تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی‌دانشگاهی، دوره ۵۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص ۱۴۹-۱۷۳

Academic Librarianship and Information Research , Vol,52 No. 2, summer, 2018, PP.149 -173.

معرفی و بررسی علمی نسخه خطی منحصر به فرد پنج‌گنج نظامی محفوظ در کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران

لی‌لی کردوانی[۱]*، رؤیا بهادری[۲]، فرانک بحرالعلومی[۳]

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۴/۲۰ تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

چکیده

هدف: هدف از این پژوهش، شناسایی مواد و ترکیبات مختلف به کار رفته در نسخه خطی پنج گنج نظامی است. این نسخهٔ مصور و منحصر به فرد، متعلق به دوره مغول و قرن هشتم ه.ق است و توسط کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران در سال ۱۳۴۶ خریداری شده است.

روش: با توجه به نفیس بودن این اثر و محدودیت در نمونه‌برداری، از روش‌های غیرتخریبی مثل میکروسکوپ نوری پلاریزان (PLM)، طیف‌نگاری فلورسانس پرتو ایکس قابل حمل (micro-XRF) و طیف‌نگاری زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR) مجهز به سلول انعکاسی ATR استفاده شد و ترکیبات و عناصر موجود در کاغذ و رنگ‌های به کار رفته در تزئینات و نقاشی‌های این نسخه خطی شناسایی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در کاغذ متن و حاشیه این نسخه خطی از مخلوط کتان و کنف با درصدهای متفاوت استفاده شده است. نقاشی‌های این نسخه بر روی یک لایه از هانتیت (کربنات دوتایی منیزیم و کلسیم) سفید رنگ صورت گرفته است. در سر لوح و نقاشی‌های این نسخه خطی، رنگدانه‌های شنگرف، لاجورد، نیل، زرنیخ، زنگار، طلا، دوده و هانتیت به کار رفته است و در بعضی از رنگ‌ها مثل صورتی، نارنجی، خاکستری و قهوه‌ای از مخلوط دو یا سه رنگدانه استفاده شده است. مواد به کار رفته در ساخت کاغذ و رنگدانه‌ها همه از مواد شناخته شده و رایج در زمان کتابت اثر است.

واژگان کلیدی:

پنج گنج نظامی، نسخه خطی، شناسایی رنگدانه، الیاف، ATR-FTIR، PLM، micro-.SEM-EDX XRF

---

۱ دانشجوی دوره دکتری مرمت آثار تاریخی

۲ عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

۳ کارشناس پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

مقدمه

خمسه نظامی، مجموعه پنج منظومه (حدود ۲۸۹۰۰ بیت) ملقب به پنج گنج، یکی از شاهکارهای آثار ادبی ایران، سروده شاعر توانا و کم‌نظیر، استاد مسلم داستان‌سرایی، نظامی گنجوی است. همان‌گونه که دکتر علی اکبر شهابی (۱۳۳۴) در مقدمه کتاب نظامی، شاعر و داستانسرا آورده است، به یقین می‌توان ادعا نمود که در تاریخ ادب ایران تا کنون در سرودن "مثنوی داستانی" شاعری از جهت قدرت خیال و وصف مناظر و تشبیهات و استعارات لطیف و ایجاد و ابداع مضامین و معانی دقیق و احاطه بر کلمات و عبارات و تسلط بر علوم و فنون گوناگون مانند نظامی پیدا نشده است. پنج گنج نظامی شامل پنج منظومه مخزن‌الاسرار (سروده ۵۷۰ قمری)، خسرو و شیرین (۵۷۶ قمری)، لیلی و مجنون (۵۸۴ قمری)، هفت پیکر (۵۹۳ قمری) و اسکندرنامه مشتمل بر دو قسمت به نام‌های شرف‌نامه (احتمالاً ۵۹۷ قمری) و اقبال‌نامه (۵۹۹ قمری و به روایتی بین ۶۰۷ و ۶۱۱ قمری) می‌باشد. (جعفری، ۱۳۸۷)

پنج گنج از جمله کتب ادبی ایران است که شاهکارهای هنری بسیاری از آن به واسطه مصور ساختن داستان‌های آن توسط نگارگران پدید آمده است. نسخه‌های متعدد خطی این کتاب در گنجینه‌های ایران و دیگر کشورهای جهان نگهداری می‌شود. از آن جمله نسخه خطی متعلق به کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران با شماره ثبت ۵۱۷۹ می‌باشد.

معرفی نسخه خطی پنج گنج نظامی کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران

نسخه خطی پنج گنج نظامی در سال ۱۳۴۶ شمسی برای کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران خریداری و از آن تاریخ در گنجینه نسخه‌های خطی این کتابخانه با شماره ثبت ۵۱۷۹ نگهداری می‌شود.

محمد تقی دانش پژوه (۱۳۴۵) در فهرست نسخ خطی کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران این‌گونه آورده است که کاغذ این نسخه سمرقندی، جلد تیماج تریاکی ضربی زرکوب ترنجی مقوایی گرد حنایی درون سرخ زرکوب ترنجی است. (تصاویر ۱و۲).

تصویر ۱: نسخه خطی پنج گنج نظامی

تصویر ۲: صفحه انجامه نسخه خطی پنج گنج نظامی

این نسخه قدیمی‌ترین و مهم‌ترین نسخه تاریخ‌دار پنج گنج نظامی در جهان است که دارای ۴ سرلوح با رنگ‌های لاجورد، طلایی و سیاه و هفده مجلس تصویر مینیاتور متعلق به دوره مغول است. همه تصاویر مربوط به متن هستند و در توضیح اشعار کشیده شده‌اند. (تصاویر۳و۴و۵) همه اشعار در جداول طلایی نوشته شده‌اند. این نسخه شامل منظومه اسکندرنامه، هفت پیکر و لیلی و مجنون است که در سال ۷۱۸ ه.ق با خط نستعلیق نوشته شده است. (مدت، ۱۳۸۸)

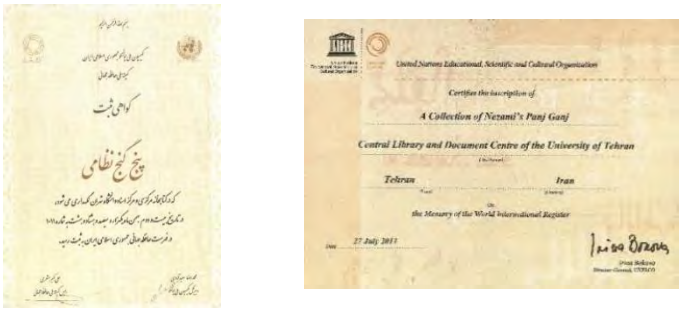
تصویر ۳: پشت برگ شماره ٦٣

تصویر ٤: برگ شماره ١٤٢

تصویر ٥: برگ شماره ١٥٩

ثبت در حافظه جهانی

نسخه خطی پنج گنج نظامی در تاریخ ۲۶ دی ماه ۱۳۸۸ با حضور اعضای کمیته حافظه جهانی و نماینده یونسکو در ایران، در کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران ارزیابی و بررسی شد، تا اقدامات لازم جهت ثبت این نسخه ارزشمند در حافظه جهانی یونسکو به عمل آید[1]. این اثر ارزشمند در تاریخ ۲۲ بهمن ۱۳۸۸ به شماره ۱۰۱۱ در فهرست حافظه جهانی جمهوری اسلامی ایران به ثبت رسید. (تصویر۶)



تصویر ٦: گواهی ثبت نسخه خطی پنج گنج نظامی در حافظه جهانی

اهمیت انجام مطالعات آزمایشگاهی

از آنجا که نسخه خطی ارزشمند پنج گنج نظامی، قدیمی‌ترین نسخه تاریخ‌دار پنج گنج بوده و تزئینات و مجالس مینیاتور آن متشکل از رنگ‌های متنوع می‌باشد، شناسایی و آنالیز رنگ‌ها، الیاف سازنده کاغذ متن و حاشیه و بررسی دقیق میزان و چگونگی آسیب‌های وارده به نسخه طی مرور زمان در بخش‌های مختلف کاغذ، مرکب متن و در نقاشی‌های موجود، انجام مطالعات دقیق آزمایشگاهی را می‌طلبد. نتایج این تحقیقات می‌تواند در روند چگونگی حفاظت و مرمت نسخه و همچنین تکمیل اطلاعات مطالب مربوط به تاریخچه کتاب آرایی و نسخه‌شناسی مفید واقع گردد.

