مقاله:
علمی‌پژوهشی

10.22052/HSI.2025.257596.1287

فن‌شناسی و آسیب‌شناسی قالی زربافت سالتینگ موزهٔ فرش ایران*

مینا کریمی**
حمیدرضا بخشنده‌فرد***
مهدی ابراهیمی علویجه****

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

چکیده

دورهٔ صفویه به‌واسطهٔ قالی‌های برجای‌مانده، یکی از مهم‌ترین ادوار در تاریخ قالی‌بافی ایران به شمار می‌رود. در میان آثار شاخص این دوره، قالی‌های موسوم به «سالتینگ» جایگاهی ویژه دارند؛ آثاری که با وجود نام غیرایرانی، ازنظر ساختار و ویژگی‌های فنی، از برجسته‌ترین نمونه‌های هنر قالیبافی صفوی محسوب می‌شوند. پژوهش حاضر به مطالعهٔ تطبیقی، تحلیل فنون ساخت و آسیب‌شناسی یکی از قالی‌های زربافت سالتینگ دورهٔ صفویهٔ موجود در موزهٔ فرش ایران پرداخته است. مطالعات فن‌شناسی با هدف شناسایی ساختار، مواد و فنون به‌کاررفته در بافت اثر انجام شد. این قالی ترکیبی از الیاف پشم، ابریشم و نخ‌های فلزی گلابتون (نقره با روکش طلا) است. در بررسی‌های میکروسکوپی، شیمی‌تر، لوپ دیجیتال و روش‌های دستگاهی FTIR و SEM-EDS مشخص شد که تکنیک بافت از نوع لول و تکنیک گلابتون‌بافی از نوع سوف‌باف است. آزمون‌های رنگ‌سنجی نشان داد که در رنگرزی الیاف آبی از نیل و در الیاف قرمز لاکی از ترکیب رناس و قرمزدانه استفاده شده است. ازنظر ویژگی‌های هنری و فنی، قالی دارای طرح و نقوش منطبق بر سنت قالی‌بافی صفوی بوده و وجود کتیبه‌هایی با اشعار فارسی، از مهم‌ترین شاخصه‌های آن است. ساختار ترکیبی ابریشم و پشم در کنار استفاده از نخ‌های فلزی گلابتون، از ویژگی‌های برجستهٔ این گروه از قالی‌ها به شمار می‌رود. بررسی‌های آسیب‌شناسی نشان داد که اثر دچار آلودگی‌های سطحی، رنگ‌پریدگی، دورنگی، پوسیدگی، پارگی، شکنندگی الیاف ابریشمی و فلزی و کمبود بخش‌هایی از بافت است. همچنین، الیاف فلزی گلابتون کدر و تیره شده و آنالیز SEM-EDS خوردگی‌های سولفیدی و کلریدی را نشان داد که احتمالاً ناشی از شست‌وشوی گذشته و شرایط نامناسب نگهداری بوده است. این یافته‌ها شناخت دقیقی از وضعیت فعلی اثر و ویژگی‌های فنی آن فراهم می‌سازد و جایگاه آن را در میان قالی‌های صفوی روشن‌تر می‌کند.

کلیدواژه‌ها:
فن‌شناسی، آسیب‌شناسی، قالی سالتینگ،، موزهٔ فرش ایران.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد مینا کریمی با عنوان فن‌شناسی، آسیب‌شناسی و ارائهٔ طرح حفاظت قالی زربافت سالتینگ دورهٔ صفویه در موزهٔ فرش تهران به راهنمایی حمیدرضا بخشنده‌فرد و مشاورهٔ مهدی ابراهیمی در دانشگاه هنر اصفهان است.

** دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، گروه مرمت آثار و اشیاء فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران/ minaakarimi1987@gmail.com
*** دانشیار گروه مرمت آثار و اشیاء فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، نویسندهٔ مسئول/ hr.bakhshan@aui.ac.ir
**** مدرس مدعو گروه فرش، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران/ mehdi_19_60@yahoo.com

۱. مقدمه

دورهٔ صفویه (۹۰۷-۱۱۳۵ق/۱۵۰۱-۱۷۲۲م) نقطهٔ اوج و عصر طلایی قالی‌بافی ایران به شمار می‌آید. ثبات سیاسی، رونق اقتصادی، و حمایت گستردهٔ دربار صفوی از هنر و هنرمندان، شرایطی را فراهم ساخت که کارگاه‌های سلطنتی و کارگاه‌های وابسته در شهرهایی چون اصفهان، کاشان، تبریز و کرمان، شاهکارهایی خلق کنند که امروزه زینت‌بخش موزه‌های معتبر جهان است (پوپ و اکرمن، ۱۳۸۷).

یکی از برجسته‌ترینِ این گروه، قالی‌های گروه «سالتینگ» است که به یادبود جورج سالتینگ، مجموعه‌دار انگلیسی، در سال ۱۹۰۹ به‌دلیل واگذاری آن‌ها به موزهٔ ویکتوریا و آلبرت لندن نام‌گذاری شده‌اند (Victoria and Albert Museum, n.d). این قالی‌ها را برخلاف باورهای اولیه، با تحلیل‌های جدید به دورهٔ صفوی و معمولاً قرن ۱۶ یا ۱۷ نسبت می‌دهند. تحقیقات فنی و مطالعات ساختاری تأیید می‌کنند که این قالی‌ها در ایران و در کارگاه‌های سلطنتی صفوی بافته شده‌اند. ویژگی‌های برجستهٔ آن‌ها عبارت‌اند از: درخشندگی رنگ‌ها، تراکم بالای گره، استفاده از نخ ابریشمی و پشم و نخ فلزی گلابتون. طرح‌های متداول آن‌ها محرابی، ترنجی، اسلیمی و کتیبه‌هایی با خوش‌نویسی فارسی یا آیات قرآنی است. اگرچه این شیوهٔ بافت نخ فلزی صرفاً منحصر به ایران نیست و نمونه‌هایی از آن در مراکزی همچون حلب، مصر و آناتولی نیز دیده شده است (دریایی، ۱۳۹۰). تفاوت در ساختار، ترکیب فلزی، شیوهٔ تاب دادن و نحوهٔ تلفیق آن با بافت قالی، سبب می‌شود که نمونه‌های ایرانی به‌ویژه در دورهٔ صفوی ازنظر کیفیت و ظرافت از نمونه‌های عثمانی یا مملوکی متمایز شوند (Jozan Rug Lexicon, n.d.; The David Collection, n.d). گره‌ها نامتقارن و ترکیب مواد اولیه شامل تار ابریشمی، پود از کرک (پشم) نازک و پرز با پوشش فلزی است. بااین‌حال، گذر زمان، شرایط نامطلوب نگهداری، تغییرات محیطی و حتی اقدامات نادرست شست‌وشو یا جابه‌جایی، آسیب‌هایی به ساختار و ظاهر این آثار وارد کرده است. عواملی چون رنگ‌پریدگی، پوسیدگی الیاف ابریشمی، خوردگی نخ‌های فلزی و پارگی‌های موضعی ازجمله مهم‌ترین تهدیدهایی هستند که بقای این آثار ارزشمند را به خطر می‌اندازند. این پژوهش با هدف شناخت آسیب‌های این قالی، عوامل مخرب را بررسی و راهکارهای حفاظتی ارائه می‌کند.

