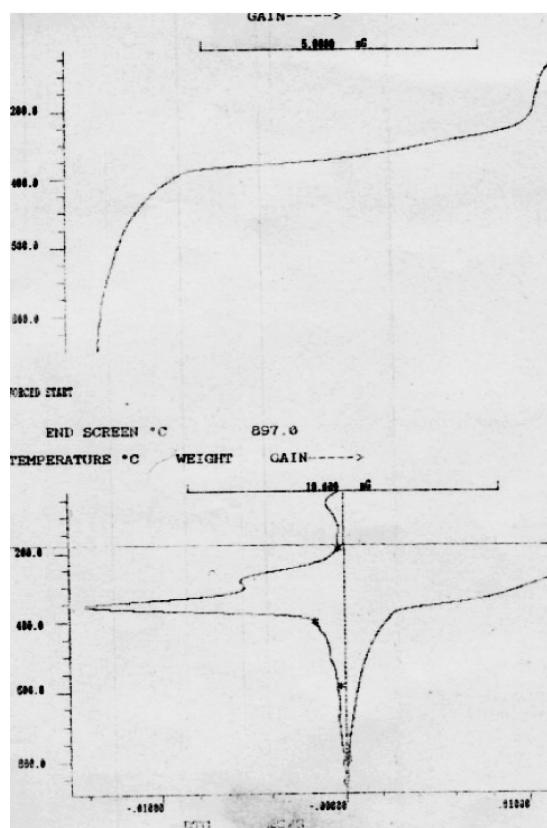
آنالیز حرارتی برای تعیین میزان موثر بودن اسیدزدایی چوب پس از درمان با نانو ذرات قلیائی انجام شد. نمودار آنالیز حرارتی هر یک از نمونه‌ها در زیر دیده می شود:

بررسی نتایج

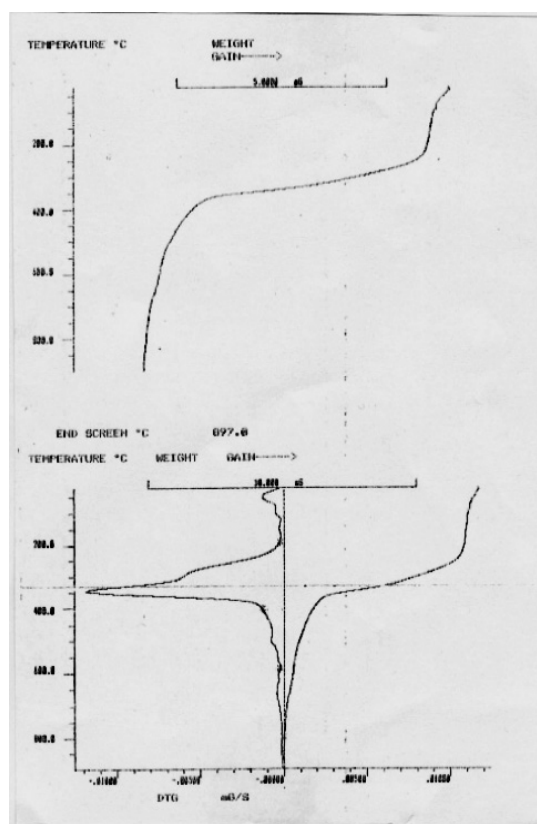
در این پژوهش برخی نتایج در مورد کاربرد نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و نانو ذرات هیدروکسید منیزیم پراکنده در محیط الکلی گزارش، و نتایج بدست آمده با برخی محلول‌های اسید زدای معمول مقایسه شد. بررسی اسیدزدایی با کنترل تغییرات pH و آنالیز حرارتی انجام شد.

همان گونه که در جداول ۱ تا ۶ و نمودارهای ۱ و ۲ دیده شد، در روی سطح میزان بالا رفتن pH در نمونه‌های اسیدزدایی شده با محلول‌های آمونیاک و هیدروکسید باریم بیشتر از نمونه‌های اسیدزدایی شده با نانو مواد بود، اما هرچه از سطح، به پائین بررسی می‌شد، میزان تغییر pH کمتر بود، به گونه‌ای که در ۱۵ میلی متری زیر سطح تغییر pH محسوسی دیده نشد، اما در نمونه‌های اسید زدایی شده با نانو ذرات تغییرات pH در فضای پائین تر از ۲ سانتیمتری زیر سطح همچنان محسوس بود.

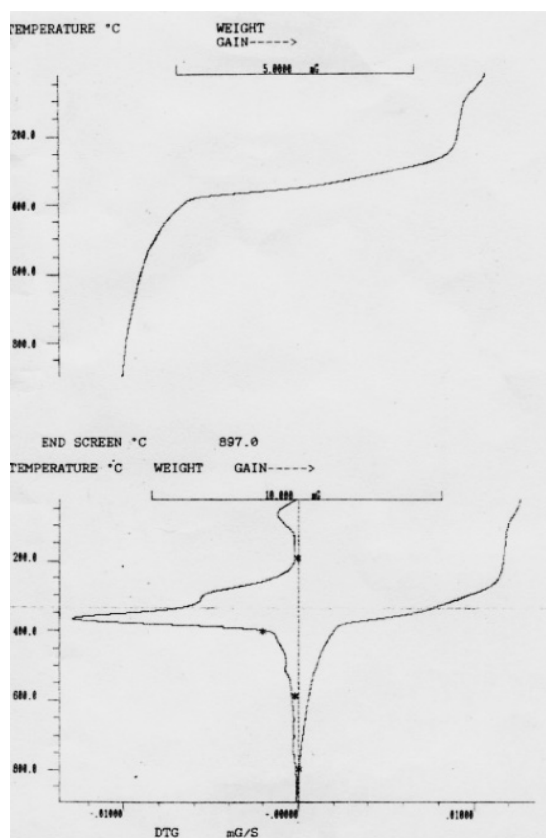
از بررسی تصاویر SEM نتایج زیر بدست آمد: تصاویر SEM، پس از سه روز غوطه‌وری نمونه‌ها در مواد اسیدزدا، گواه بر این است که هر سه نمونه (نمونه B، نمونه C و نمونه D)



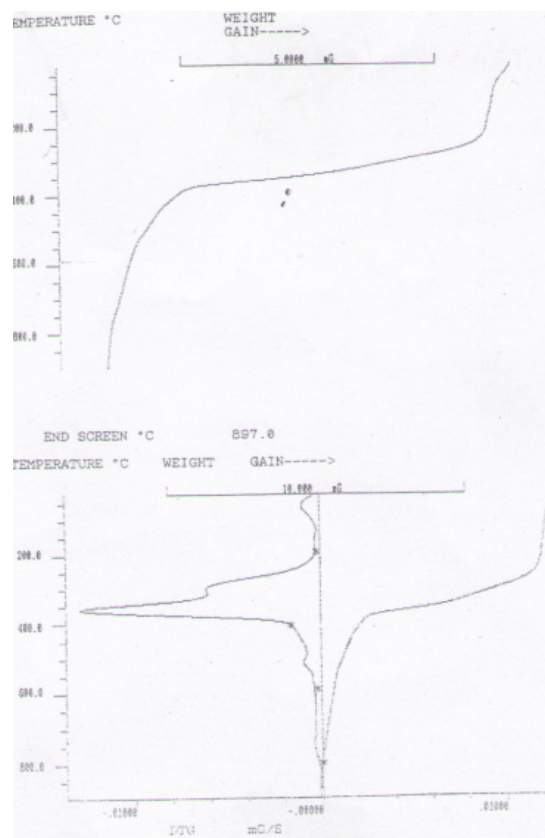
تصویر ۸. نمودار DTG نمونه درمان شده با محلول هیدروکسید باریم که نمونه یک پیک پیرولیز در دمای 354°C دارد (با یک اختلاف دمای $8/6^{\circ}\text{C}$ ($T\Delta$) نسبت به نمونه شاهد)



تصویر ۹. نمودار DTG نمونه شاهد که پیک پیرولیز سلولز در 345°C رخ می دهد.



تصویر ۱۰. نمودار DTG نمونه درمان شده با نانو ذرات هیدروکسید منیزیم. پیک پیرولیز سلولز در ۳۶۷/۳ رخ می‌دهد (با یک اختلاف دمای ۲۲۰°C نسبت به نمونه شاهد).



تصویر ۹. نمودار DTG نمونه درمان شده با نانو ذرات هیدروکسید کلسیم. پیک پیرولیز سلولز در دمای ۳۵۸/۷ رخ می‌دهد (با یک اختلاف دمای ۱۳۰°C نسبت به نمونه شاهد).

داد که استفاده از نانو ذرات برای اسیدزدایی توانسته است به خوبی نمونه‌ها را در برابر روند فساد چوب ناشی از تخریب اسیدی حفظ کند.

داده‌های خلاصه شده DTG (ماکزیمم درجه حرارت، Tmax، مربوط به پیرولیز سلولز) در نمونه چوب‌های درمان شده با هیدروکسید باریم-متانول، نانو ذرات هیدروکسید کلسیم، نانو ذرات هیدروکسید منیزیم و نمونه شاهد (قطعه چوب قدیمی مطالعاتی قبل از درمان اسیدزدایی) در زیر آمده است. این ارقام بین ۳۴۵/۷ °C تا ۳۶۷/۳ °C هستند، که اختلاف دمای پیرولیز سلولز و میزان کاهش تخریب سلولز را در میان نمونه‌های درمان شده نشان می‌دهد.

میزان دمای پیرولیز در نمونه B بالاتر از نمونه A و در نمونه C بالاتر از نمونه B و در نمونه D بالاتر از نمونه C است. با توجه به نمودارهای آنالیز، نتیجه می‌شود که پس از کاربرد مواد اسید زدا، استحکام چوب بالا می‌رود و نمونه‌های درمان شده با دیسپرسیون الکلی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و منیزیم رفتار دمایی بهتری را نشان می‌دهند.

در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه A)، در ۲ میلی‌متری زیر سطح کاملاً با مواد پوشیده شده‌اند و خلل و فرج بافت چوب پر شده است. پس می‌توان نتیجه گرفت که در هر سه نمونه در ناحیه ۲ میلی‌متری زیر سطح اسیدزدایی به خوبی انجام شده است.

تصاویر SEM از فضای ۸ میلی‌متری زیر سطح بیانگر این است که هر سه نمونه در این فضا با مواد اسیدزدا پوشیده شده‌اند و در این ناحیه اسیدزدایی به خوبی در سه نمونه انجام شده است.

در فضای ۱۵ میلی‌متری زیر سطح نیز پوشاندگی در هر ۳ نمونه وجود دارد و خلل و فرج با مواد پر شده است، اما در نمونه B₃ ذرات سفید رنگ که می‌توان گفت نشان‌دهنده ذخیره قلیایی است، وجود ندارد.

تصاویر SEM فضای پایین‌تر از ۱۵ میلی‌متری نشان دهنده این است که در این ناحیه در نمونه C₄ و D₄ همچنان پوشاندگی وجود دارد، اما در نمونه B₄ مواد اسید زدا به این ناحیه رسوخ نکرده‌اند و خلل و فرج پر نشده است.

پیرسازی تسریعی هیدروترمال بر روی نمونه‌ها نشان

جدول ۷. ماکزیمم درجه پیرولیز

نمونه	T _{MAX}
نمونه شاهد	345 / 7 °C
نمونه درمان شده با هیدروکسید باریم	354 / 3 °C
نمونه درمان شده با نانو هیدروکسید کلسیم	358 / 7 °C
نمونه درمان شده با نانو هیدروکسید منیزیم	367 / 3 °C

در آنالیز حرارتی، نمونه‌های اسیدزدایی شده با نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و منیزیم دمای پیرولیز بالاتری را نشان دادند و این نشانگر استحکام بخشی بیشتر نمونه‌های اسید زدایی شده با نانو مواد در مقایسه با مواد دیگر است. نانو ذرات کلسیم و منیزیم به آسانی داخل ساختار چوب تا عمق زیر ۱-۲ سانتی متری نفوذ می‌کنند که این باعث بوجود آمدن ذخیره قلیایی در میان الیاف چوب می‌شود. به نظر می‌رسد نانو ذرات هیدروکسید منیزیم نسبت به نانو ذرات هیدروکسید کلسیم، عمق نفوذ بیشتری داشته و موثرتر هستند. این اختلاف، مربوط به یون مثبت فلزی (کاتیون) آنها و نیز اندازه ذرات می‌باشد. اندازه نانو ذرات منیزیم کوچکتر از اندازه نانو ذرات کلسیم است و این کوچکی اندازه، به نانو ذرات هیدروکسید منیزیم برای پیشروی بیشتر در خلل و فرج چوب کمک می‌کند. اندازه نانو ذرات بسیار کوچک است، سائز ذرات بدون تناقض، کوچکتر از "لومن" (حفرات سلولی) چوب هستند، که این خود هر گونه آسیب مکانیکی را ناممکن می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج بالا آشکارا این حقیقت را تأیید می‌کند که درمان با نانو ذرات در اسیدزدایی، خنثی‌سازی بهتری را انجام می‌دهد، زیرا عمق نفوذ بیشتر و یکنواخت‌تری دارد، ذخیره قلیایی به جا می‌گذارد و از چوب در مقابل آسیب‌های آتی حفاظت می‌کند. نانو ذرات به حدی کوچک هستند که درون خلل و فرج ساختمان چوب نفوذ می‌کنند، سلولز را اسیدزدایی می‌نمایند و مازاد نانو ذرات از لحاظ استوکیومتری تبدیل به فرم کربنات می‌شوند؛ یعنی با دی اکسید کربن یک بافر قلیایی (MgCO_3 یا CaCO_3) تشکیل می‌دهند و یک ذخیره قلیایی در چوب باقی می‌گذارند که نتیجه آن، تضمین مصونیت تقریباً دراز مدت برای چوب است. مزیت اصلی استفاده از ذرات کوچک، نفوذ ژرف و همگن درون خلل و فرج ساختار چوب، و نیز کسب یک ذخیره قلیایی بیشتر با عمق نفوذ بیشتر توزیع شده درون نمونه‌ها است.

روش اسیدزدایی با نانو ذرات بسیار آسان است و نتایج خوب و قابل اعتمادی دارد و به نظر می‌آید یکی از بهترین روش‌های خنثی‌سازی باشد و احتمالاً درمان با نانو ذرات یکی از بهترین روش‌های اسیدزدایی چوب در مقایسه با روش‌هایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است.

پی‌نوشت

- 1 – Marineborers
- 2 - Natural aging
- 3 – Polyol
- 4 - Differential Thermo Gravimetric Analysis

۵ - تغییر شیمیایی حرارتی (آتشکافت)

6 - Lumen

- ۱ - پی پول، چارلز، جی اون، فرانک، (۱۳۸۵)، مقدمه ای بر نانو تکنولوژی، مترجمان: فرحبخش، ایمان، نعیمی، امین، انتشارات دانشگاه تبریز.
- ۲ - دهقانی، زهرا، (۱۳۸۷)، نقش نانو فناوری در حفظ آثار تاریخی با تاکید بر اسید زدایی کاغذ، پایان نامه، دانشگاه هنر اصفهان.
- ۳ - سلیمی، حسن، (۱۳۸۷)، بانک اطلاعات مرکز تحقیقات نانو فناوری شهید چمران.
- ۴ - عنایتی، علی اکبر، (۱۳۸۵)، فیزیک چوب، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵ - عطاری، مهشید، (۱۳۸۷)، دو فصلنامه مرمت و پژوهش، شماره چهارم، ۲۰.
- ۶ - کریمی، نعیمه، (۱۳۸۶)، اصفهان غبار تالابو زرین فام را می زید، دستها و نقشها، دوره جدید شماره یک، ۳۲.
- ۷ - میونز ویناس، سالوادور، (۱۳۸۸)، نگره نگاهداشت معاصر، مترجمان: فرهنگ مظفر، فاطمه مهدی زاده، حمید فرهمند بروجنی، انتشارات گلدسته.
- ۸ - اف سو، جان، (۱۳۸۶)، فرایند انتقال سیال در چوب، مترجمان: ابراهیمی، قنبر و ایزدیار، سهیلا، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۹ - ویلکینسون، ژاگ، (۱۳۸۶)، حفاظت صنعتی چوب، مترجمان: پارسا پژوه، داوود، فائزی پور، مهدی، تقی یاره، حمید رضا، انتشارات دانشگاه تهران.

- 10- Bicchieri, M., Sodo, A., Piantanida, G.A, (2006), *Analysis of degraded papers by non-destructive spectroscopic techniques*, Journal of Raman spectroscopy, Vol. 37, pp: 1186 – 1192.
- 11- Gindl, M., Tschegg, S., (2002): *Significance of the Acidity of Wood to the Surface Free Energy Components of Different Wood Species*. Langmuir, Vol. 18(8), pp: 3209-3212.
- 12- Giorgi, R., Dei, L., (2002), *Nanotechnologies for conservation of cultural heritage: paper and canvas deacidification*, Langmuir, Vol. 18(21), pp: 8198-88203.
- 13- Giorgi, R., Chelazzi, D., Baglioni, P., (2006), *Conservation of Acid Waterlogged Shipwrecks: nanotechnologies for de- acidification*, Wiley – vch.
- 14- <http://www.cmu.edu/acrc/alkaline.damage.html> (3/11/1387).
- 15- Kohler, H., (2008), *permanence research in the United State*. <http://cool.conservation-us.org/byauth/roggia/barrow/chap07>.
- 16- Soares S, Camino, G., Levchik, S., (1995), *Comparative study of the thermal decomposition of pure cellulose and pulp paper*, Polym. Degrad Stab, Vol. 49, p: 275.
- 17- Salvadori, B., Dei, L., (2001), *Synthesis of Ca(OH)₂ Nanoparticles from Diols*, Langmuir, Vol. 17, p: 2371.
- 18- Toth, T., Borsa, J., Takacs, E., (2003), *Effect of preswelling on radiation degradation of cotton cellulose*, Radiat. phys. chem., Vol. 67, pp: 513 – 515.





تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

عصاره مریم‌گلی دارویی به عنوان بازدارنده خوردگی طبیعی برای درمان اشیای تاریخی مسی

غلامرضا وطن خواه* حمیدرضا بخشنده فرد**

محمد علی گل‌عذار*** محمدرضا سبز علیان****

چکیده

در این مقاله سعی شده به بازدارنده‌ای ایمن، غیرسمی و موثر دست یافت؛ به گونه‌ای که ضمن درمان و کنترل خوردگی، سلامت مرمتگر را نیز تضمین کند؛ به پاتین آسیب نزده و کمترین دخل و تصرف و تغییر را در اثر تاریخی داشته باشد. براین اساس و با توجه به مطالعات انجام شده، عصاره گیاه مریم‌گلی دارویی استخراج شد و سپس عملکرد آن به عنوان بازدارنده در محیط کلرید سدیم ۰/۵ مولار مورد بررسی قرار گرفت. بازدارندگی این ترکیب توسط روش‌های شیمیایی کاهش وزن و روش الکتروشیمی پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. در ادامه از این ترکیب جدید، برای درمان بیماری‌های برنز روی نمونه‌های تاریخی مطالعاتی استفاده شده و میزان اثر بخشی و چگونگی تغییرات ایجاد شده بر روی پاتین نمونه‌های مذکور بررسی شد. برای این کار از میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ الکترونی روبشی و نیز چگالی‌سنجی نوری استفاده شد. نتایج مطالعات نشان‌دهنده عملکرد بازدارندگی خوب عصاره مریم‌گلی دارویی است.

کلید واژه‌ها: خوردگی مس، بازدارنده غیرسمی، اشیاء تاریخی، مریم‌گلی دارویی

vatankhahg@aui.ac.ir

hr.bakhshan@aui.ac.ir

golozar@cc.iut.ac.ir

sabzalian@cc.iut.ac.ir

* استادیار دانشگاه هنر اصفهان.

** مربی، دانشجوی دکتری مرمت دانشگاه هنر اصفهان.

*** استاد دانشگاه صنعتی اصفهان.

**** استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان.

مقدمه

بیشتر اشیای تاریخی مسی و آلیاژهای آن، با محصولات سبز رنگی پوشیده می‌شود که اصطلاحاً آنرا پاتین می‌نامند. این قشر در برخی موارد نه تنها سبب زیبایی سطح اثر می‌شود، بلکه آنرا در برابر خوردگی نیز حفظ می‌کند (Organ, 1963: 1-9). اما متأسفانه در برخی اشیاء این پاتین ناپایدار بوده و خوردگی در آنها شدید است؛ از طرفی نامناسب بودن شرایط محیط قرار گیری آثار در موزه‌ها، از جمله در ویرتین‌های نمایش و یا انبارهای نگهداری، گاه به علت کنترل نشدن دما و رطوبت سبب تشدید خوردگی می‌شود. نوسانات دما و رطوبت در محیط‌های نگهداری، سبب افزایش میزان خوردگی و بروز بیماری برنز در اشیای تاریخی مسی و برنزی شده است. نانتوکیت (کلرید مس I)، یکی از مهم‌ترین محصولات خوردگی مس و آلیاژهای آن است که بسیار ناپایدار بوده و آسیب‌رسان است (Stambolov, 1985: 22-23). بعضاً اشیای تاریخی مسی و برنزی می‌توانند برای قرن‌های متمادی در محیط‌های دفن، بدون تخریب محسوس سالم بمانند، زیرا تعادل بین فلز و محیط اطراف برقرار شده است. اما این تعادل گاه در هنگام حفاری و خارج شدن شیء بهم خورده (Ganorkar, 1988: 97-101) و کلرید مس (I) ناپایدار (CuCl) به سرعت با اکسیژن آزاد ترکیب شده و تشکیل کلرید مس (II) (CuCl₂) می‌دهد که این ترکیب متعاقباً در واکنش با فلز مس، کلرید مس ناپایدار بیشتری را تولید می‌کند (Ganorkar, 1988: 97-101). روش‌ها و راهکارهای مختلفی برای حفظ و مرمت اشیای تاریخی مسی وجود دارد؛ استفاده از بازدارنده‌های خوردگی، یکی از این روش‌های عملی برای حفاظت در برابر خوردگی است. در این روش، اشیاء در برابر محیط خورنده ایزوله می‌شوند. بیشتر این ترکیبات با مس تشکیل کمپلکس داده و برخی با ایجاد یک لایه فیلم بر روی سطح شیء، آنرا در برابر خوردگی حفظ می‌کنند. از بازدارنده‌های خوردگی در عمل برای درمان اشیای تاریخی مسی و آلیاژهای آن استفاده می‌شود. این شیوه درمانی یکی از روش‌های با صرفه و برتر برای تثبیت آثار شمرده می‌شود (Madsen, 1971: 120-122). اجرای این روش برای تثبیت آثار بسیار موثر است؛ زیرا راهکاری مطمئن برای حفظ پاتین و کنترل شرایط رطوبتی است. انتظار می‌رود. بازدارنده‌ها از دید شیمیایی پایدار بوده و شرایط حفاظتی خوبی ایجاد کنند. از ترکیبات آلی مختلفی برای این منظور استفاده می‌شود. بازدارنده‌های معمول در مرمت بسیار

سمی بوده و گاه سبب آسیب‌های جدی بر اندام انسان و سایر موجودات شده و صدمات جبران ناپذیری نیز بر محیط زیست وارد می‌کنند (1,2,3-Benzotriazole, 2000: 12-41).

از دیرباز ترکیبات آلی آروماتیک مانند بنزوتری آزول^۱ به عنوان بازدارنده برای تثبیت آثار تاریخی مسی و آلیاژهای آن مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Madsen 1971: 20-21; Sease 1978: 76-85; Merck 1981: 73-76; Hassairi 2008: 32-40; MacLeod 1987: 25-40; Uminski 1995: 274-278; Guilminot 2000: 21-28).

این بازدارنده از نظر کنترل خوردگی کارایی مناسبی دارد؛ اما از نکات مهم در اتخاذ روش‌ها و کاربرد مواد در مرمت، سمی نبودن آنها است؛ یکی از محدودیت‌های استفاده از این ترکیب، اثرات سمی آن بر اندام و ارگان‌های انسان است (Ismail, 2007: 7811-7819). براساس تحقیقات انجام شده توسط انجمن بهداشت هلند در لاهه، بنزوتری آزول در دسته مشکوک به سرطان زایی طبقه بندی شده است (Wu 1998: 374-382; 1,2,3-Benzotriazole 2000: 12-41). این اثرات سمی، سبب استفاده از ترکیبات طبیعی زیست سازگار و بی زیان شده است (Kilbourn, 1985: 1331). در این مقاله براساس مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده بر روی ترکیبات غیرسمی گیاهی، از راسته لب گلی‌ها^۲ تیره نعناعیان^۳ جنس مریم گلی^۴ گونه مریم گلی دارویی^۵ انتخاب شد. این گیاه حاوی ترکیبات موثر فلاونوئیدی^۶ است. مطالعات نشان می‌دهد این گونه مواد در کنترل خوردگی نقش موثری دارند (Raja et al, 2008: 114). فلاونوئیدها گروهی از ترکیبات فنولیکی هستند که تاکنون سه هزار گونه فلاونوئید شناخته شده است. فلاونوئیدها آنتی‌اکسیدان بوده و خواص ضد سرطان و بیماری‌های قلبی دارند (Kurdadze, 2009: patent wo/125232).

این مواد در زمینه‌های پزشکی غذایی و آرایشی کاربرد داشته و از گذشته مورد توجه بوده‌اند. بیش از یک هزار سال پیش از مریم گلی به عنوان گیاهی دارویی استفاده می‌شده و ریشه لاتین آن sage (مریم گلی) به معنای رها بخش یا شفادهنده است. در قدیم مریم گلی دارویی را داروی همه دردها می‌دانستند و امروزه با تحقیقات به عمل آمده، آشکار شده که این گیاه دارای خواص درمانی مهمی است که می‌تواند بسیاری از بیماری‌ها را درمان کند.

با مرور داده‌ها می‌توان دریافت، پژوهش‌هایی درباره کاربرد بازدارنده غیر سمی در کنترل خوردگی مس و آلیاژهای انجام شده است. اولین بار در سال ۱۹۳۰، از ساقه، برگ و دانه گیاهان مامیران^۷ و سایر گیاهان

گلی دارویی با رعایت ملاحظات و مبانی نظری حاکم بر این موضوع صورت گرفت؛ که ابتدا باید برای روشن شدن موضوع به آنها اشاره شود.

با بررسی آثار فلزی مرمت شده در گذشته، به برخی مشکلات برمی‌خوریم که متأسفانه برخی مرمتگران، بدون توجه به میزان اهمیت پاتین و سطح اصلی، تنها براساس باور نادرستی که بر مبنای آن، محصولات خوردگی در دراز مدت و در تمامی موارد، سبب ناپایداری اثر می‌گردند، تا رسیدن به سطح فلز آنرا پاکسازی می‌کنند که این کار سبب مخدوش شدن شکل اثر می‌گردد. اگر پاتین از دید تاریخی مدنظر است، پس نمی‌توان آنرا از سطح اثر برداشت. پاتین از کلمه پاتنا^۱ برگرفته شده که به یک سطح تیره براق شبیه به واکس کفش بکار می‌رود (Baldinucci, 1681: 399).

این اصطلاح برای توصیف اثرات زمان و برخی عملیات انجام شده بر روی سطح فلز اطلاق می‌شود. تغییرات طبیعی در سطح اثر می‌تواند منجر به تشکیل یکی از دو نوع پاتین اصیل^{۱۰} و یا پست^{۱۱} گردد. تقسیم‌بندی بالا بر اساس وجود یا نبود سطح اصلی (لایه نشان‌مند) انجام می‌پذیرد که شکل اصلی اثر را در خود حفظ می‌کند. در پاتین اصیل، سطح اصلی اثر قابل رویت بوده و به سادگی توسط محصولات خوردگی مخرب و یا زیر لایه اضافی حاوی چرکی و خاک (آلودگی)^{۱۲} مخفی می‌شود. این پاتین با لایه خوردگی سطحی غنی از قلع که در اثر تهی شدن لایه مس ایجاد گردیده و می‌تواند شامل کربنات، سولفات و غیره نیز باشد، مشخص گردد. آن چه را که ما به عنوان پاتین اصیل می‌شناسیم، محیطی است که در محدوده توقف روند تبادل ماده وانرژی، یعنی مرحله پاتینه شدن متوقف گردیده است. پاتین اصیل در واقع جزیی ایستا و پایدار از اثر است که در مرحله کهنه شدن بر روی آن تشکیل می‌شود. روبیولا و پورتیر با مطالعاتی که بر روی مس و برنز انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که پاتین اصیل در محیط طبیعی پاتین اصیل در زمان کوتاهی (حدوداً چند دهه) بر روی اثر تشکیل می‌شود. پاتین پست یا پاتین نوع دوم در طی تشکیل خود، منجر به تخریب و یا تغییر شکل اصلی اثر می‌شود (Robbiola, 2006: 1-6). گاه در آثار مسی و برنزی، این پاتین یا به عبارت گفته دیگر، محصول خوردگی تشکیل شده بر سطح اثر تاریخی، چه پست یا چه اصیل، به واسطه بیماری برنز، نیازمند انجام عملیات درمانی خواهد شد. یکی از بهترین راه‌های درمان، روش استفاده از بازدارنده خوردگی است که در این آن ضمن حفظ پاتین، می‌توان خوردگی در خود شی را نیز کنترل نمود. مهم‌ترین

برای کنترل خوردگی در حمام‌های اسید سولفوریک استفاده شد (Sanyal, 1981: 165). پروتئین‌های حیوانی (محصولات جانبی گوشت و شیر) نیز برای کند کردن خوردگی استفاده می‌شوند. مواد افزودنی به اسید، شامل آرد، سبوس، خمیر مایه و مخلوط ملاس و روغن گیاهی، نشاسته و هیدروکربن‌ها (روغن‌ها و قطران) می‌شوند. می‌توان گفت بیشتر مطالعات در زمینه کاربرد بازدارنده خوردگی غیر سمی در حوزه‌های صنعتی، و عمدتاً برای کنترل خوردگی در آهن و فولاد، در محیط‌های مختلف انجام شده است (Bendahou, 2006: 95-10; Bouyanzer, 2004: 287-292).

تعداد پژوهش‌هایی که در زمینه کنترل خوردگی در مس و آلیاژهای آن با استفاده از بازدارنده‌های غیر سمی انجام شده، در مقایسه با فولاد و آهن بسیار اندک است. برای نمونه خالد اسماعیل بر روی راندمان بازدارندگی سیستم بر روی مس در محیط خنثی و اسیدی مطالعه کرده است (Ismail, 2007: 7811-7819). الاثر نیز مطالعاتی بر روی عسل طبیعی به عنوان بازدارنده مس انجام داده است (El-Etre, 1998: 1845). همچنین غلامرضا وطن‌خواه و همکارانش مطالعاتی بر روی اثر بازدارندگی محصولات طبیعی، شامل عسل و رزماری بر روی خوردگی به کمک روش‌های الکتروشیمی انجام داده‌اند (وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۸۸-۸۷۹).

اما باید گفت پژوهش‌های انجام شده درباره استفاده از بازدارنده‌های غیر سمی در درمان آثار تاریخی فلزی، به ویژه اشیاء مسی و برنزی، انگشت شمار بوده و بیشتر آنها بدون رعایت مبانی حفظ و مرمت در آثار تاریخی انجام شده است. بنابراین به نظر می‌رسد به لحاظ اهمیت موضوع، توجه ویژه‌ای بر انتخاب و کاربرد این مواد در درمان آثار مبذول داشت. از جمله تحقیقات مرتبط با مقوله آثار تاریخی می‌توان به کارهای هولنر اشاره کرد. او از محلول سدیم دکانوئیت^{۱۳} برای درمان خوردگی در مس و آهن استفاده کرده است (Hollner et al, 2007). وی همچنین عصاره کاکتوس را برای محافظت اشیای تاریخی - فرهنگی آهنی به کار برده است (Hollner et al, 2007). مورسن و همکارانش نیز بر روی چهار نوع از مشتقات تیادی زول، به عنوان بازدارنده خوردگی مس، بررسی‌هایی انجام داده‌اند (Muresan et al, 2009: 63). هاموچ و همکارانش نیز از عصاره گونه‌های انجیر هندی برای کنترل خوردگی در اشیای آهنی و برنزی تاریخی استفاده کرده‌اند (Hammouch et al, 2007: 2).