پیشینه پژوهش

نگارگری ایران همواره مورد توجه علاقه‌مندانی از سراسر دنیا بوده است. بر این اساس کتب و مقالات متعددی درباره نقاشی ایرانی نگاشته شده است. موضوع بحث این رسالات اما به طور عمده بررسی نگارگری ایران از دیدگاه زیبایی‌شناسی و تحلیل مضامین آنهاست. پژوهشگران، هنر نگارگری ایرانی را به دوره‌های مختلفی تقسیم کرده‌اند و برای هر دوره، ویژگی‌هایی بر اساس تحلیل شرایط و وضعیت سیاسی و اقتصادی برشمرده‌اند. برای مثال گرابار (۱۳۹۰) درباره نقاشی‌های پدید آمده در قرن هشتم ه.ق بر پیچیدگی آنها به دلیل پیچیدگی تاریخ سیاسی این دوران که مقارن بر روی کار آمدن چندین خاندان محلی ترک و مغول تبار است، تأکید دارد. بر اساس منابع موجود، سلسله‌ای از نقاشان در این دوره وجود داشته‌اند که هریک به دست دیگری تربیت می‌شد. در قرن هشتم ه.ق احتمالاً مراکز ساخت نسخ خطی و نگارگری در بغداد، شیراز و

تبریز فعال بوده است و نیز وجود بعضی خاندان‌های حامی هنر که به سفارش، گردآوری و تحسین آثار هنری می‌پرداختند نیز مورد پذیرش است. در این دوره است که شاهکارهایی مانند شاهنامه (محفوظ در سن پترزبورگ و استانبول)، چندین نسخه کلیله و دمنه (محفوظ در پاریس)، کلیله و دمنه استانبول و شاهنامه دموت و همچنین اولین نسخه‌های مصور اشعار نظامی پدید آمده است (Swietochowski, 1994). گرابار (۱۳۹۰) بر این عقیده است که مینیاتورهای تصویر شده در کتب این دوره علی‌رغم داشتن تصاویری مستقل و کمتر پایبند به مقتضیات متن، به دلیل طراحی ضعیف، حرکات سطحی و رنگ‌های بی‌فروغ چرک‌تاب، نقاشی‌هایی ضعیف هستند.

درباره مواد و مصالح به کار رفته در نگارگری نسخ خطی تا پیش از دوره صفوی پژوهش‌های اندکی انجام شده است. کاکویی و همکاران (۲۰۱۴) رنگدانه‌ها و مرکب به کار رفته در یک نسخه خطی یوسف و زلیخای جامی از اواخر قرن دهم ه.ق را که دارای ۵ مجلس نگارگری است با روش پیکسی و بدون نمونه‌برداری، بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که برای رنگ سبز در برخی نگاره‌ها از ترکیبات مس (مالاکیت یا زنگار) و در برخی دیگر از ترکیبات آرسنیک، گوگرد و مواد آلی، احتمالاً سولفید آرسنیک به همراه نیل استفاده شده است. برای تهیه سبز کم‌رنگ نیز همین مواد با گچ مخلوط شده است. برای رنگ آبی لاجورد و برای رنگ سفید ترکیبات سرب به کار رفته است. همچنین در یکی از نگاره‌ها برای رنگ آبی از لاجورد مصنوعی استفاده شده است که به احتمال قوی مربوط به مرمت نقاشی‌ها در دوره‌های متأخر است. رنگ صورتی از ترکیبات جیوه است. تنها رنگ قرمز حاوی جیوه، شنگرف است. نوع دیگر قرمز از ترکیبات سرب، مس، آهن، گوگرد و سیلیکون است که احتمالاً ترکیب مالاکیت و سرنج است. برای رنگ زرد از طلا و برای رنگ مشکی و مرکب سیاه از ترکیبات کربن استفاده شده است.

بررسی دیگری بر روی یک نسخه خطی هفت اورنگ جامی به تاریخ ۹۶۱ ه.ق نگاشته شده در شیراز و محفوظ در موزه هنر شرق تورین در ایتالیا، با روش‌های مختلفی مانند فلورسانس اشعه ایکس، طیف‌نگاری فیبر نوری انعکاسی و فلوریمتری مولکولی نوری توسط محمودی و همکاران (۲۰۱۶) انجام شده است. کاغذ این نسخه طلا افشانی شده و با ترکیبی از زعفران و زردچوبه رنگ‌آمیزی شده است. نسخه دارای نگاره‌هایی با رنگ‌های متعدد است. برای تهیه رنگ بنفش در لباس افراد، قرمزدانه با نیل ترکیب شده است. همچنین زعفران و نیل در ترکیب با زنگار برای ایجاد طیف‌های مختلف رنگ سبز استفاده شده است. در یکی از نگاره‌ها رنگ سبز، رنگدانه

مالاکیت بود. رنگ آبی در شمسه آغاز نسخه، ترکیب لاجورد و نیل و قرمز شمسه، از کانی اخرا تهیه شده است. این در حالی است که برای ایجاد رنگ قرمز در نگاره‌ها از سرنج، شنگرف و اخرا استفاده شده است. رنگ خاکستری ترکیب دوده و سفید سرب و در برخی نقاط، نقره است. رنگ صورتی نیز ترکیب سرنج، شنگرف و سفید سرب است. بررسی رنگ قهوه‌ای در نگاره‌ها حاکی از وجود کربن به همراه اخرا و رنگینه‌ای با ترکیب ناشناخته است. بورجیو و همکاران (۲۰۰۸) مواد به کار رفته در تزئینات، آرایه‌ها و جدول‌کشی‌های ۵ نسخه خطی قرآن و یک کتاب حدیث تحریر شده در ایران مربوط به قرون شانزدهم تا هجدهم میلادی را که در موزه ویکتوریا و آلبرت محفوظ است بررسی کرده‌اند. به جز در یک نسخه قرن شانزدهم که احتمالاً مرمت شده است و در آن آبی پروس شناسایی شده است، در بقیه نسخه‌ها رنگدانه‌هایی مانند طلا، شنگرف، آزوریت، لاجورد، سرنج، اخرا، مالاکیت، سفیدسرب به کار رفته است.