۲. پیشینهٔ پژوهش

به‌عنوان مرجع تطبیقی، مطالعات بر روی قالی‌های محرابی سالتینگ در موزهٔ توپقاپی نشان می‌دهد که در نمونه‌های هم‌دورهٔ صفوی، رنگ بژ از پوست گردو، رنگ قرمز از ترکیب رناس و قرمزدانه و رنگ زرد از اسپرک استخراج می‌شده است (صدری، ۱۳۸۱). همچنین، در قالی‌های صفوی رنگ‌های اصلی شامل قرمز/ نارنجی (رناس و قرمزدانه)، آبی (نیل)، زرد (اسپرک، میخک و سایر گیاهان بومی) و قهوه‌ای/تیره (گیاهان تانن‌دار) بوده و دندانه‌هایی چون زاج سفید، مس و آهن کاربرد گسترده داشته‌اند (سالاری، ۱۳۷۸؛ Kakuee et al., 2019). همچنین ایلند[1] به بررسی و تحلیل تاریخچهٔ پژوهش‌های مربوط به قالی‌های سالتینگ می‌پردازد و نشان می‌دهد که از زمان معرفی اولیهٔ آن‌ها در اوایل قرن بیستم تاکنون، دیدگاه‌ها دربارهٔ منشأ، تاریخ و اصالتشان تغییرات بسیاری کرده است. ایلند در مقالهٔ خود با نگاهی تحلیلی و تاریخی نشان می‌دهد که چگونه برداشت‌های زیبایی‌شناختی، روش‌های تحلیل مواد رنگ‌زا و الیاف، و دیدگاه‌های مجموعه‌داران غربی در شکل‌گیری این مناقشه نقش داشته است. او همچنین تأکید می‌کند که نبود مستندات دقیق دربارهٔ محل کشف و سابقهٔ تملک بسیاری از این قالی‌ها باعث شده تفسیرهای متناقضی از منشأ آن‌ها ارائه شود. ایلند نتیجه می‌گیرد که بررسی علمی‌تر ازطریق آنالیزهای فنی مانند رنگ‌سنجی و شناسایی الیاف، مقایسهٔ دقیق با نمونه‌های دارای منشأ مشخص، و بازنگری در پیش‌فرض‌های زیبایی‌شناختی غربی می‌تواند به روشن‌تر شدن جایگاه واقعی قالی‌های سالتینگ در تاریخ فرش ایرانی کمک کند. او در واقع بر ضرورت پیوند میان تاریخ هنر و علوم آزمایشگاهی در مطالعات فرش صفوی تأکید دارد (Eiland, 2000). هالت و سانتوس[2] در مقاله‌ای به بررسی سه نمونه از قالی‌های اسلامی پرداخته و نشان می‌دهند که این آثار نه‌تنها اشیایی هنری بلکه حامل دانش فنی و فرهنگی جوامع تولیدکنندهٔ خود هستند. نویسندگان با تکیه بر روش‌های علمی در مطالعهٔ مواد، رنگ و ساختار بافت، تلاش می‌کنند میان داده‌های فنی و زمینه‌های تاریخی و فرهنگی پیوند برقرار کنند. آنان بر این باورند که حفاظت قالی‌های تاریخی، فقط محدود به جنبه‌های مادی نیست، بلکه شامل بازشناسی و پاسداشت نظام‌های دانشی و فناوری‌های سنتی در فرایند بافت نیز می‌شود؛ درنتیجه، درک و حفاظت از این فرش‌ها مستلزم رویکردی میان‌رشته‌ای است که تاریخ هنر، علم مواد و اخلاق حفاظت را در بر گیرد (Hallett & Santos, 2014؛ سلطانی، ۱۳۸۵). دنی[3] در مقاله‌ای به بررسی نقش رنگ و انتظارات دیداری مخاطب در ارزیابی اصالت قالی‌های شرقی می‌پردازد. مطالعهٔ موردی او، قالی آنهالت در موزهٔ متروپولیتن، نشان می‌دهد که برداشت‌ها از اصالت و کیفیت فرش نه‌تنها به ویژگی‌های فنی و تاریخی آن وابسته است، بلکه تحت‌تأثیر پیش‌فرض‌های زیبایی‌شناختی و فرهنگی بیننده نیز قرار دارد. دنی تأکید می‌کند که ارزیابی قالی‌های تاریخی باید با

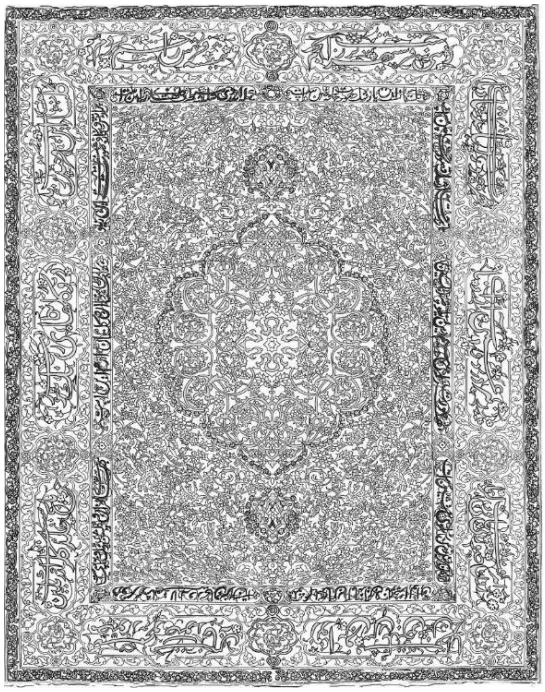
در نظر گرفتن تعامل میان ویژگی‌های مادی، تاریخچهٔ مالکیت، و انتظارات فرهنگی انجام شود تا تفسیر دقیق‌تری از اصالت و ارزش فرهنگی آن‌ها ارائه گردد (Denny, 2020).

۳. مواد و روش‌ها

۳-۱. معرفی نمونه فرش مورد بررسی

چهار نمونه از قالی‌های ترنج‌دار موسوم به «سالتینگ» در موزهٔ فرش ایران و یک نمونه در موزهٔ ملی ایران نگهداری می‌شود. براساس پژوهش فنایی (۱۳۹۱: ۱۱۹)، رج‌شمار این نمونه‌ها در حدود ۶۰ تا ۶۵ و در برخی موارد بالاتر است. قالیچهٔ زربافت مورد مطالعه، از آثار شاخص اواخر قرن یازدهم هجری قمری و متعلق به دورهٔ صفوی است و محل بافت آن به تبریز نسبت داده می‌شود. این اثر با ابعاد ۳۰۲×۱۶۶ سانتی‌متر، دارای طرح لچک‌وترنج جانوری و نقشهٔ یک‌چهارم با کتیبه است. رنگ‌های اصلی به‌کاررفته در قالیچه شامل لاکی، سرمه‌ای، سبز پسته‌ای و نارنجی است. ساختار قالیچه از پشم، ابریشم و گلابتون نقره تشکیل شده و با گره متقارن بافته شده است. این اثر با شمارهٔ اموال ۲۵۲ در مخزن موزهٔ فرش ایران نگهداری می‌شود و تاریخ ثبت و تحویل آن به موزه، ۲۲ آبان ۱۳۵۶ است. وضعیت کنونی قالیچه مرمت شده اما همچنان ناسالم ارزیابی می‌شود و آسیب‌هایی نظیر پارگی، لکه، ساییدگی و سوختگی در بخش‌هایی از آن مشاهده می‌شود. به‌منظور تعیین دقیق‌تر تاریخ، کاربری و ویژگی‌های هنری اثر، مطالعات تطبیقی با نمونه‌های مشابه دورهٔ صفوی نیز انجام گرفته است. ازنظر ساختاری و ترکیب‌بندی، قالی دارای طرح لچک‌وترنج با کتیبه‌ای به خط نستعلیق و نقوش جانوری همچون طوطی و هدهد در میان شاخ‌وبرگ‌ها و گل‌هاست که فضایی باغ‌مانند و خیال‌انگیز را تداعی می‌کند. این ویژگی‌ها اثر را به سنت قالی‌بافی تبریز در سدهٔ دهم هجری قمری نزدیک می‌سازد. ساختار کلی قالی شامل بخش‌های ساده‌باف، میله، طره‌ها، حاشیهٔ اصلی و متن است که در این پژوهش، به‌ویژه یک‌چهارم متن آن به‌صورت تفصیلی مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر، این قالی بر روی ساپورت مناسب قرار گرفته و در قفسه‌ای آلومینیومی با سیستم تهویهٔ کنترل‌شده نگهداری می‌شود. از منظر ویژگی‌های بصری، به‌ویژه در حوزهٔ رنگ و ترکیب‌بندی طرح، شباهت‌هایی میان این اثر و قالی‌های صفوی شمال غرب ایران در قرن دهم هجری مشاهده می‌شود. تصویر ۱ و ۲ نمونهٔ قالی مورد بررسی و طرح خطی‌شدهٔ آن را نشان می‌دهد.

تصویر ۱: قالی مورد مطالعه، آرشیو موزهٔ فرش ایران (نگارنده)



تصویر ۲: طرح خطی قالی مورد مطالعه و مستندنگاری کلی (نگارنده)

۳-۲. نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از الیاف به‌گونه‌ای انجام شد که کمترین میزان آسیب به قالی وارد شود. بخش‌های انتخاب‌شده شامل قسمت‌های سست‌شده، آزاد و دارای ریختگی بودند تا از دستکاری عمدی قسمت‌های سالم جلوگیری شود. برای خامه‌ها به‌دلیل تنوع رنگ، نمونه‌برداری تنها از رنگ‌های شاخص و نمایندهٔ هر طیف انجام شد تا امکان مقایسهٔ تحلیلی فراهم شود. از هر نمونه مقدار حدود ۲ تا ۵ میلی‌متر برداشته شد. الیاف تاروپود به‌دلیل اهمیت در ساختار زمینه‌ای، در حجم بسیار محدود انتخاب شدند. تمامی نمونه‌ها پس از برداشت در ظروف استریل کدگذاری و برای مراحل بعدی آماده شدند.

۳-۳. شناسایی الیاف

برای شناسایی نوع الیاف، ترکیبی از روش‌های میکروسکوپی، شیمیایی و فیزیکی استفاده شد:

۱. روش میکروسکوپی: مقاطع طولی و عرضی الیاف تهیه و با میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ قطبی مورد مشاهده قرار گرفت. ویژگی‌هایی چون ضخامت، توزیع فلس‌ها (در پشم)، کانال مرکزی (در پنبه) و ساختار فیبریل‌ها (در ابریشم) با اطلس‌های استاندارد شناسایی و مقایسه شدند.

۲. روش‌های شیمیایی: انحلال الیاف در محلول‌های شیمیایی شامل سود سوزآور (NaOH) برای تشخیص الیاف پروتئینی و استات سرب برای تشخیص الیاف سلولزی استفاده شد.

۳. روش سوزاندن: الیاف در معرض شعله قرار گرفتند و ویژگی‌هایی چون بوی حاصل از سوختن، شکل باقی‌مانده (خاکستر نرم یا ذوب‌شده) و واکنش حرارتی ثبت شد. به‌علاوه نخ وصله، ساپورت و نوار دور قالی نیز بررسی شدند تا مواد احتمالی افزودنی یا جایگزین‌شده شناسایی شوند. برای تشخیص آهار موجود در ساپورت، آزمون مولیش (تشخیص کربوهیدرات) و آزمون یدیدوره (تشخیص نشاسته) انجام گرفت.