با مرور پیشینه پژوهش، می‌توان گفت لزوم تحقیق هرچه بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. از همین رو، مطالعاتی برای امکان‌سنجی استفاده از مریم

علت استفاده از بازدارنده های خوردگی در مرمت اشیاء مسی و برنزی، وجود خوردگی پیشرفته و بروز بیماری برنز است. نظریات مختلفی در این باره وجود دارد، اما به طور کلی می توان گفت حضور یون کلرید در محیط قرارگیری اثر، سبب تشکیل کلرید مس یک ظرفیتی می شود که در عمق لایه اکسید محافظ حرکت کرده و باعث خوردگی می شود. نانتوکیت یا کلرید مس یک ظرفیتی، نخستین محصول این پدیده است. نانتوکیت، رنگ خاکستری شفاف و یا سبز خاکستری دارد و در مکان های مختلف سطح فلز، حفره ها و سایر نقاط، روی لایه کوپریت و یا درون فلز نفوذ می کند. حضور رطوبت و اکسیژن باعث تبدیل نانتوکیت^{۱۳} به تری هیدروکسی کلریدهای مس^{۱۴} می شود. بازدارنده های خوردگی موادی هستند که در غلظت های کم، برای کند کردن خوردگی (کند کردن واکنش های کاتدی و آنودی) و یا متوقف کردن روند خوردگی در فلزات و آلیاژها مورد استفاده قرار می گیرد (مفیدی، ۱۳۸۳: ۲۸۸). اما صرف نظر از تعاریف، تفاوت های اساسی در شیوه کاربرد بازدارنده در حوزه های صنعتی و مرمت اشیاء وجود دارد. در مقاصد صنعتی، اساساً مساله تغییر رنگ در محصول خوردگی وجود ندارد؛ و حتی برای کارایی بهتر بازدارنده، گاه اقدام به برداشتن محصولات خوردگی سطح می کنند. لیکن در حوزه حفظ میراث فرهنگی، محصولات خوردگی در شیء از اهمیت تاریخی زیبایی شناسی و ساختاری برخوردار است و در اتخاذ شیوه ها باید توجه زیادی به حفظ محصولات خوردگی غیر مخرب (پاتین های طبیعی غیر مخرب)، مبذول داشته و به گونه ای کارکرد که حداقل دخل و تصرف و تغییر و تحول در اثر تاریخی ایجاد شود؛ زیرا از بین رفتن فرم و ساختار، عاملی خواهد شد تا برداشت بصری از آن به درستی انجام نشود. باید کلیه روش های درمانی که بر روی شیء فلزی انجام می شود، با توجه به تمامیت بعد، فیزیکی شامل فرم و ساختار و بعد تاریخی و زیبایی شناسی انجام شود. برخی از این اشیاء ممکن است از نظر زیبایی شناسی ارزش بالایی نداشته باشند، اما در مورد ارزش های تاریخی، باید به ساختار و فرم زیبایی شناسی نهفته در اثر توجه داشت و به همین دلیل، باشد کمترین دخالت را در شیء انجام داد ضمناً این روش نباید مانع و خللی برای ارزیابی اطلاعات از آنها در آینده باشد. باید ظاهر و کمیت مرمت بر روی اثر فلزی مشخص شود، مواد مرمتی معلوم و معین بوده، و در طول درمان، تمامی مراحل مرمتی، مستندسازی گردند. ممکن است

شیء فلزی دچار از هم پاشیدگی و شکستگی شده باشد که لزوم فراهم آمدن تثبیت و درمان اثر و در صورت لزوم، سایر موارد برای حفظ ساختار آن باید همراه توام با حفظ تمامیت اثر باشد. روند مرمت این آثار باید به گونه ای باشد که مواد مورد استفاده می شوند، تأثیرات مستقیم و ناهنجار بر روی آثار نداشته و این روش مانعی برای اقدامات لازم آینده نباشد. در برخورد با یک اثر برنزی تاریخی، در نظر گرفتن این نکته ضروری است که این اثر برای بیان هنری، بر دو ویژگی اساسی خود، یعنی فرم سه بعدی و تأثیرات سطحی تکیه دارد. تأثیرات سطحی می توانند شامل تغییر رنگ در آثار فلزی، یا تغییرات بافت و شکل باشد. در نتیجه، ایجاد کمبود در یک اثر فلزی می تواند به علت از دست رفتن بخشی از آن، و یا مخدوش شدن فرم سطحی آن باشد. پس هر چیزی که به از دست رفتن بیان هنری اثر فلزی به عنوان تمامیت در اثر بیانجامد، خوب نیست.

روش تحقیق

در این مقاله سعی شده براساس پژوهش های تجربی-آزمایشگاهی، بازدارنده ای جدید، ایمن و غیر سمی معرفی شود. از این رو پس از مطالعات کتابخانه ای برای شناسایی ترکیبات گیاهی موثر و غیر سمی، از بین گزینه های مورد بررسی، گیاه مریم گلی دارویی جهت تهیه بازدارنده انتخاب و از آن عصاره گیری شد. مریم گلی دارای سه زیر گونه است که عبارتند از لاواندولیفالیا^{۱۵}، مینور^{۱۶} و ماژور^{۱۷}؛ که ماژور آن همان آفیسینالیس^{۱۸} است. در این مقاله مریم گلی دارویی یا همان مریم گلی آفیسینالیس، برای بررسی و امکان سنجی کاربرد آن در درمان اشیای تاریخی مورد استفاده قرار گرفته است.

امکان سنجی کاربرد و بررسی کارکرد این ترکیب به عنوان بازدارنده، به کمک آزمون های الکتروشیمیایی ارزیابی شد. در این روش تجربی-آزمایشگاهی، بازدارنده خوردگی متغیر مستقل، و نرخ خوردگی متغیر وابسته مفروض، و تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی کارکرد آن بر روی نمونه های تاریخی، چگونگی تغییر رنگ محصولات خوردگی آن، پس از استفاده از بازدارنده جدید به کمک روش های آزمایشگاهی، و همچنین مشاهدات میکروسکوپی مربوطه، ارزیابی و سرانجام کلیه نتایج به دست آمده تحلیل شد.



مطالعات و بررسی‌ها

خاصیت بازدارندگی بسیاری از عصاره‌های گیاهی، به دلیل وجود ترکیبات غیر سمی هتروسیکلیک در آنهاست. با مطالعات انجام شده، وجود این ترکیبات در گیاه مریم گلی دارویی مشخص گردیده است؛ بنابراین ارزیابی کاربرد آن در حفظ و مرمت اشیاء مسی در دستور کار قرار گرفت. مریم گلی دارویی از گذشته در زمینه‌های مختلف پزشکی آرایشی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. (Bown et al, 2001: 44) مریم گلی از روزگاران کهن در مجموعه گیاهان طبی یونانی‌ها و رومی‌ها مورد توجه خاص بوده و ابتدا به عنوان داروی موثر برای درمان عوارض نیش حشرات به عنوان ضد سم و همچنین داروی نیروبخش و مقوی برای تقویت روح و بدن و نیز افزایش طول عمر به کار می‌رفته است. آثار شفابخش این گیاه در معالجه بیماری‌ها در کتاب‌ها و نوشته‌های طبیعی‌دان‌ها و حکمای طب سنتی روزگاران کهن، مانند تئوفراست، فیلسوف یونانی (۲۸۷-۳۷۲ قبل از میلاد)، و دیوسکوریدس، پزشک یونانی (قرن اول پس از میلاد) و پلینی، طبیعی‌دان رومی (اوایل قرن اول میلاد مسیح) به تفصیل آمده است. تجزیه کیفی این گیاه نشان دهنده وجود روغن پایه (اسانس)^{۱۹} و ترکیباتی چون فلاونوئید مواد تانن، ویتامین و ایریدین^{۲۰} است (Kurdadze, 2009: patent wo/125232). فلاونوئیدها در بین ترکیبات، گروه مشخصی از مواد پلی فنولیکی هستند. در این مقاله، ابتدا راندمان بازدارندگی ترکیب گیاهی غیر سمی مریم گلی دارویی بر روی مس به کمک آزمایش‌های مربوطه بررسی، سپس میزان تغییرات پاتین بر روی نمونه‌های تاریخی- مطالعاتی پس از کاربرد این بازدارنده جدید مورد ارزیابی قرار گرفته، و سرانجام مطالعات آزمایشگاهی در حضور و غیاب عصاره الکلی مریم گلی دارویی انجام شده است.

آزمایش‌ها

-مواد و ترکیبات

آماده سازی: برای بررسی میزان بازدارندگی در آزمون‌های کاهش وزن، نمونه‌هایی استوانه‌ای از جنس مس به قطر ۲۵ و ضخامت ۴ میلی متر تهیه شد. پیش از غوطه‌وری، نمونه‌ها به دقت توسط کاغذ سمباده تا ۱۲۰۰ صیقل داده شده، سپس به خوبی با آب مقطر شسته و توسط استن چربی زدایی شد. سرانجام پیش از توزین، به مدت ۵ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد زیر نور مادون

قرمز و به مدت ۲۴ ساعت در دسیکاتور قرارداد شده. آزمون کاهش وزن در فاصله زمان‌های مختلف در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد پیش و پس از غوطه‌وری نمونه‌ها در ۱۰۰ میلی لیتر از محلول خورنده کلرید سدیم ۵ در صد وزنی/حجمی انجام شد. پس از سپری شدن زمان مقرر، نمونه‌ها با دستمال خشک تمیز، و با آب مقطر و استن شسته شده و سپس در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت.

در آزمون‌های پلاریزاسیون از کوپن‌های مسی به شکل دایره به مساحت ۰/۵ سانتیمتر مربع استفاده شد. این نمونه‌ها صیقل شده و مراحل شستشو، چربی زدایی و خشک شدن آن، مانند آزمایش کاهش وزن انجام گردید. سپس تاثیر حضور عصاره مریم گلی دارویی در مراحل انحلال/روئین شدن ارزیابی شد. دامنه پتانسیل از ۰/۰۰ تا ۰/۱۹۵ ولت (نقره /کلرید نقره) در معرض اکسیژن هوا بوده و محلول خورنده از کلرید سدیم ۰/۵ مولار مرک^{۲۱} در آب مقطر تهیه شد.

-شیوه استحصال مریم گلی دارویی

گیاه مریم گلی دارویی از مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان گردآوری و تهیه شد. عصاره‌گیری به روش پركولاسیون^{۲۲} به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با استفاده از حلال الکل ۳۰٪ و آب ۷۰٪ و نسبت حلال به ماده خشک ۱۰:۱ توسط تقطیر بخار آب در دستگاه کلونجر^{۲۳} انجام شد. در این روش نمونه‌های مورد نظر کاملاً خشک، سپس در آسیاب خرد شده و به طور مستقیم در یک بالن تقطیر آب مقطر قرار داده شد، به گونه‌ای که حدود دو سوم حجم بالن ۵۰۰ سی سی توسط آب و مواد گیاهی پر شد. سپس با گرم کردن، محتویات بالن به جوش آمده و سبب تبخیر ماده دارویی شد و سرانجام پس از سرد شدن و میعان، روغن پایه (اسانس) از گیاه مزبور استحصال شد. عصاره حاصل (محلول مادر) توسط کاغذ صافی فیلتر شد.

pH محلول‌ها حدود ۶ بوده و رنگ آن قهوه‌ای روشن و چگالی آن ۰/۹۸ بود. همه آزمایش‌ها در دمای اتاق و رطوبت نسبی ۵۵ درصد انجام شد.

تحقیقات انجام شده در حوزه کنترل خوردگی و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی، نشان می‌دهد وجود ترکیبات هتروسیکلیک، مانند فلاونوئید و حتی تانن، سلولز و ترکیبات پلی سیکلیک، می‌تواند در کاهش روند خوردگی

-شناسایی مواد

قطعات مربوط به شیء تاریخی- مطالعاتی به کمک میکروسکوپ نوری، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین همه نمونه‌های پیر سازی شده توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفته، عکس‌های دیجیتال پیش و پس از کاربرد مریم گلی دارویی و بازدارنده ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادیازول^{۲۹} بر سطح این نمونه تهیه شد (تصویر ۱). تصاویر میکروسکوپ الکترونی بر روی قطعات نمونه‌های تاریخی، همراه با آنالیز عنصری توسط EDX در حضور مریم گلی دارویی و در غیاب آن، پس از گذشت یک ماه تهیه شد. برای تهیه این تصاویر از میکروسکوپ الکترونی مجهز به سیستم آنالیز عنصری کامسکان^{۳۰} مدل mv 2300 استفاده شد. نتایج به دست آمده از آنالیز عنصری بر روی نمونه‌های تاریخی نشان‌دهنده نسبت اجزای تشکیل دهنده مس ۸۰/۶۱۹، قلع ۱۶/۹۱۲، سرب ۲/۴۶۹ است (تصویر ۳).

مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی بر روی نمونه‌های تاریخی پیش و پس از درمان اشیاء با بازدارنده جدید مریم گلی دارویی، مبین تشکیل یک لایه بازدارنده شفاف بر سطح است؛ اما سطح تا حدود زبر و ناصاف است (تصاویر ۴الف و ۴ب).



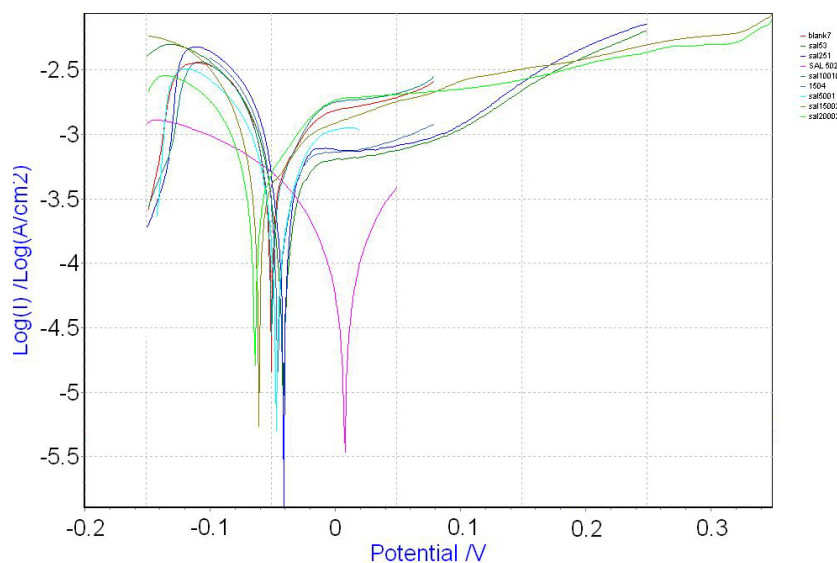
تصویر ۱. لایه پاتین (الف) قبل از درمان نمونه شاهد (ب) پس از غوطه وری در مریم گلی دارویی (ج) پس از غوطه وری در بازدارنده آمینومرکاپتو تیادیازول

موثر باشد (Raja et al, 2008: 113-116). همچنین بررسی مقالات علمی در زمینه پزشکی و علوم کشاورزی درباره شناسایی و تشخیص مواد و ترکیبات موجود در روغن پایه گیاه مریم گلی دارویی، مبین حضور این ترکیبات موثر است. می‌توان با انطباق این داده‌ها، پیش‌بینی کرد عصاره این گیاه نقش موثری در کنترل روند خوردگی ایفا خواهد کرد، بنابراین برای اثبات آن باید آزمایش‌های مختلفی در این باره انجام داد (ObeWise, 2008: 84; Bernotiene, 2007: 73-80; Velikovi, 2007: 38-43).

در آزمایش‌های الکتروشیمی، الکتروود کارگر در درون سل دستگاه و در محلول ۰/۵ مولار کلرید سدیم، همراه با غلظت‌های مختلف از مریم گلی دارویی الکلی محلول در آب مقطر، مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین برای ارزیابی کارکرد بازدارنده موردنظر، قطعاتی از یک شیء مسی تاریخی- مطالعاتی از بخش مرمت موزه ملی ایران تهیه و بازدارنده جدید بر روی آن آزمایش شد.

-تجهیزات

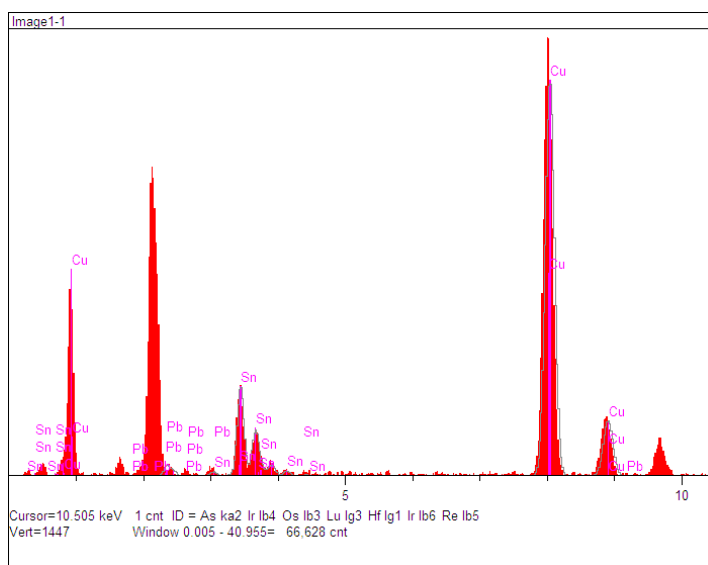
برای آزمون کاهش وزن از ترازوی سارتوریوس^{۳۴} مدل TE313S استفاده شد. اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک توسط دستگاه الکتروشیمی سما^{۳۵} ۵۰۰ انجام شد. آزمایش پس از یک ساعت غوطه‌وری الکتروود مس در الکتروولیت، انجام شده و دامنه پتانسیل بین ۳۰۰ تا ۱۰۰ میلی ولت (روش ارزیابی ولتامتری خطی روبشی و نمودار تافل^{۳۶}) نرخ روبش در رسم نمودارها ۰/۱ میلی ولت بر ثانیه، الکتروود مرجع کالومل (SCE) و الکتروود کمکی پلاتین EI بود. الکتروود کارگر به صورت استوانه و از میله مسی تهیه، و در رزین اپوکسی مانت شده است. پس از صیقل الکتروود کارگر با کاغذ سمباده، ۱۲۰۰ نمونه به دقت با استن چربی زدایی و با آب دوبار تقطیر شستشو داده شد. آزمون‌های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک در آزمایشگاه و کارگاه فلزومتالوگرافی گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان انجام شد. مقادیر پتانسیل خوردگی Ecor، و چگالی جریان خوردگی Icor، از منحنی‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک به دست آمده است. برای بررسی تغییرات رنگ بر سطح پاتین اشیاء تاریخی، پس از کاربرد بازدارنده مریم گلی دارویی، از روش چگالی متری نوری^{۳۷} به کمک دستگاه دانسیتومتر نوری هیلارد^{۳۸} مدل TRD2 استفاده شد.



تصویر ۲ (الف). منحنی های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک برای مس در کلرید سدیم ۰/۵ مولار در حضور غلظت های مختلف مریم گلی دارویی استخراج الکلی

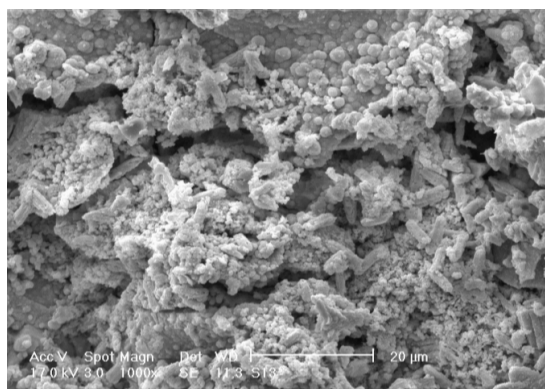
Blank ۷	محلول کلرید سدیم ۰/۵ مولار بدون بازدارنده (شاهد)
Sal ۵۳	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۵ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۲۵۱	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۲۵ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۵۰۲	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۵۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۱۰۰۱۰	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۱۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۱۵۰۴	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۱۵۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۵۰۰۱	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۵۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۱۵۰۰۲	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۱۵۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر
Sal ۲۰۰۲	عصاره مریم گلی دارویی رقیق شده از محلول مادر به صورت ۲۰۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر

تصویر ۲ (ب). بررسی منحنی در کلرید ۰/۵ مولار نشان می دهد با افزایش غلظت عصاره مریم گلی دارویی، پتانسیل خوردگی به سمت منفی جابجا شده و از طرفی، جریان شاخه های کاتدی نسبت به شاهد کاهش می یابد، مکانیسم بازدارندگی این ترکیب، کاتدی است.

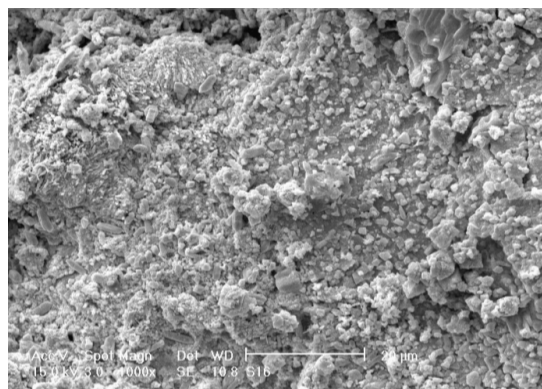


	Units	Conc	Error sig 2	Intensity (c/s)	Line	Elt
	%wt	80.619	29.181	2129.87	Ka	Cu
	%wt	16.912	11.478	329.49	La	Sn
	%wt	2.469	1.558	6.07	La	Pb
Total	%wt	100.000				

تصویر شماره ۳. نتایج طیف EDX از شیء تاریخی



(ب)



(الف)

تصویر ۴. تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح همراه با یون خورنده کلرید (الف) در غیاب عصاره مریم گلی دارویی (ب) در حضور عصاره مریم گلی دارویی

یافته ها

- آزمون های پلاریزاسیون

خوردگی تا 2000 ppm روند کاهشی دارد. با اضافه کردن عصاره مریم گلی نیز، چگالی جریان تبادل i_{corr} و چگالی جریان خوردگی I_{corr} کاهش می یابد. راندمان بازدارنده رفته رفته بهبود می یابد. راندمان بازدارندگی از معادله زیر محاسبه می شود (Bernotiene et al 2007: 38043):

$$E \% = (1 - I_{corr} / I_o \text{ corr}) \times 100$$

که I_{corr} و $I_o \text{ corr}$ به ترتیب چگالی جریان در غیاب و در حضور بازدارنده است. چگالی مقدار جریان خوردگی I_{corr} و پتانسیل خوردگی E_{corr} در 500 ppm (۵۰۰ میلی گرم از محلول مادر در یک لیتر آب) به صورت کاتدی عمل کرده، و به صورت چشمگیری با افزایش عصاره مریم گلی

آزمون های الکتروشیمیایی برای ارزیابی و بررسی راندمان بازدارنده جدید عصاره مریم گلی، بر مس انجام شد. کاربرد این روش باهدف یافتن مناسب ترین غلظت بازدارنده، و نیز بهبود برهم کنش بین ترکیب و سطح الکتروود مزبور بوده است. در این آزمون ها، پتانسیل اولیه برای به دست آوردن شرایط مناسب جذب بازدارنده بر سطح الکتروود انتخاب شد. بررسی (جدول ۱) نشان می دهد نرخ خوردگی، با افزایش غلظت بازدارنده کاهش یافته است. همچنین R_p نیز با افزایش غلظت بازدارنده افزایش می یابد و چگالی جریان

جدول ۱. پارامترهای خوردگی و راندمان بازدارنده برای مس در محلول کلرید سدیم ۵٪/۵ مولار در حضور غلظت های مختلف مریم گلی دارویی (استخراج الکلی)

E %	C.R (mpy) سرعت خوردگی	β_c (mV/decade) شیب تافل کاتدی	β_a (mV/decade) شیب تافل آنودی	I_{corr} (A/cm2) دانسیته جریان خوردگی	i_{corr} (A) دانسیته جریان تبادل	R_p	E_{corr} (mV) پتانسیل خوردگی	غلظت بازدارنده (ppm)
۰/۰۰	۲۱۷/۴۳۲	۰/۰۰۷۲۶۷	۰/۰۰۶۴۶	۰/۰۰۱۵۷۸	۰/۰۰۰۸۹۹۴	۲۴/۱۷	۰/۰۹۱	بدون بازدارنده
۱۱/۱	۱۹۳/۳۱۹	۰/۰۲۵۶۹	۰/۰۱۸۷۷	۰/۰۰۱۴۰۳	۰/۰۰۰۷۹۹۸	۲۷/۱۸	۰/۰۹۲	۱۰۰
۱۲/۵	۱۹۰/۱۴۹	۰/۰۳۱۰۱	۰/۰۲۳۷۱	۰/۰۰۱۳۸	۰/۰۰۰۷۸۶۸	۲۷/۶۳	۰/۰۹۱	۱۵۰
۱۶/۲	۱۸۲/۸۴۷	۰/۰۲۸۹۰	۰/۰۲۱۹۲	۰/۰۰۱۳۲۷	۰/۰۰۰۷۵۶۷	۲۷/۷۳	۰/۰۹۱	۲۰۰
۱۸/۰	۱۷۸/۴۳۷	۰/۰۲۴۶۷	۰/۰۲۴۶۲	۰/۰۰۱۲۹۵	۰/۰۰۰۷۳۸۴	۲۹/۴۴	۰/۰۹۲	۵۰۰
۲۲/۵	۱۶۴/۷۹۶	۰/۰۲۹۷۱	۰/۰۲۶۶۵	۰/۰۰۱۱۹۶	۰/۰۰۰۶۸۱	۳۱/۸۸	۰/۰۹۲	۱۰۰۰
۲۵/۴	۱۶۲/۱۷۸	۰/۰۳۲۲۶	۰/۰۳۳۵۴	۰/۰۰۱۱۷۷	۰/۰۰۰۶۷۰۸	۳۲/۴۱	۰/۰۹۳	۱۵۰۰
۲۸/۶	۱۵۵/۰۱۳	۰/۰۳۸۷۴	۰/۰۳۳۶۳	۰/۰۰۱۱۲۵	۰/۰۰۰۶۴۱۳	۳۳/۹۰	۰/۰۹۴	۱۶۰۰
۳۱/۴	۱۴۹/۵۰۱	۰/۰۵۱۲۲	۰/۰۴۲۹۴	۰/۰۰۱۰۸۵	۰/۰۰۰۶۱۸۳	۳۵/۱۶	۰/۰۹۴	۱۸۰۰
۳۹/۲	۱۳۲/۱۴۰	۰/۰۶۵۲۹	۰/۰۴۵۷۰	۰/۰۰۰۹۵۹	۰/۰۰۰۵۴۶۶	۳۹/۷۷	۰/۰۹۳	۲۰۰۰
۴۹/۸	۱۰۹/۴۸۷	۰/۰۳۶۴۳	۰/۰۳۲۹۱	۰/۰۰۰۷۹۴۶	۰/۰۰۰۴۵۲۹	۴۸/۰۰	۰/۰۹۰	۲۲۰۰

چگالی سنجی نوری

یکی از نکاتی که باید در هنگام مرمت مورد توجه قرار گیرد، تغییر نکردن ساختاری و ظاهری اثر تاریخی، هنگام کاربرد مواد و روش‌هاست. از آنجا که پاتین در یک اثر تاریخی فلزی به ویژه مسی و برنزی، از جایگاه و اهمیت خاصی از دید تاریخی، ساختاری و گاه زیبایی‌شناسی برخوردار است، توجه بیشتر به نرخ تغییرات رنگ و تنالیت، پس از کاربرد ماده جدید ضروری به نظر می‌رسد.

برابرگزارش‌های مرمتی، اشیاء تاریخی از جنس آلیاژهای مسی، که با بنزوتری آزول یا ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادiazول مرمت شده‌اند، دچار تغییر رنگ شده‌اند. بنزوتری آزول سبب تیره شدن و ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادiazول، باعث زرد شدن نانتوکیت موجود بر اشیاء مسی و برنزی می‌گردد (Faltermeier, 1998: 12). هدف از انجام این آزمایش، بررسی تغییر رنگ، هنگام کاربرد ترکیب غیرسمی جدید است. بنابراین از روش چگالی سنجی نوری برای بررسی میزان تغییرات رنگ و تنالیت محصولات خوردگی (پاتین) موجود بر شیء تاریخی پس از استفاده از بازدارنده جدید استفاده شد. در این روش کمیت تغییر رنگ محصولات خوردگی، پس از استفاده از بازدارنده جدید بر روی نمونه‌های تاریخی، مشخص شد.

تصویر شماره ۱ لایه پاتین روی سطح شیء تاریخی را پس از غوطه‌وری آن در عصاره مریم گلی داروئی و در بازدارنده ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادiazول نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری دقیق و آسان تغییرات رنگ روی پاتین از دستگاه چگالی سنج نوری استفاده شد. آزمایش‌ها بر روی ۶ نمونه از اشیاء تاریخی - مطالعاتی از جنس آلیاژ مس به شرح زیر انجام شد:

ابتدا چگالی سنجی محصولات خوردگی روی نمونه‌های مورد نظر پیش از عملیات مرمت انجام شد. همچنین بررسی‌هایی چون آزمون رزنگ و آزمایش شیمی تر، برای بررسی وجود ترکیبات مخرب کلرید مس بر روی اشیاء مزبور انجام، و سرانجام چهار نمونه از آنها برای درمان در بازدارنده جدید مریم گلی داروئی، و یک نمونه در ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادiazول به صورت محلول در اتانول به طور جدا به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شد. پس از سپری شدن زمان معمول، نرخ تغییرات رنگ محصولات خوردگی روی نمونه‌ها پس از عملیات مرمت، به کمک چگالی سنج بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ مشخص شده است.

افزایش می‌یابد. پتانسیل خوردگی نشان می‌دهد مریم گلی در محلول کلرید سدیم ۰/۵ مولار به عنوان یک بازدارنده کاتدی عمل می‌کند. راندمان بازدارندگی (%E) با افزایش غلظت مریم گلی افزایش می‌یابد. می‌توان گفت جذب اجزاء، سبب بلوکه شدن خوردگی بر سطح الکتروود مس می‌شود. از آنجا که مریم گلی داروئی حاوی فلاوونوئید است، این ترکیب شیمیایی به طور معمول حاوی ترکیبات فنولیکی با ساختار پیچیده و وزن ملکولی بالا بوده، همچنین شامل فلاوون گلی کوسید و دامنه‌ای از مشتقات اسید رزماری نیک است (Lu et al 2002: 117). با توجه به واکنش‌های آندی و کاتدی در محیط کلریدی، با افزایش غلظت عصاره مریم گلی، شاهد افزایش میزان بازدارندگی هستیم. بررسی نشان می‌دهد، در مکانیسم بازدارندگی این ترکیب، واکنش کاتدی بزرگ تر از واکنش آندی است (تصویر ۲).

آزمون کاهش وزن

برای ارزیابی ثبات مریم گلی، این آزمایش روی ورق‌های مسی در محفظه رطوبتی انجام شد: کوپن‌ها در کلرید سدیم ۵ درصد وزنی/ حجمی محلول در آب، درون جعبه‌های پلاستیکی به مدت ۲۴۰ ساعت در شرایط عادی اتاق قرار داده شد. کاهش وزن حدود ۰/۱۷۸۲ گرم بود. با تکرار آزمون و افزودن ۵۰۰ ppm (۵۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب) عصاره مریم گلی داروئی، کاهش وزن به ۱۲۲۰ گرم رسید. این داده‌ها مشخص کننده خواص بازدارندگی این عصاره در برابر خوردگی است که نتایج، نشان‌دهنده راندمان بازدارندگی بین ۳۲ تا ۴۱ درصد است. جدول شماره ۲ مشخص کننده میزان تغییرات وزن کوپن‌های مسی در حضور و در غیاب غلظت‌های مختلف عصاره مریم گلی داروئی، در رطوبت نسبی حدود ۱۰۰٪ به مدت ۲۴۰ ساعت در دمای عادی اتاق است. این نتایج نشان‌دهنده کم شدن روند کاهش وزن است. برای ارزیابی کارائی بازدارنده خوردگی، راندمان آن (%IE) را از فرمول زیر محاسبه می‌کنند:

$$IE\% = [1 - (WL / WL_0)] \times 100$$

در اینجا WL و WL₀ به ترتیب میزان کاهش وزن نمونه‌ها در حضور و در نبود است (Abd El-Rahima et al, 2002: 337).

جدول ۲. میزان تغییرات کاهش وزن کپین‌های مسی در غیاب و حضور عصاره مریم گلی دارویی استخراج الکلی ۵۰۰ ppm (۵۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب مقطر)

میانگین وزن	وزن بعد از قرارگیری	وزن قبل از قرارگیری	بازدارنده
۰/۱۷۴	۸/۹۳۸	۹/۱۱۲	بدون بازدارنده
۰/۱۷۲	۸/۷۹۰	۸/۹۶۲	بدون بازدارنده
۰/۱۷۰	۸/۷۹۲	۸/۹۶۲	بدون بازدارنده
۰/۱۷۵	۸/۸۰۱	۸/۹۷۶	بدون بازدارنده
۰/۱۷۳	۸/۸۰۵	۸/۹۷۸	بدون بازدارنده
۰/۱۰۲	۸/۸۸۶	۸/۹۸۸	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۱۳۰	۸/۷۴۳	۸/۸۷۳	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۱۲۶	۸/۸۱۵	۸/۹۴۵	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۰۹۹	۸/۸۰۸	۸/۹۰۷	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۰۹۵	۸/۸۸۸	۸/۹۸۳	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۱۲۹	۸/۷۵۰	۸/۸۷۹	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۰۶۳	۸/۷۸۶	۸/۸۴۹	مریم گلی دارویی ۵۰۰ ppm
۰/۰۲۰	۸/۸۶۷	۸/۸۸۷	۱۲ آمینوئید مرکاپتو و ۳٪ تیادی زول
۰/۰۳۵	۸/۹۱۶	۸/۹۵۱	۱۲ آمینوئید مرکاپتو و ۳٪ تیادی زول
۰/۰۶۵	۸/۹۲۰	۸/۹۵۸	۱۲ آمینوئید مرکاپتو و ۳٪ تیادی زول
۰/۰۳۵	۸/۹۳۹	۸/۹۷۴	۱۲ آمینوئید مرکاپتو و ۳٪ تیادی زول
۰/۰۴۶	۸/۹۵۲	۸/۹۹۸	۱۲ آمینوئید مرکاپتو و ۳٪ تیادی زول
۰/۰۰۷	۸/۷۷۹	۸/۷۸۶	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۸	۹/۳۶۹	۹/۳۷۷	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۹	۹/۵۲۷	۹/۵۳۶	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۶	۹/۳۵۰	۹/۳۵۶	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۷	۹/۲۸۸	۹/۲۹۵	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۱۳	۹/۳۵۳	۹/۳۶۶	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۹	۹/۳۶۱	۹/۳۷۰	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۹	۹/۴۵۳	۹/۴۶۲	بنزوتتری آ زول ۳٪
۰/۰۰۶	۹/۲۸۴	۹/۲۹۰	بنزوتتری آ زول ۳٪



جدول ۳. مقایسه نتایج آزمایش چگالی سنجی نوری بر روی نمونه های مطالعاتی برنز های تاریخی به دست آمده از کشفیات باستان شناسی با پاتین حاوی کوپریت، ملاکیت، ناتوکیت قبل و پس از درمان با بازدارنده.