در بررسی یک نسخهٔ خطی هفت‌پیکر نظامی مربوط به قرن دهم ه.ق، متعلق به موزهٔ فیتزویلیام در انگلستان، روش‌های دستگاهی قابل حمل مختلفی مانند طیف‌سنجی زیرقرمز، طیف‌سنجی لیزریِ رامان، فلورسانس پرتو ایکس استفاده شده است. آنالیز سه پردهٔ مینیاتور از این کتاب که دو تا از آن‌ها دارای تاریخ ۹۳۱ ه.ق (۱۵۲۵م) و سومی مورخ ۱۰۸۶ ه.ق (۱۶۷۵م) است نشان داد که در این دوره‌ٔ حدوداً ۱۵۰ ساله مواد مورد استفاده توسط هنرمندان تغییر نداشته است. در این نقاشی‌ها برای تهیهٔ رنگ آبی از لاجورد، رنگ قرمز از شنگرف، رنگ سفید از سفید سرب، رنگ صورتی از قرمزدانه، رنگ بنفش از مخلوط قرمزدانه و لاجورد، رنگ زرد از زرنیخ، رنگ نارنجی مخلوطی از سرنج و زرنیخ و برای رنگ سبز از زنگار استفاده شده است (Anselmi et al, 2016). در پژوهش دیگری، یک نسخه عربی منقوش با استفاده از طیف‌نگاری میکروراما‌ن و فلورسانس اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. مواد مورد استفاده برای نگارش خطوط شامل شنگرف، دوده و احتمالاً کلسیت بوده است. در بخش‌های مختلف نقاشی‌ها وجود آناتاز روتیل، کلسیت، باریت و روی اکسید به عنوان رنگدانه سفید یا پرکننده به اثبات رسید، دوده به عنوان رنگ سیاه، هماتیت و ژئوتیت برای رنگ‌های مایل به قرمز، بتانفتول برای تهیه بخشی از رنگیزه قرمز، ترکیبات فتالوسیان برای تهیه رنگ‌های آلی آبی و سبز و بالاخره یک رنگدانه بر پایه برنج برای بخش‌های طلایی، در این نقاشی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از تیتانیوم اکسید (آناتاز و روتیل)، باریت و رنگیزه‌های آلی مصنوعی مانند بتا نفتول یا مس فتالوسیانین و مشتقات

آنها شاهدی محکم برای جعل، روتوش یا نقاشی دوباره برخی بخش‌های این نسخه، پس از قرن ۱۹ میلادی است. احتمال دارد که نوشته‌های نسخه اصل (از قرن ۱۴میلادی) باشد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً نقوش نسخه از اثر دیگری مربوط به این قرن کپی‌برداری شده است تا بعداً به قیمت گران‌تری فروخته شود (بیش بها).

گتنز (۱۳۸۹) در بررسی نسخه خطی اندرزنامه با تاریخ پیشنهادی قرن پنجم ه. ق محفوظ در موزه سین‌سیناتی، با استفاده از آزمایش‌های میکروشیمیایی و پراش اشعه ایکس نشان داد که یکی از رنگ‌های آبی این نسخه رنگدانه مصنوعی آبی مصری است که با توجه به تاریخ پیشنهادی برای آن، استفاده از آن غیرمعمول بوده است. همچنین در مینیاتورهای این نسخه، از سفید باریت و آبی پروس استفاده شده است که این رنگدانه‌ها در قرن ۱۸ میلادی ابداع و به بازار عرضه شده است. همچنین وجود رنگ‌های ترکیبی مانند مخلوط زرنیخ و آبی پروس برای ایجاد رنگ سبز و مخلوط ذغال و قرمز سرب برای قهوه‌ای قبلاً در نقاشی‌های ایرانی دیده نشده است، همه این شواهد نشان دهنده جعل در این نسخه خطی است.

مطالعات آزمایشگاهی

روش آزمایش

با توجه به نفیس بودن نسخه، تلاش شد از روش‌های غیرمخرب آزمایشگاهی استفاده شود اما در مواردی که امکان نمونه‌برداری وجود داشت، بدون آسیب به نسخه این امر انجام پذیرفت. در ابتدا همهٔ نمونه‌ها با لوپ از نوع زوم استریو میکروسکوپ [۲] یونیورسال با بزرگنمایی تا ۱۸۰ برابر بررسی و عکسبرداری شدند. برای شناسایی ترکیبی نمونه‌ها نیز از میکروسکوپ نوری مدل BK-POLT ساخت چین مجهز به نور پلاریزان(PLM) [۳] با بزرگنمایی تا ۶۰۰ برابر استفاده شد. برای آنالیز عنصری نمونه‌ها از روش طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس قابل حمل [۴] (micro-XRF) استفاده شد. دستگاه استفاده شده در این آنالیزها مدل Niton XL3T-THERMO ساخت آمریکا بود. برای شناسایی رنگینه‌های آلی و برخی از رنگدانه‌های معدنی از دستگاه طیف‌سنج زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR)[۵] استفاده شد. دستگاه مورد استفاده Nicolt مدل 510P ساخت آمریکا و Brucker مدل Tensor 27 مجهز به سلول انعکاسی ATR[۶] سل (ZnSe) ساخت کشور آلمان بود. برای آماده‌سازی نمونه‌ها، چند میلی گرم از نمونه با حدود ۲۰ برابر نمک پتاسیم

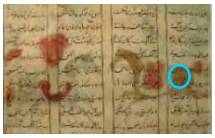
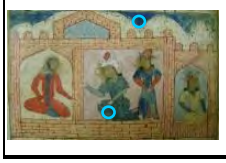
برمید (KBr) در یک هاون عقیق ساییده شد و سپس تحت خلاء با اعمال فشار ده اتمسفر تبدیل به قرص شفاف با ضخامت یک میلیمتر شد. در مواردی که امکان نمونه‌برداری وجود نداشت از روش بازتابش کلی تضعیف شده (ATR) استفاده شد. طیف‌ها برای روش قرص در ناحیه cm^{-1} ۴۰۰۰-۴۰۰، با ۳۲ بار پیمایش و تفکیک $4cm^{-1}$ در دما و رطوبت اتاق ثبت شدند.

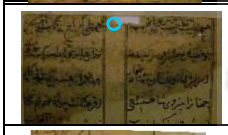
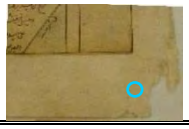
معرفی نمونه‌های مطالعه شده

در این پژوهش ۳۱ نمونه به منظور شناسایی الیاف، بستر نقاشی و رنگ‌ها با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی غیرتخریبی مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول۱). در این کار سعی شد تا حد امکان آسیبی به نسخه و رنگ‌های آن وارد نشده و از انجام آنالیزهایی که نیاز به نمونه‌برداری بیشتری داشت خودداری شد. در جدول ۱ اطلاعات مربوط به نمونه‌ها و محل نمونه برداری ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱: معرفی نمونه‌های مورد مطالعه