۳-۴. شناسایی الیاف فلزی (گلابتون)

الیاف گلابتون با دو روش بررسی شدند:

۱. روش‌های مشاهده‌ای: با استفاده از لوپ دیجیتال، وضعیت ظاهری رشته‌ها شامل پوسته شدن، شکستگی، تغییر رنگ و خوردگی بررسی شد. این روش امکان مستندسازی بصری آسیب‌ها را فراهم کرد.

۲. روش‌های دستگاهی: برای تعیین ترکیب شیمیایی و ساختار فلزی، از SEM-EDS استفاده شد که اطلاعات دقیقی در مورد عناصر تشکیل‌دهنده (مس، نقره، طلا یا آلیاژهای آن‌ها) و قطر الیاف ارائه داد. همچنین برای بررسی مقطع الیاف فلزی گلابتون از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) همراه با آنالیز طیف‌سنجی پراکندگی انرژی پرتو ایکس ساختار و ترکیب شیمیایی لایه‌های فلزی استفاده شد.

۳. روش‌های شیمیایی: الیاف فلزی تحت‌تأثیر محلول‌های استاندارد شامل تیزاب سلطانی و اسید نیتریک قرار گرفتند تا واکنش‌های مشخصهٔ فلزات تعیین گردد.

۴. روش طیف‌سنجی: بخش هستهٔ ابریشمی گلابتون و اثرات خوردگی با طیف‌سنجی FTIR بررسی شدند تا تغییرات ساختاری ناشی از تخریب شیمیایی مشخص شود.

۳-۵. تحلیل ساختار بافت

برای تحلیل ساختار بافت شمارش دقیق تعداد تارها، پودها و گره‌ها در واحد سطح (۱ سانتی‌متر مربع) انجام شد. همچنین ارزیابی تراکم بافت، نوع گره، تحلیل انجام شد.

۳-۶. شناسایی رنگ‌ها

برای شناسایی مواد رنگ‌زای به‌کاررفته در خامه‌های قالی، ابتدا آزمون‌های شیمیایی ساده شامل واکنش با حلال‌های آلی و معرف‌های رنگ‌زا به کار گرفته شد. این مرحله، که به‌عنوان یک روش مقدماتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، امکان جداسازی تقریبی گروه‌های اصلی رنگ‌ها و تشخیص واکنش‌پذیری آن‌ها را فراهم می‌سازد. در ادامه، به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، از روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شد. به‌واسطهٔ تحلیل طیفی، شواهدی از حضور مواد دندانه مانند زاج سفید و ترکیبات قلع به‌طور غیرمستقیم ارزیابی گردید.

۳-۷. آزمون‌های حفاظتی

به‌منظور بررسی پایداری و آسیب‌پذیری مواد به‌کاررفته، مجموعه‌ای از آزمون‌های حفاظتی طراحی و اجرا شد:

۱. آزمون آبرفتگی: تغییرات طولی و عرضی الیاف پس از خیس شدن و خشک شدن مجدد بررسی شد تا مقاومت ابعادی مشخص شود.

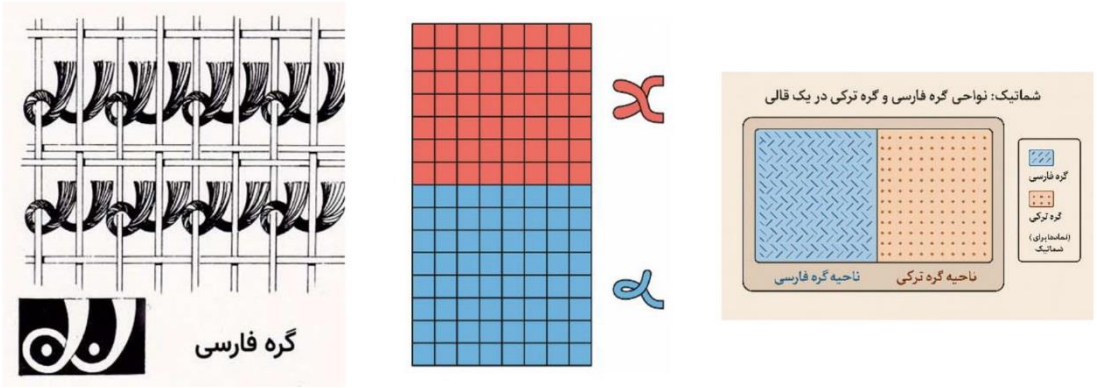
۲. آزمون پایداری و ثبات رنگ: نمونه‌ها در برابر نور مصنوعی و رطوبت کنترل‌شده قرار گرفتند تا مقاومت رنگ‌ها در شرایط محیطی ارزیابی شود.

۳. آزمون جابه‌جایی رنگ: انتقال رنگ به کاغذ صافی تحت فشار و رطوبت بررسی شد.

۴. یافته‌ها بحث و تحلیل

۴-۱. نتایج تحلیل ساختار بافت

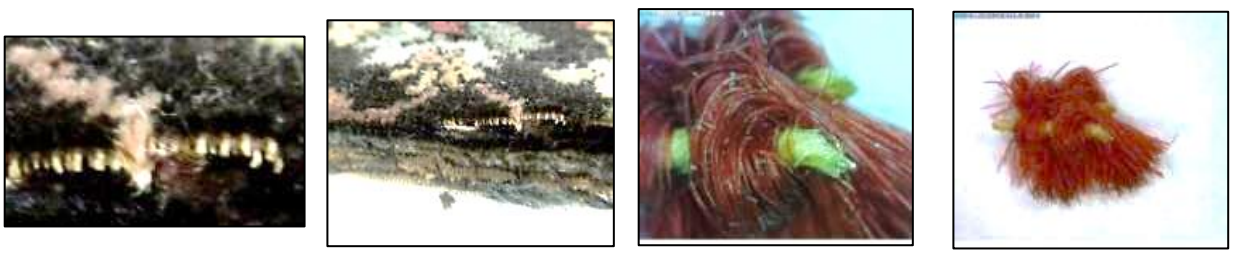
تراکم بافت نیز حدود ۹ گره در هر سانتی‌متر (نزدیک به ۶۰ گره در ۵/۶ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد که نشان‌دهندهٔ ظرافت و مهارت بالای بافندگان است. با توجه به مشاهدهٔ میکروسکوپی و تطبیق گره با انواع گره ارائه‌شده در تصویر ۳، شماتیک نواحی گره ترکی و فارسی با دو رنگ مختلف نمایش داده شده است؛ همچنین گره به‌کاررفته در قالی مورد مطالعه که از نوع گره نامتقارن یا فارسی گره به‌کاررفته، نشان داده شده است.



تصویر ۳: سمت راست: شماتیک نواحی گره ترکی و فارسی. سمت چپ: گره به‌کاررفته در قالی مورد مطالعه که از نوع گره نامتقارن یا فارسی (FarahanCarpet, n.d)

مطالعات میکروسکوپی بر روی تاب الیاف نشان داد که تاب تار، پود ضخیم و گلابتون از نوع S و تاب لیف میانی گلابتون از نوع Z است. تطبیق این مشاهدات با نمونه‌های مرجع گویای استفاده از گره نامتقارن (فارسی) در قالی است. بررسی ساختار گره‌ها، قوس پشت قالی و آرایش چله‌ها نیز حاکی از به‌کارگیری تکنیک «لول» در بافت است؛ روشی رایج در مناطق آذربایجان به‌ویژه تبریز، که با برجستگی و وضوح گره‌ها در پشت قالی مشخص می‌شود (تصویر ۴). در گره فارسی، نخ پود یا پرز به دور یک تار به‌طور کامل و به دور تار مجاور به‌صورت نیمه پیچیده می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود سطح قالی نرم‌تر و ظریف‌تر باشد، و امکان ایجاد طرح‌های دقیق‌تر فراهم شود.

الف ب پ ت



تصویر ۴: تصاویر لوپ دیجیتال از طرز قرار گیری چله‌ها: الف) بزرگ‌نمایی ۶۰ برابر؛ ب) بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر؛ پ) تصاویر قسمتی از پارگی قالی و طرز قرارگیری چله‌های زیرورو؛ ت) جزئیات پارگی قالی

همچنین، شواهد بصری و منابع مکتوب نشان داد که نوع زربافت به‌کاررفته مشابه روش «سوف» است؛ به این معنا که در بخش‌های زربافت به‌جای پود نازک، از الیاف گلابتون استفاده شده که با عبور متناوب از زیر و روی تارها، جلوه‌ای شبیه پارچه ایجاد می‌کند.