مریم گلی داروئی ۵۰۰ میلی گرم در یک لیتر آب	بدون بازدارنده (شاهد)	۲ آمینو ۵ مرکاپتو و ۳ و ۴ تیادیزول ۳٪	قطعات از برنز تاریخی
۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۳۶	قطعه شماره ۱
۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۸	قطعه شماره ۲
۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۳۸	قطعه شماره ۳
۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۳۵	قطعه شماره ۴
۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۴۱	قطعه شماره ۵
۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۳۴	قطعه شماره ۶
۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳۳	قطعه شماره ۷
۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۳۸	قطعه شماره ۸
۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۳۴	قطعه شماره ۹
۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۳۶	قطعه شماره ۱۰
۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۳۷	قطعه شماره ۱۱
۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۳۲	قطعه شماره ۱۲
۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۳۷	قطعه شماره ۱۳
۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۳۴	قطعه شماره ۱۴
۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۳۳	قطعه شماره ۱۵
۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۳۹	قطعه شماره ۱۶
۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۵	قطعه شماره ۱۷
۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۳۴	قطعه شماره ۱۸
۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۳۵	قطعه شماره ۱۹
۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۳۹	قطعه شماره ۲۰

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از مطالعات و بررسی های الکتروشیمیایی و آزمون کاهش وزن در مورد عصاره الکلی مریم گلی داروئی، نشان دهنده کارکرد خوب این ترکیب در برابر خوردگی مس در محلول خورنده کلرید سدیم ۰/۵ مولار است. مریم گلی داروئی در مقایسه با بنزوتتری آزول و ۲-آمینو، ۵-مرکاپتو، ۴/۳/۱ تیادیزول اثربخشی کمتری داشته، اما افزون بر ظاهر شفاف، ارزان، دوستدار طبیعت و محیط زیست نیز هست.

نتایج به دست آمده از مطالعات و مشاهدات توسط میکروسکوپ الکترونی نشان می دهد عصاره مریم گلی داروئی به صورت یک لایه نازک بر روی سطح مس تشکیل می شود که تا حدی نایک نواخت است؛ اما تخلخل در آن دیده نمی شود و پوشاندگی مناسبی دارد.

اگر شیء مسی تاریخی به سبب وجود کلرید های مس و علائم بیماری برنز نیازمند مرمت باشد، مریم گلی، بازدارنده مناسبی برای درمان اثر تاریخی با کمترین تغییرات رنگی بر آن خواهد بود. افزون بر این، استفاده از آن بر روی شیء آسان است و کاملاً قابلیت برگشت پذیری نیز دارد.

- 1- BTA
- 2- Lamiales
- 3- Lamiacene
- 4- Salvia
- 5- S.officinalis
- 6- Flavonoid
- 7- Celandine, Chelidonium majus
- 8- sodium decanoate
- 9- patena
- 10- noble
- 11- non noble
- 12- contaminated layer
- 13- CuCl
- 14- $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$
- 15-Lavandolifalia
- 16-Minor
- 17-Major
- 18-officinalis
- 19-essential oil
- 20-iridin
- 21-MERCK
- 22-Percolation
- 23-Clevenger
- 24-Sartorius
- 25-SAMA-500
- 26-Linear Sweep Voltammetry LSV1 /Tafel plot
- 27-Optical densitometry
- 28-Heiland
- 29-2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole
- 30-Camsan

منابع

- وطن خواه، غلامرضا، کاظمی، مهرناز، توکلی، ناهید، (۱۳۸۷)، *مطالعه اثر بازدارندگی محصولات طبیعی شامل عسل و رزماری بر روی خوردگی فولاد*، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره ملی خوردگی، کرمان، ۸۷۹-۸۸۸.
- مفیدی، جمشید، (۱۳۸۳)، *اصول خوردگی و حفاظت فلزات*، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.
- Abel, S., El-Rehim, S., Hassan, S., Hassan, H., Ali, A. M., (2002), *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 78, pp: 337.
- Baldinucci, F., (1996), *The Dictionary of Art*, a cura di Jane Turner, 1681, 399.
- Bendahou, B., (2006), *A study of rosemary oil as a green corrosion inhibitor for steel in 2M H₃PO₄*, Pigment & Resin Technology, Vol. 35, pp: 95-100.
- Bernotiene, G., Nininskiene, O., Butkiene, R., Mockute, D., (2007), *Essential oil composition varibil*



- ity in sage (*salvia officinalis* L.), Chemija Journal, Vol. 18, pp: 38-43.
- Bouyanzer, A., Hammouti, B. A., (2004), *Study of anti-corrosive effects of Artemisia oil on steel*, Pigment & Resin Technology, Vol. 33, pp: 287-292.
 - Bown, D., Brown, D., (2001), *New Encyclopedia of Herb & Their Uses*, Dorling Kindersley, London.
 - El-Etre, A. Y., (1998), *Natural honey as corrosion inhibitor for metals and alloys I. Copper in neutral aqueous solution*, Corrosion Science, Vol. 40 p: 1845.
 - Faltermeier, R. B., (1998), *Colour changes induced when treating copper and alloy archaeological artefacts with the corrosion inhibitors Benzotriazole and Amino- mecaptoptriazole*, SSCR journal, 3-5.
 - Ganorkar, M. C., Pandit Rao, V., Gayathri, P., Sreenivasa, T. A. R., (1988), *A novel method for conservation of copper- based artifacts*, Studies in Conservation, Vol. 33, pp: 97-101.
 - Guilminot, E., Rameau. J. J., Dalard, F., Degriigny, C., Hiron, X., (2000), *Benzotriazole as inhibitor for copper with and without corrosion products in aqueous polyethylene glycol*, Applied Electrochemistry, Vol. 30, pp: 21-28.
 - Hammouch, H., Ahmed, D., Hajjaji G. M., Najat Srhiri, A., (2007), *New Corrosion Inhibitor Containing Opuntia ficusindica Seed Extract For Bronze and Iron-based Artefacts Strategies for Saving Our Cultural Heritage*, Papers presented at the International Conference on Strategies for Saving Indoor Metallic Collections with a Satellite Meeting on Legal Issues in the Conservation of Cultural Heritage, Cairo 25 February - 1 March.
 - Hassairi, H., Bousselmi, L., Khosrof, S., Triki, E., (2008) ,*Characterization of archaeological bronze and evaluation of the benzotriazole efficiency in alkali medium*, Materials and Corrosion, Vol. 59, pp: 32-40.
 - Health Council of the Netherlands, (2000), *Dutch expert committee on occupational standards (DECOS)*, 1,2,3-Benzotriazole. The Hague: Health Council of the Netherlands, publication no. 2000/14OSH. 348-1.
 - Hollner, S., Mirambet, F., Texier, A., Rocca, E., teinmetz, J., (2007), *New non-toxic corrosion inhibitor for cultural heritage*, In Strategies for Saving Our Cultural Heritage Conference, Cairo 25 February - 1 March 2007.
 - Hollner, S., Mirambet, F., Texier, A., Rocca, E., Teinmetz, J., *Development of new non-toxic corrosion inhibitors for cultural property made of iron and copper alloys*, www.promet.org.gr/Portals/0/.../CSSIM-NCI-04-PREPRINT.pdf. Access date 12/2/2011.
 - Ismail, K. M., (2007), *Evaluation of cysteine as environmentally friendly corrosion inhibitor for copper in neutral and acidic chloride solutions*, Electrochimica Acta Vol. 52, pp: 7811-7819.
 - Kilbourn, B. T., (1985), *Lanthanides and Yttrium (Raw Materials for Advanced and Engineered Ceramics)*, Ceramic engineering Science, Proc. Vol. 6, p: 1331.
 - Kurdadze, N., (2009), *Herbal mix for treating upper respiratory diseases and pharmaceutical form based thereon*, , <http://www.sumbrain.com.patent> application wo/2009/125232.
 - Lu, Y., Yeap, foo, L., (2002), *Polyphenolics of salvia – a review*, phytochemistry, Vol. 59 ,pp: 117-140.
 - MacLeod, I. D., (1987), *Conservation of Corroded Copper Alloys: A Comparison of New and Traditional Methods for Removing Chloride Ions*, Studies in Conservation, Vol. 32, pp: 25-40.
 - Madsen, H. B., (1971), *Further Remarks on the Use of Benzotriazole for Stabilizing Bronze Objects*, Studies in Conservation, Vol. 16, pp: 120-122.
 - Merck, L.E., (1981), *The Effectiveness of Benzotriazole in the Inhibition of the Corrosive Behaviour of Stripping Reagents on Bronzes*, Studies in Conservation, Vol. 26 ,pp: 73-76.
 - Muresan, L. M., (2009), *New thiadiazole derivatives as corrosion inhibitors of bronze artefacts*, online. org/members/archives_meeting/abstracts_06/09.pdf, access date 4/4/2011.
 - Organ, N. R. M., (1963), *Aspects of bronze patina and its treatment*, Studies in Conservation, Vol. 8, pp: 1-9.



- Raja, P. B., Sethuraman, M. G., (2008), *Natural products as corrosion inhibitor for metals*, in corrosive media -A review, Materials Letters, Vol. 62, pp: 113–116.
- Robbiola , L., Portier, R., (2006) , *A global approach to the authentication of ancient bronzes based on the characterization of the alloy–patina–environment system* journal of cultural heritage, Vol. 7 ,pp:1-6.
- “Sage”, ObeWiseNutriceutica, (2008), *Applied-Heath*, Retrieved on 2008-02-04.
- Sanyal, B., (1981), *Organic compounds as corrosion inhibitors in different environments — A review*, Progrss in corrosion research, Org Coat., Vol. 9, p: 165.
- Sease, C., (1978), *Benzotriazole: A review for coservators*, Studies in Conservation, Vol. 23, pp: 76-85.
- Stambolov, T., (1985), *The Corrosion and Conservation of Metallic Antiquities and Works of Arts*, in: Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, pp: 22-23.
- Uminski, M. Guidetti, V., (1995), *The Removal of Chloride Ions from Artificially Corroded Bronze Plates*, Studies in Conservation, Vol. 40, pp: 274-278.
- Velikov, D., Nikolova, M.T., Ivancheva, S., Stojanovi, J. B., eljkovi, V., (2007), *Extraction of flavonoids from garden (Salvia officinalis L.) and glutinous (Salvia glutinosa L.) sage by ultrasonic and classical maceration*, Journal of Serbian Chemical Society, Vol. 72 , pp:73–80.
- Wu, X., Chou, N., Lupher, D., Davis, L. C., (1998), *Benzotriazoles: Toxicity and Degradation*, In: Proceedings of the 1998 Conference on Hazardous Waste Research, pp: 374-382.



تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

مروری بر نظریه پردازی‌های مرمت نقاشی دیواری در اروپا

حمید فرهمند بروجنی* حسین احمدی** ریحانه قاسم آبادی***

۵۵

چکیده

موزون‌سازی دیوارنگاره‌های تاریخی، از دید نظری و در کار، همواره یکی از دغدغه‌های مرمتگران بوده است. یکی از مشکلات موجود، شناخت دقیق روش‌های موزون‌سازی و انتخاب درست آنها در بررسی شرایط ویژه هر اثر است. به دلیل مشاهده سردرگمی در زمینه مبانی این کارها و نیز احساس نیاز به پررنگ نمودن رابطه‌ی میان مبانی نظری و بخش اجرایی، هدف این مقاله، بررسی نظریات و استخراج قواعد اصولی در انتخاب شیوه موزون‌سازی متناسب با هر اثر است؛ بنابراین مقاله می‌خواهد به این پرسش پاسخ دهد که "مبانی نهفته در پس کار موزون‌سازی کدام است و این مبانی در عمل به چه شکل و شیوه‌هایی تجسم عینی می‌یابد؟". در روند پاسخگویی نیز، تلاش شده با ارائه‌ی نتایج پژوهش در قالب یک متن توصیفی برگرفته از منابع معتبر در زمینه‌ی مبانی نظری مرمت دیوارنگاره‌ها، تصویری روشن از انواع روش‌های موزون‌سازی ارائه شود. در این صورت مرمتگر می‌تواند با دید باز به گزینش روش موزون‌سازی مناسب بپردازد. در این میان از تجربیات شخصی نیز بهره گرفته شده تا سرانجام بتوان با تجزیه و تحلیلی کیفی، نتایج نهایی را که همان "شناخت اصول و شرایط مقدماتی در مواجهه با نقاشی‌های دیواری در راستای انتخاب مناسب‌ترین روش موزون‌سازی" است، به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: مرمت، مبانی مرمت، نقاشی دیواری، کمبود، موزون‌سازی (رتوش)

farahmandhamid@gmail.com

* دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی دانشگاه هنر اصفهان.

** استادیار دانشگاه هنر اصفهان.

ghasemabadi_r@yahoo.com

*** دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی دانشگاه هنر اصفهان.

مقدمه

نقاشی های دیواری دسته ای از آثار تاریخی هستند که جنبه ی زیباشناختی آنها می تواند همپای ارزش تاریخی شان مهم ارزیابی شود. به این دلیل، تمامی علوم مرتبط با حیطه ی نقاشی و تصویرگری در این میان دخیل هستند. حساسیت موضوع زمانی بیشتر می شود که وجه تاریخی و بی بازگشتی زمان سپری شده بر اثر، محدودیت هایی را بر موزون سازی تحمیل می کند. در واقع، دستیابی به تعادلی قابل قبول میان این دو جنبه اصلی، همواره مرمتگران را به تکاپو در شاخه های مختلف علمی در این زمینه واداشته است. دغدغه های بالا، شاخه ای به نام "مبانی مرمت نقاشی" ایجاد کرده است که به طور خاص به بررسی این مسائل و دوگانگی های موجود می پردازد. آگاهی مرمتگر از مبانی، و داشتن مقداری ذوق هنری (برای تشخیص درست ویژگی های بصری کار)، امری ضروری ست تا از سردرگمی در زمینه انتخاب روش درست جلوگیری شود. صرفاً شناخت فن اجرای نقاشی و پیروی بی قاعده از روش های پیشین نمی تواند راهگشا باشد. در این میان باید مشخص شود چه موضوعات دیگری به عنوان اصول اساسی موزون سازی مهم تلقی می شود و به واسطه این عوامل تأثیرگذار، ارتباط منطقی بین مبانی نظری و کارهای اجرایی چگونه خواهد بود؟ این مطالب اهمیت موضوع را روشن می کند و بیانگر ضرورت پیدایش روش های منطقه ای (بومی) بر اساس به کارگیری درست الگو های جهانی و اعمال تغییرات (در صورت لزوم) است. پیش از این، نوشته های بسیاری درباره نقد و ارزیابی مرمت نقاشی های دیواری منتشر شده که همگی سعی بر پیدا کردن رابطه ی بین نظریه و اجرا داشته اند. البته همه این ها محدود به اثر انتخابی و مرمت صورت گرفته بر آن بوده اند. این مقاله بدون وابستگی به موارد خاص، تلاشی ست در راستای شناخت نظریات مطرح در زمینه مبانی مرمت نقاشی های دیواری. در این راستا از مشاهدات شخصی و تجربه سال های گذشته برای تشخیص نقاط ضعف کارهای مرمتی استفاده شده است. چنان که خواهیم دید، پنداشت بیشتر مرمتگران، بویژه مرمتگران سنتی درباره اصل مرمتی بودن برخی روش های خاص موزون سازی، درست و بجا نیست. در واقع، هدف هر یک از روش های موزون سازی، رسیدن به هدفی ست که مبانی نظری مشخص می کند. اصل این است که به مبانی نظری عمل نشود نه اینکه لزوماً در همه جای دنیا و در همه ی موارد با یک روش خاص

(نظیر هاشورزنی، نقطه چین رنگ و...) به موزون سازی دیوارنگاره ها پرداخته شود.

روش تحقیق

این مقاله از راه پژوهشی توصیفی در منابع مرتبط با مبانی نظری مرمت نقاشی های دیواری، به گردآوری مطالب و نظریات کاربردی پرداخته و همچنین با توسل به تجربیات منتج از مشاهدات شخصی از مرمت نقاشی های دیواری بناهای متعدد و مقایسه ی این دو مقوله در تجزیه و تحلیلی کیفی، راهکارهایی را برای بهبود شرایط تصمیم گیری ارائه می کند.

پیشینه تحقیق

به اختصار می توان به چند مورد کتاب، مقاله و پایان نامه که دارای مطالبی مشترک با بخش هایی از موضوع این مقاله هستند اشاره کرد. نویسندگان مختلفی به بیان شیوه های متفاوت رتوش نقاشی های ایتالیایی اشاره و مبانی این کارها را در کتابی با عنوان *Early Italian Paintings: Approaches to Conservation* تدوین پاتریشیا شروین گارلند از انتشارات دانشگاه پیل در سال ۲۰۰۳، نقد و بررسی کرده اند. مورد مشابه، درباره نقاشی های دیواری دانمارک در مقالاتی از خانم براجر با عناوین *Dilemmas in the restoration of wall paintings* و *Theory, methodology and practice- Cesare Brendi and wall paintings in Denmark in the 20th century* دیده می شود که به بیان رابطه بین مبانی و اجرای مرمت، و نیز کشاکش بین دو ارزش تاریخی و زیباشناختی می پردازد. نقد موردی در ایران را نیز می توان در مقاله بررسی تحلیلی مرمت نقاشی های دیواری صفوی کاخ چهلستون اصفهان توسط مؤسسه مرمت ایتالیا ISMEO (حاجی علیان، ۱۳۸۷: ۷۹-۹۱) مشاهده کرد، که در آن به تحلیل مبانی مرمت های این گروه و کالبدشناسی فعالیت آنها، برای ارائه نکات علمی و قانونمند، پرداخته شده است. از پایان نامه ها می توان به دو مورد اشاره کرد: پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان پژوهشی در مبانی و اصول حفاظت و مرمت دیوارنگاره های تاریخی-فرهنگ با نگرش ویژه بر دیوارنگاره های تصویری دوره صفویه در اصفهان (اصلانی، ۱۳۷۷) که در آن، پس از بیان اصول مقدماتی مبانی مرمت نقاشی های دیواری، به طور اجمالی و به کمک تصاویر، مرمت دیوارنگاره های نمازخانه برانکاتچی و سردر قیصریه را مقایسه می کند؛ و پایان نامه کارشناسی

وضع موجود آغاز شود. مرمت نمی‌تواند در هر روشی، ارزش و واقعیت دانش به‌دست آمده را تغییر دهد. چنین کارهایی، زمانی که با اصل اثر رقابت یا از آن تقلید می‌کنند، براحتی روی ظاهر آن تأثیر می‌گذارند. برای دوری از این، باید میزان و روش مرمت، دقیقاً بررسی شود.

کار فردی مرمتگر باید مداخله‌ای انتقادی باشد که از واقعیت موضوع ناشی می‌شود و متأثر از سلیقه‌ی فردی نباشد» (Baldini, 1996: 335-337). به عبارت دیگر قدم اول در شروع مراحل عملی مرمت، شناسایی اثر، یعنی شناخت ویژگی‌های زیباشناختی و سبک هنری به علاوه خواص مواد و فن اجرا، در کنار مطالعه‌ی وجه تاریخی آن است. پس از این می‌توان مداخله‌ی مرمتی را آغاز کرد که بنا به نوشته ۱۹۹۴م اندرو آدی «می‌تواند شامل این موارد شود:

۱- الحاق و اتحاد قطعات موجود.

۲- پر کردن نواحی مفقود (کمبود).

۳- تجدید وضعیت [تغییر شکل].^۲

۴- موزون‌سازی بصری (یعنی رتوش^۳ بتونه‌ها).

این کارها برای مرمت شکل بصری موضوع و انتقال درست مفهوم به بینندگان، مهم تلقی می‌شوند» (Caple, 2000: 119-136). لازم به ذکر است که تجدید وضعیت می‌تواند شکلی از موزون‌سازی کامل (Exact) باشد که در این حالت ناحیه بتونه شده برای حصول ظاهر اصلی، با اجرای همه جزئیات طرح و نیز رنگ کردن کامل آنها، مرمت می‌شود. این تغییر باید با بررسی دقیق از نزدیک قابل تشخیص باشد. برای دوری از تحریف در کار، باید اطلاعات جزئی و آشکاری از طرح و رنگ موجود در ناحیه‌ی کمبود در دست باشد (همان). در ادامه‌ی نظر آدی، هدفی که او از کارهای بالا بیان می‌کند را می‌توان در جای دیگر، و به صورت مشابه دید؛ یعنی در "الگوی RIP"^۴ که توسط کیپل^۵ بیان شده است. آشکارسازی یکی از سه هدف متضاد بنیادی در این الگو آشکارسازی، پژوهش، صیانت^۶ است که به دنبال تمیزکاری و نمایش شیء، خود به گونه‌ای است که شکل اصلی شیء را، که در یک زمان مشخص داشته‌است، نشان دهد. "تصویر" را می‌توان طوری مرمت کرد که مخاطب بتواند یک حس روشن بصری از شکل اصلی، یا کارکرد آن به‌دست آورد (مونوس ویناس، ۱۳۸۸: ۱۳۷). برای مثال تزئینات دیواری در بنایی با کارکرد تشریفاتی یا درباری که از راه هماهنگی در نقوش و رنگ‌ها نشانگر وجه زیباشناختی بوده، نیازمند آن میزان توجه در موزون‌سازی نقوش است که کارکرد و حس اولیه تزئینات بنا (در ابتدایی‌ترین سطح) را به

ارشد با عنوان مبانی مرمت کمبودهای وسیع در دیوارنگاره‌ها (نمونه مورد بررسی: دیوارنگاره دیوار غربی سالن مرکزی کاخ سلیمانیه کرج) (ساسانی ۱۳۸۵) که مانند مورد بالا، پس از مرور اصول اولیه، به بیان نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نقاشی‌ها در اثر مذکور می‌پردازد، تا پس از شناسایی طرح مفقود، بتواند چند طرح مرمتی را برای بازسازی نقوش پیشنهاد کند. مورد آخر نیز، که مقاله‌ای است با عنوان مبانی و اصول حفظ، نگهداری و مرمت نقاشی دیواری (ضابط نیا، ۱۳۸۵) بدون اشاره به مورد خاص، به صورت کلی به بیان اجمالی اصول و مبانی مرمت مقتبس از بیانیه مجمع عمومی ایکوموس ICOMOS پرداخته و در بخش بازسازی، بر حفظ اصالت تاریخی و خوانایی فرم و محتوای نقاشی‌ها تأکید کرده است.

موزون‌سازی از نظریه تا عمل

-مرمت

در هر مرمت، ابتدا باید شرایط و اهداف آن را شناخت. در این باره برندی^۱ پس از تأکید بر اولویت جنبه زیباشناختی در مرمت یک اثر هنری، توجه لازم به اهمیت تاریخی آن را نیز از نظر دور نگه نمی‌دارد و بر این مبنا، هدف مرمت را بازتثبیت یگانگی بالقوه‌ی اثر، بدون افتادن در دام بدل‌سازی‌های هنری یا تاریخی و بدون حذف همه آثار گذشت زمان تعریف می‌کند (برندی ۱۳۸۶: ۴۰ و ۴۱). او برای حرمت‌گذاری مرمت به خصلت تاریخی، آن را در رابطه با زمان تعریف می‌کند تا بتواند در جایگاه یک رویداد تاریخی مورد تأکید قرار گیرد، زیرا [مرمت] کاری انسانی‌ست و باید بخشی از روند انتقال اثر به آینده باشد. از این‌رو بین قسمت‌های "تازه الحاق شده" و "اصلی" تمایز قائل شده و در ضمن، بخش‌هایی را برای نشان دادن وضع قبل از مرمت، در نظر می‌گیرد (برندی ۱۳۸۶: ۶۰). در واقع مرمت اثر هنری با توجه به ویژگی مشخصه آن به عنوان یک اثر هنری، باید فرم بصری موضوع را برای انتقال پیام به بیننده، مرمت کند و با توجه به خصلت تاریخی، باید آشکارا از فاصله نزدیک قابل تشخیص باشد. این همان تفسیر انتقادی‌ست که امکان نقد و بررسی اثر اصلی و اضافات مرمتی را فراهم می‌کند. دوم آن که برای رعایت صداقت و اطلاع رسانی کافی به بیننده، باقی‌گذاشتن شاهدی از مراحل کار، شایسته است.

به اعتقاد بالدینی «مرمت در ابتدا باید با تحلیل دقیق زبان شناختی کار، به معنی شناسایی واقعیت موضوع در

بیننده منتقل کند. این مهم، نیازمند استناد به مدارک معتبر بسیار است تا بیشترین مدارک برای رتوش فراهم آید و در صورت لزوم می‌توان از عکاسی در نورهای خاص بهره گرفت تا پیش طرح اولیه مشخص شود. مورد دیگر، امکان مذهبی ست که تصاویر دیواری بیانگر موضوعات دینی بوده و از این راه، ارتباط مستحکمی با مخاطبان خود برقرار کرده اند. توجه ویژه به شناخت باورهای ریشه‌دار مردمی و اعمال آنها در کار، تا جایی که خارج از چارچوب اصول مقدماتی و اهداف مرمتی نباشند، ضروری ست.

به‌طور کلی «اصول اخلاقی مرمت امروز، ابا متهم کردن مرمت‌های زیباشناختی فرضی» اقتضا می‌کند که تزئینات و نقوش با داشتن شاهد آشکاری از گذشته مرمت شوند؛ در موارد نبود اطلاعات، اشکال کلی بدون جزئیات، می‌توانند برای انتقال دادن اثر و حس کار و نیز، دوری از ناهماهنگی بصری، استفاده شوند؛ مانند نمایش بدون جزئیات چهره برخی از اولیاء (مقدسین) مجهول در بازسازی موزائیک‌های شیشه‌ای قرن ۱۳م یک تعمیرگاه در فلورانس. قانون‌های ساده‌ای مثل اینکه، قسمت مرمتی از فاصله ۶ فوتی قابل تشخیص نبوده، اما از ۶ اینچی تشخیص داده شود، (اصل ۶ اینچ، ۶ فوت)، از تداوم بصری تصاویر در کنار احترام به اصالت تاریخی آنها حمایت می‌کند» (Caple, 2000: 119-136) اما ابتدا باید خود کمبود را شناخت.

کمبود (Lacuna)

تعبیر ریچارد آفتر از کمبودهای نقاشی به این گونه است: «کمبود مانع از گردش چشم در سطح اثر است. دلیل اصلی اختلال ایجاد شده در اثر به واسطه وجود کمبودها، تمایل ناظر برای دستیابی به تمامیت اثر است. البته زمانی که وجود کمبود به برخی دلایل بدیهی ست، این میل در بیننده، اندکی کمتر می‌شود» (Offner, 1963: 337-384). به عبارت ساده‌تر، از آنجا که میل فراگیری در بیننده برای درک تمامیت اثر وجود دارد، هر زمان که این تمامیت به واسطه وجود کمبودها دستخوش تغییر شود، مشکلی در روند رسیدن به آن پیش خواهد آمد. البته هر زمان که کمبودها [احتمالاً به دلیل اهمیت ارزش تاریخی] تا حدی پذیرفته شده باشند این خواسته، تعدیل می‌شود. پس چنین بر می‌آید که اولویت ارزش‌گذاری‌ها در هر اثر در راستای درمان مناسب، حائز اهمیت بوده و اولویت اصلی در دسته‌بندی‌های جدید ارزشی، بین ملاحظات تاریخی

و زیباشناختی در گردش است.

به باور برندی آسیب ناشی از یک کمبود، علاوه بر بخش مفقود، آنچه را که به‌طور ناخوشایند جانشین کمبود می‌شود، نیز در برمی‌گیرد. (برندی، ۱۳۸۶: ۵۱) سپس به توضیح "فیزیولوژی دیدن" می‌پردازد، به این گونه که شکل غیر منتظره کمبود، به‌گونه‌ای واقعی در نقاشی که خود به‌عنوان پس زمینه در اختیار شکل کمبود قرار گرفته است، دیده می‌شود. در اینجا با دو گونه آسیب مواجه‌ایم: یکی بروز کمبود در تصویر و آسیب وارد آمده در بخش خالی، و دیگری راندن نقاشی به پس زمینه و بی‌ارزش شدن تصویر (برندی، ۱۳۸۶: ۵۲).

راهکار درمانی مدنظر او برای پرهیز از جذب دوباره تصویر توسط کمبود، که به تضعیف تصویر می‌انجامد، قرار دادن کمبود در سطحی دیگر (نسبت به سطح تصویر) است. در جایی که چنین امکانی نباشد باید از شدت رنگ مایه‌ها کاست تا وضعیت فضایی متفاوتی (نسبت به رنگ‌های موجود) در تصویر ایجاد شود (برندی، ۱۳۸۶: ۹۹). در واقع او به دو موضوع تفاوت سطح یا تفاوت رنگ، در راستای ایجاد تفاوت با اصل اثر اشاره می‌کند. اعمال یکی از این دو کافی ست، اما باید توجه داشت که پائین گرفتن سطح بتونه مطلوب است؛ به شرط آنکه نقش بر آن اجرا نشود، وگرنه، سایه‌های ایجاد شده در اثر تابش نور از اطراف، باعث اختلال در مشاهده می‌شود.

به باور بالدینی، «وقفه ایجاد شده در اثر هنری، به دلیل ایجاد تغییر در وضعیت کار و تحریف مفهوم گویای آن، نمی‌تواند برداشته شود. کمبود، ناگزیر در طول عمر کار هنری حادث می‌شود و اثر منفی آن از این روست که به گویائی کار لطمه می‌زند. وقفه موجود نباید مثل یک کمبود خود نمایی کند، بلکه باید نسبتاً مصداق و معنی پیوند میان وجود کنونی و گذشته‌ی اثر باشد» (Baldini et al, 1982: 396-406). پاول فیلیپو نیز می‌نویسد: «کمبود، وقفه‌ای در تداوم شکل هنری موضوع و ضرب‌آهنگ آن است. تنها هدف مرمت باید کاهش اختلال ایجاد شده باشد، به گونه‌ای که مداخله مرمتی بی‌ابهام تشخیص داده شود (تفسیر انتقادی)» (Philippot, 1972: 358-363). پس پیداست، اولین مورد مهم در مطالعه‌ی ظاهر اثر، بررسی اختلال ناشی از کمبودهاست. از آنجا که آنها شکل تصویر را ناقص می‌کنند، پس به مفهوم نقاشی نیز آسیب می‌زنند. یعنی اگر بتوان محدوده فرم نقوش را مشخص کرد، خوانایی اثر تا حد زیادی بازمی‌گردد.

پنج دسته‌ی زیر تقسیم می‌کنند:

- ۱-فرسایش طبیعی ناشی از گذر زمان در لایه پاتین؛
- ۲-فرسایش طبیعی ناشی از گذر زمان در لایه رنگ؛
- ۳-کمبردهای کامل لایه رنگ یا اندود، که محدود به ناحیه سطحی و دارای قابلیت بازسازی ست؛
- ۴-کمبردهای کامل لایه رنگ یا اندود، که به خاطر گستردگی و موقعیت آن، نباید بازسازی شود؛
- ۵-کمبردهای وسیع، که به دلیل اهمیت رابطه با فضای معماری، بازسازی می شود.

افرسایش طبیعی، به پوسته شدن لایه رنگ و یا کاهش ضخامت این لایه و لایه پاتین در اثر روند کهنگی تدریجی اشاره دارد [بتونه باید به گونه دقیق، بافت و سطح اندود اصلی را بازتثبیت کند. بدین منظور، معمولاً از مواد همسان یا مشابه با اندود اصلی استفاده می‌شود. برای نقاشی روی گچ، بتونه گچی مانند اصل، در ترکیب با امولسیون آکریلی مثل پریمال AC33 می تواند مناسب باشد [این امولسیون آبی دارای پایداری عالی و حفظ انعطاف پذیری در برابر روند کهنگی ست که برای استحکام بخشی ملات‌ها به کار می‌رود (Conservation Resource International, LLC, 2009)].