شماره نمونه	شماره برگ	نوع نمونه	رنگ نمونه	محل نمونه	تصویر
۱	۱۰	رنگ	قرمز	شلوار سوار دوم از سمت راست	
۲	۱۰	رنگ	قرمز	کلاه	
۳	۱۰	رنگ	سیاه	بدن مرد سیاه‌پوست اول از سمت چپ	
۴	۲۳	رنگ	قرمز	لباس سوار دوم از سمت چپ	
۵	۲۳	رنگ	قرمز	لباس سوار دوم از سمت راست	
۶	۲۳	رنگ	زرد	لباس سوار دوم از سمت چپ	
۷	۲۳	رنگ	صورتی	گوشه تصویر سمت راست پایین	
۸	۲۳	رنگ	سیاه	بدنه اسب	
۹	۲۳	رنگ	آبی کم‌رنگ	آسمان گوشه سمت چپ بالا	
۱۰	۲۳	رنگ	خاکستری	بدنه اسب	
۱۱	پشت ۲۳	کاغذ	قهوه‌ای	پشت اسب خاکستری	
۱۲	پشت ۳۰	رنگ	آبی کم‌رنگ	آسمان گوشه سمت راست بالا	
۱۳	پشت ۶۱	رنگ	صورتی	زمینه پنجره سمت چپ پایین	
۱۴	پشت ۶۳	رنگ	سبز	لباس مرد ایستاده در کادر چپ	
۱۵	پشت ۶۳	رنگ	آبی کم‌رنگ	آسمان	
۱۶	پشت ۶۳	رنگ	زرد	لباس	
۱۷	پشت ۶۳	رنگ	قرمز	لباس	
۱۸	پشت ۶۳	رنگ	آبی	لباس	
۱۹	۱۰۰	رنگ	آبی	آسمان	
۲۰	۱۰۰	رنگ	آبی	لباس مرد نشسته کادر وسط	

شماره نمونه	شماره برگ	نوع نمونه	رنگ نمونه	محل نمونه	تصویر
۲۱	۱۰۶	الیاف کاغذ	-	بخش سفید کاغذ فاصله بین ستون سوم و چهارم سمت چپ	
۲۲	۱۳۵	رنگ	آبی	سر لوح پایین	
۲۳	پشت ۱۳۸	رنگ	آبی	آسمان	
۲۴	پشت ۱۳۸	رنگ	قهوه‌ای	بدنه اسب	
۲۵	۱۴۲	رنگ	سفید	چتر	
۲۶	پشت ۱۵۵	رنگ	آبی	سرلوح	
۲۷	پشت ۱۵۵	رنگ	طلایی	سرلوح	
۲۸	پشت ۱۵۹	رنگ	نارنجی	زمینه	
۲۹	پشت ۱۵۹	رنگ	قهوه‌ای	بدنه اسب	
۳۰	۱۷۶	الیاف کاغذ	-	متن	
۳۱	۱۷۶	الیاف کاغذ	-	حاشیه	

شناسایی الیاف و آهار کاغذ

برای شناسایی نوع الیاف به کار رفته در کاغذ دو روش اصلی وجود دارد: روش اول ریخت‌شناسی الیاف است که با استفاده از میکروسکوپ با نور پلاریزان و مقایسه با نمونه شاهد انجام می‌شود و روش دوم رنگ‌آمیزی الیاف با معرف‌های شیمیایی و مشاهده تغییر رنگ آنهاست.

در این پژوهش به دلیل کم بودن مقدار نمونه و نیز به دلیل کافی بودن شناسایی با مطالعه میکروسکوپی، فقط از روش اول استفاده شد. به این منظور بر اساس استاندارد ISO 9184-1 (ISO 1990) جهت شناسایی مورفولوژی الیاف کاغذ، ابتدا دو نمونه بسیار کوچک از متن و حاشیه برگ ۱۷۶ این نسخه برداشته شد (تصویر۷). سپس نمونه‌ها جداگانه در داخل یک بشر حاوی آب مقطر با هیدروکسید سدیم یک درصد به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد. سپس آب داخل آن تخلیه شده و الیاف توسط اسید کلریدریک دو درصد شستشو شد. در مرحله آخر و پس از اطمینان از جدا شدن آهار، نمونه‌ها مجدداً با آب مقطر شستشو شدند و بر روی لام منتقل گردیدند. طبق استاندارد مذکور باید لام‌ها برای خشک شدن روی یک هیتر قرار می‌گرفت که به دلیل آنکه بر اساس تجربه ثابت شده بود حرارت باعث چسبیدن الیاف به یکدیگر شده و عمل شناسایی را با مشکل مواجه می‌سازد، لام‌ها به مدت یک شب در هوای اتاق خشک شد و روز بعد شماره‌گذاری و مطالعه گردید.

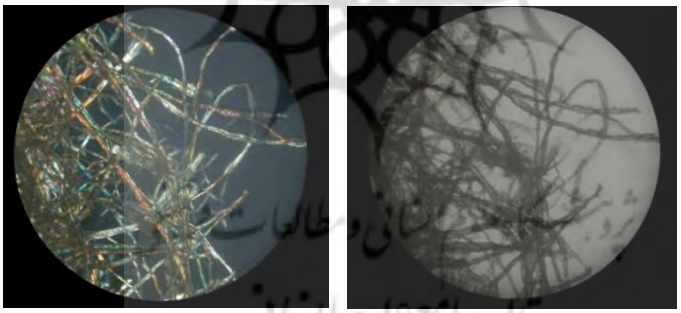
تصویر ۷: پشت و روی برگ ۱۷۶

بررسی نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ با نور معمولی و نور پلاریزان و مقایسه با اطلس الیاف (Mcbride, 2002) نشان داد که نمونه حاشیه حاوی الیاف کنف و کتان بود. همان‌گونه که در تصویر شماره ۸ مشاهده می‌شود الیاف کتان دارای کانال سرتاسری (لومن) درون لیف هستند و لایه‌های متعدد مواد صمغی (پکتین) در آنها قابل مشاهده است. الیاف کنف پهن‌تر از کتان هستند و در کانال‌های سراسری در دو لبه دیده می‌شود (همان).

تصویر۸: (راست) تصویر میکروسکوپی الیاف کاغذ حاشیه نسخه پنج گنج در زیر نور معمولی، (چپ) همان نمونه زیر نور پلاریزان، بزرگنمایی X200

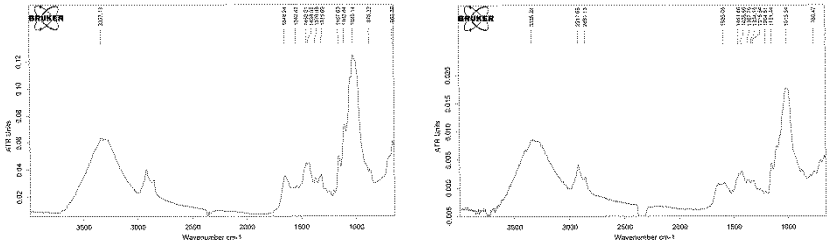
نمونه برداشت شده از متن نسخه نیز طی مراحل بالا نمونه‌سازی شد. مطالعه میکروسکوپی نمونه نشان داد که برای ساخت کاغذ متن نیز از مخلوط الیاف کتان و کنف استفاده شده است اما در الیاف کاغذ متن، کتان بیشتری و در الیف کاغذ حاشیه، کنف بیشتری به کار رفته است (تصویر۹)

.



تصویر۹: (راست) تصویر میکروسکوپی الیاف کاغذ متن نسخه پنج گنج در زیر نور معمولی، (چپ) همان نمونه زیر نور پلاریزان، بزرگنمایی X200

برای مطالعه آهار به کار رفته در کاغذ این نسخه، از صفحات مختلف کتاب طیف FTIR گرفته شد (تصویر۱۰). نتایج نشان داد که کاغذ متن، آهاری متفاوت از حاشیه دارد.