۴-۲. نتایج شناسایی الیاف قالی

بررسی میکروسکوپی و شیمیایی الیاف نشان داد که تار، پود زیر (ضخیم) و پود رو (نازک) همگی از ابریشم و خامه از پشم ساخته شده‌اند. در مقطع طولی، الیاف ابریشمی لوله‌ای، شفاف و بدون کرک و الیاف پشمی استوانه‌ای و فلس‌دار مشاهده شدند. در مقطع عرضی، ابریشم دارای شکل مثلثی با جلای بالا و پشم به‌شکل دایره‌ای است. آزمون شیمیایی با محلول سود ۵ درصد و استات سرب نیز نتایج میکروسکوپی را تأیید کرد: رسوب سفید بیانگر ابریشمی بودن و رسوب سیاه نشان‌دهندهٔ پشمی بودن الیاف بود. نتایج نشان داد که ساپورت و نخ وصله دارای ویژگی‌های الیاف پنبه‌ای (سطح مقطع تخت و پیچ‌دار، سوختن سریع بدون ذوب، بوی کاغذ سوخته و خاکستر ظریف) و نوار ساپورت از جنس پشم (سطح فلس‌مانند و مقطع دایره‌ای، سوختن آرام با بوی موی سوخته و باقی‌ماندهٔ سیاه متورم) هستند (تصویر ۵).

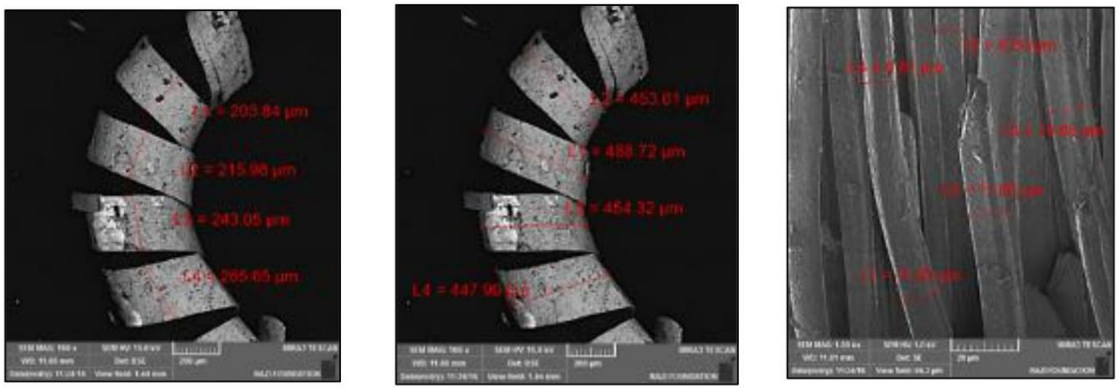
تصویر ۵: تصاویر میکروسکوپی لیف پود ضخیم (زیر) تصاویر میکروسکوپی لیف پود نازک (رو)

۴-۳. شناسایی الیاف گلابتون به روش میکروسکوپی و شیمیایی

مشاهدات با میکروسکوپ لوپ آنالوگ و میکروسکوپ نوری نشان داد که الیاف فلزی قالی از الیاف گلابتون نوع دوم هستند؛ یعنی نوار فلزی تختی که به دور لیف ابریشمی بسیار ظریف پیچیده شده است. همچنین افزودن چند قطره اسید نیتریک به لیف فلزی و سپس معرف K_2CrO_4 باعث ایجاد رنگ قرمز شد که نشان‌دهندهٔ وجود نقره است. ازسویی دیگر، با حل‌کردن لیف فلزی در اسید نیتریک غلیظ و افزودن معرف $K_4[Fe(CN)_6]$، رنگ قرمز-قهوه‌ای ایجاد شد که بیانگر وجود مس است؛ درنتیجه می‌توان استنتاج کرد که با توجه به نتایج شیمیایی، الیاف گلابتون قالی مورد مطالعه از نقره با روکش طلا ساخته شده‌اند که در آن مقدار کمی مس نیز به کار رفته است.

۴-۴. شناسایی قطر الیاف گلابتون با میکروسکوپ الکترونی روبشی

تصاویر میکروسکوپی با بزرگ‌نمایی‌های مختلف نشان دادند که الیاف دارای هسته‌ای غیرفلزی (معمولاً ابریشمی یا پنبه‌ای) هستند که به‌صورت نواری باریک از فلز پیچیده و به‌شکل مارپیچ دور آن قرار گرفته است (تصویر ۶). سطح این نوار فلزی صاف و نسبتاً همگن بوده و در برخی نواحی، براثر سایش و فرسودگی منجر به آشکار شدن لایه‌های زیرین شده است. نتایج EDS به‌طور واضح حضور مقادیر بالای نقره را به‌عنوان فلز اصلی نوار نشان داد و مقادیر کم مس نیز در کنار آن شناسایی شد که احتمالاً به‌عنوان ناخالصی طبیعی در نقره یا برای بهبود خواص مکانیکی (سختی و انعطاف‌پذیری) به آن افزوده شده است. همچنین، وجود طلا در لایهٔ سطحی، با شدت بالاتر در نقاط خارجی نسبت به مقاطع داخلی، بیانگر روکش‌کاری طلا بر سطح نقره است. این روکش به‌عنوان یک پوشش تزیینی و محافظ در برابر کدر شدن نقره و افزایش درخشندگی الیاف استفاده شده است.



تصویر ۶: بررسی مقطع الیاف فلزی گلابتون با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) همراه با آنالیز طیف‌سنجی پراکندگی انرژی پرتو ایکس

از منظر فناوری ساخت، استفاده از نقره با درصد بالای خلوص و روکش طلا نشان‌دهندهٔ سطح بالای مهارت فلزکاران و ارزش بالای کالای تولیدی است. این روش، علاوه‌بر ایجاد جلوهٔ بصری فاخر، مقاومت بیشتری در برابر خوردگی و تغییر رنگ ایجاد می‌کرده است. حضور مس در حد کم می‌تواند نتیجهٔ استفاده از آلیاژ نقره–مس (مانند استرلینگ با خلوص بالا) یا ناخالصی در فرایند ذوب و نورد باشد. یافته‌ها با مطالعات مشابه بر روی الیاف فلزی در منسوجات تاریخی دوره‌های صفوی و عثمانی هم‌خوانی دارد؛ جایی که معمولاً از نوارهای نقره با روکش طلا برای تولید گلابتون استفاده می‌شده است.

۴-۵. شناسایی قطر الیاف گلابتون قالی

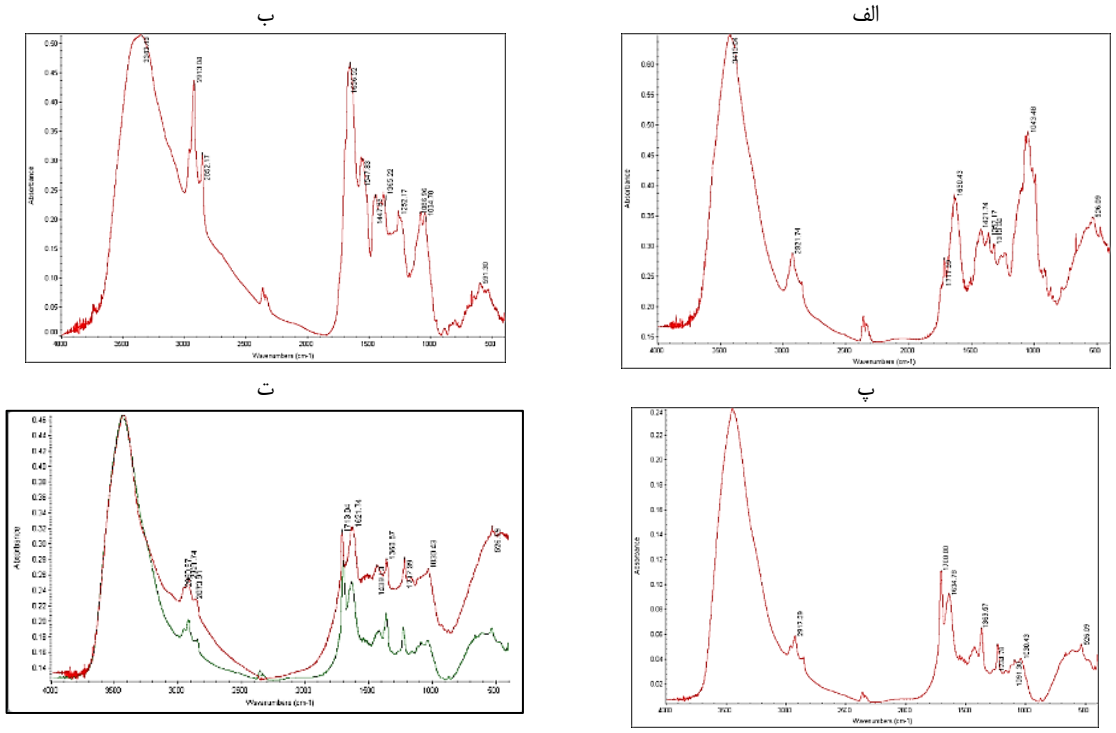
با توجه به قطر طولی و عرضی الیاف فلزی و همچنین اندازهٔ قطر الیاف میانی (ابریشم) مشخص می‌شود که الیاف گلابتون دارای ظرافت بالایی بوده و در دورهٔ صفوی الیاف گلابتون با ظرافت بالا تولید شده است (اسفندیاری، ۱۳۸۴). نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. در این جدول اندازه‌گیری‌های میکروسکوپی الیاف فلزی و الیاف نمونهٔ مورد مطالعه به دست آمده است و هر ستون به‌ترتیب بیانگر اندازهٔ طولی لیف فلزی طول بخش فلزی یا هستهٔ الیاف، اندازهٔ عرضی لیف فلزی ضخامت یا عرض الیاف فلزی،اندازهٔ قطر الیاف میانی قطر الیاف غیرفلزی یا الیاف داخلی که در ساختار الیاف ترکیبی حضور دارند. مقایسه و تحلیل ابعاد و نسبت‌های هندسی الیاف فلزی و میانی برای درک بهتر ساختار بافت و ویژگی‌های فنی فرش یا نمونهٔ مورد مطالعه است (امینی، ۱۳۹۰). این نوع اندازه‌گیری‌ها برای تشخیص نوع مواد به‌کاررفته، تعیین فناوری بافت یا ساخت، یا بررسی اصالت و کیفیت الیاف است (ارباب‌زاده بروجنی، ۱۳۹۰).