درباره اندود آهکی، اگر لازم باشد ابتدا باید کمبودها تا سطح آستر با ملاتی مشابه اصل پُر، و پس از آن با ملات پایه آهکی موزون شود. هرگاه که وسعت کمبود متجاوز از حد معین باشد و بازسازی بخواهد بر مبنای فرض او بدون شاهد آشکاری از گذشته اثر [انجام شود، بازسازی کمبودها جایز نیست. بهترین روش درمان این است که این گونه تصور شود که گوئی بخشی از اندود سطحی ریخته و سطح زیرین باید نمایانده شود. خود دیوار هرگز نباید در کمبودها یا حتی اطراف نقاشی پدیدار شود زیرا همواره مانند یک تصویر خودنمایی می‌کند و از ارزش تصویر اصلی می‌کاهد. بهتر است رنگ بندی دقیق اندود به وسیله خود مواد (رنگ واندازه دانه های ماسه یا هر ماده‌ی پرکننده دیگر) به دست آید اما، می‌توان برای تعدیل رنگ بندی از یک لعاب رنگی^۷ روشن استفاده شود. بتونه نباید سطح صاف و نرم داشته باشد، زیرا باعث می‌شود کمبود خود را به جلو بکشد، افزون بر این نباید آنها را با رنگ خنثی^۸ رنگ کرد [همان گونه که برندی استدلال می‌کند] (Conservation Resource International, LLC, 2009). در مجموع اولین مورد، شناخت کمبودها بر اساس طبقه بندی پنج گانه است. سپس باید جایگاه و عمق آنها در تصویر، برای درک فشار ناشی از اختلال ایجاد شده، بررسی شود. اما شناخت سبک نقاشی نیز حائز اهمیت است، چرا



(ب)

(الف)

تصویر ۱. (الف) کمبود پر شده با ملات بدون لبه‌های منظم (Mittone, 2010)
(ب) کمبود پر شده با ملات با لبه های منظم (Mittone, 2010)

بررسی‌های علمی ثابت کرده است که «یک فرم با لبه‌های منظم، آسانتر به گونه "شکل" دریافت می‌شود تا همان فرم با لبه‌های ناهموار (تصویر ۱). (طبق قانون هیأت گرایبی [طرح گرایبی]، شکل ساده تر به‌عنوان نقش دریافت می‌شود). این حکم درباره کمبودهای پر شده با ملات صدق می‌کند. از طرفی فشار کمبود در تناسب مستقیم با عمق، شکل، اندازه و جای کمبود درون تصویر است» (Mittone, 2010). بنابراین روش درمان مناسب، به ویژگی‌های ظاهری کمبود وابسته است و باید هنگام بتونه کاری از ایجاد فرم هندسی منظم در لبه‌های کمبود دوری کرد. به هر حال، اصل مهم در برخورد با کمبودها این است که «کمیته سازی اختلال ایجاد شده برای مرمت تصویر، باید به اصالت آن به‌عنوان یک آفرینش و یک سند تاریخی احترام بگذارد. بازسازی نواحی مفقود، نه با هدف تکمیل کار، بلکه مطابق محدودیت‌های تعریف شده، برای درمان کمبودها به قصد آن که بخشی از زمینه شوند، توجیه شده است. این کار باید مانند تفسیری انتقادی از کار اصلی قابل تشخیص باشد و با تمامیت صوری کار یکی شود. شکست در تداوم بخشیدن به فرم تصویری بر فرم معماری هم تأثیر می‌گذارد، بنابراین مرمت نقاشی به گونه‌ای مرمت معماری هم هست. این موضوع گاه توجیه کننده موزون سازی بیش از حد معمول است. به طور کلی مرمت کمبودها، تابع ویژگی یگانگی بالقوه‌ی اثر و همچنین موقعیت و گستردگی کمبودهاست» (Mora et al, 1983: 377-424). پس مورد مهم دیگر، شناخت نقاشی های سهیم در ضرب‌آهنگ معماری ست؛ زیرا برخی آثار رابطه خاصی با فضای معماری ندارند و صرفاً مانند قاب های تزئینی بر دیوار نقش زده شده اند. پائولو مورا، لورا مورا و پاول فیلیپو انواع کمبودها را به

که «طبق نظر پاول و آلبرت فیلیپو، موزون‌سازی تصاویر علاوه بر موارد بالا، به سبک نقاشی اصلی نیز بستگی دارد و می‌تواند تأثیری تعیین کننده بر تأثیر بصری آسیب داشته باشد. برای مثال، کمبودی در اندازه معین در ترکیب هنری چند پیکره باروک، که در آن پرسپکتیو و تمرکز بر بعد سوم نقشی مهم ایفا می‌کند، آسیب بصری بیشتری ایجاد می‌کند تا در یک نقاشی فرسک دوره رمانسک، که تک بعدی و ایستاتر است. نه تنها میزان مداخله زیباشناختی بر مبنای سبک هنری نقاشی تعیین می‌شود، بلکه تصمیم‌گیری درباره انتخاب روش موزون‌سازی مناسب نیز معمولاً متأثر از ویژگی‌های بصری اصیل باقیمانده در نقاشی است» (Brajer, 2009: 109-118). این، به طور غیرمستقیم اهمیت ارزش زیباشناختی را پیش می‌کشد. آسیب‌های مشابه در تصاویری با سبک‌های غیرمشابه، اثرات متفاوتی دارند. برای مثال اختلال وارد آمده به یک نقاشی به سبک تمپرا با رنگ‌های تخت و جسمی، کمتر است تا در یک اثر رنگ روغنی که تأثیرات سایه روشن آثار اروپایی را داراست. این موضوعات درباره اثرات کمبود به مبحث روان‌شناسی درباره "مکانیزم مشاهده و ادراک اثر" توسط چشم و ذهن انسان، وابسته است. روان‌شناسی گشتالت (مرتبط با واژه آلمانی شکل یا ترکیب) فیزیولوژی دیدن را این گونه شرح می‌دهد: در شیوه‌ای که دیدن انسان در یک لحظه نظمی بر مبنای تقارن و ساده‌ترین اشکال تعبیر آنی یک تصویر برقرار می‌کند، رابطه‌ای اساسی بین شکل و زمینه ایجاد می‌شود (برندی، ۱۳۸۶، ۵۲). یا طبق گفته کریس کیپل، «از آنجا که انسان‌ها، موضوعات را به وسیله مقایسه با تصاویر موجود در حافظه، بازمی‌شناسند، بنابراین، عامل "تفاوت" بین موضوع دیده شده و موضوع به خاطر سپرده شده، خود در ذهن پررنگ می‌شود و فوراً چشم را به خود جلب کرده و تصویر اصلی، پس از آن کمبود دیده می‌شود. اصرار بر حذف این مانع بصری، اشتیاق به مرمت موضوع برای دستیابی به صحت و ظاهر اصلی آن را فزونی می‌بخشد» (Caple, 2000: 119-136).

اما اندازه این "بخش متفاوت" شرط تعیین کننده‌ای در دیدن است، همان‌طور که «ای-وان دودرینگ» در سال ۱۹۷۸ در توضیح تفسیر برندی بر پایه‌ی روان‌شناسی گشتالت، می‌نویسد که مشاهده و ادراک می‌تواند تطبیقی باشد برای افزایش سازگاری داده‌ای که در ذهن حضور داشته است. در کمبودهای کوچکتر، تصاویر در ذهن ذخیره شده، ناخودآگاه با مشاهدات واقعی ترکیب، و منجر به "به ندیدن" بسیاری از جزئیات مفقود می‌شود.

اما این پدیده در کمبودهای بزرگ میانه نقاشی اتفاق نخواهد افتاد. هر چه موزون‌سازی بیشتر صورت گیرد، افزودنی‌های بیشتری با انگیزه افزایش تطبیق با داده‌های موجود در ذهن، وارد عمل می‌شوند؛ نتیجه‌ی چنین روشی از موزون‌سازی، بهبود ادراک تصویر است» (Brajer, 2005: 122-140). به بیان ساده‌تر، مشاهده و درک ما از تصویر گرایش دارد تا با داده‌های موجود در ذهن سازگاری یابد و چشم ما سعی می‌کند آنچه را که با داده‌های ذهنی سازگارتر است، ببیند. در کمبودهای کوچکتر، ذهن ما مشاهدات واقعی را با داده‌های ذخیره شده پیشین ترکیب می‌کند و باعث می‌شود بسیاری از جزئیات مفقود را نبینیم، زیرا از این دیدگاه، مشاهده و ادراک ما گرایشی به پیشینه کردن سازگاری با ذخیره‌های ذهنی دارد. این موضوع استفاده از رنگ‌های هم‌رنگ در کمبودهای بسیار جزئی را مجاز می‌کند اما، کمبودهای بزرگ این چنین نیست که نیازمند موزون‌سازی ست. هرچه موزون‌سازی بیشتر انجام شود، ادراک ما بهتر می‌تواند آنچه را که مشاهده می‌کند کمبودهای موزون شده در تصویر را با داده‌های ذهنی تلفیق کند و به سازگاری برسد. از این‌رو انجام موزون‌سازی، درک ما را از تصویر بهبود می‌بخشد.

با بازگشت به گذشته، مطالبی جالب درباره تلاقی مکانیزم درک و دریافت، و تاریخ هنر خواهیم یافت. «هنریک ولفلین»^۱، پژوهشگر سوئیسی تاریخ هنر، پنج روش متضاد را در تاریخ هنر برای درک و فهم توسعه سبک، و نیز برای تحلیل "روش نمایش"، که خود به روش درک و دریافت وابسته است، در سال ۱۹۱۵ تدوین کرد. با اینکه این نظام صرفاً به تفاوت‌های بین هنر دوره کلاسیک (اوج رنسانس) و دوره باروک اختصاص دارد، او معتقد است با انجام اصلاحاتی، برای ادوار هنری دیگر نیز قابل قبول است. آنها عبارتند از:

۱. Linear and Painterly خطی و نقاشانه
 ۲. Plane and Recession سطح و رُکود [فضایی]
 ۳. Closed and Open form فرم‌های بسته و رها (آزاد)
 ۴. Multiplicity and Unity تعدد و یگانگی
 ۵. Absolute and Relative clarity وضوح قطعی و نسبی
- فرم به‌وسیله خط در روش خطی از راه کناره (مرز) مشخص می‌شود. در روش نقاشانه، حضور خط کم‌رنگ می‌شود و فرم، از راه ادغام موضوعات و پس‌زمینه، ایجاد می‌شود. سطح از خط نتیجه می‌شود و بزرگترین وضوح فرم، در یک سطح است. با کم کردن خط، شکل‌ها و

هلموت روهمن نیز می‌گوید: «در ظاهر ایده‌ی خوبی‌ست اما، در عمل ناممکن است زیرا، به هر حال رنگ مجاور می‌تواند از راه تضاد رنگمایه‌ای را به آن رنگ خنثی تحمیل کند. قانون مهم، پرهیز از کاربرد سایه رنگ^{۱۲} ناهماهنگ با رنگ‌های اصلی نقاشی‌ست؛ اگر در اثر هیچ گونه رنگ خاکستری نیست و رنگ‌ها ناب و خالص‌اند، نباید هیچ چیز اضافه شود» (Ruhemann, 1968: 54-68). بنابراین، پیرو آرای بالا، کاربرد این روش توجیه‌پذیر نیست.

در ساده‌ترین گونه کمبودها، یعنی فرسایش طبیعی لایه رنگ، «موزون‌سازی باید نقاط ریز روشن اندود زیر را، که جلوی تصویر اصلی نمایان می‌شود، با کاربرد لعاب آبرنگی^{۱۳}، از راه کم کردن درجه رنگ کمبودها، به عقب برگرداند. یعنی رنگی استفاده شود که ارزش‌رنگی آن شبیه ناحیه مجاور، البته، اندکی روشن‌تر و سردتر باشد (حتی خاکستری^{۱۴}) باشد و بتواند احساسی از ردپای رنگ اصلی بر اندود زیر ایجاد کند. در اینجا صرفاً نیاز به بازتثبیت تداوم درجه رنگی‌ست، مگر زمانی که کمبودها نواحی کوچک بسیار زیادی را در بر گیرند که نیاز به بازسازی فرم و شکل به وسیله کشیدن طرح پیش می‌آید (تصویر ۲)» (Mora et al, 1983: 377-424). هلموت روهمن نیز می‌نویسد: «در اینجا نیازمند روش پرداز (نقطه‌چین رنگ)^{۱۵} هستیم. این

سطح، تنزل می‌یابند و موضوعات در شرایطی از رکود فضایی (فاصله‌ای) دیده می‌شوند. پس می‌توان از یک ترکیب هنری بسته در هنر کلاسیک و یک ترکیب آزاد در هنر باروک که به واسطه‌ی آن، ترکیب هنری، آن سوی حد و مرزهای واقعیت می‌رود، سخن گفت. در یک ترکیب کلاسیک، عناصر مجزا (تعدد)، به سمت یک کل جمع می‌شوند، اما همیشه استقلال دارند، درحالی‌که هنر باروک، همه عناصر مجزا را تابع یک زمینه‌ی منفرد یا الگوی برجسته یگانگی‌صوری می‌کند. هنر کلاسیک برای وضوح قطعی می‌کوشد به موضوعات واقعیت محسوس بدهد، اما وضوح نسبی، فرم هنری را برای دست‌یابی به نتیجه (اثر) قربانی نمی‌کند، بلکه وضوح یک موضوع، به‌طور برابر، با ترکیب سراسری هنری، رنگ و نور، ایجاد می‌شود. الگوی او برای طراحی، نقاشی، مجسمه و معماری به کار می‌رود. این خود دلیل آن است که روشی مانند هاشورزنی عمودی هرگز نمی‌تواند به‌طور موفق در رتوش تصاویر باروک استفاده‌شود. با شروع دوره‌ی باروک، نقاشی بصری جای نقاشی لامسه‌ای سبک خطی (کلاسیک اوج رنسانس) را گرفت و ولفلین آن را انقلابی در تاریخ هنر یافت» (Talley, 1996: 2-39). نکته حائز اهمیت، بررسی امکان استخراج اصول و روش‌های موزون‌سازی متناسب با سبک هر دوره است. مانند نمونه مذکور، روش رتوش هاشورزنی عمودی^{۱۱} بنا به دلایل گفته شده، نمی‌تواند روی تصاویر باروک نتیجه‌ی موفق داشته باشد. پس، در راستای انتخاب روش مناسب موزون‌سازی باید به بررسی سبکی پرداخت. با توجه به نبود واقع‌گرایی در نقاشی ایرانی (پیش از ورود عناصر اروپایی) و به‌کارگیری خطوط قلمگیری در جداسازی نقش از زمینه، به جای سایه و حجم پرداز، بیشتر آثار ایرانی آشکارا دارای سبک خطی‌ست؛ پس منافاتی با هاشورزنی ندارد، اما، با کاربرد سطوحی تخت از رنگ‌های درخشان در این آثار، روش بالا همواره کارایی ندارد. اکنون باید به معرفی روش‌های مختلف رتوش پرداخت.

انواع رتوش

به گفته برندی روش رنگ خنثی، اولین تلاش برای انسجام بخشی به تصویر بود که می‌خواست از روش‌های مبتنی بر تصور و خیال بپرهیزد. این تلاش صادقانه بود، ولی کافی نبود، چرا که؛ مشخص شد هر رنگی، خنثی یا غیر خنثی، بر ترکیب رنگی نقاشی تأثیر می‌گذارد، و در عمل، هیچ رنگ خنثایی وجود ندارد (برندی، ۱۳۸۶: ۵۲).



تصویر ۲. موزون‌سازی از طریق لعاب آبرنگی، نواحی داخل خط چین وضعیت قبل از مرمت می‌باشند (Mora, Mora, and Philippot 1983)

در سه مرحله تدریجی به رنگ‌های موجود در بخش های مجاور، کنار هم قرار می‌گیرند. خاستگاه «این روش، فن نقاشی فرسک ایتالیایی آغازین است که برای اولین بار این روش روی آن نقاشی‌ها آزموده شد؛ یعنی خطوط هاشور روی این کارها که نشانی از موی زبر قلم‌موی آغشته به دوغاب آهک را داراست، الهام بخش هاشورزی عمودی بودند (شکل ۴)» (Brajer 2006: 109-118). لورا و پائولو مورا به همراهی پاول فیلیپو نظر خود درباره بازسازی کمبودها این گونه بیان می‌کنند: «هرچه کمبودها بزرگتر شوند، بازسازی آنها حتی در نقوش تکرار شونده تزئینی مشکل‌تر خواهد بود. رتوش نباید با همان فن نقاشی اصلی اجرا شود. این ناهماهنگی فنی باعث می‌شود موزون‌سازی از اصل اثر قابل تشخیص باشد و یا در صورت لزوم، به آسانی برداشته شود. آبرنگ به لحاظ استفاده‌ی آسان، شفافیت و برگشت پذیری قابل توصیه است. درباره آن دسته از کمبودها که به رغم ابعاد بزرگشان از دید اهمیت در فضای معماری باید بازسازی شوند، موارد زیر، رابطه منفصل شده‌ی نقاشی دیواری و معماری را دوباره برقرار می‌کنند:

۱- اندود رنگی: نمایاندن اندودهای قدیمی به‌عنوان بقایای کمیاب که به‌وسیله نوسازی‌ها و اصلاحات مخفی شده‌اند، از راه تراشیدن آن اصلاحات، لازم است. بررسی و توسل به مستندات از نیازمندی‌های اولیه است. حفظ بقایایی که در سطح باقی مانده‌اند به‌عنوان شاهد و مدرک، ضروری است. اگر بازسازی کامل بخش‌های اصلی، یگانگی معماری را نسبت به همه دیگر روش‌های موجود، درست‌تر برقرار می‌کند، این بازسازی با توجه به مطالعات باستان شناسانه توجیه می‌شود.

۲- دیدفریبی وابسته به فضای معماری^{۱۶}: هر گاه نقاشی

فن به‌گونه یک پرده روشن‌تر از رنگ‌های مجاور، برای جلوگیری از اغفال و تداخل با کار اولیه، بهترین است» (Ruhemann, 1968: 52-68). در هر دو مورد، رنگ‌ها به‌گونه یک پرده روشن‌تر و سردتر از رنگ اصلی به کار می‌رود. اما روهمن به شیوه اجرایی پرداز اشاره کرده است که گرچه در این مورد شیوه موفق‌ست، اما در اینجا به دلیل استفاده از تفاوت بافت نیاز به رنگ روشن‌تر نیست و در صورت کاربرد آن می‌توان در پایان از لعاب آبرنگی روی کار بهره گرفت. در مواقعی که کمبودهای فرسودگی طبیعی، وسیع‌تر از نقاط ریز کوچک باشند، می‌توان زمینه‌ی کمبود را با لعاب آبرنگی در طرح موردنظر رنگ کرد. «طرز کار در شیوه نقطه چین رنگ، مشابه روش هاشورزی عمودی [که در ادامه خواهد آمد] است که در آن، نقاط به طور کامل هم پوشان نمی‌شوند تا چشم بتواند رنگ‌ها را در هم آمیزد.» (Mittone, 2010)، «در رویکرد نظام مند مرمت، همان‌گونه که لورا و پائولو مورا مشخص کردند، ابتدا موزون‌سازی کمبودهای کوچک و سپس بازسازی قطعات بزرگتر انجام می‌شود» (Lignelli, 2002: 183-188). پس از ناکامی روش رنگ خنثی، درباره کمبودهایی که به لحاظ محدودیت ابعاد، قابلیت بازسازی دارند، «برندی در مرکز رم، در همکاری با پائولو مورا، مشهورترین فن مشهود در موزون‌سازی را به‌عنوان Rigatino یا هاشورزی عمودی، [در فاصله سال‌های ۱۹۴۵-۵۰م] توسعه داد.» (Caple, 2000: 119-136) «این در واقع گونه‌ای مرمت تصویری است که از فاصله نزدیک قابل تشخیص است و شامل کاربرد عمودی خطوط رنگی یک سانتی متری برای انطباق آنها با ناحیه تصویری مجاور است (تصویر ۳)» (Ciatti, 2002: 191-206).

ابداع‌کنندگان این روش اشاره می‌کنند که هاشورها



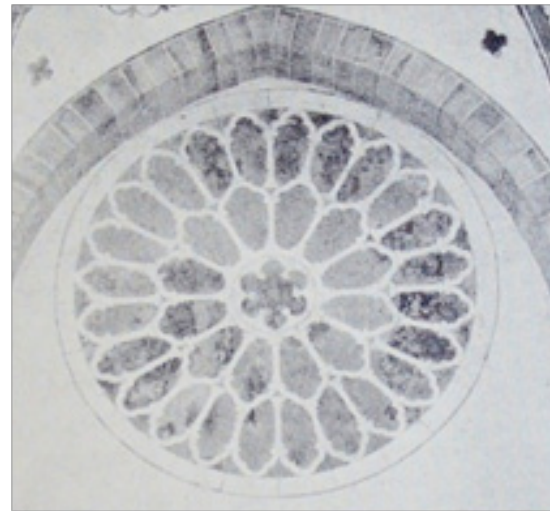
تصویر ۴. خطوط هاشورمانند روی نقاشی‌های ایتالیایی (Baldini, 1990)



تصویر ۳. رتوش به روش هاشورزی عمودی (Mora, Mora, and Philippot, 1983)

توسل به مستندات کافی ست تا دخالت حدس از بین برود. تمام این موارد زیر پوشش "رتوش مشهود" جای می‌گیرد. «مدیر گالری ملی لندن، فیلیپ هندی^{۱۷}، در سال ۱۹۶۱م از الگوی "رتوش مشهود" دفاع کرد و گفت آگاهی مرمتگر از تصویر و نحوه اجرای آن امری اساسی ست. مردم باید در حالی که از نقاشی لذت می‌برند، بدانند که آن تصویر مرمت شده است. یک راه حل پیشنهاد شده در این راستا، نمایش عکس‌های پیش و پس از مرمت بود» (Grette Poulsson, 2008: 144-161). این کار مطلوب است، اما بهتر است طبق گفته برندی، شاهدهی از مراحل پیشین در خود اثر گذاشته شود. «چارلز سیمور^{۱۸} در سال ۱۹۷۰م می‌نویسد: "ممکن است آسیب یک نقاشی خیلی ناچیز باشد، و با این همه، آن اثر را خیلی از شکل انداخته باشد. در این حالت، رتوش مشهود کمبودها به گونه‌ای که آشکارا، رنگمایه و بافت آنها از بخش‌های اصلی متمایز باشد، توصیه می‌شود"» (Rothe, 2001: 13-25). همان طور که می‌بینیم، اعمال تفاوت در رنگ، بافت یا سطح، برای احترام به اصالت اثر در کار تفسیر انتقادی ضروری ست.

کانتی^{۱۹} درباره مرمت مشهود می‌نویسد: «برندی در توسعه روش هاشورزنی عمودی، می‌خواست روشی را ابداع کند که در مفهوم درست کلمه، بی اثر باشد و به اصالت تاریخی کار و همچنین عامل بالقوه پرمعنی و گویا به‌عنوان یک کار هنری، احترام بگذارد، پس در رنگ‌گذاری کمبودها به رنگ بخش اصلی مجاور خود وابسته است» (Conti, 1988: 382-392). بنابراین هر روشی که بخواهد به خودی خود بی تأثیر باشد، باید به اصل اثر وابسته باشد، تا بدون مداخله تکمیلی اثر، خدشه وارده به پیوستگی صوری را از میان بردارد و اثر را خوانا کند. در واقع، موزون سازی هر کمبود، تابعی از یگانگی بالقوه بخش مجاور است. بر این اساس، «روش‌های مختلف رتوش برای درمان زیباشناختی، شامل هاشورزنی عمودی، هاشور آزاد چند رنگ^{۲۰} و هاشور آزاد تک رنگ^{۲۱}، پرداز (نقطه‌چین رنگ) و هاشور متقاطع^{۲۲}، می‌خواهند از نقدهای زیباشناختی دوری جویند. از سوی دیگر، مداخلات کمینه که مطیع امکان دید کمبودهاست، درمان‌های خنثی، مانند لعاب چرک^{۲۳}، دوغاب آهکی یا گچ نیم رنگ را پیش می‌کشد. انتخاب هریک از آنها به قدمت، اهمیت، ویژگی‌های هنری و ویژگی‌های مواد اثر و همچنین به محبوبیت عامه یک روش خاص در یک موقعیت جغرافیایی و همچنین حساسیت هنری شخص اجراکننده وابسته است»



تصویر ۵. بازسازی کمبود بزرگ به وسیله درجه رنگی کمرنگ تر (Mora, Mora, and Philippot 1983)

یک عنصر اساسی معماری دانسته شود، مانند نقاشی دیدفریب و یا در عناصر تزئینی، می‌توان برای ممانعت از کار فرضی کمبودهای بزرگ را بر اساس مستندات بازسازی کرد. نظر به اینکه روش‌های هاشورزنی عمودی برای بازسازی سطوح بزرگ مناسب نیست، احتمالاً بازسازی روی اندود کمی تو رفته، یا با یک ته رنگ اندکی روشن تر، و یا رها کردن سطوح بزرگ بدون تکمیل جزئیات، رضایت بخش‌تر است (تصویر ۵). اما بازسازی یک ناحیه بزرگ الزاماً اثری از تحریف ایجاد می‌کند؛ بنابراین کار معیوب که حداقل شایستگی اصیل بودن را دارد، بی‌گمان، برتر است.

۳- نوارها، حاشیه‌های تزئینی و دیگر عناصر تزئینی که در ضرب‌آهنگ معماری مشارکت دارند: در این حالت، روش هاشورزنی مطلوب نخواهد بود. روش مناسب می‌تواند گونه‌ای بازسازی اندکی فرو رفته و همچنین با جزئیات محدود شده، یا درجه رنگی روشن تر باشد» (Mora et al, 1983: 377-424). به‌طور کلی «احیای برخی فرم‌ها نسبت به انواع دیگر، توجیه پذیرتر است: یک اسپر بازسازی شده از یک چشم بازسازی شده پذیرفتنی تر است؛ زیرا خطر بازسازی متناسب با لطافت و بیانگری شکل، و اندازه نسبی کمبود افزایش خواهد یافت» (Meiss, 1963: 384-388). بنابراین، حفظ کار اصیل از اولویت برخوردار است، اما اگر بر اساس شرایط، نیاز به برطرف کردن مطالبات زیباشناختی برای انتقال پیام اثر و نیز نمایش ویژگی‌های کاربردی بنا باشد، از آنجا که روش هاشور عمودی برای کمبودهای بزرگ کارایی ندارد، بجاست که از رنگ‌های روشن تر، اندود کمی تو رفته، یا بازسازی بدون جزئیات کمک گرفت. مهمترین نکته،

مشخص شود نقاشی‌ها به طور مستقیم در ضرب‌آهنگ معماری شرکت دارند، می‌توان با تکیه بر مستندسازی مستدل، به بازسازی پرداخت که جزئیات آن ذکر شد، و گرنه یا باید از روش هاشور آزاد چند رنگ کمک گرفت، یا اگر سطح کمبود بسیار وسیع است، از بازسازی اندود در سطحی پایین‌تر به کمک پرکننده رنگی یا بتونه ساده و یا دوغاب رنگی یا بدون رنگ، بهره برد. لازم به ذکر است درباره نقاشی‌هایی با رنگ‌های تخت و جسمی نظیر آثار تمپرای ایرانی، می‌توان بجای کاربرد خطوط هاشور که با توجه به خاستگاهشان متناسب با برخی فرسک‌های ایتالیایی ست، به کاربرد رنگ‌ها به گونه یکدست توجه داشت. درباره دیگر آثار دارای سایه روشن، استفاده از هاشور یا پرداز می‌تواند مناسب باشد، که این نیز وابسته به خصوصیات بصری عناصر بکار رفته است. گاه لطافت موضوع و از آن رو نرمش خطوط و حساسیت رنگی، متضاد با به‌کارگیری خطوط عمودی ست و برعکس، گاه استحکام نقوش در به‌کارگیری خطوط مستقیم، همخوان با این سبک موزون سازی ست. آخرین موردی که می‌تواند در صورت لزوم اجرای سریع موزون سازی در محدوده‌های وسیع، مورد آزمون قرار گیرد، پیاده کردن طرح بر پوستر از راه امکانات دیجیتال و نصب در سطح کمی برجسته تر از سطح اصلی است که همان ملاحظات اساسی درباره شرایط اولیه انجام رتوش تصویر (استناد به مدارک معتبر و پرداخت بدون جزئیات یا رنگ مایه روشن تر) را درگیر می‌کند و تنها تفاوت این است که به صورت موقت و بر سطحی غیر از دیوار انجام می‌شود.



تصویر ۶. رتوش به روش هاشور آزاد چندرنگ در بخش سمت چپ و هاشور آزاد تک رنگ در بخش قرمز سمت راست (Rothe 2001)

(Brajer, 2006: 122-140). پیش از این، آلبرت و پاول فیلیپو در این ارتباط نوشته‌اند: «میزان موزون سازی، بسته به سبک کار متفاوت است. اگر وقفه ایجاد شده در یک نقاشی فرسک قرون وسطایی باشد، می‌تواند با یک رنگ مایه ساده پر شود. مادامی که ارزش و شدت رنگ مایه به کار رفته، مناسب باشد اما ماهیت ظاهر و جزئیات برای فراهم کردن فضای مناسب با نقاشی اولیه فلاندی، گونه ای موزون‌سازی به مراتب پرکارتر و استادانه تر را اقتضا می‌کند» (Philippot et al, 1996: 335-338). در اینجا نیز مطلبی مشابه گفته‌های ولفلین درباره پیوند روش اجرای رتوش، با سبک نقاشی اصلی بیان شده است. باید گفت هر نقاشی که بتواند به روش هاشور عمودی درمان شود، می‌تواند بر حسب اندازه کمبود، یکی از دو روش هاشور آزاد را نیز بپذیرد. پس از روش هاشور عمودی، در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۸۰، «فن هاشور آزاد تک رنگ بر مبنای هاشورزنی عمودی، فرم‌های عناصر تصویری را با ضربه‌های قلم و شامل خطوط مجزای رنگ‌های اولیه و ثانویه که به‌طور بصری ادغام می‌شوند، مطرح کرد. در کمبودهای بزرگ، روش هاشور آزاد چند رنگ ابداع شد که با استفاده از شبکه‌ای از ضربه‌های قلم در رنگ‌های اولیه به اضافه‌ی رنگ سیاه، تعادل رنگی مناسبی در کمبودها ایجاد می‌کند (تصویر ۶)» (Caple, 2000: 119-136). «این دو روش باید برای تقلیدی، رقابتی و تحریفی نبودن، از اصل متمایز باشند، یعنی باید به رغم عدم مشابهت فنی، یکسانی و همانندی با اثر و نتیجه کار و با خصوصیات آن، خود اثر را به‌دست آورد. از رنگ‌های زیر در روش هاشور آزاد چند رنگ استفاده می‌شود: "زرد، قرمز، سبز، سیاه" یا "زرد، قرمز، آبی، سیاه" یا "زرد، قرمز، آبی-سبز، سیاه".

در این روش نیز مانند هاشور عمودی، رنگ‌ها مرحله به مرحله در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. هاشورهای آزاد در حد اثر ضربه‌های قلم بر سطح، بافتی منظم و همگن در زمینه نقاشی ایجاد می‌کنند. به طور کلی آنها در چشم آمیخته می‌شوند و یک درجه رنگی را که از تجزیه و تحلیل رنگ‌های موجود در تصویر ناشی می‌شود، تولید می‌کنند» (Baldini et al, 1982: 355-357). در مجموع در پیوند با کمبودهای کوچک می‌توان برحسب پذیرش بومی هر کدام از روش‌های رتوش، ویژگی‌های هنری سبک نقاشی و قدمت اثر، یکی از روش‌های هاشورزنی عمودی، پرداز، هاشور آزاد تک رنگ یا ته رنگ روشن تر را برگزید. در کمبودهای بزرگ اگر

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه گفته شد، پیش شرط موفقیت در هر کار موزون سازی، پرداختن به مبحث ارزش سنجی و شناخت پیشینه تاریخی، و بستر فرهنگی و اجتماعی خلق هر دیوارنگاره است. پس از این باید فنون اجرایی و ویژگی‌های مادی اثر، نظیر ساختار و مواد و مصالح مورد استفاده، شناسایی شود. گام بعدی، شناسایی آسیب‌ها و قرار دادن آنها در طبقه بندی پنج گانه مورد اشاره در متن مقاله برای ارزیابی میزان فشار بصری است که هر آسیب به تصویر اصلی (دیوارنگاره) وارد می‌کند. در این مرحله، بهره گرفتن از مطالعات روان شناختی برای ارزیابی میزان درک بینندگان از مفهوم و احساس آنها درباره ویژگی‌های بصری دیوارنگاره‌ها، مفید خواهد بود. در این راستا، حتی می‌توان از آزمایش‌های علمی طراحی شده برای اندازه گیری مؤلفه‌های مختلف دخیل در تأثیرگذاری رنگ‌ها بر مخاطبان بهره جست. پیرو اصول هنرهای تجسمی، عناصر بصری هر اثر یا دیوارنگاره، از نقطه آغاز می‌شود و به ترتیب خط، سطح و حجم را می‌سازد. از آنجا که نقاشی معمولاً به سطح ختم می‌شود، القای بعد سوم به یاری اصول پرسپکتیو ممکن می‌شود. پس روش‌های موزون سازی نیز الزاماً از نقطه، خط و سطح بهره می‌جوید. همه روش‌های موزون سازی، شامل نقطه چین رنگ، هاشور عمودی، هاشور متقاطع و بقیه، سرانجام به بازسازی بخش مفقود یا از بین رفته سطح نقاشی می‌پردازد؛ بنابراین انتخاب شیوه موزون سازی تابع دو چیز است: یکی سبک نقاشی و دیگری ویژگی‌های بصری سطوح اصلی نقاشی که به تدریج با فرسایش طبیعی ایجاد شده است. برای مثال در بیشتر نقاشی‌های ایرانی (آنهايي که تابع سبک اروپایی نیست) اثری از خطوط هاشور مانند قلم موی نقاش و ریزترک‌های آریب فرسایشی دیده نمی‌شود. افزون بر اینها، درخشش رنگ‌های ناپ و تخت در آثار ایرانی، همه جا، اجازه استفاده از روش موزون سازی "هاشور عمودی" را نمی‌دهد. در واقع، معمولاً راه حل مطلوب استفاده از ته رنگ مناسب روشن تر و هماهنگ با رنگ‌های مجاور (رنگ‌های اصلی دیوارنگاره)، بدون پرداختن به جزئیات، و بدون بافت دار کردن بتونه زیر رنگ، است. افزون بر این، برخی ویژگی‌های نقاشی ایرانی، مانند قرینه سازی و واگیره کردن، به مرمتگر اجازه می‌دهد با مطالعات تطبیقی، به طرح و نقش از بین رفته (در قسمت کمبود) برسد. به هر حال، با اولویت یافتن هر یک از ارزش‌های زیباشناختی یا تاریخ‌گرایانه، روش موزون سازی نیز اصلاح و تعدیل (سازوار) می‌شود. برای مثال با اولویت یافتن ارزش تاریخی یا ارزش کم نظیری یک نگاره، رنگ‌های قسمت موزون سازی شده آن قدر روشن تر انتخاب می‌شود که از فاصله متعارف قابل تشخیص باشد، ولی در عین حال، پیوستگی صوری تصویر، دچار گسست نشود. آشکار است که وفاداری به اصل مستندنگاری و احترام به روح مبانی نظری مرمت، اجتناب ناپذیر است.