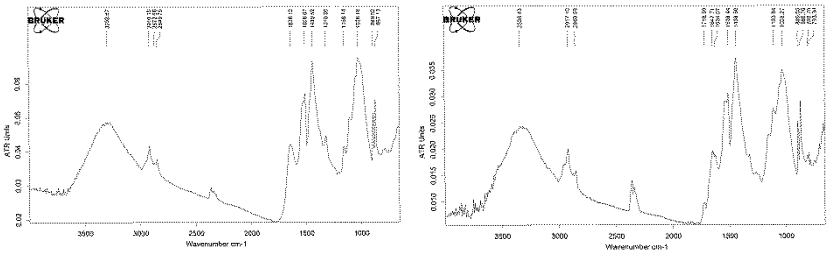


تصویر ۱۰: (راست) طیف ATR- FTIR برگ ۱۷۶، (چپ) طیف ATR -FTIR برگ ۱۰۶

نوارهای جذبی مشخصه در طیف‌های FTIR نشان دهنده الیاف سلولز کاغذ در نواحی cm^{-1} ۱۰۲۵و ۱۴۲۸و ۱۶۴۸و ۲۹۱۷ است که در تمامی کاغذها وجود دارد. اما برای مثال طیف گرفته شده از برگ ۱۰۶ دارای نوار کوچکی در ناحیه cm^{-1} ۱۵۴۲ است که نشان دهنده وجود آهار پروتئینی است.

شناسایی بستر نقاشی

برای شناسایی بستر نقاشی پس از بررسی طیف‌های ATR-FTIR رنگ‌ها، مشخص شد که در تمام رنگ‌های به کار رفته در نقاشی، هانتیت[۷] یا گل سفید با نام شیمیایی کربنات دوتایی کلسیم و منیزیم با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ وجود دارد. به نظر می‌رسد از این ماده به عنوان زیرسازی نقاشی‌های روی کاغذ استفاده شده است. طیف ATR-FTIR دو رنگ در تصویر ۱۱ آمده است. نوارهای جذبی ناحیه cm^{-1} ۱۵۰۸و ۱۴۳۹و ۸۸۹ و۸۶۷ در تصویر ۱۱ (راست) و نوارهای جذبی cm^{-1} ۱۵۰۸و ۱۴۳۸و ۸۸۹ و۸۶۶ در تصویر ۱۱ (چپ) مربوط به هانتیت می‌باشد (Bell, et al. 1997). نوارهای مربوط به رنگ به علت ساختار معدنی رنگدانه‌ها در این دو طیف مشاهده نشد. عدم وجود هانتیت در طیف FTIR نمونه‌های کاغذ ثابت می‌کند که از این ماده فقط برای زیرسازی نقاشی‌ها استفاده شده است.



تصویر۱۱: (راست) طیف ATR- FTIR رنگ قرمز نمونه ٤، (چپ) طیف ATR- FTIR رنگ سیاه نمونه ۳

خصوصیات هانتیت

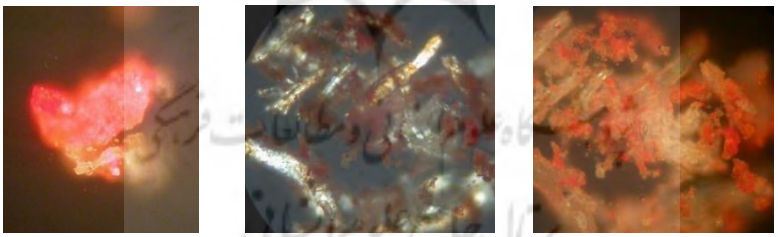
ایران تنها کشوری است که سابقه‌ای طولانی در استفاده وسیع از گل سفید یا هانتیت دارد. منابع غنی گل سفید یزد از اولین معادن مورد بهره‌برداری گل سفید در ایران بوده‌اند (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور تاریخ) بهره‌برداری و استفاده از گل سفید در ایران نیز به طور دقیق مشخص نیست. اما به نظر می‌رسد به قرن‌ها پیش برگردد. احتمالاً مهم‌ترین خاصیت گل سفید که موجب شده است این ماده از زمان قدیم مورد استفاده قرار گیرد، آن است که این ماده نیازی به خرد کردن و تجهیزات نداشته و هنگام قرار گرفتن در آب، به راحتی از هم می‌پاشد و تشکیل یک محلول کلوئیدی می‌دهد.

کاربرد این ماده در زیرسازی تعدادی از آرایه‌ها و نقاشی‌های دیواری استان یزد ثابت شده است. از جمله این آثار می‌توان به دیوارنگاره‌های مسجد جامع ابرکوه در شهر ابرکوه متعلق به دوره تیموری(Holakooei,2015)، دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین یزد متعلق به دوره ایلخانی (حمزوی و وطن دوست، ۱۳۹۳)، آرایه‌های مدرسه ضیائیه یا زندان اسکندر متعلق به قرن هشتم ه.ق (حسینی، ۱۳۹۴) و نقاشی‌های دیواری خانه تاریخی ملک‌التجار در یزد متعلق به دوره قاجاریه (بهادری، ۱۳۹۴) اشاره کرد که در تمامی آنها از این ماده به عنوان زیرسازی نقاشی و گاهی رنگ سفید استفاده شده است.

شناسایی رنگ‌های به کار رفته در نقاشی‌ها و تزئینات سرلوح

شناسایی رنگ قرمز

رنگ قرمز در نمونه‌های۱، ۲، ۴، ۵ و ۱۷ با استفاده از روشmicro-XRF و روش میکروسکوپی شناسایی شدند. این رنگ در نمونه‌های ۱ و ۲ با استفاده از روش micro-XRF و بدون نمونه‌برداری و سایر رنگ‌های قرمز با استفاده از روش PLM شناسایی شدند. نتایج نشان داد که در همه رنگ‌های قرمز از رنگدانه شنگرف[۸] (HgS) استفاده شده است. نتایج آنالیز عنصری در نمونه‌های ۱ و ۲ نشان دهنده وجود عناصر جیوه (Hg)، روی (Zn)، آهن (Fe) در رنگ‌های قرمز بود که به دلیل حضور جیوه، رنگدانه به کار رفته شنگرف است. اما در سه نمونه ۴، ۵ و ۱۷ از روش میکروسکوپی استفاده شد که در این روش نیز رنگدانه شنگرف در نمونه‌ها شناسایی شد. این رنگدانه در نور پلاریزه دارای رنگ قرمز تیره است. اندازه اجزاء سازنده کوچکتر از یک میکرون است. در نور انعکاسی دارای رنگ قرمز تا قرمز نارنجی است. و دارای انعکاس داخلی شدید همراه با بیرفرنژانس بالاست. تصاویر میکروسکوپی نمونه ۴ در تصویر ۱۲ آمده است. طیف FTIR همه نمونه‌های قرمز فقط شامل هانتیت بود که به علت استفاده از آن در زیرسازی نقاشی است. شنگرف در طیف FTIR جذبی ندارد و شناسایی نمی‌شود.