جدول ۱: اندازه‌گیری قطر الیاف گلابتون

اندازهٔ طولی لیف فلزی	اندازهٔ عرضی لیف فلزی	اندازهٔ قطر الیاف میانی
۴۸۸/۷۲	۲۰۳/۸۴	۱۱/۳۰
۴۵۳/۶۱	۲۱۵/۹۸	۸/۰۹
۳۳/۳۲	۲۴۳/۵	۱۰/۸۵
۴۴۷/۹۰	۲۶۵/۶۵	۹/۸۱
-	-	۱۱/۲۰

۴-۶. شناسایی رنگ‌ها با FTIR

شناسایی رنگ‌ها نشان داد که رنگ آبی نمونه بدون استفاده از دندانه از نیل حاصل شده است. برای رنگ قرمز، پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، طیف FTIR با مقایسهٔ طیف‌های مرجع پشم خالص، رناس و قرمزدانه تحلیل شد (تصویر ۷ الف تا ت).



تصویر ۷: الف) نمودار پیک رنگ رناس خالص؛ ب) نمودار پیک رنگ قرمزدانه خالص؛ پ) نمودار پیک نمونهٔ اصلی (خامهٔ قرمز قالی)؛ ت) نمودار پیک مقایسهٔ نمونهٔ اصلی با نمونهٔ مرجع

حضور پیک‌های شاخص رناس (2917 cm^{-1}، 2300، 1700، 1030)، قرمزدانه (1369 cm^{-1}، 1234، 526) و پشم (1634 cm^{-1}) در نمونهٔ خامهٔ قالی بیانگر آن است که رنگ قرمز از ترکیب رناس و حدود ۱۰ درصد قرمزدانه به دست آمده و دندانهٔ به‌کاررفته زاج سفید بوده است (تصویر ۷).

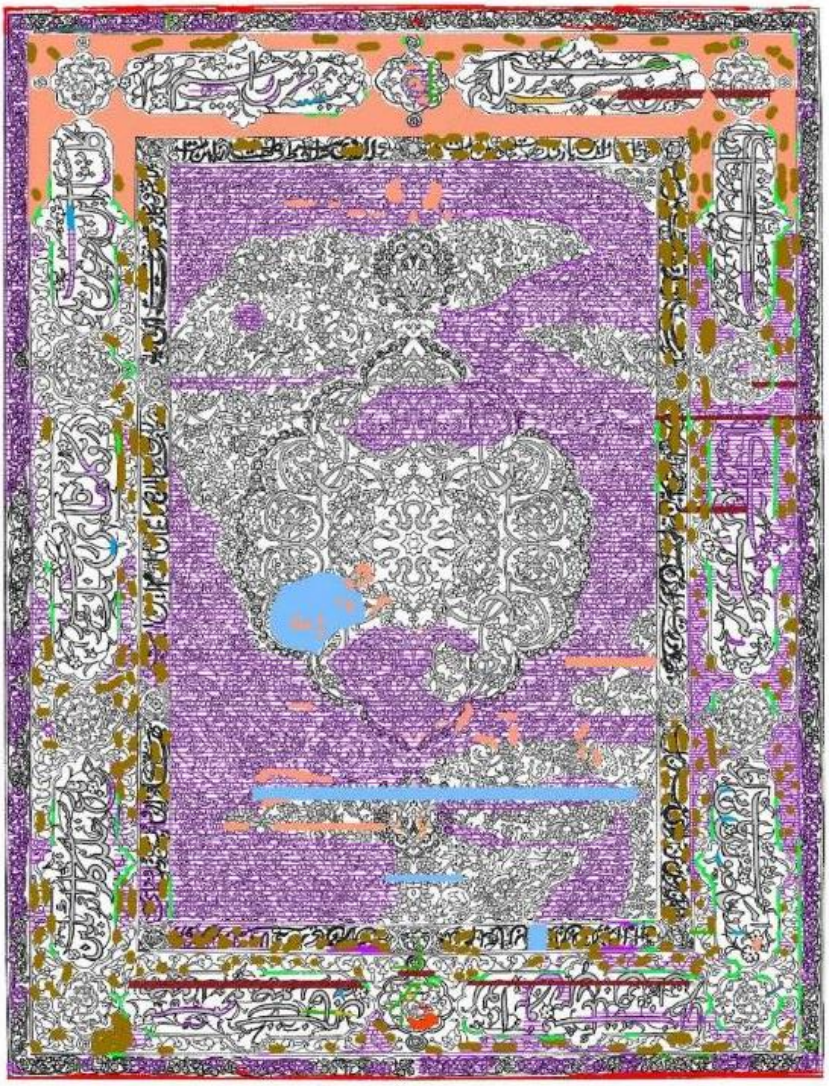
۴-۷. شناسایی آهار

نتایج آزمون مولیش، که حضور کربوهیدرات‌ها را ازطریق تشکیل حلقهٔ بنفش-ارغوانی در محل تلاقی دو فاز نشان می‌دهد، وجود ترکیبات کربوهیدراتی را تأیید کرد. همچنین، آزمون پتاسیم یدید با تغییر رنگ محلول استخراج‌شده به آبی، بیانگر حضور نشاسته بود. بنابراین، براساس شواهد حاصل از هر دو آزمون، آهار به‌کاررفته در پارچهٔ ساپورت از نوع نشاسته‌ای و در گروه کربوهیدرات‌ها طبقه‌بندی می‌شود که نشان‌دهندهٔ استفاده از مواد طبیعی در آهاردهی بود

۴-۸. آسیب‌شناسی

۴-۸-۱. تغییرات رنگی

قالی مورد مطالعه در گذر زمان تحت‌تأثیر عوامل محیطی، زیستی و انسانی دچار فرسودگی گسترده شده است. مهم‌ترین آسیب‌ها شامل تغییر رنگ (رنگ‌پریدگی، دورنگی و رگه‌دار شدن)، ساییدگی پرزها، پارگی تاروپود، کمبود بافت، بیدخوردگی، سوختگی و باز شدن شیرازه‌هاست. تخریب الیاف به‌ویژه در بخش‌های ابریشمی شدیدتر بوده و مداخلات مرمتی پیشین در برخی نواحی زربافت به‌جای بهبود، فرسودگی را تشدید کرده است. درمجموع، ترکیب عوامل محیطی و انسانی همراه با حساسیت بالای ساختار ابریشمی و شرایط نامطلوب نگهداری، روند آسیب را تسریع کرده است (تصویر ۸).



تصویر ۸: طرح آسیب‌نگاری قالی

دورنگی و رنگ‌پریدگی　دوخت مرمتی　تاخوردگی　زربافت　سوختگی　پارگی

۴-۸-۲. بررسی الیاف ابریشمی با لوپ دیجیتال

طیف FTIR حاصل از الیاف ابریشمی میانی گلابتون پس از جداسازی و آماده‌سازی (تصویر ۸) وجود پیک‌های شاخص (3408 cm^{-1} O-H و پیک‌های پروتئینی (1634 cm^{-1}، 1513، 1378) را تأیید کرد. مقایسه با طیف ابریشم خالص نشان داد که افزایش شدت پیک‌های آمیدی در نواحی 1643 cm^{-1}، 1543، 1443 و 1450 بیانگر تشکیل گروه‌های کربوکسیلیک اسید و دلالت بر اثرپذیری الیاف از محیط اسیدی دارد. عوامل مؤثر بر تخریب تزیینات فلزی قالی را می‌توان در چهار دستهٔ مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی طبقه‌بندی نمود. در بعد مکانیکی، تغییر شکل در پیچش و خمش الیاف فلزی، سایش و خراش‌های سطحی مشاهده شد که با نمایان ساختن فلز زیرین، آن را در معرض اکسیداسیون و خوردگی قرار داده است. فشار و کشش ناشی از تکنیک «سوف» در پیچش گلابتون نیز موجب افزایش فاصلهٔ بین حلقه‌ها و آسیب به نخ ابریشمی میانی شده است. در بعد فیزیکی، گرد و خاک، رطوبت و نور نامناسب منجر به تیرگی سطح فلز و خردشدگی ابریشم گردیده‌اند. در بعد شیمیایی، رطوبت محیط، اکسیداسیون و هیدرولیز را تشدید و موجب تورم ابریشم و شل شدن پیچش فلزی شده است. در بعد بیولوژیکی نیز

شرایط مرطوب و آلودگی‌ها می‌توانند به رشد عوامل مخرب و تسریع فرایند فرسایش کمک کنند. درمجموع، نتایج نشان می‌دهد که حساسیت بالای ابریشم به شرایط اسیدی و محیطی، همراه با تغییرات مکانیکی و شیمیایی الیاف فلزی، مهم‌ترین علل تخریب ساختار گلابتون قالی هستند و نور، رطوبت و حرارت به‌عنوان عوامل تسریع‌کننده، روند آسیب را تشدید کرده‌اند.