پی نوشت

- ۱- چزره برندی (۱۹۰۶-۱۹۸۸م) پروفیسور تاریخ هنر دانشگاه رم و نظریه پرداز مرمت
- 2 - Reshaping
- 3 -Retouching: فرآیند مرمتی رنگ گذاری روی بتونه ها که می تواند کار پرکنندگی را هم شامل شود
- ۴- آشکارسازی، پژوهش، صیانت
- 5 - Chris Caple
- 6 - Law of prägnanz
- 7 - Light glaze: لعاب. به یک لایه رنگ رقیق شفاف اطلاق می‌شود. لعاب، لایه رنگی را که بر روی آن به کار می‌رود، تعدیل می‌کند (source:Narcise)» (Xarrie 2005)
- 8 - Neutral colour
- 9 - E-Van de Wetering
- 10- Heinrich Wölfflin
- 11- Tratteggio
- ۱۲ - سایه رنگ: ترکیبی از یک رنگ به اضافه کمی خاکستری
- 13- Retouching with glazes

۱۴- این خاکستری کمی متأثر از رنگ اصلی ست. منظور ترکیب سیاه و سفید نیست بلکه رنگی با حداقل ارزش رنگی ست و معمولاً از ترکیب سیاه و زرد آکر به دست می آید که اصطلاحاً آب چرک (aqua sporca) می گویند. (اصلانی، ۱۳۷۷)

15- Stippling-in

16 trompe-l'oeil: گونه‌ای نقاشی که با واقع‌نمایی قصد دارد بیننده را قانع و متحیر کند. در آن فنونی نظیر پرسپکتیو و کوتاه‌نمایی اجزاء بکار می‌رود:

17- Philip Hendy

18- Charles Seymour

19- Alessandro Conti

20- Chromatic abstraction

21- Chromatic selection

22- cross-hatching

23- aqua sporca

منابع

- اصلانی، حسام، (۱۳۷۷)، پژوهشی در مبانی و اصول حفاظت و مرمت دیوارنگاره‌های تاریخی-فرهنگی با نگرش ویژه بر دیوارنگاره‌های تصویری دوره صفویه در اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.
- برندی، چزره، (۱۳۸۶)، نظریه‌های مرمت (تئوری مرمت). ترجمه پیروز حناچی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- حاجی علیان، محمد اسماعیل، عمرانی، رویا، (۱۳۸۷)، بررسی تحلیلی نقاشی‌های دیواری صفوی کاخ چهلستون اصفهان توسط مؤسسه مرمت ایتالیا ISMEO، مرمت و پژوهش، سال سوم، شماره پنجم، ۷۹-۹۱.
- ساسانی، آناهیتا، (۱۳۸۵)، مبانی مرمت کمبودهای وسیع در دیوارنگاره‌ها: نمونه مورد بررسی: دیوارنگاره دیوار غربی سالن مرکزی کاخ سلیمانیه کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.
- ضابط نیا، مهدی (۱۳۸۵)، مبانی و اصول حفظ، نگهداری و مرمت نقاشی دیواری، ماهنامه مرمت، شماره ۲، تهران: پژوهشکده حفاظت و مرمت، صص: ۱۷-۲۶.
- مونیوس ویناس، سالوادور، (۱۳۸۸)، نگره نگاهداشت معاصر، ترجمه فرهنگ مظفر، فاطمه مهدی زاده و حمید فرهمند بروجنی، اصفهان: انتشارات گلدسته.

- Baldini, U., Casazza, O., (1982), *The Crucifix by Cimabue*. In Bomford, David and Mark Leonard (2004), *Issues in the Conservation of Paintings*. Los Angeles, Getty Conservation Institute, pp: 396-406.
- Baldini, U., (1996) *Theory of the Restoration and Methodological Unity*. In *Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*. Los Angeles: Getty Conservation Institute: pp. 355-357.
- Brajer, I., (2005), *Dilemmas in the Restoration of Wall Paintings: Conflicts Between Ethics, Aesthetics, Functions and Values Illustrated by Examples from Denmark*. Proceeding of the international seminar "The Art of Restoration- Developments and Tendencies of Restoration Aesthetics in Europe", (Munich: ICOMOS, 2005), pp: 122-140.
- Brajer, I., (2006), *Theory, methodology and practice- Cesare Brandi and wall painting restoration in Denmark in the 20th century*. Proceeding of the international seminar, "Theory and practice in the conservation". Lisbon: National Laboratory of Civil Engineering, pp: 111-136.
- Brajer, I., (2009), *The simulative retouching method on wall paintings- striving for authenticity or verisimilitude*. Journées d'étude APROA-BRK/VIOE. (Brussels, Auditorium Haedewych, 19-20 November 2009). Brussels, Flemish Heritage Institute, 2010, pp: 102-11
- Caple, C., (2000), *Conservation Skills: judgement, method and decision making*. London: Routledge.
- Ciatti, M., (2003), *Approaches to Retouching and Restoration: Pictorial Restoration in Italy*. In Shervin Garland, Patrishia (ed.) *Early Italian Paintings: Approaches to Conservation*. New Haven: Yale University



Press, pp: 191-206.

- Conti, A., (2007), *A History of the Restoration and Conservation of Works of Art*. Translated by Helen Glanville .London: Butterworth.
- Conservation Resource International, LLC, (2009), Main Catalog: Chemical Products: Primal Ac33. http://www.conservationresources.com/Main/UK_Section_019/019_042.htm (accessed 2009/7/23).
- Grette Poulsson, T., (2008), *Retouching of Art on Paper*. London: Archetype.
- Lignelli, Tresa. 2003. *Approaches to Retouching and Restoration: Italian Retouching Methods in Italy*. In Shervin Garland, Patrishia (ed.) *Early Italian Paintings: Approaches to Conservation*. New Haven: Yale University Press, pp: 183-188.
- Meiss, M., (1963), Discussion Session in “ *The Aesthetic and Historical Aspects of the Presentation of Damaged Pictures*. In Bomford, David and Mark Leonard (2004). *Issues in the Conservation of Paintings*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, pp: 384-388.
- Mittone, L., (2010), *The use of “neutral colour” in the retouching of large losses in wall paintings*. http://www.create.uwe.ac.uk/norway_paperlist/mittone.pdf (accessed 2010/9/25).
- Mora, P., Mora, L., Philippot, P., (1983), *Conservation of Wall Paintings*. London: Butterworth.
- Offner, R., (1963), *Restoration and Conservation in “The Aesthetic and Historical Aspects of the Presentation of Damaged Pictures*. In Bomford, David and Mark Leonard (2004). *Issues in the Conservation of Paintings* Los Angeles, The Getty Conservation Institute, pp: 377-384.
- Philippot, A., Philippot, P., (1996), *The Problem of the Integration of Lacunae in the Restoration of Paintings*. In Price, N. S., et al, *Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*, Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp: 335-338.
- Philippot, P., (1972), *Historic Preservation: Philosophy, Criteria, Guidelines*, In Price, N. S., et al, *Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*, Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp: 358-363.
- Rothe, A., (2001), *Croce e Delizia*. In Leonard, Mark ed. (2003). *Personal Viewpoints: Thoughts about Paintings Conservation*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, Getty Publications, pp: 13-25.
- Ruhemann, H., (1968), *The Cleaning of Paintings*. London: Faber and Faber.
- Talley, K. M., (1996), *The Eye's Caress: Looking, Appreciation, and Connoisseurship*. In Price, N. S., et al, *Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*, Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp: 2-39.
- Xarrie, M., (2005), *Glossary of Conservation*, vol.1, Barcelona: BALAAM, p: 179.



تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۳/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۱۵

اصل حداقل مداخله، چالش پیش روی مداخلات حفاظتی در میراث فرهنگی کشف و تبیین کاستی‌ها و نواقص اصل مذکور با رویکردی نظری به آراء موجود در این حوزه

احمد امین پور* محسن عباسی هرفته**

۶۹

چکیده

مداخلات حفاظتی از ارکان حفاظت میراث فرهنگی به شمار می‌روند و در این میان به نظر می‌رسد "اصل حداقل مداخله" به عنوان اصل بنیادین مداخله، در آثار جایگاه ویژه‌ای دارد. اما همین اصل کاستی‌ها و نواقصی دارد و پیش‌بینی می‌شود حفاظت در آینده با چالش‌های جدی مواجه شود. موضوع مقاله، بیان جایگاه مهم اصل مذکور در حوزه حفاظت، و نیز کشف و اثبات کاستی‌هایی است که به نظر می‌رسد بر این اصل وارد است. هدف مقاله، تبیین منظم این ایرادات و هموار نمودن مسیر، جهت مرتفع ساختن کاستی‌های این اصل و تقویت نکات مثبت نهفته در آن است. در این راستا، با تأمل در ساختار نظری اصل مذکور، از روش استدلال منطقی بهره برد، خواهد شد.

سرانجام خاطرنشان می‌شود که به دلیل تأثیر پذیری اصل مذکور از جو زمانی خاص، فقدان اصلی جایگزین در آن زمان، و نیز نگرانی مفرط درخصوص از دست رفتن آثار، اشکالات و نواقص بسیاری، از گزینش واژگان نامناسب در نام‌گذاری این اصل گرفته، تا عدم شمول و جامعیت، گریبان‌گیر اصل و زمینه ساز شکل‌گیری چالش‌های جدی در حوزه مداخلات حفاظتی گردیده است.

کلید واژه‌ها: حفاظت، مداخله، حداقل مداخله، مداخلات حفاظتی، میراث فرهنگی

مقدمه

حفاظت از راه مداخله (مستقیم یا غیر مستقیم) در میراث فرهنگی تحقق می‌یابد و بدون مداخله، موضوعیت و موجودیت خود را از دست خواهد داد. از همین رو نیز مداخلات حفاظتی و کم و کیف انجام آن‌ها، همواره و در طول شکل‌گیری و تکوین حفاظت نوین، از نقش مهم و اساسی برخوردار بوده‌اند؛ تا بدانجا که به جرأت می‌توان مقوله مداخله را همراه، همزاد و رکنِ رکنِ جریان حفاظت نوین برشمرد. از سوی دیگر، مقوله مداخله در آثار فرهنگی و چگونگی تحقق آن، از چالش برانگیزترین مقولات حفاظت به شمار می‌رود. مروری تاریخی بر شکل‌گیری جریان حفاظت، خود بیانگر آن است که وجه غالب مباحث مطرح شده میان نظریه پردازان حقیقی و حقوقی این حوزه، حول این محور در جریان بوده است. هنوز هم با لحاظ کردن همه پیشرفت‌های دانش حفاظت، می‌توان این فرضیه را مطرح کرد که "گویا مهمترین اصل حفاظت امروز، یعنی اصل حداقل مداخله، خود منشاء جدی‌ترین چالش‌ها است؛ هر چند تاکنون اشاره بدین نواقص، جسته گریخته و اجمالی بوده است؛ اما می‌توان پیش‌بینی کرد این انتقادها، هجمه‌های پر دامنه‌ای را در آینده نزدیک به این اصل، و از رهگذر آن به اصول اساسی حفاظت، در پی خواهد داشت؛ چالش‌هایی که ارتقاء حفاظت در گرو تأمل در آنها و اندیشیدن به راهکارهایی در جهت برون رفت از مشکلات مبتلا به آنهاست." فرضیه مذکور را می‌توان در سه سطح تجزیه و تبیین کرد که بر همین اساس، ساختار مقاله حاضر نیز شکل گرفته است:

سطح ۱: گویا ارتباط میان مداخله و حفاظت وجود دارد و تحقق کیفیت مطلوب حفاظت، در گرو کم و کیف مداخلات حفاظتی است.

سطح ۲: از قرار معلوم مهمترین اصل حفاظت امروز، حداقل مداخله است.

سطح ۳: اصل حداقل مداخله، کاستی‌ها و چالش‌هایی دارد که شناخت آنها می‌تواند به ارتقاء این اصل و به پیرو آن، حفاظت منجر شده و بی‌توجهی بدان، به چالش‌های آتی در حفاظت منجر می‌گردد.

هدف مقاله، اثبات این فرضیه در چارچوب نظری است بر همین اساس، «تمرکز اصلی مقاله، تجزیه و تحلیل اصل حداقل مداخله و نهایتاً کشف نواقص و ایرادات وارده بر آن است»

دقیق‌تر تحقیق حاضر در وهله‌ای نخست به رابطه

تنگاتنگ میان حفاظت و مداخلاتی که با این هدف انجام شود، باشد و وهله بعد اصل مداخله در آثار آن با اصل بنیادین حفاظت، و سرانجام به تجزیه و تحلیل آن و پرده برداری از ماهیت اصل مورد نظر در حوزه مداخلات حفاظتی و نیز چالش‌های نظیر می‌پردازد؛ «چالش‌هایی که بر طرف ساختن آن‌ها می‌تواند تقریب به «هدف مقاله، اصلاح و ارتقاء اصول بنیادین مداخلات حفاظتی، و سرانجام ارتقاء حفاظت میراث فرهنگی» را در پی داشته باشد.

روش تحقیق

برای اثبات فرضیه، پاسخ به مسئله و نیل به اهداف تحقیق- اشاره شده در قسمت قبل- مقاله از روش استدلال منطقی بهره خواهد گرفت. مباحث نظری مطرح شده در پیوند با مداخلات حفاظتی، از بدو شکل‌گیری اصل حداقل مداخله و ریشه‌های آن تا ارائه خواهد شد. بنابراین مقاله ماهیتی نظری دارد و با رویکردی تحلیلی - تفسیری به تأمل در ساختارهای نظری اصل مذکور و تجزیه و تحلیل ابعاد مختلفی که این اصل شامل می‌شود و ریشه‌های تشکیل و نحوه تکوین آن می‌پردازد و تلاش می‌کند با پرده‌برداری از ماهیت این اصل، کشف و تبیین کاستی‌ها و نیز نواقص وارد بر آن را موجب گردد.

تعریف مداخله

مداخله، ترجمه فارسی واژه Intervention (آریانپورکاشانی ۱۳۶۹؛ حق‌شناس و دیگران ۱۳۸۵؛ حبیب ۱۳۷۵) یکی از واژگان کلیدی در حفاظت امروز است. مداخله اسم مصدری عربی از ماده کلمه "دخل، یدخل" است که در فارسی به "دخالت" ترجمه شده، هر چند استفاده از کلمه مداخله نیز رایج است (دهخدا، ۱۳۷۷: ۱۰۴۸۹، ۲۰۵۱۸-۲۰۵۱۹؛ عمید، ۱۳۷۹: ۹۲۶-۹۲۷، ۱۷۷۸-۱۷۷۹؛ معین، ۱۳۶۰: ۱۴۹۸، ۳۹۵۷). مداخله در عربی و دخالت در فارسی، به معنای داخل شدن در کار کسی و دخالت در امور دیگران آورده شده است (دهخدا، ۱۳۷۷: ۱۰۴۸۹). این کلمات بارمعنایی منفی داشته که به نوعی داخل شدن غیرموجه در کاری تعبیر می‌شود؛ تا بدانجا که در لغت نامه دهخدا آشکارا «در آمدن مرد در کاری که کار او نباشد» معنی شده است (دهخدا، ۱۳۷۷: ۲۰۵۱۹)؛ هرچند این دخالت می‌تواند جنبه‌های مثبتی هم داشته باشد که در آن صورت بیشتر از کلمات وساطت، شفاعت و... استفاده می‌شود. غیرموجه بودن این امر از آن رو است که مداخله روند طبیعی پدیده



تصویر ۱. اهمیت مداخله و جایگاه آن در حفاظت امروز

بناهای تاریخی در قرن نوزدهم در غرب و مواجهه با این جریان، از مهمترین دلایل اقبال به سمت تفکر حفاظت نوین تلقی می شود» (Pye 2001: 52). این تخریب‌ها به همراه فعالیت دیگر عوامل آسیب رسان، نگرانی از دست دادن این آثار را بوجود آورد و بدان دامن زد. نگرانی (ای) که نقش درخور توجهی در شکل گیری حفاظت نوین داشت (یوکیلتو 1387: 222؛ 25، 16؛ Caple 2000: 33؛ Redondo 2008: 33). در این زمان به دلایل متعدد آثار تاریخی و میراث فرهنگی برای انسان دوره جدید واجد ویژگی‌هایی تلقی شدند که باید از آن‌ها صیانت شود و نگرانی از دست رفتن این آثار به مثابه آثاری که بواسطه قدمت یا ندرت برای انسان این دوره با ارزش بودند، موضوعیت یافت. هرگونه دخل و تصرف در آن‌ها با هر دلیل و هدفی، حتی با هدف حفاظت از آن‌ها، محل بحث و گفتگو قرارگرفت، تا بدانجا که مجموعه این چالش‌ها به شکل گیری هرآن چیزی منجر شود که حفاظت امروز داعیه‌دار پرداختن بدان‌هاست. بر همین اساس، اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ شاهد شکل گیری اندیشه‌هایی درباب مجموعه مداخلات در آثار هستیم، اندیشه‌هایی که پایه گذار تفکرحفاظت نوین شمرده می‌شود. مجموعه قوانینی که در سال ۱۷۷۸، زیر عنوان کاپیتولی، توسط مجلس سنای ونیز به منظور مداخله در نقاشی‌ها و با هدف مرمت آنها تصویب شد، مقارن باشکلی گیری حفاظت به شکل امروزین آن در غرب دانسته شده است (Vinas 2009: 47; Conti 2007: 191-193). در اواسط قرن نوزدهم یعنی هنگامی که حفاظت نوین در حال شکل گیری و تثبیت بود، رد پای مهمترین اصل مرتبط با مداخله را در نوشته‌های یک مرمتگر آلمانی

را دستخوش تغییر (چه مثبت و چه منفی) کرده و آن را از مسیر معمول یا معهود آن خارج می‌سازد. چون این اتفاق به واسطه نیروهای است که از بیرون برآن پدیده وارد شده و درونی و داخلی و به تعبیری، جوشیده از دل آن پدیده و در طی روند طبیعی آن نیست، نوعی از غیر موجه بودن را در بطن خود به همراه دارد. هر چند در برخی موارد، مداخله و تغییر روند طبیعی، لاجرم و ناگزیر می‌نماید. مداخله در هر امری همراه با تغییر است و این، تلویحاً معنای لغوی آن هم مستفاد می‌گردد؛ مداخله در آن صورت می‌گیرد - حتی اگر این تغییر فقط به تسریع آن روند منجرشود- به وقوع نپیوندد، فعل مداخله موضوعیت خود را از دست می‌دهد. این معنای دخالت سرزده، اجباری و به نوعی غیرموجه، در انگلیسی نیز از واژه Intervention بر می‌آید. به گونه‌ای که مداخله به معنای گرفتن یک تصمیم یا ایفای یک نقش ناخوانده و یک اقدام خودسر تعبیر شده است (Collins, 1986).

در حفاظت هم که این واژه درجایگاهی تخصصی به کار می‌رود، باز در معنای اعمال دخالت همراه با تغییر در اثر است «به گونه‌ای که هر تغییری در وضعیت جاری بنا، مداخله تعبیری می‌شود» (M. C. M. 1991: 04-1) و یا «هر تغییر، دخل و تصرف، تعمیر و یا نگهداری محیط های تاریخی، مداخله نامیده می‌شود» (Understanding Conservation, 2011). بنابراین مداخله در حوزه حفاظت آثار تاریخی مشخصاً به معنای داخل شدن در روند طبیعی زندگی اثر و انجام اقدامات و اعمال تغییراتی بر آن‌ها است (Staniforth, 2010: 52). که می‌تواند منجر دراز شدن عمر یا وارد آمدن آسیب بر آنها گردد و چون فعالیتی است که روند طبیعی میان تشکیل تا تخریب آثار را دستخوش تغییر قرار می‌دهد و نوعی دخالت در این روند قلمداد می‌شود، از این واژه (مداخله) استفاده شده است. با این حال در فرهنگ حفاظت نوین، «مداخله، هر فعالیتی را در بر می‌گیرد که موجب اختلال، تعرض و یا تغییر در یک اثر گردد» (ICOMOS New Zeland, 1993-2010).

پیشینه تحقیق

مداخله و جایگاه آن در حوزه حفاظت

مداخله در حفاظت امروز، حوزه‌ها و زیر حوزه‌های پراهمیتی را شامل می‌گردد که در این بخش به اهم آنها اشاره خواهد شد (تصویر ۱).

قرن نوزدهم و حول و حوش این دوره همزمان با انعقاد تفکر حفاظت نوین بود (Vinas, 2005: 2, 29). «موج تخریب

می‌یابیم، که به این مهم اشاره دارد (Daly Hartin, 1990: 33)، در چالش‌های افرادی چون لودو، بلترامی، راسکین، سیت و دیگران که تشکیل و تکوین تفکر حفاظت نوین ریشه در مباحث آن‌ها دارد، محوریت با چند و چون "مداخله" در آثار است. برای مثال جان راسکین (Ruskin, 1883) و طرفدارانش از یک سو (Morris, 1877) و ویوله لدوک و دیگران از سوی دیگر بسیار به مقوله کم و کیف مداخله در آثار پرداختند (بازپله، ۱۳۸۷: ۱۲). این چالش‌ها سرانجام تابدان مرحله پیش رفت که در اوایل قرن ۱۹ و حوزه حفظ و نگهداری^۱ و مرمت^۲ بر اساس میزان مداخله از یکدیگر مشخصاً تفکیک و طرفداران خاص خود را پیدا کرده؛ مباحثی که به تدریج، شکل‌گیری و بلوغ جریان حفاظت را در پی داشت (Vinas 2005: 3-5; Staniforth 2010: 75; Tyler et al 2009: 191). بنابراین مقوله مداخله را می‌توان در روند شکل‌گیری دانش حفاظت، نطفه‌آغازین و از مهمترین دلایل شکل‌گیری این دانش برشمرد و آن را همزاد و از آغاز همراه حفاظت دانست (کشاورز ۱۳۸۷: ۳۳)، و اگر نه تکلیف حفاظت روشن بود و به این همه منشور، توصیه نامه و ... که همگی پس از بیان اهمیت حفاظت و ارائه تعاریف، به بیان کم و کیف مداخله در آثار می‌پردازند، نیازی نبود.

از جایگاه مداخله در تاریخ شکل‌گیری حفاظت نوین که بگذریم، به لحاظ ماهیتی نیز می‌توان به اهمیت مقوله مداخله و ضرورت توجه بدان پرداخت. هدف حفاظت به درازا کشاندن عمر اثر است (Vinas, 2009: 56). مداخله، کاری است که این مهم را محقق می‌سازد (براندی، ۱۳۸۷: ۳۷)؛ بنابراین پیوندی تنگاتنگ میان این دو مقوله همواره وجود دارد. به گونه‌ای که می‌توان حفاظت را چگونگی مداخله و چند و چون آن در آثار تلقی نمود. بسیاری از دسته‌بندی‌ها و تقسیم‌بندی‌های ارائه شده از آثاری که مورد حفاظت قرار می‌گیرند، فعالیت‌های حفاظتی، و حتی گونه‌شناسی حفاظت نوین، بر مبنای نوع مداخله و نتایج حاصله از آن بوده است. یکی از اولین دسته‌بندی‌های صورت گرفته از آثار، یعنی تقسیم‌بندی آنها به دو گروه زنده و مرده نیز، بدلیل تعیین حدود مداخله در آن‌ها صورت گرفت؛ چرا که بلافاصله پس از این تقسیم‌بندی است که از حدود مداخله در هر یک از این گروه‌ها سخن رانده می‌شود (International Congress of Architects, 1904).

فیلدن در کتاب خود، بر مبنای میزان مداخله، به تقسیم فعالیت‌های حفاظتی می‌پردازد (Feilden, 2003: 8-9) و ویناس هم در کتاب تئوری معاصر حفاظت (Vinas, 2005: 25) و نیز، پای در کتاب مراقبت از گذشته (Pye 2001: 148) بر همین

اساس، فعالیت‌های حفاظتی را دسته‌بندی کرده‌اند. گونه‌شناسی و تقسیم‌بندی حفاظت بر مبنای معیار مداخله نیز، در طول تاریخ شکل‌گیری حفاظت نوین، امری رایج بوده است. «حفاظت بر اساس معیارهای متعدد، به دسته‌های مختلفی تقسیم شده است. اما همه این معیارها و تقسیمات انجام شده را می‌توان در ذیل دو معیار عمده تقسیم‌بندی کرد، که یکی از آنها، میزان مداخله در اثر است» (Pye 2001: 122). در میانه قرن بیستم، دو تئوری مهم حفاظت - نظریه حفاظت زیباشناسانه و نظریه حفاظت علمی - بر محور نحوه مداخله در آثار، و در تقابل با یکدیگر، مباحث اصلی حفاظت را به خود اختصاص دادند؛ اولی مداخله را تا حد تثبیت یا بازگرداندن تمامیت اثر، مشروع می‌دانست و دیگری همین امر را موجب کاهش ارزش‌های تاریخی مندرج در آن بر می‌شمرد (Vinas, 2005: 67). «در بسیاری از کشورها مثل کشورهای آمریکای شمالی بر همین اساس و حساسیت بر روی میزان مداخله واژه مرمت به واژه حفظ و نگهداری تغییر یافت» (Meraz, 2008: 31).

حفاظت پیشگیرانه که هم‌اکنون بر انواع دیگر حفاظت که به درمان آسیب‌ها می‌پردازند برتری یافته و سفارش می‌شود (Pye 2001: 130, 156; Williams 1997: 199; AIC 1996: 29) با نگرش خود درباره مقوله "مداخله" و نیز تأکید آن بر شکل خاصی از مداخله و میزان آن تعریف می‌شود (Pye, 2001: 130, 132; Villers, 2004: 7).

در اوایل قرن نوزده و با پیشرفت حفاظت نوین، اهمیت مداخلات حفاظتی تا بدانجا افزایش می‌یافت که مداخله با حفاظت برابر دانسته می‌شود. (House of Lords, 2006: 11)

براندی در نظریه مرمت خود، مرمت را «تشخیص روش‌مند مداخله» تعریف می‌کند (براندی، ۱۳۸۷: ۷۹) و درجایی دیگر، مرمت را به طور کلی به معنی مداخله بر می‌شمرد و بدینوسیله بر جایگاه مداخله در روند حفاظت - و مرمت به عنوان بخشی از آن - تأکید می‌کند (براندی، ۱۳۸۷: ۳۷). بعدها و در نگرشی وسیع‌تر به مقوله حفاظت، مداخله به عنوان بخشی بنیادین از حفاظت، و نه برابر با آن پذیرفته شد (Avrami et al, 2000: 3).

به همین دلیل نیز مداخله از وجوه مهم، و شاید به تعبیری، مهمترین وجه حفاظت نوین قلمداد می‌گردد (Division of Vertebrate Paleontology, 2007) که دیگر اصول حفاظت بر آن استوارند (Vinas, 2005: 188-189) و حفاظت موفق به تحقق مناسب آن منوط است. اما می‌توان از این مرحله نیز پیش‌تر رفت و نه تنها مداخله را رکنی اساسی در حوزه حفاظت امروز بر شمرد، بلکه



(ICOMOS 1964; House of Lords 2006: 52).

بر اساس منشور ونیز کار حفاظت موقوف به اضطرار و ضرورت، حداقل بودن و مانع نشدن از مداخلات آتی (بازگشت پذیری)، شد (House of Lords 2006: 117).

فیلدن در کتاب خود، بر اصل حداقل مداخله تأکید می‌کند (Fielden 2003: 6).

الیزابت پای در کتاب مراقبت از گذشته، سه اصل حفاظت نوین را شامل: آسیب‌نرساندن به منزلت و ویژگی‌های اثر با انجام مداخلات حفاظتی، حداقل مداخله، و خوانایی مداخله (تمایز با بخش‌های اصیل) دانسته است (Pye, 2001: 32).

نیگل دان و تیموسی کانتل در مقاله خود در کتاب فهم حفاظت از ابنیه تاریخی، ۵ اصل مداخله را که حاصل ۱۵۰ سال اندیشه کارشناسان حفاظت تاریخی می‌دانند، شامل حداقل مداخله، استفاده از مواد و روش‌های مشابه تا حد امکان، بازگشت پذیری، صداقت (تمایز) در مداخله و توجه به اهمیت مستند سازی در خلال مداخله می‌دانند و از بین این اصول، حداقل مداخله را رایج‌ترین و پذیرفته‌ترین در میان مابقی معرفی می‌کنند (Dann et al, 2007: 188).

فورسیس اصول کار حفاظت را حداقل مداخله، بازگشت پذیری و استفاده از شیوه‌ها و مصالح مشابه معرفی می‌داند (Forsyth, 2007: 6-7).

سالوادور ویناس سه اصل حفاظت مدرن را حداقل مداخله، بازگشت پذیری، و توجه به طبیعت اثر (درانتخاب و انجام مداخله) برمی‌شمارد (Vinas, 2009: 49).

موسسه معتبر گیتی‌دریکی از مهمترین انتشارات خود، حداقل مداخله، بازگشت پذیری، و اصالت را از اصول بدیهی حفاظت نوین قلمداد می‌کند (Avrami et al, 2000: 8).

به زعم هانسن-بور، تمامی اصول حفاظت نوین را می‌توان در اصول سه‌گانه‌ای که وی آن‌ها را اصول حداقلی حفاظت، شامل حداقل مداخله، بازگشت پذیری و استواری می‌داند، جمع‌بندی کرد (Hanssen-Bauer, 1996).

در یک جمع‌بندی می‌توان مهمترین اصول مداخله نوین را این‌گونه برشمرد:

حداقل مداخله، بازگشت پذیری در مداخلات انجام شده، تشابه مصالح و تکنیک حفاظتی با بخش اصیل و تمایز بین مداخلات انجام شده با بخش‌های اصیل.

دیده می‌شود که کلیه این اصول، در حقیقت اصول "مداخله" در آثارند. بنابراین می‌توان در یک مرور تاریخی، اصول حفاظت را از بدو شکل‌گیری دانش حفاظت تاکنون، در این میان اصل "حداقل مداخله" جایگاهی به مراتب شناخته‌شده‌تر و پذیرفته‌تر دارد؛ به گونه‌ای که «مهمترین کار

همانگونه که اشاره شد، حفاظت نوین، بر پایه چالش‌هایی که درخصوص مداخله در آثار و نحوه آن انجام گرفته، شکل گرفته است.

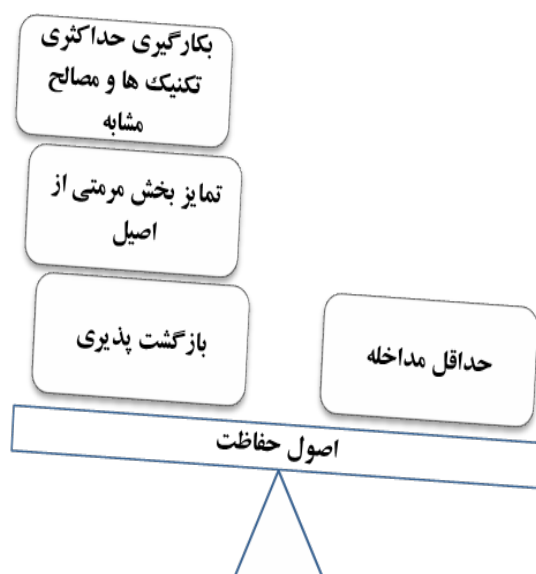
تناظر یک به یک اصول مداخله و حفاظت

پس از تبیین رابطه تنگاتنگ حفاظت و مداخله، فرضیه انطباق اصول حفاظت و مداخله و معرفی اصل حداقل مداخله به عنوان مهمترین اصل حفاظت امروز پی گرفته خواهد شد.