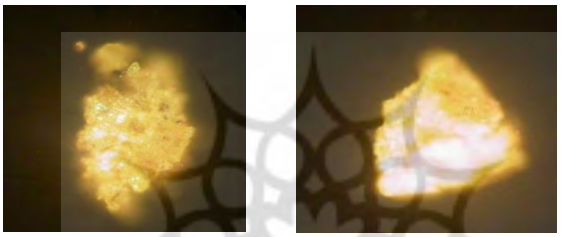
C B A

تصویر ۱۲: تصاویر PLM نمونه ٤ در نورهای مختلف:

A- در نور پلاریزه B- در نور انعکاسی C- شنگرف در نور پلاریزه، بزرگنمایی X400

شناسایی رنگ زرد

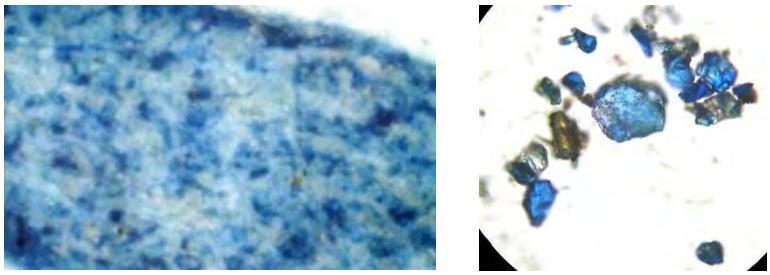
رنگ زرد در نمونه‌های ۶ و ۱۶ با روش میکروسکوپی شناسایی شدند. نتایج PLM نشان داد که رنگدانه به کار رفته زرنیخ یا اورپیمنت (As_2O_3)[۹] است که معمولاً با مقدار اندکی رآلگار[۹] (As_4O_4) همراه است. اورپیمنت در نور پلاریزه دارای رنگ زرد و چند رنگی شدید همراه با انعکاس داخلی بالا می‌باشد. کانی اورپیمنت چند رنگی ضعیف دارد و در زیر میکروسکوپ معمولاً خاکستری دیده می‌شود. در نور متقاطع (XPL) معمولاً چند رنگی شدید دارد. اندازه اجزاء سازنده کمتر از یک میکرون است (تصویر۱۳).



تصویر۱۳: تصاویر PLM نمونه‌های ٦ و ١٦ رنگ زرد که هردو زرنیخ هستند، بزرگنمایی X400

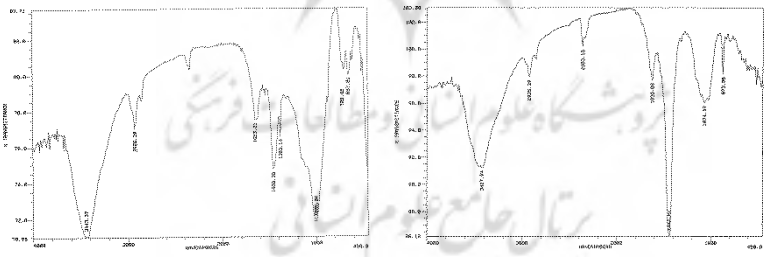
شناسایی رنگ آبی

در نقاشی‌های این نسخه خطی، رنگ آبی به دفعات و در فام‌های مختلف به کار رفته است. برای شناسایی نه رنگ آبی در نمونه‌های ردیف ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۶ از روش‌های FTIR و PLM استفاده شد. رنگ آبی کم‌رنگ در نمونه‌های ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۰ نیل[۱۰] و رنگ‌های آبی پررنگ نمونه‌های ۱۹، ۲۲ و ۲۶، لاجورد[۱۲] و نمونه ۲۳ مخلوط نیل و لاجورد تشخیص داده شدند. رنگدانه نیل به کار رفته در نمونه‌های ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۰ که در دوره‌های مختلف و به کرات در کتاب‌آرایی نسخه‌های خطی متعددی نیز به کار رفته است، خواص نوری مشخصی دارد که شناسایی آن را در زیر میکروسکوپ به آسانی امکان‌پذیر می‌سازد. نیل در نور پلاریزه از آبی کم‌رنگ تا آبی پررنگ در نوسان است. این ماده آنایزوتروپ بوده و اندازه اجزاء سازنده بزرگ‌تر از یک میکرون نیست (تصویر۱۴).



تصویر ١٤: تصاویر PLM از دو رنگ آبی به کار رفته در نمونه ۲۰ (راست) که لاجورد و نمونه ۱۵ (چپ) که نیل است. بزرگنمایی X400

طیف FTIR نمونه ۹ نیز نشان دهنده وجود نیل و کلسیم کربنات (کلسیت) است. کلسیت به عنوان پر کننده همراه با نیل به کار رفته و بخوبی در طیف FTIR مشخص است. نوار ناحیه cm^{-1} ۱۶۲۰ نشان دهنده نیل و نوار ناحیه cm^{-1} ۱۴۴۴و۸۷۳ مربوط به کلسیت است. نمونه‌های ۱۹ و ۲۶ فقط به وسیله FTIR شناسایی شدند. در طیف FTIR cm^{-1} ۱۰۰۵ مربوط به لاجورد است (تصویر ۱۵- چپ). در بررسی‌های میکروسکوپی این رنگدانه، در زیر نور پلاریزه از آبی کم‌رنگ تا آبی پررنگ دیده می‌شود. این کانی ایزوتروپ[۱۳] ریزبلور است و دارای حاشیه زاویه‌دار است. اندازه اجزاء سازنده بزرگ‌تر از یک میکرون نیست.

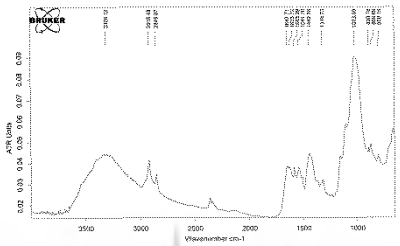


تصویر ۱۵: طیف FTIR نمونه ۹ (راست) که نشان دهنده نیل و کلسیت است، نمونه ۱۹ (چپ) که نشان دهنده لاجورد است.

شناسایی رنگ سبز

این رنگ فقط در نگاره پشت برگ ۶۳ نسخه و در لباس فرد بکار رفته است (نمونه ۱۴). برای

شناسایی آن از روش ATR-FTIR که یک روش بدون نمونه‌برداری است، استفاده شد. در طیف این رنگ، نوار ناحیه cm^{-1} ۱۵۸۳ نشان دهنده زنگار (وردیگریس)[۱۴]، نوارهای ناحیه cm^{-1} ۱۵۴۱و۱۴۴۲و ۸۶۹ و۸۹۰ نشان دهنده هانتیت و نوار ناحیه cm^{-1}۱۰۲۳ نشان دهنده سلولز کاغذ است. (تصویر۱۶)



تصویر۱٦: طیف ATR- FTIR رنگ سبز نمونه ١٤

شناسایی رنگ سیاه

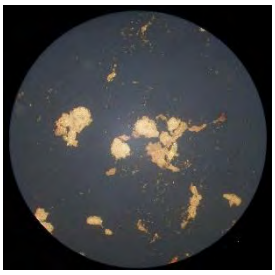
بررسی رنگ سیاه نمونه ۸ با روش PLM نشان داد که این رنگ گرافیت یا کربن سیاه است (تصویر ۱۷). همچنین آنالیز نمونه با روش ATR-FTIR نشان دهنده وجود هانتیت است که به عنوان زیرسازی به کار رفته است. کربن در FTIR هیچگونه جذبی ندارد و PLM تنها روش برای شناسایی رنگ سیاه است. علاوه بر این، نمونه ۳ با روش micro-XRF بررسی شد. نتایج نشان داد که این رنگ علاوه بر کربن حاوی عناصر آهن، روی و سرب است.