تصویر ۹: الف) الیاف تار؛ ب) الیاف پود ضخیم؛ پ) الیاف پود نازک ابریشمی به کمک لوپ دیجیتال، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر

۴-۸-۳. pH سنجی

با انجام ۲۱ بار اندازه‌گیری از بخش‌های مختلف قالی شامل سطح، ساپورت و نخ وصلهٔ نمونه‌برداری، میانگین pH قالی برابر ۵ به دست آمد که بیانگر شرایطی اسیدی است. نتایج تفصیلی در جدول ۲ ارائه شده است. بررسی‌های ذره‌بینی نیز نشان داد که ذرات گردوغبار و آلودگی‌های سطحی در لابه‌لای الیاف نفوذ کرده‌اند؛ عاملی که همراه با اسیدی بودن محیط، شرایط مساعدی برای رشد میکروارگانیزم‌ها و افزایش فعالیت‌های تخریبی آن‌ها ایجاد کرده است.

جدول ۲: نتایج کلی حاصل از pHسنجی قالی

نقاط مورد بررسی	pH سنجی
قالی	۵
پارچهٔ ساپورت	۴
نخ دوخت	۵/۵
الیاف فلزی	۴

۴-۸-۴. آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) الیاف فلزی گلابتون

نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنجی انرژی‌پراکندگی اشعهٔ ایکس (SEM-EDS) بر روی دو بخش مختلف از الیاف فلزی گلابتون در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳: SEM-EDS الیاف گلابتون قسمت اول

نقاط	گوگرد (%)	کلر (%)	اکسیژن (%)	مس (%)	طلا (%)	نقره (%)	سایر عناصر (%)	توضیحات
A	۰/۸۷	۲/۳۲	۱۸/۵۸	۱/۶۷	۲۳/۸۰	۴۵/۵۷	Mg ۰/۸۱, Zn ۰/۲۵, Fe ۰/۸۴, Si ۱/۰۹, Al ۱/۲۲	تشکیل لایهٔ اکسید و کلرید نقره، تیرگی سطح
B	۰/۷۳	۰/۴۸	-	۱/۴۸	۹/۸۶	۸۶/۶۴	۰/۲۵Zn	کاهش طلا ناشی از نازکی لایهٔ طلا
C	۴/۴۷	۲/۱۹	۱۸/۹۸	۰/۸۰	۷/۷۲	۳۰/۳۳	C ۳۳/۰۱, Ca ۱/۱۵, Si, Al, Mg, Zn, Fe (کمتر مقادیر)	خوردگی سولفیدی و کلریدی نقره
D	۹/۴۱	۱/۲۰	-	۰/۸۷	۸/۶۰	۷۹/۷۰	۰/۲۲ Zn	لایهٔ ضخیم خوردگی سولفیدی و کلریدی

جدول ۴: SEM-EDS الیاف گلابتون قسمت دوم

نقطه	گوگرد (%)	کلر (%)	اکسیژن (%)	مس (%)	طلا (%)	نقره (%)	سایر عناصر (%)	توضیحات
A	-	-	خوردگی سولفیدی	۱/۹۱	۸۹/۰۱	۸/۷۶	-	بخش روشن و متراکم، طلا عنصر اصلی
B	۶/۵۸	-	خوردگی سولفیدی	۱/۶۵	۲۱/۱۲	۷۰/۴۲	-	خوردگی سولفیدی
C	۹/۶۴	۱/۷۷	-	۰/۶۶	۱/۴۸	۸۶/۲۰	-	تشکیل لایه‌های سولفیدی و کلریدی، لایهٔ خاکستری

در قسمت اول و نقطهٔ A، یازده عنصر شناسایی شد که بیشترین مقدار به نقره (۴۵/۵۷٪)، طلا (۲۳/۸۰٪) و مس (۱/۶۷٪) اختصاص دارد. حضور کلر (۲/۳۲٪) بیانگر تشکیل کلرید نقره و اکسیژن (۱۸/۵۸٪) نشان‌دهندهٔ لایهٔ اکسید نقره است که موجب تیرگی سطح می‌شود. سایر عناصر شامل منیزیم، روی، آهن، گوگرد، سیلیس و آلومینیوم هستند. در نقطهٔ B، شش عنصر شناسایی شد؛ نقره (۸۶/۶۴٪)، طلا (۹/۸۶٪) و مس (۱/۴۸٪) بیشترین مقادیر را داشتند. کاهش طلا نسبت به نقطهٔ A ناشی از نازکی لایهٔ طلاست. در نقطهٔ C، سیزده عنصر شناسایی گردید که نقره (۳۰/۳۳%)، طلا (۷/۷۲٪) و مس (۰/۸۰٪) اصلی‌ترین اجزا بودند. حضور اکسیژن (۱۸/۹۸٪) و کربن (۳۳/۰۱٪) همراه با گوگرد و کلر بیانگر خوردگی از نوع سولفید و کلرید نقره است. نقطهٔ D شامل شش عنصر بود که نقره (۷۹/۷۰٪)، طلا (۸/۶۰٪) و مس (۰/۸۷٪) بیشترین سهم را داشتند. وجود گوگرد (۹/۴۱٪) و کلر (۱/۲۰٪) نشان‌دهندهٔ تشکیل لایه‌های خوردگی سولفیدی و کلریدی است. در قسمت دوم و نقطهٔ A که بخش روشن‌تر و متراکم‌تر نمونه است، طلا با درصد بالا (۸۹/۰۱٪) عنصر اصلی است و نقره (۸/۷۶٪) و مس (۱/۹۱٪) نیز حضور دارند. در نقطهٔ B، نقره (۷۰/۴۲٪) بیشترین مقدار را داشته و طلا (۲۱/۱۲٪) و مس (۱/۶۵٪) نیز شناسایی شدند. وجود گوگرد (۶/۵۸٪) در این ناحیه نشان‌دهندهٔ خوردگی سولفیدی است. در نقطهٔ C، که لایه‌خوردگی خاکستری‌رنگ را نشان می‌دهد، نقره (۸۶/۲۰٪)، طلا (۱/۴۸٪) و مس (۰/۶۶٪) اصلی‌ترین اجزا هستند و حضور گوگرد (۹/۶۴٪) و کلر (۱/۷۷٪) بیانگر تشکیل لایه‌های سولفیدی و کلریدی است.

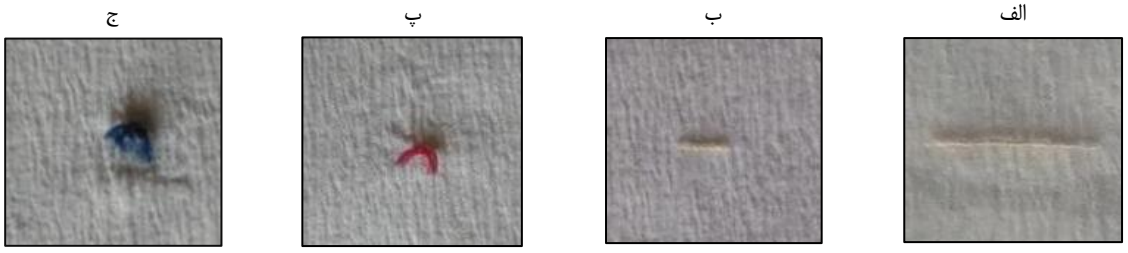
۴-۹. نتایج حاصل از آزمایش‌های طرح حفاظتی

۴-۹-۱. آزمون آبرفتگی الیاف

نتایج آزمون آبرفتگی الیاف نشان داد که تغییر قابل توجهی در ابعاد الیاف رخ نداده و پدیدهٔ آبرفتگی مشاهده نشد. بنابراین، روش ترشویی به‌عنوان روشی ایمن برای پاک‌سازی قالی قابل استفاده است. جزئیات نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

۴-۹-۲. آزمون جابه‌جایی رنگ الیاف

به‌منظور بررسی میزان رنگ‌دهی الیاف قالی، الیاف پس از خیس شدن بین لایه‌های کاغذ خشک‌کن قرار گرفتند و پس از اعمال فشار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج (تصویر ۱۰) نشان داد که هیچ‌گونه انتقال رنگ از الیاف تار، پود و خامه به کاغذ خشک‌کن رخ نداده است. بر این اساس، استفاده از روش ترشویی برای پاک‌سازی قالی ایمن و قابل توصیه است.