از قرن هجدهم سنای ونیز قوانینی وضع کرد که آن را می‌توان به مثابه اصول آغازین حفاظت مدرن قلمداد نمود (Vinas, 2009: 47; Conti, 2007: 191-193). تا کنون همواره تلاش بر تعریف اصول و قوانینی برای تحدید اقدامات حفاظتی وجود داشته و «نیاز به محدود کردن اقدامات افراطی احتمالی در حفاظت، از گذشته دور همواره احساس می‌شده است» (Vinas, 2009: 47). به دلیل اهمیت این موضوع در امر حفاظت، اصول و قواعدی در این باره وضع و تدوین شده است؛ که در وجه غالب، اصول مداخله در آثار (Vinas, 2009: 47). در این اصول سعی شده است حفاظت مدیریت و کنترل شود.

از آغاز، «نظریه پردازان مداخله در بافتهای کهن شهری... به ارائه آراء خود درباره اصول مداخله پرداخته‌اند... برای نمونه اوژن ویوله لودوک همراه با لزوم تخریب، بازسازی، و زیباسازی به حفظ تک بناهای با ارزش به شیوه‌ای موزه‌ای معتقد بود. پس از وی، جان راسکین مرمت محتاطانه تاریخی را با دیدی کاملاً فرهنگی مطرح کرد. لوکا بلترامی نیز با همین دیدگاه، بازسازی مویه مو را پیشنهاد کرد. اما کامیلو سیت با اعتقاد به مرمت تاریخی، تعلق و ارزش پذیری بنا را از محیط دانسته و مخالف حذف عناصر محیطی و تخریب بافت است. پس از وی کامیلو بوئی ربدون تو برای اولین بار، نظریه معاصر سازی بافت‌ها را با تزریق محتوای جدید در اشکال قدیم مطرح کرد» (عزیزی، ۱۳۷۹: ۳۹). این نظریات، هر چند بعد از این افراد از قالب نظریات فردی به توصیه‌های جمعی تغییر کرد، اما تمرکز بر مداخله نشان از نقش کلیدی آن در حوزه حفاظت دارد.

«برای اولین بار انجمن حمایت از بناهای تاریخی^۴ در سال ۱۸۷۷ طی بیانیه‌ای اصولی را برای حفاظت معرفی کرد که در سراسر جهان مورد اقتباس و بهره‌برداری قرار گرفت؛ این اصول شامل: حداقل مداخله، بازگشت پذیری، و مقدم بودن تعمیر بر جایگزینی می‌شد»



تصویر ۲. مهمترین اصول حفاظت نوین؛ کفه ترازو در میان این اصول همواره با اصل حداقل مداخله به عنوان مهمترین اصل حفاظت امروز است

یا به تعبیری، اصل متعارف حفاظت امروز، همان حداقل مداخله است» (Division of Vertebrate Paleontology, 2007).

چرایی طرح اصل حداقل مداخله؛

مداخله ضرورت نامطلوب

بنابر این، متعارف ترین و مهم ترین اصل حفاظت نوین، به ویژه در نیمه دوم قرن بیستم، همان اصل "حداقل مداخله" است.^۵ (Pye, 2001: 32; Division of Vertebrate Paleontology, 2007; Villers 2004: 3) هر مداخله‌ای باید در حداقل لازم انجام شود.^۶

(Fielden 2003: vii; Clavir 2002: 165; Fielden 2003: xi) افراد متعددی سعی در تعریف اصل "حداقل مداخله" داشته‌اند (Caple, 2000: 65). کرفیلد خاطر نشان می‌کند که حداقل مداخله یعنی اینکه «حفاظتگر باید پیامدهای هر اقدامی را بروی اثر کاملاً بسنجد و تصمیم بگیرد که آیا انجام آن واقعاً ضروری است یا خیر» (Corfield, 1988: 261-5) بروکس این اصل را «انجام حداقل ممکن می‌داند که سلامت آینده اثر را تضمین کند» (Brooks, 1998: 74-81). ویناس معنی تلویحی این اصل را چنین مطرح کرده است که «حفاظت در عین حال که به ارتقاء یا پاسداشت معانی مورد نظر حفاظتگر از اثر می‌پردازد باید حداقل آسیب ممکن را به دیگر ارزش‌های آن وارد کند» (Vinas, 2009: 56).

اما برای درک دقیق مفهوم حداقل مداخله و این که

چرا بر قید حداقلی در امر مداخلات حفاظتی تأکید شده است، تأملی بر ریشه‌های شکل‌گیری حفاظت نوین می‌تواند راهگشا باشد. «آغاز استفاده گسترده از صفت حداقل برای توصیف کارهای حفاظتی را می‌توان در دهه ۱۹۷۰ شاهد بود» (Villers, 2004: 3)؛ هر چند «اولین زمزمه‌های حداقل مداخله را می‌توان در نظرات یک مرمت‌گر آلمانی (به نام پکت^۷) در سال ۱۸۶۹ جستجو کرد که پذیرفتن آسیب را بر پنهان کردن آن (درمان) ترجیح داد» (Daly Hartin, 1990: 33). از آغاز شکل‌گیری جریان حفاظت به شکل امروزی آن، اقدامات حفاظتی که از آن‌ها به عنوان مداخلات در آثار یاد می‌شود، نیازمند داشتن چارچوب، ضوابط و قوانینی تشخیص داده شده‌اند که آن‌ها را محدود نموده و از اعمال و انجام حرکت‌های سلیقه‌ای، خودسرانه و احتمالاً تخریب‌کننده در اثر، جلوگیری کند. ریشه اصلی این را باید در آن دانست که، جریان حفاظت نوین همواره با نگرانی و ترس از دست دادن آثار همراه و همزاد بوده است. حجم بالای تخریب آثار پس از انقلاب صنعتی (بنه ولو، ۱۳۷۷: ۲۳۸؛ Pye, 2001: 52) از یک سو و آثاری که در دوره جدید ارزش‌های ویژه‌ای برایشان تصویر شده بود (یوکیلنو، ۱۳۸۷: ۹) از سوی دیگر، دلیل عمده این نگرانی و تشویش بود با به گونه‌ای که می‌توان ادعا کرد «مهمترین دلیل حفاظت جدید، ترس از دست دادن آثاری بود که دیگر قابل تولید نبودند و جنبه انحصاری پیدا کرده بودند» (یوکیلنو، ۱۳۸۷: ۸۵). کم رنگ شدن جریان بقا و تولید این آثار به این نگرانی دامن می‌زد؛ «مردم هرجا نگران سنت‌هایشان هستند که دیگر تداوم نمی‌یابند، که جوانان به فرهنگ‌های دیگر اقبال می‌یابند، دشواری تداوم تولیدات بومی هنرمندان را نگران کرده است...» (Avramia et al, 2000: 33) همه این نگرانی‌ها زمینه ساز جنبش‌های حفاظتی شد. اساساً اقبال گسترده از اصل "حداقل مداخله" به عنوان یک روش درست در حفاظت از آثار از منظر همین افزایش نگرانی و ترس از دست رفتن آثار و وارد آمدن آسیب‌های غیر قابل جبران به آن‌ها قابل بررسی و مطالعه است (Redondo, 2008: 33)؛ آثاری که دیگر امکان تولید آن‌ها نبود یا اگر هم بود، مؤلفه‌های تاریخی (ای) که هم کنون ارزش آثار را تعیین می‌کردند، اثری را که تولید یا تعمیر شده بود را هم ارزش اثر اصیل ندانسته و اصل آن را مخدوش می‌دیدند و بنابراین تنها کاری که باقی می‌ماند، نگه داشتن اثر تا حد امکان در وضعیتی بود که داشت.

از سوی دیگر، فیهوای واژه حفاظت در فرهنگ لاتین، منظری دیگر را به روی ما می‌گشاید: Conserve مراقبت از



حلقه‌های مفقوده و نقاط مبهم^{۱۱} حفاظت جدید را می‌توان در آسیب پذیری اصل حداقل مداخله جستجو کرد و به دنبال راهکاری در جهت برون رفت از بن بست‌های پیش روی این اصل، به ارتقاء حفاظت کمک کرد. بنابر این هدف این رساله را می‌توان جستجو و رسیدن به اصولی در این باره دانست.

الف-۳- حداقل مداخله؛ چالش‌ها و لزوم تجدید نظر در آن

این اصل با همه مزایای خود در مسیر حفاظت، هنوز ابهامات و چالش‌های زیادی رادپیش روی خود می‌بیند (Caple, 2000: 65; Vinas, 2005: 188; Vinas, 2009: 10-14; Ackroyd et al, 2003: 9-14; Villers, 2004: 3-10). هرچند اصل مذکور کماکان در جامعه تخصصی حفاظت مورد اجماع نسبی است، اما منتقدان و متخصصانی هم هستند که چالش‌های جدی را بر آن وارد آورده‌اند که هدف مقاله نیز پرداختن به مهمترین ابهاماتی است که در ادامه بیان خواهد شد. ابهاماتی که شناخت آنها می‌تواند راه را برای ارتقاء اصل مذکور هموار سازد. این نکات مبهم تا آنجا جدی تلقی می‌شوند که کارولاین ویلرز با ایده "عبور از حداقل مداخله" ضرورت وضع اصلی جایگزین را مطرح می‌کند (Villers, 2004: 3). دیگران نیز نظرات اصلاحی خود را ارائه کرده‌اند که بدان‌ها اشاره خواهد شد. اهم کاستی‌ها و نواقص اصل مذکور را می‌توان در قالب عناوین زیر دسته بندی کرد.

تناقض لغوی

سالوادور ویناس در مقاله‌ای که به تأمل در اصل حداقل مداخله پرداخته، تناقض لغوی موجود در این اصل را واکاوی کرده است و به تناقض آشکاری که میان دو واژه "حداقل" و "مداخله" در ادبیات لاتین وجود دارد، اشاره می‌کند وی می‌نویسد «هیچ مداخله‌ای نمی‌تواند در شکل حداقلی خود رخ دهد و هنوز مداخله (Vinas, 2009: 49)؛ «هنگامی کلمه حداقل در معنای واقعی کلمه حداقل مداخله ممکن است که هیچ مداخله‌ای محقق نگردد» (Vinas 2005: 188). بنابراین «کاربرد منطقی حداقل مداخله به یک بن بست منجر می‌شود، چراکه تنها گزینه درمان این است که هیچ مداخله‌ای صورت نپذیرد» (Villers 2004: 8). به هر روی همنشینی "مداخله" که ماهیتاً امری فزون طلب است، در کنار واژه "حداقل"، مفهومی التقاطی را شکل می‌دهد.

چیزی در برابر تغییر معنی شده است (Longman, 1995). در بستر حرفه‌ای نیز، حفاظت نوین همواره بر عدم تغییر یا کاستن، سرعت آن در آثار تأکید دارد (Pye, 2001: 25). «بدون تغییر و تخریب... نیازی به حفاظت نخواهد بود» (Pye, 2001: 96) این جمله به تنهایی بیانگر آن است که حفاظت برای متوقف کردن اعمال تغییر در آثار، هدف گذاری شده است. اما مراقبت در عموم موارد، مستلزم اقداماتی است که نتیجه آن‌ها تغییر است (Vinas, 2009: 49) و همین تناقض در مداخلات حفاظتی است که مباحث زیادی را به خود اختصاص داده است.

از همین رو حفاظت، امروزه به عنوان امری ضروری ولی با بار منفی تصویر می‌گردد، چراکه اصالت اثر را مخدوش نموده، موجب بروز تغییراتی در آن می‌شود و به ارزش‌های آن (بویژه ارزشهای تاریخی) آسیب می‌زند (Fielden, 2003: 8; Vinas, 2005: 188). در ادبیات حفاظت امروز، هنگامی که میراث فرهنگی بدون هیچگونه مداخله‌ای حفاظت شود، می‌گویند حفاظت در بهترین شکل خود تحقق یافته است (Fielden, 2003: 237). باین همه چون در عمل و در بیشتر موارد، حفاظت بدون هیچگونه مداخله ممکن نیست و در حد نظریه باقی خواهد ماند، از آن با عنوان حداقل نامطلوبی که انجام آن ناگزیر می‌نماید، یاد شده است. فیلدن در کتاب حفاظت ابنیه تاریخی، با این بیان که مداخله ضرورت نامطلوبی است که نتایج مطلوب به همراه دارد، از به حداقل رساندن این کار استفاده حداکثری از نتایج آن سخن می‌راند (Fielden, 2003: 32) و یا ویناس در کتاب تئوری معاصر حفاظت از آن به ضرورتی که البته منافع آن بیشتر از ضررهایش است، یاد می‌کند (Vinas, 2005: 190). به همین دلیل هم اصولی چون حداقل مداخله^۸، حفاظت حداقل^۹، حفاظت آرام^{۱۰} (Staniforth, 2010) و جز آن، درباب مداخله در آثار که همگی یک وجه مشترک پر رنگ- حداقل مداخله- را در خود دارد، مطرح شدند.

این نگرش موجب شد "مداخله" به یکی از مهمترین ارکان حفاظت نوین؛ و اصل "حداقل مداخله" به مهمترین اصل حفاظتی بدل گردد. اصلی که هر چند طرفداران زیادی دارد، ولی درعین حال مخالفین، یا حداقل صاحب نظرانی را درمقابل خود می‌بیند که ایرادات جدی و بنیادینی بر آن دارند. با توجه به ابهامات، تناقضات و چالش‌های موجود در زمینه این اصل، به نظر می‌رسد یکی از مهمترین

این مفهوم التقاطی، تقابل و کشمکشی در ذهن بوجود می‌آورد که نمی‌تواند به یک اصل، اعتبار درخور آن را اعطاء کند.

نبود معنای مشخص و دقیق

براستی هنوز تعریف روشن و صریحی از اصل حداقل مداخله وجود ندارد (Villers 2004: 4) و این اصل با ابهامات و چالش‌های زیادی روبرو است. با همه تلاش‌هایی که برای ارائه تعریفی از "حداقل مداخله" انجام شده است، هنوز «به سختی می‌توان تعریف مشخص و روشنی از حداقل مداخله ارائه داد» (Pye et al 1987: 355-357) و به نظر می‌رسد «مشکل اصلی حداقل مداخله، ناقص بودن و روشن نبودن اهداف (غایی) آن است» (Caple 2000: 56). به همین دلیل نیز می‌تواند به شکل‌های مختلف تعبیر و تفسیر شود، تا بدانجا که این اصل وسیله توجیه طیف وسیعی از مداخلات در حوزه حفاظت قلمداد شده است (Villers 2004: 4). در این شرایط، تفسیرهای شخصی و سلیقه‌ای و یا اجتهاد حفاظت گر، ملاک خواهد بود؛ که حفاظت نوین خود به خاطر پرهیز از آن، به طرح اصول خود می‌پردازد (Villers, 2004: 3, 6) این از شأن یک اصل که باید به مثابه معیاری همگانی کار کند، دور است.

از سوی دیگر گرچه اصل حداقل مداخله به عنوان یک معیار، باید حدودی را مشخص کند، اما بازه‌ای که واژه حداقل را شامل می‌شود، مشخص، و معیاری قابل تبیین در حوزه مداخلات حفاظتی نبوده و کلمه حداقل در واقع حد خاصی را تعیین نکرده (Vinas 2009: 50) حداقل مداخله بیش از آنکه یک اصل باشد، رویکرد و آرمانی در عرصه حفاظت تلقی می‌شود (Villers 2004: 4,8) این تنها یک افق را مشخص می‌کند و به دلیل نبود معنای مشخص و دقیق، نمی‌تواند حدود شایسته یک اصل را تبیین نموده و در عمل ضمانت اجرایی مناسبی را مهیا کند.

تأثیر پذیری از یک جو خاص زمانی

یک اصل برای بر خودداری از شمولیت و عمومیت، نباید به جو زمانی و مکانی خاص وابسته باشد و باید در یک فضای آرام و فاقد تنش شکل گرفته و نوشته شود تا از اعتبار حداکثری برخوردار باشد در غیر اینصورت

نمی‌تواند در طول زمان و برای مکان‌های مختلف مصداق داشته باشد. اصل حداقل مداخله این شرایط را نداشته و مولود بستر زمانی خاصی است که در آن زاده شده است. حفاظت معماری بواسطه رابطه تنگاتنگی که با معماری بطور خاص و هنر بطور عام دارد، از اسلوب، شیوه‌ها و سبک‌های معماری و هنری در دوره‌های مختلف تأثیرات بسیاری گرفته است. حفاظت مدرن نیز مشمول همین قاعده است. توصیه به حفاظت در شکل حداقلی آن و شکل‌گیری اصل حداقل مداخله به عنوان مهمترین اصل حفاظت نوین، در فضایی شکل گرفت که اصول هنر و معماری این دوره تمایلات بسیاری را در این زمینه داشتند. میل هنر و معماری دوره مدرن به سادگی، خلوص و پرهیز از کارهای اضافه و تقدیر از هنر در شکل حداقلی و کمترین آن، امری رایج در این دوره قلمداد می‌شود (اسمیت، ۱۳۸۹: ۱۸۷). تأکید پیشگامان معماری مدرن چون گروپئوس، لوکوربوزیه، میس وندرویه و دیگران بر این امر به شکل‌گیری گونه‌ای خاص از معماری که مفاهیم خاصی از سادگی و خلوص را به تصویر می‌کشید منجر شد (بنه ولو ۱۳۷۷، جلد ۲: ۱۵۹؛ بنه ولو ۱۳۷۷، جلد ۱: ۶۲؛ بنه ولو ۱۳۷۷، جلد ۲: ۱۵۵؛ بنه ولو ۱۳۷۷، جلد ۳: ۱۵۳، ۱۵۲). معماران مدرن، معماری گذشته را با عنوان مجموعه‌ای از "بیشترین‌ها" تقبیح می‌کردند (بنه ولو ۱۳۷۷، جلد ۲: ۱۵۹). این حرکت تا بدانجا پیش رفت که تزئینات معماری که تا پیش از این، بخش مهمی از شاکله معماری را شامل می‌شد، به شدت مورد سرزنش قرار گرفت و آدولف لوس در مقاله‌ای تزئین را جنایت برشمرد (Loos, 1998). این خود تأثیر بسزایی در این زمینه داشت، تا مرمت را به طور خاص و حفاظت را بطور عام، به این سمت هدایت نماید. تکیه بر شعارهای معماری، مدرن چون «کم، بیش است»^{۱۲} یا «کمتر انجام دادن بهتر است» (Beltinger, 1995: 111-8) و یا «تزئین جنایت است» (Loos 1998) نقش بسزایی در اتخاذ این رویکرد حفاظتی ایفا کرد. (Villers, 2004: 4,9) رابطه "حداقل مداخله" و "جنبش‌های حداقلی" دیگر در هنر و معماری مدرن که به جنبش‌های مینیمالیستی^{۱۳} معروف، و بعد از جنگ جهانی و در دهه ۱۹۵۰ با اقبال فراگیری مواجه شدند (اسمیت ۱۳۸۹: ۱۸۷، ۲۰۱؛ چیلورز و دیگران ۱۳۸۰: ۲۱۲)، قابل پیگیری است. جنبش‌های مینیمالیستی، در تثبیت و تبدیل اصل حداقل مداخله در حوزه حفاظت به یک اصل بنیادین، مؤثر بودند.

صورت اصیل و به دور از هر گونه دست خوردگی محفوظ نگه می‌دارد (یوکیلتو ۱۳۸۷: ۱۶۴). در این دیدگاه «نهایت حرمت یک بنا (اثر) به آن است که تاریخ ممتدی در تاق‌های سیاه شده از گذر قرن‌های آن نقش بسته باشد» (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۴۸). این نوع نگاه تغییر در اثر را بر نمی‌تابد و تا بدانجا پیش می‌رود که مرمت به اندازه تخریب خطرناک قلمداد می‌شود (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۵۱)؛ حتی اگر این گونه از نگهداری، بسیاری از مفاهیم متعالی مترتب بر اثر را مخدوش کند. در حفاظت تاریخی حق مداخله در سیمای اثر به منظور کمک به بقای آن کمتر وجود دارد (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۶۴)، زیرا ارزشهای تاریخی آن مخدوش می‌شود (Vinas, 2005: 67) و گفته می‌شود بهتر است اثر که بمیرد تا اینکه بواسطه تغییرات دوره جدید بی‌آبرو شود. (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۵۲)

از سوی دیگر «این براستی جنایت است که بگذاریم یک یادمان صرفاً برای احترام به هنر (تاریخ) با گذشت زمان فرو بپاشد» (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۶۳) و امکان بهره‌برداری از قابلیت‌های آن چنان قابلیت‌های عملکردی، آموزشی و... در سایه عدم مجوز تغییر در اثر بسیار کمرنگ شود. بنابر این اشکالی که از این منظر بر اصل حداقل مداخله وارد است، بی‌توجهی به دیگر انواع حفاظت است که هر یک بر محوریت توجه به وجهی از آثار شکل گرفته‌اند. حفاظت تاریخی نسبت به دیگر نگرش‌های حفاظتی، توجه کمتری به وجوه ناملموس اثر که حفاظت امروز بر آن تأکید دارد، معطوف می‌نماید و طبیعی است منتقدان حفاظت تاریخی انتقاداتی را بر این اصل وارد می‌دانند. ضمن آنکه حفاظت تاریخی نمی‌تواند گونه‌ای مناسب برای تمامی آثار باشد.^{۱۴} بنابر این اصل مذکور با گرایش‌های افراطی در حوزه حفاظت تاریخی، اشکالات و نواقصی را در مقام یک اصل همه شمول در بر دارد.

کمی بودن - امری تک ساحتی

حفاظت مقوله‌ای کیفی است، چرا که موضوع آن مرتبط با کیفیات متنوع، در قالب معماری می‌باشد. کمی کردن اصول مربوط به آن، نادیده گرفتن وجوه بسیار مهمی از مقوله حفاظت را موجب می‌شود. به نظر می‌رسد جنس این معیار (جنس کمی) با جنس موضوعی که بدان می‌پردازد به لحاظ ماهیتی قرابت ندارد؛ به گونه‌ای که

شکل‌گیری مفهومی جدید از تاریخ، تاریخ‌گرایی و نیز قائل شدن ارزش‌های بی‌بدیل تاریخی، که به ناموس دوره مدرن بدل شده بود، برای آثار گذشتگان، اجازه دخل و تصرف را به کمتر کسی می‌داد و توجیهی برای پذیرش این اصل محسوب می‌شد (Villers 2004: 6). یوکیلتو در کتاب تاریخ حفاظت به نقل از افرادی چون مریمه، راسکین، موریس، دیدرو، کاستیناری و دیگران در توصیه به پرهیز از دخل و تصرفات حفاظتی به موارد زیادی اشاره می‌کند (یوکیلتو ۱۳۸۷: ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۵۲، ۱۶۰، ۵۳). از سوی دیگر همانگونه که گفته شد، در بدو شکل‌گیری حفاظت جدید به آسیب‌های وارده بر آثار بدلیل اعمال مداخلات سلیقه‌ای، بی‌ملاحظه و افراطی، جوی از هراس و نگرانی شکل گرفته بود که در آن کار نکردن بهتر از کارهای انجام شده و حفاظت مطلوب تلقی می‌گشت (Villers 2004: 7). از سوی دیگر، محوریت علم و رشد فزاینده روش‌های علمی، حفاظت را به سمت نگرشی پوزیتیویستی با تمایلات ابژکتیو سوق داد (Villers 2004: 4, 5, 8; Clavir 1998: 1-8) و در این نوع نگاه، حداقل مداخله، کم رنگ شدن سوژکتیویته را به همراه داشت؛ این خود از دیگر دلایل اقبال به این اصل بود. همچنین ناکارآمدی اصولی چون بازگشت‌پذیری (Villers 2004: 4) حفاظت مدرن را با خلاء یک اصل که به نوعی طیف نظرات را ارضاء و اقناع کند مواجه کرد. در چنین شرایطی اصل حداقل مداخله، گمشده حفاظت نوین به شمار آمد؛ حال آنکه در عمل در خصوص ماهیت و ضمانت موفقیت این اصل کمتر اندیشیده شد.

اولویت دادن به حفاظت تاریخی (موزه‌ای)

در میان گونه‌های مختلف حفاظت موجود، حداقل مداخله، تمایل بسیاری به حفاظت تاریخی و موزه‌ای و انجماد و مومیایی کردن اثر، آنچنان که بوده و با کمترین دخل و تصرفی دارد. حداقل مداخله، یک رویکردی رایج در موزه هاست (Villers, 2004: 4). این اصل که ریشه در تفکرات محافظه کارانه و تاریخ‌گرایانه نیمه اول قرن نوزدهم دارد (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۵۲) در طول قرن بیستم بشکلی پررنگ در حوزه حفاظت ادامه یافت. در این رویکرد حفاظتی، محور ارزش‌های مترتب بر اثر، ارزش‌های تاریخی و نیز کیفیتی اثر است که در آن کالبد آن، وضعیتی را که در طول روند حرکت تاریخی خود بدست آورده است، به

به جای بحث بر سر نوع مداخله و ابعاد مختلف آن که از ملزومات مقولات کیفی است، بر میزان مداخله، که مسئله‌ای کمی است، پای می‌فشارد. از این اصل این چنین برداشت می‌شود که «هر مداخله‌ای به لحاظ کیفی (ماهوی) مورد پذیرش است، اما در حداقل آن» (Ackroyd et al, 2004: 4) و همین از بزرگترین ضعف‌های این اصل قلمداد می‌گردد.

ممانعت از رشد و تداوم حیات آثار - استقبال از آسیب

معماری یک ارگانیزم باز (زنده) است (نقره کار ۱۳۸۶: ۱۴؛ Ruskin, 1849: Chapter 5) و برای تداوم حیات خود نیازمند تغییر و مداخلاتی است که موجبات رشد و سازگاری آن با شرایط جدید را فراهم آورد. جلوگیری از این مهم، آن هم با هدف حفاظت، نقض غرضی آشکار است. از مهمترین چالش‌های اصول مداخلات حفاظتی، عدم امکان اجازه حیات، رشد و تغییر به آثار و محدود کردن شرایط برای این کار است. از سوی دیگر، «بیش از هر چیز، زنده نگه داشتن بنا بیشترین اهمیت را دارد» (Viollet-le-Duc, 1854-68, 8: 27).

همانگونه که گفته شد حداقل مداخله نوعی «حفاظت موزه‌ای» را شامل می‌گردد که در آن مومیایی کردن کالبد آثار و حفظ آن با حداقل تغییر از وضع اولیه، مورد نظر است؛ در شرایطی که در بیشتر موارد «بهترین راه حفظ یک بنا (اثر) یافتن راهی برای استفاده از آن است» (Viollet-le-Duc, 1854-68, 8: 31) زیرا استفاده درست و اصولی، تداوم حیات بنا را موجب می‌گردد و شکل حقیقی حفاظت را محقق می‌سازد.

می‌توان گفت اصول مداخله، با این شکل اصیل حفاظت همراه نبوده و حتی در برخی موارد تهدیدی برای آن - تداوم حیات بنا - به شمار می‌روند.

شمشیر دولبه

مداخله به همان نسبت که از پیامدهای منفی احتمالی یک اقدام حفاظتی جلوگیری می‌کند، از نتایج مثبتی که این اقدام می‌تواند در تحقق اهداف حفاظتی داشته باشد نیز، جلوگیری می‌کند و این سؤال را مطرح می‌سازد که اصلاً چرا باید این اصل مداخله را محدود کند و نه اقداماتی را که به نتایج منفی آن منجر می‌شود (Vinas, 2009: 53). در واقع از این منظر، کل مداخله، محل ارزش‌های اثر و حفاظت از آن تلقی شده است و نه

پیامدهای احتمالی منفی‌ای که در بر خواهد داشت؛ به همین دلیل هم این اصل به «ترمز حفاظت» تعبیر شده است (Villers, 2004: 3).

به حداقل رساندن مداخلات، نه تنها راه حفاظت از اثر را هموار نمی‌کند، بلکه مرگ تدریجی اثر را نیز به همراه خواهد داشت مانند بیماری که برخی از خوردنی‌ها برای وی مضر است، ولی هرگز پزشک به این بهانه مصرف حداقل مواد غذایی را تجویز نمی‌کند بلکه با مدیریت مواد غذایی نیازهای بیمار را پاسخ و از رسیدن مواد مضر به وی جلوگیری می‌کند. از این منظر حداقل مداخله به نوعی حرکت در مسیر حذف صورت مسئله و نه حل مسائل مبتلا به آن است. اثر برای تداوم حیات خود در بسترهای مختلف، به مقتضیات متفاوتی نیازمند است و مطمئناً معیارهای مداخله باید تمهیدات این تداوم را با پیشنهاد مداخلات حفاظتی مناسب فراهم آورند.

بی‌توجهی به آسیب‌های ناشی از مداخلات کوچک

حداقل مداخله، همانگونه که از نام آن پیداست، مداخلات ریز و کوچک را نسبت به مداخلات اساسی که دامنه وسیع تری از اقدامات را طلب می‌کنند، توصیه می‌کند. طبیعی است که چون این مداخلات محدود هستند، باید بصورت دوره‌ای و حسب نیازهای اثر تکرار شوند، چرا که اعمال مداخلات کوچک مستلزم تکرار آن‌ها در یک بازه زمانی مشخص است. از سوی دیگر در پذیرش اصل مذکور «تأثیر منفی مداخلات کوچک حداقلی مکرر، دست کم گرفته شده است» (Ackroyd et al, 2004: 4; Villers 2004: 7). و تاکنون این موضوع و تغییرات احتمالی ناشی از آن در آثار که اساساً بواسطه گریز از آن‌ها حداقل مداخله پذیرفته شده، مورد تأمل قرار نگرفته است.

در پایان پس از بیان همه چالش‌ها و کاستی‌هایی که ذکر آن رفت، باید اذعان داشت حداقل مداخله با همه اشکالاتی که ذکر آن رفت، بواسطه نقش بازدارندگی آن از آسیب‌های خود سرانه، ندانم کاری‌ها، اقدامات نابجا و جبران ناپذیر و افراطی به آثار، قابل احترام و اعتبار است (Vinas, 2005: 191) و به نظر می‌رسد بواسطه همین نقش بازدارندگی، در مقابل تغییرات و اقدامات افراطی مورد استقبال قرار گرفته است. با این حال این بازدارندگی خود نباید به هزینه افراط در انجماد اثر و جلوگیری از مکانیزم طبیعی حیات آن همراه شود. این اصل می‌تواند



تکمیل این اصل داشت (براندی، ۱۳۸۷)؛ ویناس که پیشنهاد خود را در جهت ارتقاء این اصل با طرح اصل "تعادل در فقدان معانی" در مداخلات حفاظتی ارائه نمود (Vinas, 2009: 53)؛ ویلرز اصل "فرا حداقل مداخله"^{۱۵} را مطرح کرد (Viller, 2004: 3-9) این مقاله سعی داشت تا با جمع‌بندی تمامی انتقادات و ارزیابی نظری آنها به دیدگاهی با شمولیت قابل قبول در این زمینه دست یابد؛ دیدگاهی که بتوان بر مبنای آن، به راهکارهایی برای برون رفت از چالش‌های پیش رو اقدام کرد.

ارتقاء یافته و تکامل یابد؛ به شرط آنکه تمامی ابعاد آن بررسی و تک بعدی بدان نگریسته نشود؛ زیرا در آن حالت، پوشش دادن یک یا چند ایراد، مابقی ایرادات را مرتفع نساخته و می‌تواند بواسطه نگاه تک بعدی اشکالات جدیدی را بوجود آورد. تجربه انتقادات به این اصل توسط برخی از صاحب نظران که با طرح برخی از کاستی‌های موجود، سعی در ارتقاء یا عبور از این اصل را داشتند، به خوبی گویای این مطلب است. افرادی چون براندی که با پیشنهاد "حداقل مداخله ضروری" سعی در

نتیجه‌گیری

ارتباط تنگاتنگ میان مداخلات حفاظتی و حفاظت؛ باعث شده است برخی مداخله و حفاظت را عین هم بدانند. حداقل مداخله به عنوان اساسی ترین اصل مداخله در آثار، امروزه جایگاه ویژه‌ای را در گستره حفاظت به خود اختصاص داده و به مهمترین اصل حفاظت بدل شده است. اما این اصل کاستی‌ها و نواقصی هم دارد که می‌تواند چالش‌هایی را در حوزه حفاظت در پی داشته باشد.

کاستی‌هایی که زیر عنوان:

تناقض لغوی

نبود معنای مشخص و دقیق

تأثیر پذیری از یک جو خاص زمانی

اولویت دادن به حفاظت تاریخی (موزه‌ای)

کمی بودن - یک امر تک ساحتی

پیشگیری از رشد و تداوم حیات بنا- استقبال از آسیب

شمشیر دو لبه

بی توجهی به آسیب‌های ناشی از مداخلات کوچک

بدان‌ها اشاره شد. رفع این کاستی‌ها و نواقص، مستلزم کشف و تبیین آنهاست؛ کاری که این مقاله در قالب بحثی نظری سعی در انجام آن داشت تا با نگاهی همه شمول به ضعف‌های این اصل، بتواند مقدمات پیچیدن نسخه‌ای مناسب برای اصلاح و ارتقاء این اصل را فراهم کرده و با لحاظ کردن باری مثبت در پس حداقل مداخله، از تبعات منفی این اصل کاسته و ضرورت ارتقاء یا طرح اصولی جایگزین را متذکر گردد و مسیر پیشرفت حفاظت از این منظر را هموار کند.