تصویر ۱۷: تصاویرPLM رنگ سیاه در نور پلاریزان (راست) و نور معمولی (چپ) بزرگنمایی X400

شناسایی رنگ خاکستری

نتایج PLM رنگ خاکستری که در رنگ‌آمیزی بدنه اسب به کار رفته (نمونه ۱۰)، نشان می‌دهد که در این رنگ مخلوطی از رنگ‌های قرمز، آبی، سفید و سیاه به کار رفته است، ولی نوع

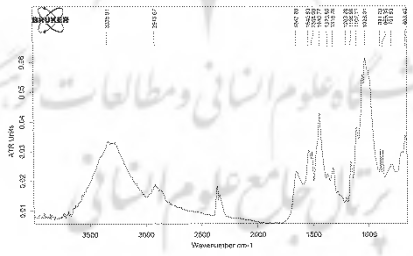
ترکیبات به علت کم بودن مقدار نمونه رنگ‌ها شناسایی نشد. (تصویر ۱۸)



تصویر ۱۸: تصویر میکروسکوپی رنگ خاکستری در نور پلاریزان که نشان دهنده حضور رنگ‌های مختلف است، بزرگنمایی X400

شناسایی رنگ سفید

رنگ سفید در اغلب نقاشی‌های این نسخه دیده می‌شود. برای شناسایی آن، نمونه ۲۵ آنالیز گردید. طیف FTIR این رنگ نشان داد، ماده به کار رفته در رنگ سفید هانتیت است. هانتیت هم در زیرسازی و هم به عنوان رنگدانه سفید به کار رفته است. نوارهای ناحیه $1504 cm^{-1}$ و ۱۵۰۸ و ۱۴۴۰ و ۱۱۰۷ و ۸۹۱ و ۸۶۹ مربوط به هانتیت است (تصویر ۱۹).

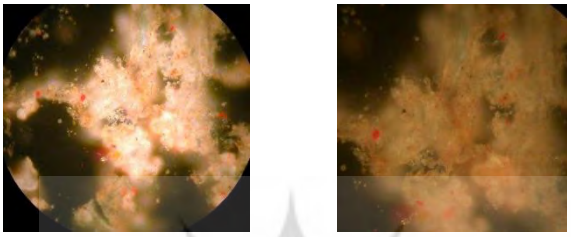


تصویر ۱۹: طیف ATR-FTIR رنگ سفید نمونه ۲۵ که در آن هانتیت شناسایی شد.

شناسایی رنگ صورتی

این رنگ در اغلب مجالس نقاشی نسخه پنج گنج دیده می‌شود. برای شناسایی رنگ صورتی به کار رفته در نمونه ۷ از روش PLM استفاده شد. نتایج نشان داد این رنگ مخلوطی از رنگ

سفید و قرمز شنگرف است (تصویر ۲۰). جهت شناسایی رنگ سفید از نمونه طیف FTIR گرفته شد. نتایج نشان داد رنگ سفید هانتیت است. بررسی آرایه‌ها و نقاشی‌های نسخ خطی نشان داده است که استفاده از مخلوط رنگدانه‌ها برای ایجاد رنگ‌های ترکیبی در اغلب دوره‌ها بسیار متداول بوده است. (مایل هروی، ۱۳۷۲)



تصویر ۲۰: تصاویر میکروسکوپی رنگ صورتی که در آن استفاده از دو رنگ قرمز شنگرف و سفید هانتیت به خوبی مشهود است، بزرگنمایی X400

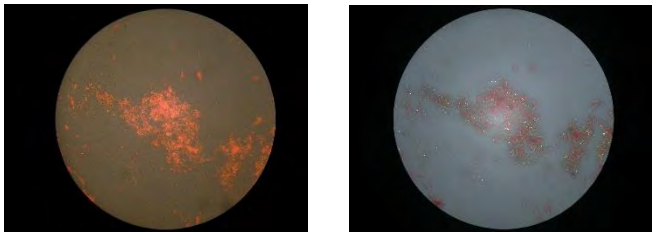
شناسایی رنگ طلایی

رنگ طلایی در سرلوح و جدول کشی‌ها به کار رفته است (تصویر ۲۱). برای شناسایی این رنگ (نمونه ۲۷) از micro-XRF استفاده شد. نتایج نشان داد طلا با درصد بالا به همراه سرب و روی بکار رفته است.

تصویر ۲۱: رنگ طلایی به کار رفته در سرلوح و جدول‌کشی‌ها

شناسایی رنگ نارنجی

بررسی‌های میکروسکوپی رنگ نارنجی نمونه ۲۸ نشان داد این رنگ نیز مخلوطی از زرد و قرمز است که رنگدانه زرد، زرنیخ و رنگدانه قرمز، شنگرف است. (تصویر ۲۲)



تصویر ۲۲: تصاویرPLM رنگ نارنجی در نور پلاریزان (راست) و نور معمولی (چپ)، بزرگنمایی X400

شناسایی رنگ قهوه‌ای

کاربرد این رنگ در نقاشی‌های این نسخه تا حدودی زیاد است. نتایج بررسی این رنگ به روش میکروسکوپی نشان می‌دهد این رنگ نیز مخلوطی از رنگ قرمز با یک رنگدانه دیگر است. رنگدانه قرمز، شنگرف است ولی رنگدانه دیگر، شناسایی نشد (تصویر ۲۲).

تصویر ۲۲: تصویر میکروسکوپی رنگ قهوه‌ای (نمونه ٢٤) که نشان دهنده وجود شنگرف و رنگدانه دیگری است که این رنگدانه در زیر میکروسکوپ شناسایی نشد، بزرگنمایی X400

نتیجه‌گیری

در این کار، نسخه خطی ارزشمند پنج گنج نظامی، متعلق به قرن هشتم ه.ق (قرن ۱۴ میلادی) بررسی و مواد به کار رفته در کاغذ، تزئینات و نقاشی‌های آن با استفاده از روش‌های دستگاهی غیرتخریبی یا با نمونه‌برداری اندک، شناسایی شدند. نتایج بررسی با میکروسکوپ نوری پلاریزان وجود مخلوط کتان و کنف را در کاغذ متن و حاشیه ثابت کرد.

برای شناسایی رنگ‌های به کار رفته در نقاشی‌های این نسخه خطی از سه روش آنالیز

micro-XRF، PLM و ATR-FTIR استفاده شد. نتایج نشان داد که در زیرسازی همه نقاشی‌های این نسخه خطی ماده‌ای به نام هانتیت یا کربنات دوتایی منیزیم کلسیم که در ایران به گل سفید شناخته می‌شود به کار رفته است. این ماده در زیرسازی نقاشی‌های دیواری کاربرد داشته است، اما اولین بار است که وجود آن در زیرسازی نقاشی روی کاغذ ثابت شده است. نتایج آنالیز ۲۷ رنگ به کار رفته در سرلوح و نقاشی‌های ۱۱ برگ از این نسخه خطی نشان داد که تمامی رنگ‌های قرمز: شنگرف، آبی پررنگ: لاجورد، آبی کم‌رنگ: نیل، زرد: زرنیخ، طلایی: طلا، سبز: وردیگریس یا زنگار، سفید: هانتیت و سیاه: دوده بودند. سایر رنگ‌های به کار رفته در این نسخه مثل صورتی، نارنجی، خاکستری و قهوه‌ای از مخلوط دو یا سه رنگ زرنیخ، شنگرف، دوده و هانتیت به دست آمده بودند. کاربرد تمامی رنگدانه‌های شناسایی شده در این نسخه خطی، در قرن هشتم ه.ق متداول بوده و در متون قدیمی از همه آنها بجز هانتیت نام برده شده است (پورتر،۱۳۸۹). با توجه به اثبات وجود هانتیت در بستر نقاشی‌های دیواری مسجد جامع ابرکوه که متعلق به اوایل قرن ۱۷ میلادی است (Holakooei,2015)، نمی‌توان از آن به عنوان یک رنگدانه جدید نام برد. کار بر روی این نسخه ادامه دارد و بررسی آسیب‌شناسی نسخه و همچنین شناسایی مرکب آن در دست کار است که هر یک در مجلات تخصصی مرمت و نسخه‌شناسی منتشر خواهد شد.