تصویر ۱۰: آزمایش جابه‌جایی رنگ الیاف: الف) تار؛ ب) پود ضخیم؛ ب) خامهٔ قرمز؛ ت) آبی‌رنگ

۵. نتیجه‌گیری

قالیچهٔ زربافت سالتینگ مورد مطالعهٔ موزهٔ فرش ایران با گره نامتقارن (فارسی)، تکنیک بافت لول، تاروپود ابریشم و پرز پشم ظریف بوده، با تزیینات گلابتون از نقرهٔ زراندود و مغز ابریشمی بافته شده است و رنگ‌های به‌کاررفته در آن کاملاً طبیعی و گیاهی است. آنالیزهای آسیب‌شناسی قالی و ساپورت، شرایط اسیدی، ضعف و پوسیدگی الیاف ابریشمی و فرسایش تزیینات فلزی ناشی از تأثیرات محیطی شامل نور، رطوبت و آلودگی‌های جوی را نشان داد. علاوه‌بر عوامل شیمیایی، آسیب‌های مکانیکی نظیر شکستگی، له‌شدگی و پارگی ناشی از نگهداری و مرمت‌های نامناسب، بر تخریب ساختار قالی افزوده‌اند. آزمایش‌های آبرفتگی و پایداری رنگ هم نشان داد که روش ترشویی برای پاک‌سازی این قالی ایمن است. بر این اساس، طرح حفاظت تدوین‌شده بر اصول حداقل مداخله، برگشت‌پذیری و سازگاری با جنس و استحکام الیاف ارائه شد. این طرح شامل جداسازی ساپورت‌های اسیدی و آسیب‌دیده، غبارزدایی کنترل‌شده، پاک‌سازی سطحی متناسب با جنس الیاف، استحکام‌بخشی بافت ازطریق آستر و نوارهای پشتیبان ظریف و سازگار، ترمیم محدود کمبودها و آسیب‌های مرمتی پیشین است. علاوه‌بر اقدامات حفاظتی مستقیم، حفاظت پیشگیرانه با کنترل شرایط محیطی نگهداری و نمایش، ازجمله تنظیم رطوبت نسبی (۴۰-۵۵٪)، دمای پایدار (۱۸-۲۱ سانتی‌گراد)، نورپردازی ملایم LED فاقد اشعهٔ فرابنفش و مدیریت آفات و آلاینده‌ها، نقش کلیدی در تثبیت وضعیت موجود و پیشگیری از تخریب‌های آینده دارد. برای نمایش، استفاده از ویترین‌های شیشه‌ای لمینت مجهز به سازهٔ فلزی منفذدار و سیستم نور و کنترل دما و رطوبت پیشنهاد شده که ضمن حفاظت کامل، امکان مشاهدهٔ بهینهٔ قالی را فراهم می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

1. Eiland
2. Hallett & Santos
3. Denny

منابع

اسفندیاری، نازنین. (۱۳۸۴). حفاظت و نگهداری آثار پارچه‌ای دورهٔ صفویه مرمت یک قطعهٔ زری‌بافی متعلق به دورهٔ صفویه. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد منتشرنشده، دانشکدهٔ هنر و معماری، تهران.

ارباب‌زاده بروجنی، الهه. (۱۳۹۰). بررسی فن‌شناسانهٔ الیاف فلزی گلابتون و اهمیت آن در کیفیت الیاف در درازمدت در بافته‌های تاریخی. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد منتشرنشده، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت.

امینی، سرور. (۱۳۹۰). بررسی حفاظت فرش‌های موزه‌ای در ابعاد کوچک با مطالعهٔ موردی نمونهٔ فرش لهستانی واقع در موزهٔ فرش. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد منتشرنشده. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکدهٔ هنر و معماری.

پوپ، آرتور، و اکرمن، فیلیس. (۱۳۸۷). سیری در هنر ایران (از دوران پیش از تاریخ تا امروز). جلد پنجم و ششم. ویرایش سیروس پرهام. تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

دریایی، نازیلا. (۱۳۹۰). قالی‌های ایرانی و اسامی غیرایرانی. نشریهٔ هنرهای زیبا-هنرهای تجسمی، شمارهٔ ۴۵، ۴۵-۵۲.

سالاری، کامبیز. (۱۳۷۸). تأثیر دندانه و عوامل فیزیکی بر تخریب برخی رنگینه‌های طبیعی در منسوجات ابریشمی صفویه. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد منتشرنشده. دانشگاه هنر اصفهان. دانشکدهٔ مرمت.

سلطانی، منا. (۱۳۸۵). مقایسهٔ دیدگاه سنتی و نوین در مرمت فرش. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد منتشرنشده. دانشگاه هنر اصفهان. دانشکدهٔ مرمت.

صدری، نسرین. (۱۳۸۱). رنگرزی الیاف و نخ (پشم، ابریشم، پنبه). تهران: نشر فرهنگ اسلامی.

Denny, W. B. (2020). Color, expectations, and authenticity in oriental carpets: The case of the anhalt carpet in the metropolitan museum of art. *The Textile Museum Journal*, 47(1), 71-81.

Eiland III, M. L. (2000). Scholarship and a controversial group of Safavid carpets. *Iran*, 38(1), 97-105.

Ghoreishi, S. M., & Haghighi, R. (2003). Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. *Chemical Engineering Journal*, 95(1-3), 163-169. https://doi.org/10.1016/S1385-8947(03)00100-1

Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J., & Joy, D. C. (2017). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Springer.

Hallett, J., & Santos, R. (2014). Interwoven Knowledge: Understanding and Conserving Three Islamic Carpets. *Writing Material Culture History*, 257.

Lee, J., Kim, M.-H., & Lee, K.-B. (2014). Analysis of natural dyes in archeological textiles using TOF-SIMS and other analytical technique. *Surface and Interface Analysis*. https://doi.org/10.1002/sia.5594

Margariti, C., Lukesova, H., & Gomes, F. B. (2024). Advanced analytical techniques for heritage textiles. *Heritage Science*, 12(1), 388. https://doi.org/10.1186/s40494-024-01509-6

Peets, P., Leito, I., Pelt, J., & Vahur, S. (2017). Identification and classification of textile fibres using ATR-FT-IR spectroscopy with chemometric methods. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 173, 175-181. https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.09.007

Richardson, E., Martin, G., Wyeth, P., & Zhang, X. (2008). State of the art: non-invasive interrogation of textiles in museum collections. *Microchimica Acta*, 162(3), 303-312 312. https://doi.org/10.1007/s00604-007-0885-x

Kakuee, O., Fathollahi, V., Oliaiy, P., & Mesbahi, S. (2019). Investigation of mordants for dyeing of yarns in ancient Persian carpets (15th-17th century) by IBA methods. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam *Interactions with Materials and Atoms*, 450, 294-298.

Shenai, V. A. (1990). *Technology of textile fibres* (Vol. 1). Bombay: Sevak Publications.

Sinha, M. K., & Pandey, R. (2024). *Non-Metallic Technical Textiles: Materials and Technologies*. CRC Press.

Suh, K. (2011). Conservation of a Safavid Persian carpet fragment: Two different approaches to treatment in 1980 and 2010. American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, *39th Annual Meeting, Philadelphia, Pennsylvania*, 80-85.

منابع اینترنتی

URL1 :https://farahancarpet.com/types-of-carpet-nots/](https://farahancarpet.com/types-of-carpet-knots/FarahanCarpet. (n.d.). Types of carpet knots. Retrieved from [In Persian].

URL2: https://www.researchgate.net/figure/dentification-of-gelatin-lignin-and-starch-in-paper-and-pulp-samples-from-manuscript-IMK_fig1_301789766 Implementation of methods for examination of paper-based library materials - Scientific figure. (2016). ResearchGate. Retrieved August 16, 2025, from

URL3 : https://bargellomusei.it/en/museum/museo-nazionale-del-bargello/

Museo Nazionale del Bargello (n.d.). Museo nazionale del Bargello. Retrieved September 17, 2025, from

URL4 : https://collections.vam.ac.uk/item/O54294/the-salting-carpet-carpet-unknown/

Victoria and Albert Museum. (n.d.). The Salting carpet. Victoria and Albert Museum. Retrieved September 17, 2025.

Technology and Pathology of Salting Woven Carpets, Iranian Carpet Museum

Mina Karimi
M.A. Graduate in Conservation of Cultural and Historical Objects, Department of Conservation of Cultural Properties, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Iran/ minaakarimi1987@gmail.com
Hamidreza Bakhshandehfard
Associate Professor, Department of Conservation of Cultural Properties, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Iran. (Corresponding Author)/ hr.bakhshan@aui.ac.ir
Mehdi Ebrahimi
Visiting Lecturer, Carpet Department, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran/ Mehdi_19_60@yahoo.com

Received: 02/05/2025
Accepted: 23/08/2025

Introduction

The Safavid period (1501–1722 CE) marks the golden age of Persian carpet weaving, enabled by political stability, economic prosperity, and royal patronage. Workshops in cities such as Isfahan, Kashan, Tabriz, and Kerman produced masterpieces now preserved in major museums (Pope & Ackerman, 2008). ‘Salting’ carpets— named after an English collector, George Salting,and crafted in 16th–17th century Safavid royal workshops— feature vibrant colors, dense knots, silk and wool foundations, silver-gilt threads, and designs, including medallions, mihrab, arabesques, and inscriptions. Iranian specimmesn are notable for their finesse and quality. Over time, environmental exposure, poor handling, and improper cleaning have caused fading, silk degradation, metal corrosion, and localized damage. Technical studies including fiber and dye analyses reveal their materials, weaving techniques, and historical context while they provide crucial insight for effective conservation and preservation strategies.

Research Method

The study focused on a late Safavid gilt-metal (Golabatun) medallion carpet, attributed to Tabriz, measuring 302×166 cm, with a corner-medallion (Lachak-Toranj) design, quarter field, and Nastaliq inscription. The carpet combines wool, silk, and silver-gilt threads, woven with symmetrical knots, and features main colors of red, navy, pistachio green, and orange. Despite previous restoration, the carpet exhibits damages including tears, stains, wear, and burn marks. Acomparative analysis with Safavid-period carpets was conducted to confirm dating, origin, and artistic features.Fiber sampling was minimaland including representative pile colors, warp, and weft, taken from deteriorated or loose areas to avoid damaging intact regions. Samples were coded and stored in sterile containers. Fiber identification combined microscopy, chemical tests, and burning analysis. Microscopic examination of longitudinal and cross-sections identified wool, silk, and cotton fibers, supported by chemical tests (NaOH for proteins; lead acetate for cellulosics) and combustion behavior. Sizing on the support was verified using Molisch and iodine-starch tests.Golabatun threads were analyzed using digital loop microscopy for surface wear, breakage, and corrosion, and SEM-EDS to determine chemical composition and structure. Nitric acid tests confirmed the presence of silver and trace copperalong with gold surface gilding verified by SEM and FTIR spectroscopy of the silk core.Weave structure was examined by counting knots, warp, and weft density; knot type and arrangement were also documented. Color identification involved preliminary chemical tests followed by FTIR spectroscopy to detect mordants and pigments.Conservation tests assessed fiber stability and sensitivity; aqueous swelling measured dimensional changes after wetting and drying; colorfastness tests evaluated resistance to light and humidity, and color transfer tests verified that washing would not leach dyes. These combined methods provided a comprehensive assessment of the carpet’s materials, structure, and conservation requirements while ensuring minimal damage during sampling.

Research Findings

The Salting gilt-metal carpet from the Carpet Museum of Iran exhibited an asymmetrical (Persian) knot structure, a “Lool” weaving technique, silk warp and weft, fine wool pile, and gilt-metal

(Golabatun) decorations with a silk core. Colorants were entirely natural and plant-based. Weaving density was measured at approximately nine knots per centimeter (about 60 knots per 6.5 cm), reflecting the weavers' skill and precision. Microscopic examination confirmed the use of asymmetrical knots, with S-twist wefts and Z-twist Golabatun threads. The back curvature and warp arrangement indicated the "Lool" technique typical of Azerbaijani weaving, particularly Tabriz, which produced prominent knots visible on the reverse side. The Golabatun sections showed metallic strips wrapped around silk threads, creating a fabric-like effect. Fiber identification showed that warp, wefts, and supplementary weft threads were silk, while the pile was wool. Longitudinal and cross-sectional microscopy confirmed tubular, smooth silk and cylindrical, scaly wool fibers. Chemical tests with 5% NaOH and lead acetate corroborated these findings. Support threads included cotton and wool, with characteristic thermal and morphological behaviors. Golabatun threads were found to consist of silver coated with gold, with minor copper content, which was confirmed via microscopic, SEM-EDS, and chemical analyses. The gold layer is more concentrated at the exterior, serving as both decorative and protective coating. FTIR analysis identified natural dyes: indigo for blue, a combination of madder (Rubia), and approximately 10% cochineal for red, mordanted with white alum. Sizing analysis, using the Molisch and iodine-starch tests, confirmed the presence of starch-based carbohydrate sizing. Damage assessment revealed extensive deterioration due to environmental, chemical, biological, and mechanical factors, including color fading, pile wear, warp/weft breakage, moth damage, and previous restoration issues. PH measurements indicated acidic conditions (mean $pH \approx 5$), promoting fiber degradation. SEM-EDS results showed corrosion of Golabatun fibers, with silver sulfide and chloride layers forming due to environmental exposure. Conservation tests demonstrated that aqueous washing did not cause fiber swelling or color transfer, confirming the method's safety. Preventive measures, including controlled humidity (40–55%), stable temperature (18–21 °C), UV-free LED lighting, and display in ventilated laminated glass cases, were recommended to stabilize and protect the carpet while allowing optimal viewing.

Conclusion

The Salting gilt-woven carpet featured a Persian knot, a lul weaving technique, silk warp and weft, and fine wool pile. It was decorated with golabatoon threads made of gilded silver with a silk core;all dyeswere natural and plant-based. Damage analyses of the carpet and its support indicated acidic conditions, weakness and deterioration of silk fibers, and corrosion of metal decorations caused by environmental factors such as light, humidity, and airborne pollutants. Mechanical damages,including fractures, compression, and tears that resulted from improper storage and past restorationsfurther contributed to structural degradation. Wet-cleaning and colorfastness tests confirmed that a controlled washing method was safe. Based on these findings, a conservation plan was designed following the principles of minimal intervention, reversibility, and material compatibility, including the removal of acidic supports, controlled surface cleaning, reinforcement with compatible backing, and limited repair of previous losses.

Keywords: technology, pathology, salting carpet, Iranian Carpet Museum.

References

Amini, S. (2011). *A conservation study of small-scale museum carpets: A case study on a Polish carpet in the Carpet Museum of Iran*. Unpublished master's thesis, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Faculty of Art and Architecture. [InPersian].

ArbabzadehBoroujeni, E. (2011). *A technical study of gilt-metal threads (golabatoon) and their long-term quality in historical textiles*. Unpublished master's thesis, Isfahan University of Art, Faculty of Conservation.[InPersian].

Chakraborty, J. N. (2011). An overview of dye fastness testing. Handbook of textile and industrial dyeing, 207–224. https://doi.org/10.1533/9780857093974.1.207](https://doi.org/10.1533/9780857093974.1.207)

Daryaei, N. (2011). Iranian carpets and non-Iranian names. *Honar-ha-ye Ziba*.[In Persian].

Denny, W. B. (2020). Color, expectations, and authenticity in oriental carpets: The case of the Anhalt carpet in the Metropolitan Museum of Art. *The Textile Museum Journal*, *47*(1), 71–81.
Dussubieux, L., Naedel, R., Cunningham, H., Alden, H., & Ballard, M. W. (2005). Accuracy, precision, and investigation: Mordant analysis on antique textiles by methods. 14th Triennial Meeting, *The Hague*.
Eiland III, M. L. (2000). Scholarship and a controversial group of Safavid carpets. *Iran*, *38*(1), 97–105.
Esfandiari, N. (2005). *Conservation and preservation of Safavid textile artifacts: Restoration of a Safavid brocade piece*. Unpublished master's thesis, Faculty of Art and Architecture, Tehran.[In Persian].
Ghoreishi, S. M., &Haghighi, R. (2003). Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. *Chemical Engineering Journal*, *95*(1–3), 163–169. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947(03)00100-1](https://doi.org/10.1016/S1385-8947%2803%2900100-1)
Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J., & Joy, D. C. (2017). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Springer.
Hallett, J., & Santos, R. (2014). Interwoven knowledge: Understanding and conserving three Islamic carpets. *Writing Material Culture History*, 257.
Kakuee, O., Fathollahi, V., Oliaiy, P., &Mesbahi, S. (2019). Investigation of mordants for dyeing of yarns in ancient Persian carpets (15th–17th century) by IBA methods. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research SectionB: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 450, 294–298.
Lee, J., Kim, M.-H., & Lee, K.-B. (2014). Analysis of natural dyes in archeological textiles using TOF-SIMS and other analytical techniques. *Surface and Interface Analysis*. https://doi.org/10.1002/sia.5594
Margariti, C., Lukesova, H., & Gomes, F. B. (2024). Advanced analytical techniques for heritage textiles. *Heritage Science*, *12*(1), 388. https://doi.org/10.1186/s40494-024-01509-6
MuseoNazionaledelBargello. (n.d.). MuseonazionaledelBargello. Retrieved September 17, 2025, from [https://bargellomusei.it/en/museum/museo-nazionale-del-bargello/]https://bargellomusei.it/en/museum/museo-nazionale-del-bargello/
Peets, P., Leito, I., Pelt, J., &Vahur, S. (2017). Identification and classification of textile fibres using ATR-FT-IR spectroscopy with chemometric methods. *SpectrochimicaActa Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 173, 175–181. [https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.09.007](https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.09.007
Pope, A., & Ackerman, P. (2008). *A survey of Persian art: From prehistoric times to the present* (Vols. 5–6; S. Parham, Ed.). Scientific and Cultural Publications Company.
Richardson, E., Martin, G., Wyeth, P., & Zhang, X. (2008). State of the art: Non-invasive interrogation of textiles in museum collections. *MicrochimicaActa*, *162*(3), 303–312. https://doi.org/10.1007/s00604-007-0885-x
Sadri, N. (2002). *Dyeing of fibers and yarns (wool, silk, cotton)*. Farhang-e Eslami Publications.
Salari, K. (1999). *Effects of mordants and physical factors on the degradation of natural dyes in Safavid silk textiles*. Unpublished master's thesis, Isfahan University of Art, Faculty of Conservation.
Shenai, V. A. (1990). *Technology of textile fibres* (Vol. 1). Bombay: Sevak Publications.
Sinha, M. K., & Pandey, R. (2024). *Non-metallic technical textiles: Materials and technologies*. CRC Press.
Soltani, M. (2006). *A comparative study of traditional and modern approaches in carpet restoration*. Unpublished master's thesis, Isfahan University of Art, Faculty of Conservation.
Suh, K. (2011). Conservation of a Safavid Persian carpet fragment: Two different approaches to treatment in 1980 and 2010. American Institute for Conservation, *39th Annual Meeting*, Philadelphia, Pennsylvania, 80–85.