پی‌نوشت

1 -Preservation

2 -Restoration

۳-به این مهم و دلایل آن در بخش اصول مداخلات حفاظتی به تفصیل اشاره شده است.

3 -SPAB (Society for the Protection of Ancient Buildings)

4 -"The most important axiom of conservation is: Minimal Intervention is Best"(University of Florida 2007)

5 -Robert Demaus:"Intervention should be kept to an absolute minimum"(Fielden 2003, xi)

6 -Pecht

7 -Minimum of Intervention

8 -Minimal Conservation

9 -Slow Conservation

10-Missing Point

۱۱-جمله معروف میس وندروهه از معماران برجسته دوره مدرن(دائرة المعارف معماری قرن بیستم، ۱۳۸۲: ۲۶۷)

12-Minimalism

۱۳-تا بدانجا که پس از دسته بندی آثار به دو گروه زنده و مرده، مقرر گردید حفاظت تاریخی صرف در مورد آثار دسته دوم اعمال گردد (یوکیلتو، ۱۳۸۷: ۱۶۵). (International Congress of Architects, 1904) هر چند که بعدها به همین دسته بندی نیز اشکالاتی وارد گردید.

14-Post Minimal Intervention

منابع

- آریانپور کاشانی، عباس، (۱۳۷۰)، فرهنگ کامل انگلیسی فارسی، جلد دوم، چاپ پنجم، موسسه انتشارات امیرکبیر، تهران.
- آریانپور کاشانی، عباس، آریانپور کاشانی، منوچهر، (۱۳۶۹)، چاپ نهم، فرهنگ دانشگاهی، تهران.
- اسمیت، ادوارد لوسی، (۱۳۸۹)، مفاهیم و رویکردها در آخرین جنبش های هنری قرن بیستم، چاپ یازدهم، موسسه فرهنگی پژوهشی چاپ و نشر نظر، تهران.
- براندی، سزاره، (۱۳۸۷)، تئوری مرمت، ترجمه پیروز حناچی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- حق شناس، علی محمد، سامعی، حسین، انتخابی، نرگس، (۱۳۸۵)، فرهنگ معاصر هزاره انگلیسی- فارسی، چاپ هفتم، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران.
- حیییم، سلیمان، (۱۳۷۵)، فرهنگ بزرگ انگلیسی- فارسی، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران.
- چیلورز، ایان، آزبورن، هارولد و دیگران، (۱۳۸۰)، سبک ها و مکتب های هنری، ترجمه فرهاد گشایش، انتشارات عفاف، تهران.
- دهخدا، علی اکبر، لغت نامه دهخدا، چاپ دوم از دوره جدید، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.
- عزیزی، محمدمهدی، (۱۳۷۹)، سیر تحول سیاست های مداخله در بافت های کهن شهری در ایران، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۷، ۳۷-۴۶.
- عمید، حسن، (۱۳۷۹)، فرهنگ فارسی عمید، چاپ نوزدهم، موسسه انتشارات امیرکبیر، تهران.
- کشاورز، محسن، (۱۳۸۷)، پیشینه آموزش مرمت معماری در ایران، گلستان هنر (ویژه نامه به یاد سید باقر آیت الله زاده شیرازی)، فرهنگستان هنر، ۳۳-۳۸.
- معین، محمد، (۱۳۶۰)، فرهنگ فارسی معین (متوسط)، چاپ چهارم، موسسه انتشارات امیرکبیر، تهران.
- نقره کار، عبدالحمید، (۱۳۸۶)، انسان، طبیعت، معماری، دانشگاه پیام نور، دانشکده فنی و مهندسی (گروه علمی مهندسی معماری و شهرسازی)، تهران.
- بنه ولو، لئوناردو، (۱۳۷۷)، تاریخ معماری مدرن، ترجمه حسن نیر احمدی، جلد دو، مهندسين مشاور نیرسان، تهران.
- یوکیلتو، یوگا، (۱۳۸۷)، تاریخ حفاظت معماری، ترجمه محمد حسن طالبیان و خشایار بهاری، روزنه، تهران.

- Collins Dictionary of the English Language, (1986), Collins Sons & Co, London & Glasgow.

- Longman Dictionary of Contemporary English, (1995), Longman, London.

- AIC (American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works), (1996), *Code of Ethics and Guidelines for Practice*, edited by A. Directory, AIC, Washington DC.

- Ackroyd, P., Villers, C., (2003), *Increasing minimalism*. in *Alternatives to Lining*, edited by M. Bus tin and T. Caley, UKIC/BAPCR, London.



- Avrami, E., Mason, R., de la Torre, M., (2000), *Values and Heritage Conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Beltinger, K., (1995), *Reversible Supports for Painting as an alternative to Lining*. In Lining and Backing, Papers Delivered at the UKIC Conference 7-8 November, UKIC, London.
- Brooks, M. M., (1998), *International Conservation Codes of Ethics and Practice and Their Implications for Teaching and Learning Ethics in Textile Conservation Education with Special Reference to the Diploma in Textile Conservation Taught at the Textile Conservation In International Perspective in Textile Conservation*, edited by D. Eastop and A. Timar-Balazy, Archetype, London.
- Caple, C., (2000), *Conservation Skills: Judgement, method and decision making*, Routledge, London.
- Clavir, M., (1998), *The Social and Historic Conservation of Professional Values*, Studies in Conservation, 43: 1-8.
- Clavir, M., (2002), *Preserving what is valued: museums, conservation, and First Nations*, Ubc Press, Vancouver.
- Conti, A., (2007), *History of the restoration and Conservation of Works of Art*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Corfield, M., (1988), *The Reshaping of Archaeological Metal Object: Some Ethical Considerations*, Antiquity, 62, 235, 261-265.
- Daly, H. D., (1990), *An Historical Introduction to Conservation*. In Shared Responsibility, Proceedings of a Seminar for Curators and Conservators, National Gallery of Canada, 26th-28th October 1998, edited by Ramsay-Jolicoeur, B. A. and I. N.M. Wainwright, National Gallery of Canada, Ottawa.
- Dann, N., Cantell, T., (2007), *Maintenance in Conservation*. In Understanding historic building conservation, edited by M. Forsyth, Blackwell, Oxford.
- Division of Vertebrate Paleontology, (2007), *Vertebrate Paleontology Preparation and Conservation*, University of Florida, Florida Museum of Natural History 2007 [cited 12 November 2010], Available from www.flmnh.ufl.edu/vertpaleo/prep.htm.
- Feilden, B. M., (2003), *Conservation of Historic Building*, 3rd ed., Architectural Press, Burlington.
- Forsyth, M., (2007), *The Past is the Future*. In Understanding historic building conservation, edited by M. Forsyth, Blackwell, Oxford.
- Hanssen-Bauer, F., (1996), *Stability as a technical and an ethical requirement in conservation*. In ICOM committee for conservation, 11th triennial meeting in Edinburgh, Scotland, 1-6 September 1996: Preprints edited by J. Bridgland, James & James, London.
- House of Lords (Science and Technology Committee), (2006), *Science and Heritage*, The Authority of the House of Lords, London.
- ICOMOS: International Council on Monuments and Sites, (1964), *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites*: 2nd International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Venice.
- ICOMOS New Zealand (New Zealand National Committee of the International Council on Monuments and Sites), (1993), *Charter for the conservation of places of cultural Heritage Value*.
- ICOMOS New Zealand (New Zealand National Committee of the International Council on Monuments and Sites), (2010), *Charter for the conservation of places of cultural Heritage Value*.
- International Congress of Architects, (1904), *Recommendations of the Madrid Conference* (Sixth International Congress of Architects)
- MOD Conservation Manual, Defence Works Services Design and Maintenance Guide (Principles Repair and Alterations), HISTORIC BUILDINGS FACTSHEET, (1994) [cited 2010/2/4, Available

- from www.mod.uk/NR/rdonlyres/C3F23368-5534-4E21.../1004.pdf
- Meraz, F. A., (2008), "*Architecture and Temporality in Conservation Philosophy*." Nottingham.
 - Morris, W., (1877), *The Principles of the Society (for protection of Ancient Buildings) as set forth upon its Foundation*, The Builder, 35.
 - Pye, E., (2001), *Caring for the Past: Issues in conservation for archaeology and museums*, James&James, London.
 - Pye, E., Cronyn, J., (1987), *The Archaeological Conservator Re-examined: a personal view*, In *Recent Advanced in the Conservation and analysis of Artefacts*, edited by J. Black, Summer Schools Press, London.
 - Redondo, M. R., (2008), *Is Minimal Intervention A Valid Guiding Principle?* e-conservation, www.e-conservationline.com.
 - Ruskin, J., (1849), *The Seven Lamps of Architecture*, First ed. , Smith, Elder and Company, London.
 - Ruskin, J., (1883), *The Seven Lamps of Architecture*, Orpington, Kent, George Allen.
 - Staniforth, S., (2010), *Slow Conservation*, *Studies in Conservation*, 55:74-80.
 - Tyler, Norman, Ligible, Ted J., Tyller, Ilen R., (2009), *Historic Preservation: An Introduction to its History, Principles, and Practice*, Second ed., W.W.Norton&Company, New York.
 - Understanding Conservation, COTAC, (2009), [cited 2/4/2011] Available from www.understandingconservation.org.
 - Villers, C., (2004), *Post minimal intervention*, *The Conservator*, 28:3-10
 - Vinas, S. M., (2009), *Minimal Intervention Revisited*. In *Conservation: Principles Dilemmas and -Uncomfortable Truths*, edited by A. Richmond and A. Bracker, Butterworth-Heinemann, Oxford.
 - Vinas, S. M., (2005), *Contemporary Theory of Conservation*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington.
 - Viollet-le-Duc, E-E., (1854-68), *Dictionnaire raisonne de l'architecture Francaise du XIe au XVIe siècle*, 10 vols, Vol. 8, Paris, B. Bance.
 - Williams, S. L., (1997), *Preventive Conservation: the evolution of a Museum Ethic*. In *Museum Ethics*, edited by G. Edson, Routledge, London and New York.

ریخت‌شناخت خوردگی در برنزهای تاریخی: تحلیل فرآیند مس‌زدایی در اشیاء برنزی هفت تپه خوزستان

امید عودباشی* سید محمدامین امامی** پرویز دوامی***

چکیده

اشیاء فلزی تاریخی و فرهنگی به مرور زمان در اثر عوامل مختلف محیطی، از طریق مکانیزم‌های مختلف تخریب می‌شوند. عوامل گوناگون مانند ترکیب شیمیایی آلیاژ، ریزساختار و نیز عوامل خورنده فعال در محیط دفن آنها در دراز مدت بر ترکیب شیمیایی و ساختار طبیعی پاتین شکل گرفته بر روی آنها موثر است. خوردگی به شکل‌های گوناگون در اشیاء فلزی رخ می‌دهد و به تشکیل انواع خوردگی از دید ریخت‌شناسی می‌انجامد. یکی از بارزترین مکانیزم‌های خوردگی در اشیاء تاریخی برنزی، مس‌زدایی یا انحلال انتخابی مس است که موجب شکل‌گیری ریخت‌شناسی‌های متفاوتی از خوردگی - بر حسب خوردگی محیط و سرعت خوردگی - در برنزهای تاریخی می‌شود.

در این مقاله تعدادی از اشیاء برنزی متعلق به محوطه باستانی هفت تپه خوزستان، برای بررسی فرآیند مس‌زدایی (انحلال انتخابی مس) با استفاده از روش آنالیز XRD و SEM-EDS مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج به دست آمده، بیانگر تاثیر فرآیند مس‌زدایی در تشکیل نوع خاصی از ریخت‌شناسی خوردگی در نمونه‌های هفت تپه و نیز رخ دادن خوردگی نوع دوم مرتبط با اشیاء برنزی در این نمونه‌ها است.

کلید واژه‌ها: ریخت‌شناسی خوردگی، برنزهای تاریخی، مس‌زدایی، هفت تپه، بیماری برنز، اکسید قلع

* oudbashi@aui.ac.ir

** emami@chemie.uni-siegen.de

*** pdavami@razi-center.net

* دانشجوی دکتری مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.

** استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه هنر اصفهان.

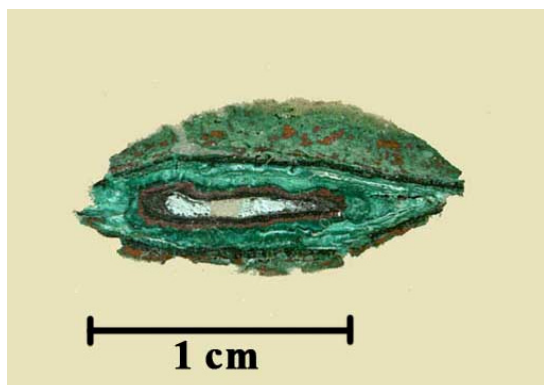
*** استاد و عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف.

مقدمه

شرایط محیط دفن دراز مدت و نیز خوردگی اشیاء برنزی مدفون در خاک، پدیده‌های جالب توجهی را بروز می‌دهند: برنز می‌تواند در طول زمان دفن کاملاً تغییر یافته و به محصولات خوردگی تبدیل شود، یا با یک لایه خوردگی گسترده و قطور همراه کانی‌های خاک پوشیده شده و حالتی حجیم‌تر از اول به خود بگیرد در حالیکه مقدار قابل توجهی از فلز آن باقی می‌ماند، یا اینکه با لایه نازک، براق و زیبایی از پاتین پوشیده شود. این تفاوت‌ها تا حد زیادی به محیط خاک و خوردندگی آن بستگی دارد (Selwyn, 2006; Scott, 2002). میزان خوردگی در بسیاری از برنزه‌های به دست آمده از محیط خاک، می‌تواند از یک پاتین بسیار نازک تا خوردگی کامل فلز باشد. ترکیبات مس (I) (مانند کوپریت، نانتوکیت) در سطح فلز تشکیل شده و محصولات مس (II) (مانند تنوریت، مالاکیت، آتاکامیت) بر روی ترکیبات مس (I) به وجود می‌آیند. ترکیب شیمیایی محصولات مس (II) به آنیون‌های موجود در محیط خاک و غلظت آنها بستگی دارد (Selwyn, 2006; Cushing, 1967).

در سال‌های گذشته توجه خاصی به بررسی ریسخت‌شناسی خوردگی در اشیاء فلزی و به ویژه اشیاء برنزی شده و مقالات و گزارش‌های متعددی در زمینه انواع ریسخت‌شناسی خوردگی و عوامل موثر بر شکل‌گیری آنها منتشر شده است؛ مانند بررسی حضور ناخالصی‌های مس آلیاژ نشده با قلع (UCI) در برنزه‌های تاریخی (Bosi et al, 2002)، مطالعه خوردگی در برنزه‌های پرقلع سربی^۲ رومی (Ingo et al, 2002) و آثار دیگر رومی (Ingo et al, 2006)، بررسی بر روی نمونه‌های برنزی کشف شده از محوطه زیر آب در استرالیا (MacLeod, 1994)، مطالعه خوردگی در اشیاء برنزی چینی با استفاده از روش

میکروسکوپی رaman^۳ (McCann et al, 1999) و یا مشاهده الگوهای دندریتی (شکل ریخت‌واره‌ای^۴) در محصولات خوردگی برنزه‌های تاریخی (Oddy et al, 1982)، از سوی دیگر باید به مطالعات لوک روبیولا و همکارانش در زمینه شناخت انواع ریسخت‌شناسی عمومی در خوردگی برنزه‌های تاریخی در حفاری‌ها اشاره کرد (Piccardo et al, 2007; Robbiola et al, 1998; Robbiola et al 1993). یکی از نمونه‌های ویژه ریسخت‌شناسی خوردگی در برنزه‌های تاریخی به دست آمده از محیط خاک را می‌توان در مجموعه اشیاء برنزی موزه هفت تپه یافت. این اشیاء بین سالهای ۱۳۴۴ تا ۱۳۵۷ توسط گروه باستان‌شناسی به سرپرستی دکتر عزت‌الله نکهبان از محوطه باستانی هفت‌تپه خوزستان (حدود ۱۴۰۰ ق.م) کشف شده‌اند (نکهبان، ۱۳۷۲). تعداد زیادی از اشیاء این مجموعه بطور کامل خورده شده و به محصولات خوردگی تبدیل شده‌اند (تصویر ۱). مقطع شکسته این اشیاء، ساختاری چند لایه را نمایش می‌دهد که لایه مرکزی آن متشکل از یک فاز سفید خاکستری بوده و با لایه‌های مختلفی از محصولات خوردگی قرمز، سیاه و سبز، با ساختاری لایه لایه احاطه شده است (تصویر ۲). پیدایش ساختار لایه‌ای و پیچیده محصولات خوردگی به همراه وجود یک فاز سفید رنگ در مرکز اشیاء، می‌تواند به دلیل رخ دادن یک مکانیزم خاص از خوردگی در این آثار فلزی باشد. ریسخت‌شناسی خوردگی در آثار برنزی هفت تپه پیش از این مورد مطالعه قرار گرفته بوده است (Oudbashi et al, 2010). در این مقاله سعی شده در کنار نتایج به دست آمده از مطالعات پیشین، با استفاده از بررسی لایه‌های مختلف خوردگی از دید اندازه‌گیری کمی، به نتایج کامل‌تری در مقایسه با گذشته دست یافت.



تصویر ۲. مقطع یکی دیگر از نمونه‌ها. ساختار لایه‌ای و فاز روشن قرار گرفته در مرکز مقطع به خوبی قابل مشاهده است.



تصویر ۱. یکی از نمونه‌های برنزی مورد مطالعه. شیء کاملاً به محصولات خوردگی تبدیل شده و ترک خورده است.

مواد و روش تحقیق

برای مطالعه ریخت‌شناسی خوردگی در برنزهای مجموعه هفت‌تپه، ۵ قطعه از آثار فلزی مطالعاتی این مجموعه که حاوی ساختار و ریخت‌شناسی خوردگی مذکور بودند، مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفتند. نمونه‌ها جهت شناسایی فازهای موجود در محصولات خوردگی، مورد آنالیز کیفی XRD قرار گرفتند. آنالیزها با استفاده از دستگاه XRD مدل D8 ADVANCE، دارای لامپ CuKα با طول موج ۱/۵۴ Å، ساخت شرکت Bruker axs آلمان، و در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان انجام شد.

بررسی سطح مقطع نمونه‌ها و شناسایی عناصر تشکیل دهنده لایه‌ها با روش SEM-EDS و بصورت آنالیز نقطه‌ای انجام شد. کار در آزمایشگاه SEM مرکز پژوهش متالورژی رازی تهران و با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل VEGAII، ساخت شرکت TESCAN کشور جمهوری چک، به همراه دستگاه اسپکتروفتومتر تفرق اشعه ایکس (EDS) مدل RONTEC ساخت آلمان، با نرم‌افزار QUANTAX مدل QX2 انجام شد.

نتایج

نتایج آنالیز XRD در (جدول ۱) ارائه شده است. ترکیب محصولات خوردگی نمونه‌ها شامل کوپریت (Cu₂O)، تنوریت (CuO)، آتاکامیت و پاراتا کامیت (Cu₂(OH)₃Cl) در تمامی نمونه‌ها است. در کنار آن کاسیتريت (SnO₂) در چهار نمونه دیده می‌شود. نانتوکیت (CuCl) نیز در یک نمونه شناسایی شده است. وجود کوارتز (SiO₂) در سه نمونه می‌تواند به دلیل قرارگیری اشیاء در خاک در طول بیش از سه هزار سال باشد.

نتایج آنالیز SEM-EDS بر روی لایه‌های مختلف مقطع نمونه‌ها نیز، بیانگر تفاوت ترکیب شیمیایی لایه‌ها است (جدول ۲). معمولاً لایه داخلی (A) غنی از قلع بوده و

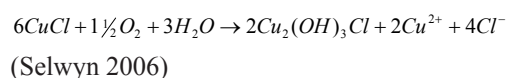
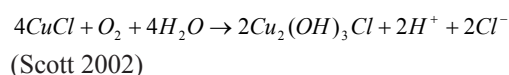
نسبت Sn/Cu در آن نسبت به دیگر لایه‌ها بالاتر است. البته تنها در نمونه HT-50، این نسبت در لایه داخلی قابل دیدن نیست و در لایه سوم (C) نیز، نسبت قلع به مس چشمگیر است. از سوی دیگر، کلر تقریباً در همه لایه‌ها دیده می‌شود.

بحث

بیماری برنز

نتایج آنالیز XRD نشان دهنده وجود خوردگی فعال یا بیماری برنز در نمونه‌هاست. بیماری برنز یا خوردگی فعال اشیاء ساخته شده از آلیاژهای مس در متون تخصصی اینگونه تعریف شده است: "فرآیند اندرکنش مواد حاوی کلرید در پاتین برنز، با رطوبت و هوا" (Giovannelli et al 2010; Scott 1990) پیشرونده آلیاژهای مس باستانی به دلیل حضور کلرید مس (I) (نانتوکیت) در مجاورت سطح فلز باقیمانده" (Scott 2002). بیماری برنز را می‌توان فرآیند واکنش مس با یون کلر، تشکیل نانتوکیت و سرانجام تبدیل آن به یکی از تری‌هیدروکسی‌کلریدهای مس، در مجاورت هوا و رطوبت، در آثار برنزی و نیز در دیگر آلیاژهای مس تاریخی داشت (Scott 2002; Martens et al 2003; Scott 2000; Selwyn 2006; Casaletto et al 2006).

برای اکسیداسیون و هیدرولیز نانتوکیت و وقوع بیماری برنز دو واکنش زیر ارائه شده‌اند:



محصولات واکنش تری‌هیدروکسی‌کلریدهای مس و یون‌های محلول هستند. همزمان فرآیند خوردگی با واکنش بین یون کلر (یا اسید کلریدریک) و مس فلزی باقیمانده و

جدول ۱- نتایج آنالیز XRD نمونه‌ها.

نمونه	کوپریت	تنوریت	آتاکامیت	پاراتا کامیت	نانتوکیت	کاسیتريت	کوارتز
HT-33	■	■	■	■	—	■	■
HT-41	■	■	■	■	—	■	—
HT-48	■	■	■	■	—	■	■
HT-49	■	■	■	■	—	—	■
HT-50	■	■	■	■	■	■	—

مس‌زدایی

نتایج آنالیز SEM-EDS بر روی لایه‌های مختلف مقطع نمونه‌ها، نشان می‌دهد که لایه داخلی (A) غنی از قلع بوده و نسبت Sn/Cu در آن در مقایسه با دیگر لایه‌ها بالاتر است. البته تنها در نمونه HT-50 این نسبت در لایه داخلی چشمگیر نیست و در لایه سوم (C) نیز نسبت قلع

تشکیل کلرید مس (I) (نانتوکیت) ادامه می‌یابد. با توجه به واکنش‌های بالا، نانتوکیت در حضور اکسیژن و آب، به تری‌هیدروکسی کلریدهای مس تبدیل می‌شود. این فرآیند در حضور رطوبت و اکسیژن، تا تبدیل تمامی مس فلزی به تری‌هیدروکسی کلریدهای مس ادامه خواهد یافت (Scott 1990; Scott 2000; Scott 2002).

جدول ۲- مقطع عرضی، تصویر SEM-BSE و نتایج آنالیز SEM-EDS لایه‌های مختلف نمونه‌ها (% wt).

Mg	Al	Si	S	O	Cl	Pb	Sn	Cu	
-	-	4.02	1.33	0.45	2.32	7.15	76.03	8.72	A
-	-	-	-	1.56	3.39	1.63	12.03	81.39	B
-	-	-	-	12.8	24.55	-	0.19	62.47	C
-	-	5.30	8.85	2.11	18.28	-	19.03	46.43	D
-	10.72	4.62	0.66	6.35	6.82	6.53	54.5	9.81	A
-	-	-	-	0.68	5.2	9.38	13.4	71.34	B
-	-	-	-	1.57	0.47	-	20.05	77.91	C
-	-	5.40	-	0.65	3.03	-	7.08	83.84	D
-	-	4.32	-	8.19	9.29	6.71	66.14	5.36	A
-	-	-	0.74	3.43	14.56	0.28	26.42	54.57	B
-	-	-	-	0.55	4.33	10.75	20.99	63.38	C
-	-	-	-	30.08	22.62	-	6.57	40.73	D
8.99	-	7.92	4.50	3.44	4.77	-	51.47	18.92	A
-	-	4.64	0.91	1.22	6.62	6.25	23.61	56.75	B
-	-	-	-	33.35	18.5	-	2.67	45.48	C
-	-	4.39	0.48	1.88	6.47	4.91	38.45	43.42	D
-	-	0.09	-	89.51	-	-	-	10.41	E
-	-	-	-	2.63	21.53	-	11.16	64.68	A
-	-	-	-	1.55	23.9	-	1.21	73.33	B
-	-	5.71	-	3.33	20.82	-	40.91	29.23	C
-	-	-	-	34.76	32.16	-	4.05	29.03	D
-	-	3.31	-	0.14	4.82	-	16.08	75.64	E

HT-33

HT-41

HT-48

HT-49

HT-50



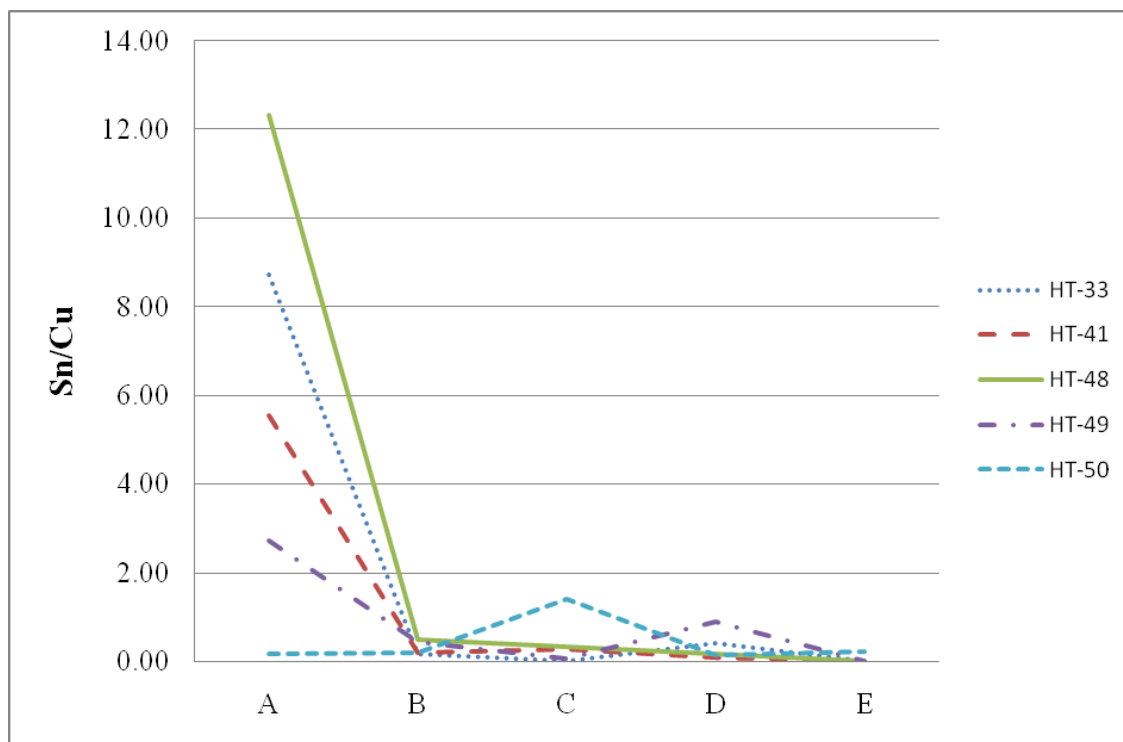
بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شود. میزان سیلیسیوم در نمونه‌ها نسبتاً بالاست؛ اما با توجه به وجود ترک‌های زیاد و ژرف در ساختار نمونه‌ها، احتمال نفوذ فازهای حاوی Si به لایه‌های درونی اشیاء محتمل به نظر می‌رسد. از سوی دیگر وجود گوگرد در ترکیب می‌تواند حاصل بقایای آخال‌هایی باشد که از فرآیند استحصال فلز از سنگ معدن‌های سولفیدی در بافت فلز اولیه باقی مانده‌اند (Bachmann, 1982).

با توجه به نتایج آنالیزها و میزان بالای قلع در فاز سفید رنگ (به غیر از نمونه HT-50)، به نظر می‌رسد این فاز حاوی میزان بالای کاسیتريت (SnO_2) است. تشکیل فاز غنی از قلع (اکسید قلع) در مرکز این آثار را می‌توان به مس‌زدایی یا انحلال انتخابی مس در برنزها نسبت داد. نتایج تحقیقات جدید درباره خوردگی برنزه‌های تاریخی نشان می‌دهد که فرآیند تشکیل پاتین یا خوردگی در برنزها در محیط‌های طبیعی (مانند خاک) در اصل مرتبط با حل‌شویی مس یا مس‌زدایی یا همان انحلال انتخابی مس است که با اکسیداسیون داخلی فلز همراه است (Robbiola et al, 1993; Robbiola et al, 1998; Robbiola et al, 2006; Piccardo et al, 2007). بر این اساس، ساختار و ریخت‌شناسی خوردگی در برنزه‌های تاریخی را به دو گروه تقسیم می‌کنند که بر حضور یا نبود سطح اصلی - که نشان دهنده شکل اولیه شیء در زمان ساخت است -

به مس چشمگیر است. از سوی دیگر، کلر تقریباً در همه لایه‌ها دیده می‌شود.

نسبت قلع به مس (Sn/Cu) بر اساس تفاوت میزان قلع در لایه‌های مختلف، محاسبه شد و نتایج آن در (تصویر ۳) دیده می‌شود. از نمودار می‌توان دریافت که در نمونه‌های HT-33 تا HT-49، نسبت قلع به مس تنها در لایه A (لایه مرکزی) بسیار بالا بوده و بیش از ۱ است (۲/۷۲ تا ۱۲/۳۳). در بقیه لایه‌ها این نسبت کمتر از ۱ است. همان گونه که گفته شد، تنها نمونه HT-50 دارای لایه‌بندی متفاوت، از دید نسبت Sn/Cu است. در این نمونه، نسبت قلع به مس در لایه C بالاتر از دیگر لایه‌هاست و در بقیه لایه‌ها نسبت مزبور کمتر از ۱ است. در حقیقت لایه C از نقطه نظر ترکیب و نسبت Sn/Cu، مشابه لایه A در چهار نمونه دیگر است.

بطور کلی با توجه به تصاویر مقاطع و نتایج آنالیز SEM-EDS، می‌توان گفت لایه‌های سفید حاوی قلع بالا، لایه‌های قرمز و سیاه رنگ حاوی مس بالا و کلر کم، و لایه‌های سبز رنگ دارای کلر نسبتاً بیشتر از لایه‌های دیگر هستند. میزان قلع در لایه‌های مختلف - به جز لایه سفید رنگ - کمتر از میزان آن در لایه سفید مرکزی است. سرب نیز در بعضی لایه‌ها با میزان پایین تری نسبت به دیگر عناصر اندازه‌گیری شده است. اکسیژن نیز در ترکیب



تصویر ۳. نمودار نسبت Sn/Cu در لایه‌های مختلف نمونه‌ها برحسب نتایج حاصله از آنالیز SEM-EDS.

به دلیل تشکیل محصولات خوردگی، تغییر می‌کند (Selwyn, 2006; Sandu et al, 2007). این نوع خوردگی را می‌توان با یک مدل سه لایه‌ای توصیف کرد (تصویر ۴) (Piccardo et al, 2007).

نوع اول که به ماهیت استاندارد پاتین برنز یا پاتین نوبل نیز شناخته شده است، خواص حفاظتی قابل ملاحظه‌ای در برابر ادامه روند خوردگی داشته و معمولاً از ۱۰ تا ۱۰۰ میکرومتر ضخامت دارد. نوع دوم که نمایانگر سطوح ضخیم است، در گذشته پاتین بد خوانده شده است (Robbiola et al, 1998; Piccardo et al, 2007). خوردگی نوع اول بیشتر در محیط‌هایی دیده می‌شود که میزان خوردندگی کمتری دارند؛ در حالی که نوع دوم در محیط‌های خوردنده‌تر، مانند محیط‌های حاوی نمک رایج است (Mabille et al, 2003).

از نتایج آنالیزها بر می‌آید که خوردگی رخ داده در اشیاء هفت تپه، به دلیل حضور یون کلر در محیط و وقوع بیماری برنز است. شناسایی ترکیبات کلرید مس در محصولات خوردگی نیز این فرآیند را تایید می‌کند. از سوی دیگر، لایه غنی از قلع نیز در زیر لایه‌های اکسید مس و ترکیبات مس (II) تشکیل شده است. تشکیل لایه غنی از قلع در مرکز نمونه‌ها (همچنین در لایه میانی نمونه HT-50) به دلیل فرآیند انحلال انتخابی مس یا مس‌زدایی در محیط دفن زیر خاک بوده است (Robbiola et al 1994; Robbiola et al 1993).

استوار است. این تقسیم‌بندی به شکل امروزی اولین بار توسط لوک روبیولا در ابتدای دهه ۱۹۹۰ مطرح شد (Robbiola et al, 1993). این دو گونه ساختار یا سطح خوردگی، ابتدا به سطح یکنواخت و سطح خورده شده ضخیم (Robbiola et al, 1993) و سپس به خوردگی نوع اول و دوم معروف شدند (Robbiola et al, 1998).

در خوردگی نوع اول، سطح اصلی قابل دیدن بوده، با شکلی خفیف با رسوبات حاوی مس پوشیده شده است. لایه پاتین فشرده در این نوع خوردگی بوسیله انحلال انتخابی آرام مس، خروج آن از سطح شیء و سرانجام تبدیل قلع به کاسیتريت و دیگر اکسیدهای قلع بوجود می‌آید (Selwyn 2006; Sandu et al 2007). در این نوع از خوردگی، معمولاً دو لایه متمایز وجود دارد (تصویر ۴) (Piccardo et al 2007; Robbiola et al 1997; Robbiola et al 1994).

در خوردگی نوع دوم که سطح اصلی در آن به دلیل حملات شدید خوردگی، نابود شده یا شکل اولیه را از دست داده است (پیدایش حفره‌ها، ترک‌ها و لایه‌ای شدن)، ساختار پیچیده‌تر و ضخیم‌تری دیده می‌شود. پاتین ناصاف و زمخت در برنرها معمولاً بسیار ضخیم بوده و حاوی ترکیبی از تری‌هیدروکسی‌کلریدهای مس و مالاکیت بر روی لایه کوپریت است. این پاتین‌ها در شرایطی تشکیل می‌شوند که سرعت خوردگی بالا است و شکل اصلی شیء، معمولاً به دلیل تغییر حجم چشمگیر

(الف)

خوردگی نوع اول

۱	Sn بالا، Cu پایین، ... O، Si، P، Al
۲	اکسیدها، هیدروکسیدها Cu بیشتر از لایه بیرونی
۳	فلز (مس و قلع)

شکل و ضخامت
نامنظم

(ب)

خوردگی نوع دوم

۱	ناحیه حاوی ترکیبات مس (II)
۲	لایه قرمز (اکسید مس)
۳	Sn بالا، Cu پایین، عناصر خاک
۴	فلز (مس و قلع)

رنگ‌های
متفاوت

تصویر ۴. طرح شماتیک لایه‌های خوردگی در پاتین برنزه‌های تاریخی (به ترتیب از لایه بیرونی به لایه داخلی): (الف) خوردگی نوع اول یا یکنواخت که شامل ۱- لایه غنی از قلع، ۲- لایه اکسیدی مس، ۳- ساختار اصلی آلیاژ است. (ب) خوردگی نوع دوم یا ضخیم که شامل: ۱- لایه ترکیبات مس، ۲- لایه اکسید مس، ۳- لایه غنی از قلع، ۴- ساختار اصلی آلیاژ است. تشکیل لایه غنی از قلع در هر دو نوع ساختار به دلیل انحلال انتخابی مس است (Piccardo et al 2007) با اندکی تغییر.

تصویر ۵. منحنی Eh-pH برای سیستم Cu-Sn-Cl-H₂O در 355 ppm (298.15°K، log10 m(Cl-)=-2)؛
log10 m برای دیگر مواد آبی برابر با ۱ است. منحنی نشان دهنده تشکیل فازهای تری هیدروکسی کلرید مس، نانتوکیت، کوپریت و کاسیتريت (SnO₂) در محیط اسیدی و محدوده پایداری آب در کنار یکدیگر است (Chase et al 2007).

نواری شدن

یکی دیگر از جنبه‌های خوردگی دیده شده در این نمونه‌ها، وجود ساختار لایه‌ای در هر یک از محصولات خوردگی است.

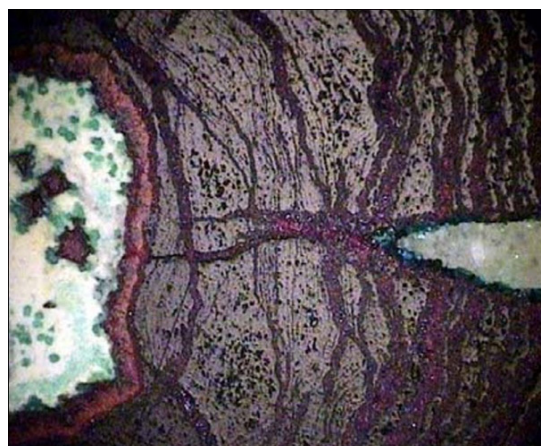
همان گونه که در تصویرهای ۶ و ۷ دیده می‌شود، لایه‌های حاوی کوپریت (قرمز رنگ) و تری‌هیدروکسی کلرید مس (سبز رنگ) دارای ساختاری لایه لایه هستند که با تفاوت تنالیت رنگی، به خوبی قابل دیدن است. این پدیده را می‌توان با پدیده نواری شدن در اشیاء برنزی مقایسه کرد. منشاء نواری شدن می‌تواند به دلیل وقوع فرآیندهای مختلف در نتیجه تاثیر متقابل اجزاء فلزی و نمک‌های موجود در آب (رطوبت) خاک باشد که باعث ایجاد رسوب محصولات خوردگی نسبتاً نامحلول، مانند کوپریت، مالاکیت، تری‌هیدروکسی کلریدهای مس، اکسید قلع و دیگر محصولات موجود در لایه‌های جدا شده یا نواری می‌شود. واکنش‌های فاز مایع-جامد می‌توانند به سیستم‌های دوره‌ای ناهمگنی منجر شوند که اغلب به پدیده لیزگانگ معروف است. لایه‌های محصولات خوردگی تشکیل شده در طول فرآیندهای زمانی شیمیایی، که در سیستم‌های آبی-جامد ناهمگن، با تشکیل متوالی محصولات با ریخت‌شناسی خاص رخ می‌دهند نیز، به نام "حلقه‌های لیزگانگ" معروفند (Sandu et al, 2008).

برخی موارد، هر نوار از تعداد زیادی سیستم با نوارهای کوچکتر یا ثانویه تشکیل شده است. نوارهای بزرگ یا ساختارهای قطورتر را می‌توان بر پایه توصیفات لیزگانگ به عنوان ساختارهای اولیه دانست؛ در حالی که نوارهای باریکتر در زمره ساختارهای ثانویه شمرده می‌شوند (Scott, 1985; Sandu et al, 2008).

در تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ها (تصویرهای ۶ و ۷) می‌توان دید که محصولات خوردگی، به صورت ساختارهای لایه‌ای متشکل از محصولات مختلف خوردگی آثار برنزی، مانند کوپریت، تری‌هیدروکسی کلرید مس، و همچنین فازهای غنی از قلع در زیر این لایه‌ها شکل گرفته‌اند. از سوی دیگر ساختارهای اولیه و ثانویه به صورت نوارهای پهن حاوی یک فاز (اولیه) که خود متشکل از نوارهای باریکتر حاوی همان فاز (ثانویه) هستند، آشکارا دیده می‌شوند. از این شواهد بر می‌آید که حالت نواری شکل گرفته در این نمونه‌ها را می‌توان با ریخت‌شناسی موسوم به حلقه‌های لیزگانگ مرتبط دانست. از سوی دیگر خوردگی در نمونه‌های برنزی هفت تپه، بیانگر میزان خوردگی بالای محیط خاک در این محوطه بوده و فرآیند مس‌زدایی و میزان انحلال و ته‌نشست دوباره محصولات خوردگی مس در سطح نمونه‌ها نیز می‌تواند در شکل‌گیری ساختار نواری (حلقه‌های لیزگانگ) موثر باشد.



تصویر ۷. ریزساختار نمونه HT-50. ساختار لایه لایه در فاز کوپریت و تری‌هیدروکسی کلرید مس به خوبی قابل دیدن است. بزرگنمایی ۵۰ برابر.



تصویر ۶. ریزساختار نمونه HT-41. ساختار لایه لایه در فاز کوپریت به خوبی قابل دیدن است. بزرگنمایی ۵۰ برابر.



نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌ها بر روی تعدادی از اشیاء برنزی محوطه تاریخی هفت تپه خوزستان نشان دهنده وقوع بیماری برنز (خوردگی فعال مس در حضور کلر)، مس‌زدایی (انحلال انتخابی مس) و همچنین نواری شدن (حلقه‌های لیزگانگ) در این گونه آثار است. حضور فاز غنی از قلع در مرکز این اشیاء فلزی، به دلیل انحلال مس در محیط غنی از کلر (بیماری برنز) و رفتن آن به سطح خارجی فلز، و سرانجام ته‌نشست آن در سطح، به شکل ترکیبات اکسیدی و کلریدی مس است. این فرآیند احتمالاً به صورت دوره‌ای رخ می‌داده و موجب تشکیل ساختاری لایه‌ای در محصولات خوردگی شده است. وجود ترک در ساختار لایه‌های سطحی نیز می‌تواند به دلیل نرخ خوردگی بالا و افزایش حجم قطعه تشکیل دهنده شیء، در اثر تبدیل فلز به محصولات خوردگی باشد. با توجه به نتایج می‌توان گفت ریخت‌شناسی خوردگی در این اشیاء از نوع دوم بوده که دلیل آن، مس‌زدایی یا انحلال انتخابی مس در شرایط fO_2 پایین در محیط خاک است.

تقدیر و تشکر

از مهندس بهنام رحمانی، مسئول آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی مرکز پژوهش متالورژی رازی و نیز مهندس مهدی کمالی مسئول سابق دستگاه XRD آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان، برای همکاری در انجام آنالیزها سپاسگزاریم.

پی‌نوشت

- 1 - Unalloyed Copper Inclusions
- 2 - High-Tin Leaded Bronzes
- 3 - Raman Microscopy
- 4 - Pseudomorphic
- 5 - Bronze Disease
- 6 - Decuprification
- 7 - Selective Dissolution of Copper
- 8 - Leaching
- 9 - Noble Patina
- 10 - Vile Patina
- 11 - Fugacity of Oxygen
- 12 - Liesegang Phenomena
- 13 - Liesegang Rings

منابع

- نگهبان، ع.، (۱۳۷۲)، حفاری‌های هفت تپه دشت خوزستان، تهران، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور.

- Bachmann, H. G., (1982), *The identification of slags from archaeological sites*, Occasional Publications, No. 6, Institute of Archaeology, UCL, London.
- Bosi, C., Garagnani, G. L., Imbeni, V., Martini, C., Mazzeo, R., Poli, G., (2002), *Unalloyed Copper Inclusions in Ancient Bronze Artefacts*, Journal of Materials Science, Vol. 37, pp: 4285-4298.
- Casaletto, M. P., De Caro, T., Ingo, G. M., Riccucci, C., (2006), *Production of Reference "Ancient" Cu-Based Alloys and Their Accelerated Degradation Methods*, Applied Physics A: materials Science and Processing, Vol. 83, pp: 617-622.
- Chase, W. T., Notis, M., Pelton, A. D., (2007), *New Eh-pH (Pourbaix) diagrams of the copper-tin*

- system, in METAL 07, ICOM-CC Metals Working Group Triennial Conference, 17–21 September, Rijksmuseum Amsterdam, ed. R. van Langh, I. Joosten and B. Ankersmit, International Council of Museum, Amsterdam, pp: 15–21.
- Cushing, D., (1967), *Principles of Corrosion Applicable to Ancient Metals and Methods of Identifying corrosion Products*, Application of Science in the Examination of Works of Art, Boston, pp: 53-65.
 - Giovannelli, G., D'Urzo, L., Maggiulli, G., Natali, S., Pagliara, C., Sgura, I., Bozzini, B., (2010), *Cathodic Chloride Extraction Treatment of a Late Bronze-Age Artifact Affected by Bronze Disease in Room-Temperature Ionic-Liquid 1-ethyl-3-methylimidazolium bis (trifluoromethanesulfonyl) imide (EMI-TFSI)*, Journal of Solid State Electrochemistry, Vol. 14, pp: 479-494.
 - Ingo, G. M., De Caro, T., Riccucci, C., Khosroff, S., (2006), *Uncommon Corrosion Phenomena of Archaeological Bronze Alloys*, Applied Physics A: Materials Science & Processing, Vol. 83, pp: 581-588.
 - Ingo, G. M., Angelini, E., Bultrini, G., Calliari, I., Dabala, M., de Caro, T., (2002), Study of long-term corrosion layers grown on high-tin leaded bronzes by means of the combined use of GDOES and SEM + EDS, Surface and Interface Analysis, Vol. 34, pp: 337–342.
 - Mabilie, I., Bertrand, A., Sutter, E. M. M., Fiaud, C., (2003), *Mechanism of dissolution of a Cu-13Sn alloy in low aggressive conditions*, Corrosion Science, Vol. 45, pp: 855-866.
 - McCann, L. I., Trentelman, K., Possley, T., Golding, B., (1999), *Corrosion of Ancient Chinese Bronze Money Trees Studied by Raman Microscopy*, Journal of Raman Spectroscopy, Vol. 30, pp: 121-132.
 - MacLeod, I. D., (1994), *Conservation of Corroded Metals: A Study of Ships' Fastenings from the Wreck of HMS Sirius (1790)*, in Ancient and Historic Metals: Conservation and Scientific Research, ed. D. A. Scott, J. Podany and B. B. Considine, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, pp: 265-278.
 - Martens, W., Frost, R. L., Williams, P. A., (2003), *Raman and Infrared Spectroscopic Study of the Basic Copper Chloride Minerals—Implications for the Study of the Copper and Brass Corrosion and "Bronze Disease"*, Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen, Vol. 178, pp: 197–215.
 - Oddy, W. A., Meeks, N. D., (1982), *Unusual phenomena in the corrosion of ancient bronzes*, in Science and Technology in the Service of Conservation, eds. N.S. Brommelle and G. Thomson, IIC Washington Congress, pp: 119-124.
 - Oudbashi, O., Emami, S. M., (2010), *A note on the corrosion morphology of some Middle Elamite copper alloy artefacts from Haft Tappeh, southwest Iran*, Studies in Conservation, Vol. 55, pp: 20-25.
 - Piccardo, P., Mille B., Robbiola, L., (2007), *Tin and copper oxides in corroded archaeological bronzes*, In Corrosion of Metallic Heritage Artefacts, Investigation, Conservation and Prediction for Long-Term Behaviour, European Federation of Corrosion Publications, No. 48, Edited by P. Dillmann, G. Beranger, P. Piccardo and H. Matthiesen, Woodhead Publishing Limited, pp: 239-262.
 - Robbiola, L., Portier, R., (2006), *A global Approach to the authentication of Ancient Bronzes based on the characterization of the Alloy-Patina-Environment System*, Journal of Cultural Heritage, Vol. 7, pp: 1-12.
 - Robbiola, L., Blengino, J. M., Fiaud, C., (1998), *Morphology and Mechanisms of Formation of Natural Patinas on Archaeological Cu-Sn Alloys*, Corrosion Science, Vol. 40, pp: 2083-2111.
 - Robbiola, L., Hurtel, L. P., (1997), *Standard Nature of the Passive layers of Buried Archaeological bronze: The Example of Two Roman Half-Length Portraits*, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Metal 95, Semur en Auxois, 25-28 September 1995, James & James, London, pp: 109-117.
 - Robbiola, L., Fiaud, C., Harch, A., (1994), *Characterization of passive layers of bronze patinas (Cu-Sn alloys) in relation with tin content of the alloy*, in Modifications of Passive Films, Proceedings of European Symposium, Paris, European Federation of Corrosion Publication, No. 12, 15–17 February



1993, The Institute of Materials, London, pp: 150-154.

- Robbiola, L., Fiaud, C., (1993), *Corrosion structures of long-term burial Cu-Sn alloys: influence of the selective dissolution of copper*, Editions de la Revue de Métallurgie, Vol. 6, pp: 157-162.
- Sandu, I., Ursulescu, N., Sandu, I. G., Bounegru, O., Sandu, I. C. A., Alexandru, A., (2008), *Pedological Stratification Effect of Corrosion and Contamination Products on Byzantine Bronze Artefacts*, Corrosion Engineering, Science and Technology, Vol. 43, pp: 256-266.
- Sandu, I., Quaranta, M., Bejinariu, C., Sandu, I. G., Luca, D., Sandu, A. V., (2007), *Study on the Specific Effects of Corrosion Precesses on Ancient Bronze Artefacts*, The Annals of "Dunarea De Jos" University of Galati, Fiscicle IX., Metallurgy and Material Science, Vol. 1, pp: 64-73.
- Scott, D. A., (2002), *Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants and Conservation*, Los Angeles, Getty Conservation Institute Publications.
- Scott, D. A., (2000), *A review of Copper Chlorides and Related Salts in Bronze Corrosion and as Painting Pigments*, Studies in Conservation, Vol. 45, pp: 39-53.
- Scott, D. A., (1990), *Bronze disease: A review of some chemical problems and the role of relative humidity*, JAIC, Vol. 29, pp: 193-206.
- Scott, D. A., (1985), *Periodic Corrosion Phenomena in Bronze Antiquities*, Studies in Conservation, Vol. 30, pp: 49-57.
- Selwyn, L. S., (2006), *Corrosion of Metal Artifacts in Buried Environments*, ASM Handbook Volume 13C, Corrosion: Environments and Industries, pp: 306-322.



فرم اشتراک

دوفصلنامه علمی- پژوهشی «مرمت آثار و بافت های تاریخی، فرهنگی»

اینجانب نماینده مرکز / موسسه / دانشگاه شخصی ☐ حقیقی ☐ مبلغ
ریال طی فیش شماره به حساب جاری ۰۱۰۵۸۷۲۱۱۱۰۰۷ بانک ملی، شعبه حکیم نظامی اصفهان (کد ۳۰۱۷) که اصل آن ضمیمه می باشد بابت شماره: تا دوفصلنامه «مرمت آثار و بافت های تاریخی، فرهنگی» بنام «دانشگاه هنر اصفهان» واریز نمودم.

نشانی پستی:

کد پستی:

صندوق پستی:

آدرس الکترونیکی:

تلفن تماس:

- قیمت هر شماره: ۳۰۰۰۰ ریال

- حق اشتراک سالانه (دو شماره ۶۰۰۰۰ ریال)

- حق اشتراک سالانه برای دانشجویان (دو شماره ۴۰۰۰۰ ریال): برای دانشجویان ارسال کپی کارت دانشجویی با معرفی نامه معتبر الزامی است.

آدرس: اصفهان- خیابان چهارباغ پایین- حد فاصل میدان شهدا و چهارراه تختی- کوچه پردیس- پلاک ۱۷- دانشگاه هنر اصفهان- حوزه معاونت پژوهشی- دفتر نشریه مرمت آثار و بافت های تاریخی، فرهنگی کد پستی: ۸۱۴۸۶-۳۳۶۶۱ تلفن: ۴۴۶۰۷۵۵-۰۳۱۱ و ۴۴۰۳۲۸-۰۳۱۱

Corrosion Morphology in Ancient Bronzes- A Study on Decuprification in Bronze Artefacts from Haft Tappeh, Khuzestan, Iran

Omid Oudbashi* S. Mohammadamin Emami Parviz Davami*****

Abstract

The Ancient and Historic metallic artefacts have deteriorated due to various environmental factors by different mechanisms over time. Factors such as alloy compositions, microstructure and corrosivity of long-term burial environment influence chemical composition as well as structure of natural patina formed on metal artefacts. Corrosion occurs in metals in different forms and cause different types of corrosion morphology. One of the obvious corrosion mechanisms in bronze artefacts is decuprification or selective dissolution of copper which cause the formation of different corrosion morphologies in ancient copper-tin alloys based on corrosivity of burial environment and corrosion rate.

In this paper, some aspects of investigations carried out on selective dissolution of copper in ancient bronzes have been studied. Besides, some bronze artefacts belonging to Haft Tappeh historic site, Khuzestan, Iran, have examined to study decuprification (selective dissolution of copper) process by analytical methods such as SEM-EDS and XRD. The results show effect of decuprification on formation of specific corrosion morphology in these samples.

Keywords: Corrosion Morphology, Ancient Bronzes, Decuprification, Haft Tappeh, Bronze Disease, Cassiterite

* PhD Student in Conservation, Art University of Isfahan

** Assistant Professor, Art University of Isfahan

*** Professor, Sharif University of Technology

Minimum Intervention, the Greatest Challenge of Conservation Interventions Cultural Heritage

Ahmad Aminpoor* Mohsen Abbasi Harofteh**

Abstract

Conservational interventions are considered to be a cornerstone of cultural heritage conservation, and minimum of intervention is known as the basic fundamental principle in this field which establishes a new approach in heritage conservation. However, it involves some shortcomings which would bring about some conservational challenges.

Using a rational argumentation, this study sets out to identify, classify, and analyze the limitations and shortcomings of minimum intervention and the prevailing challenges which follows the approach. Having a theoretical basis and an evolutionary background, and by analyzing different aspects of this principle, the article tries to achieve a proper recognition of minimum intervention, its essence and shortcomings, and there will be an attempt to improve and enrich the intervention principles of cultural heritage conservation.

Keywords: Conservation, Intervention, Minimum of Intervention, Intervention principle, Architecture Heritage

* Assistant Professor, Art University of Isfahan

**PhD Student in Conservation, Art University of Isfahan

A Review of Wall Painting Conservation Theories in Europe

Hamid Farahmand Boroujeni* Hossein Ahmadi Reyhaneh Qasemabadi*****

Abstract

Retouching of wall paintings has been the important matter in theory and practice. Some of the real problems are exact knowing of retouching methods and right choosing them in appropriate with each case. By reason of observing confusion in field of theory and need to highlight the connection between theory and practice, aim of this paper is to review these viewpoints and to extract main regulation in choosing good approach; thus it wants to answer these questions: “what issues are bases of retouching work? And, what ranges are domains of these studying?”

In response process going through a descriptive approach, are searched references in this field to gain basic terms at the start; then by help from personal experiences, with a qualitative analysis can gain final results that are “knowing principles to face wall paintings and choosing the best method.”

Keywords : Restoration, Theory , Wall paintings, Lacunae, Integration, Retouching

* PhD Student in Conservation, Lecturer, Art University of Isfahan.

**Assistant Professor, Art University of Isfahan.

***MA Student in Conservation of Historic and Cultural Artefacts, Art University of Isfahan.

Salvia Officinalis Extract as a Natural Corrosion Inhibitor for Copper Alloy Artifacts Treatment

Gholam Reza Vatankhah* **Hamid Reza Bakhshandehfard****
Mohammad Ali Golozar*** **Mohammad Reza Sabzalian******

Abstract

In this paper an attempt to looking for a safe, effective and enviromental friendly inhibitory compound. The aim of present work is to study a new corrosion inhibitor for treatment of historical copper artifacts with no changes and damages to patina. On this basis, according to studies, a new non-toxic inhibitory solution extracted from garden sage (*Salvia officinalis*) and then its efficiency was investigated in 0.5 M NaCl. Electrochemical measurement, weight loss studies were carried out to evaluate the performances of this compound. Next it was used for treatment of bronze diseases in some copper alloy artifacts with regard to treatment policies. Then the evaluation of patina changes in historical samples was performed. For this purpose optical densitometry on patina, optical microscope (OM), scanning electron microscope (SEM) and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) were applied. The results showed good inhibition property of this solution.

Keywords : Copper corrosion; non-toxic inhibitor; Historical Artifacts; *salvia officinalis*

* Assistant Professor, Art University of Isfahan.

** PhD Student in Conservation, Lectuerer, Art University of Isfahan.

*** Professor, Isfahan University of Technology.

**** Assistant Professor, Isfahan University of Technology.

Utilizing the Nanoparticles of Calcium Hydroxide and Magnesium Hydroxide for De-acidification of Dry Historic Wooden Objects: Immersion Method

Masomeh Didari* Hamid Farahmand Borojeni** Abbas Abed Esfahani***

Abstract

Having a great cultural background and a splendid civilization., Iran has significant wooden objects among its so many valuable conservation objects. Wood is unstable substance, so it must be kept under conservational situations. Acidifying is one of common defects of wooden artifacts. Utilizing the nanoparticles of Calcium Hydroxide and Magnesium Hydroxide in relevance to Conservation basics and ethics, for managing an up to date efficient restoration method is the main goal of this research.

Wooden samples taken from a historic piece of wood (dated about 10 A.H. /17A.C.) had a 3/98 pH. These uniform pieces were immersed in separate solutions of Calcium Hydroxide and Magnesium Hydroxide for an exact time under controlled situations. The results showed that nanoparticles of Magnesium Hydroxide are more efficient, because they have better identical penetration and adequate alkaline residue, and the cured wood can be more stable in future.

Keywords: Wood, Conservation, De-acidification, Nano-Particles, Cellulose, Calcium Hydroxide, Magnesium Hydroxide

* MA in Conservation of Historic and Cultural Artefacts, Art University of Isfahan.

** PhD Student in Conservation, Lecturer, Art University of Isfahan.

*** PhD Student in Conservation, Lecturer, Islamic Azad University, Khorasgan Branch.

Applying the ‘Hanjar’ Triangles in the Mathematical Calculation, Implementation and Enforcement of Traditional Iranian Architecture

Fatemeh Mehdizadeh* Farhad Tehrani** Nima Valibeig***

Abstract

The knowledge of geometry is essential in all stages of constructing buildings. Nowadays the use of accurate instruments which are structurally based on mathematics and geometry is very common in all construction. Operations one of the hitherto unknown facts about the architects in the past is their method for dividing various measures without having contemporary tools. Traditional architects were using geometry for shaping the form of buildings so as to control their aesthetical and statistical features. The specific triangles called “Hanjar triangles” were applied for calculating square roots, exponents and various divisions of lines as the basis of ‘practical geometry’. These triangles were founded based on simple geometrical concepts applicable in the construction of all structural and ornamental members of buildings including the implementation of arches, ribs and vaults. Amongst all measurement methods ‘Hanjar triangles’ are the most accurate and simple which will be introduced in detail in this paper for the first time in a written manner. This could also help to reveal a part of forgotten traditional knowledge of construction as an Iranian intangible heritage.

Keywords: theoretical and practical geometry, the Hanjar triangles, division, traditional construction knowledge

* Assistant Professor, Iran University of Science and Technology.

** Associate Professor, Shahid Beheshti University.

***PhD Student in Conservation, Art University of Isfahan.

Technology of Gilding Ornament on Stone in Golestan Palace Complex

Hossein Ahmadi^{1*} Abbas Abed Esfahani^{**} Adele Mohtasham^{***}

Abstract

Gilding ornament on stone is one of the popular Iranian architectural ornaments during Qajar Period. Present research is based on qualitative case studies of two historic monuments in Golestan Palace namely Shams-al-Emare building (Edifice of Sun) and Takht-e-Marmar (Marble Throne). Microscopic observations confirmed the presence of gold metallic leaves in these ornaments. So, SEM-EDS (Scanning electron microscope- Energy dispersive X-ray microanalysis) and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) techniques were used to recognize applied metallic leaves and binding medium. The findings indicate the use of an oil binding medium, which is more likely to be Kaman-oil. According to present research, during Qajar period, gold was employing in the decorative ornaments and the leaf-gliding technique was oil-gliding.

Keywords: Gilding/ Leaf-gilding/ Kamān oil/ Qajar/ Architectural ornament/ Golestan Palace

* Assistant Professor, Art University of Isfahan

** PhD Student in Conservation, Lecturer, Islamic Azad University, Khorasgan Branch

*** MA in Conservation of Historic and Cultural Artefacts, Art University of Isfahan



Contents

- **Technology of Gilding Ornament on Stone in Golestan Palace Complex**
Hossein Ahmadi¹, Abbas Abed Esfahani, Adele Mohtasham 1
- **Applying the ‘Hanjar’ Triangles in the Mathematical Calculation, Implementation and Enforcement of Traditional Iranian Architecture**
Fatemeh Mehdizadeh, Farhad Tehrani, Nima Valibeig 15
- **Utilizing the Nanoparticles of Calcium Hydroxide and Magnesium Hydroxide for De-acidification of Dry Historic Wooden Objects: Immersion Method**
Masomeh Didari, Hamid Farahmand Borojeni, Abbas Abed Esfahani 27
- **Salvia Officinalis Extract as a Natural Corrosion Inhibitor for Copper Alloy Artifacts Treatment**
Gholam Reza Vatankhah, Hamid Reza Bakhshandehfard, Mohammad Ali Golozar, Mohammad Reza Sabzalian 41
- **A Review of Wall Painting Conservation Theories in Europe**
Hamid Farahmand Boroujeni, Hossein Ahmadi, Reyhaneh Qasemabadi 55
- **Minimum Intervention, the Greatest Challenge of Conservation Interventions Cultural Heritage**
Ahmad Aminpoor, Mohsen Abbasi Harofteh 69
- **Corrosion Morphology in Ancient Bronzes-A Study on Decuprification in Bronze Artefacts from Haft Tappeh, Khuzestan, Iran**
Omid Oudbashi, S. Mohammadamin Emami, Parviz Davami 83

**Scientific Journal Of
Maremat-e Asar & Baft-haye
Tarikhi-Farhangi (Biannual)**

Conservation Studies & Cultural Sites Research

Vol.1.No.1.spring & summer 2011

Concessionaire: Art University of Isfahan

Editor-in-charge: Dr. Farhang Mozaffar

Editor- in-chief: Dr. Asghar Mohammad Moradi

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

Assis. Professor, Art University of Isfahan

Abdolhamid Noghrekar

Assoc. Professor, Iran Science & Technology University

Abolfazl Semnani

Assoc. Professor, Shahrekord University

Masoud Salavati Niasari

Professor, Kashan University

Hasan Talaiee

Professor, Tehran University

General Editor: Omid Oudbashi

Coordinator: Karim Nasrolahi

Logo type: Hamid Farahmnad Boroujeni

Cover designing: Afsaneh Nazeri

Graphic designer: Sam Azarm

Persian editor: Khashayar Bahari

English editor: Khashayar Bahari

Layout: Fatemeh Vazin, Lida Moammaei

Address: No. 17, Pardis Alley, Chahar baqh
-e-paeen St. Isfahan. Iran, Vice-chancellor of
Research, Art University of Isfahan

P.O.BOX: 81486-33661

Phone: (+98311) 4460328 - 4460755

Fax: (+98311) 4460909

E-mail: mbt@au.ac.ir

Website: www.au.ac.ir/research/mbt

Referees and Contributors

- Reza Abouie (Ph.D)
- Hesam Aslani (M.A)
- Abbas Abed Esfahani (MSC)
- Hamidreza Bakhshandefard (M.A)
- Seyed Mohammadamin Emami(Ph.D)
- Hamid Farahmand Boroujeni (M.A)
- Daryoosh Heidari Beni (M.A)
- Amirhossein Karimi (M.A)
- Gholamreza Kiani (M.A)
- Mohsen Mohammadi Achachlouei (M.A)
- Mohammad Mortazavi (M.A)
- Shahriar Nasekhian (M.A)
- Afsaneh Nazeri (Ph.D)
- Omid Oudbashi (M.A)
- Behnam Pedram (Ph.D)
- Hossein Pournaderi (M.A)
- Abolfazl Semnani(Ph.D)
- Reza Vahidzadeh (M.A)

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.

Sponsored by:



In The Name Of God

Instruction for Contributors

The biannual journal of conservation studies and cultural sites research accepts and publishes papers in conservation & restoration of historical-cultural sites & artifacts fields including:

- Conservation & Restoration methods of historical buildings & artifacts
- Conservation & Restoration of architectural decorations
- Theoretical principles in conservation
- The history of conservation
- Technical studies of historical artifacts & buildings as well as historical sites
- Study of decay & deterioration aspects in historical buildings and artifacts
- Theoretical & practical studies in historical sites & urbanization

- Papers should be original and comprise previously non published materials, as well as not being currently under consideration for publication elsewhere.
- Manuscripts must be written in Farsi language.
- The papers will be published after being reviewed and evaluated by the referees and editorial board.
- The author(s) is responsible for views, statements and ideas expressed in papers.
- The journal has the authority to accept or reject the papers. Received paper will not be returned.
- No part of the papers in this journal may be published elsewhere without being referred to this journal.
- The papers should be a research work done by the authors(s). Review papers will be accepted provided that reliable and recognizable references have been used and the journal will not publish the research reports, translated texts and notes.
- For the first evaluation, the paper manuscript (abstract, full text) and a letter to the editorial board of journal are necessary.

Preparation of Manuscript

Cover Page

The cover page, separated from the manuscript and unnumbered, must include title (that should be brief and emphasize the subject), the names of author(s), scientific qualification and affiliation, and corresponding author's address: postal address, phone and fax numbers and e-mail.

Abstract

Abstract placed in a separate page should be informative and written in Farsi and not exceed 300 words, including research question, objectives, methodology, major results and conclusion.

The English abstract should be placed at the end of paper in same format not exceed 350 words.

Keywords

Key words should be separated by commas and not exceed 5 words, 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 in a logical way.

Endnotes

Endnotes (including foreign lexicons, 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, translator's name, location, publisher.

Papers: author's surname, author's name, (year of publication), paper title, journal's name, volume, number, page number(s).

Electronic documents: author's surname, author's name. (date). Title of document. Full electronic address.

Illustration, 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, page number which must be placed at the bottom of it.

All illustrations must be numbered in order in which they are referred to 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 4 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 18 pages. The electronic file of paper should be attached on a CD.

In condition, when the received paper manuscripts doesn't follow the instruction, the journal has right to reject it.

Postal Address: Journal of Maremat-e Asar& Bafthaye Tarikhi-Farhangi. No. 17, Pardis Alley, ChaharBagh Paen St. Isfahan, Iran.

P.O Box: 8148633661

E-mail: mbt@au.ac.ir

Phone: (+98311)4460755-4460328

Fax: (+98311)4460909