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از کلیه بزرگوارانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند:

سرکار خانم دکتر فاطمه فهیم‌نیا رئیس محترم وقت کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران، سرکار خانم طاهره رشیدی معاون محترم کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران، سرکار خانم دکتر سوسن اصیلی مسئول محترم وقت بخش نسخ خطی کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران، جناب آقای نادر مطلبی کاشانی سردبیر محترم وقت مجله نامه بهارستان، جناب آقای مهندس سیدایرج بهشتی مسئول محترم آزمایشگاه پتروگرافی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی، سرکار خانم سحر نوحی مسئول محترم بخش FTIR پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی.

پی نوشت

۱- در این جلسه علی اکبر اشعری مشاور وقت رئیس جمهور و رئیس وقت کتابخانه ملی، دکتر فاطمه فهیم‌نیا رئیس وقت کتابخانه مرکزی ومرکز اسناد دانشگاه تهران، دکتر سوسن اصیلی رئیس وقت بخش نسخ خطی کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران، استاد محمدحسن سمسار نسخه پژوه، ری ادگار ادموندسون رئیس کمیته منطقه‌ای آسیا- اقیانوسیه برنامه حافظه جهانی، بولینا کاپول رئیس انجمن آرشیو سمعی بصری جنوب شرق آسیا و اقیانوسیه و تعدادی از کارشناسان مراکز مهم کتابخانه‌ای و آرشیوی کشورهای ترکیه، استرالیا، زیمباوه، فیلیپین، آذربایجان و قرقیزستان حضور داشتند.

2- Stereo Microscope

3- Polarized Light Microscopy (PLM)

4- Portable X-Ray Fluorescence (XRF)

5- Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

6- Attenuated Total Reflection (ATR).

7- Huntite: $Mg_3Ca(CO_3)_4$

8- Cinnabar, Vermillion: HgS

9- Orpiment: As_2S_3

10- Realgar: As_4S_4

11- Indigo: $C_{16}H_{10}N_2O_2$

12- Ultramarine/ Lapis Lazuli/Lazurite: $Na_{8\text{-}10}Al_6Si_6O_{24}S_{2\text{-}4}$

13- Isotropic

14- Verdigris: $Cu(CH_3COO)_2.nCu(OH)_2$

منابع

بهادری، رؤیا، منتظری هدشی، منا، جهانگیری، سمیه (۱۳۹۴). بررسی مواد و رنگدانه‌های به کار رفته در یک خانه تاریخی در یزد، مجموعه مقالات نهمین همایش حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی فرهنگی و تزیینات وابسته به معماری، ساری، ۱۳۸۸ (ص ۷۱-۶۵).

پورتر، ایو (۱۳۸۹). آداب و فنون نقاشی و کتاب‌آرایی. زینب رجبی (مترجم). فرهنگستان هنر.

(ص ۴۰، ۸۷).

حسینی، بهشاد، خوبانی ربانی، مینا، اصفهانی پور، فائزه (۱۳۹۴). بررسی و مطالعه مواد و فنون به کار رفته در آرایه‌های رنگی مدرسه ضیاییه شهر یزد، همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران، یزد.

حمزوی، یاسر، وطن دوست، رسول (۱۳۹۳). مطالعه و بررسی فنی لایه‌های دیوار نگاره سقف گنبد بقعه سید رکن الدین یزد، برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی، به کوشش مهدی رازانی، بهرام آجورلو، تبریز، (ص۳۰۹).

دانش پژوه، محمدتقی (۱۳۴۵). فهرست نسخه‌های خطی کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران. تهران: چاپخانه دانشگاه تهران (ج ۱۵، ص ۴۱۳۹)

شهابی، علی اکبر (۱۳۳۴). نظامی شاعر داستاسرا. انتشارات کتابخانه ابن سینا. چاپ کیهان. (ص الف)

شریفی، محمد (۱۳۸۷). فرهنگ ادبیات فارسی. محمدرضا جعفری (ویراستار). تهران: فرهنگ نشر نو- انتشارات معین. (ص ۱۴۱۸)

گرابر، الک (۱۳۹۰). مروری بر نگارگری ایرانی. مهرداد وحدتی دانشمند (مترجم). فرهنگستان هنر. ص۷۳-۷۲)

گتنز، رادرفور (۱۳۸۹). آزمایش‌های فنی اولیه بر روی رنگ‌های به کار رفته در نسخه خطی اندرزنامه (کاپوسنامه). رؤیا بهادری (مترجم). نامه بهارستان. سال یازدهم. (دفتر هفده، ص ۱۸۱-۱۹۰).

مایل هروی، نجیب (۱۳۷۲)، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی. «واژگان نظام کتاب‌آرایی» مشهد، آستان قدس رضوی، بنیاد پژوهش‌های اسلامی (ص ۶۶۴)

مدت (۱۳۸۸). دو ماهنامه دانشگاه تهران. شماره ۲. (ص ۳۲-۳۳)

References

A. Duran, M. L. Franquelo, M. A. Centeno, T. Espejoc and J. L. Perez-Rodrigueza, (۲۰۱۱), Forgery detection on an Arabic illuminated

manuscript by micro-Raman and X-ray fluorescence spectroscopy, J. Raman Spectrosc.Vol. ٤٢, (PP ٤٨–٥٥).

Anselmi, K.; et al. (٢٠١٦). "MOLAB® meets Persia: Non-invasive study of a sixteenth-century illuminated manuscript Chiara". Studies in Conservation, Sup. ١, (pp١٩٢-١٨٥).

Bell, Ian M., Robin J.H. Clark, Peter J. Gibbs (١٩٩٧), Raman Spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre- ≈ ١٨٥٠AD), Spectrochim. Acta. A, ٥٣, .٢١٥٩

Burgio, Lucia, Robin J. H. Clark, S. F. Muralha and Tim Stanley (٢٠٠٨), Pigment analysis by Raman microscopy of the non-figurative illumination in ١٦th- to ١٨th-century Islamic manuscripts, J. Raman Spectrosc. (www.interscience.wiley.com) DOI: ١٠,١٠٠٢/jrs..٢٠٢٧

Holakooei, P. and Karimy, A.H. (٢٠١٥), Micro-Raman spectroscopy and X-ray fluorescence spectrometry on the characterization of the Persian pigments used in the pre-seventeenth century wall paintings of Masjid-i Jāme of Abarqū, central Iran, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, ١٣٤, ٤٢٧-٤١٩. doi: ١٠,١٠١٦/j.saa..٢٠١٤,٠٦,١٢٣

Marie L. Swietochowski and Stefano Carboni(١٩٩٤), Illustrated Poetry and Epic images. Persian Paintings of the ١٣٣٠s and ١٣٤٠s, New York .

Mcbride, C., (٢٠٠٢), A Pigment Particle and Fiber Atlas for Paper Conservator,. Cornell University. (pp ٤٦, ٥٦)

O, Kakueea;_V. Fathollahia, P. Oliaiya, M. Lamehi-Rachtia, M. Sharafib and M.B. Kasiri, (٢٠١٤), PIXE Analysis of Persian Miniature Used in ١٦th Century Poetry Manuscript, ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. ١٢٥, (PP ١٢٤٨-١٢٤٤) .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی