



A Spectral Imaging Examination of Cultural Artifacts: Study of Three Historical Artifacts from Great Museum of Khorasan

Ehsan Harati ^{*1}, Mahmoud Bakhtyari Shahri ²

1. Archaeological materials researcher, Great Museum of Khorasan, Iran
2. Faculty of Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Mashhad, Iran

Vol. 3, No. 1, Spring 2020

Received: 2020/04/28

Accepted: 2020/06/30

DOI:

Corresponding Author:
Ehsan Harati, Archaeological materials researcher, Great Museum of Khorasan, Iran, Email: Harati.1773231@uniroma1.it



Abstract

Reflection and fluorescent imaging techniques play a very important role in conservation of cultural heritage. Visible images are the best tool to register and inspect an art work in the absence of it. Nowadays modern digital camera facilitate this process. Additionally, ultraviolet (UV) images are a good tool to analyse painting surface layer and investigate the conservation state of objects. Also, UV florescent reveals information about chemical nature of varnish, pigments, restoration treatment and retouches. This technique is fast, inexpensive and in-situ. In current paper, we investigated the potential of ultra-violet fluorescence and visible reflectance technique to investigate the current conservation state of an oil painting and two manuscripts. The apparent characteristics of the work were examined and recorded by image of Visible light and image of fluorescence. The Florence image has patched up areas that have lost their color or identified areas that had been restored, so the Florence image, in the absence of a history of the effect, gives a clear picture of the condition of the previous restoration and the damage done to the painting. Also, in examining a historical-cultural version, it was possible to identify the areas that had been biologically attacked. Examination of another manuscript with ultraviolet fluorescence radiation showed that the red color used in the prescription is probably a discolored pigment.

Keywords: Reflection method, Fluorescence, Conservation state, Cultural heritage, Great Museum of Khorasan



مطالعه و آسیب‌شناسی آثار فرهنگی - تاریخی با استفاده از روش‌های بازتابی و فلورسانس: مطالعه موردی سه اثر تاریخی موزه بزرگ خراسان

احسان هراتی^{۱*}، محمود بختیاری شهری^۲

۱. کارشناس ارشد دانش مواد در باستان‌شناسی، موزه بزرگ خراسان، مشهد، ایران

۲. عضو هیئت‌علمی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، خراسان رضوی، ایران

چکیده

روش‌های بازتابی (Reflection) و فلورسانس (Fluorescence) در مبحث تاریخ هنر و فرایند شناخت مواد و بررسی وضعیت و مرمت آثار تاریخی و هنری اطلاعات ارزشمندی را در اختیار پژوهشگران و مرمتگران قرار می‌دهد. تصاویر حاصل از نور مرئی (Visible Light) بهترین روش برای ثبت اثر و بررسی آن در غیاب اثر است. دوربین‌های دیجیتال مدرن این پدیده را تسریع و همگانی کرده‌اند. تصاویر اشعه ماوراءبنفش (Ultra-Violet (Uv)) برای آنالیز سطح نقاشی و بررسی وضعیت کنونی اثر و تشخیص رنگ‌دانه‌ها به کار می‌رود. این روش جزو روش‌های بازتابی و فلورسانس شمرده می‌شود. از این جهت که مقداری از آن از سطح نمونه بازتاب و در طول موج مرئی از سطح ساطع می‌شود. مقداری نیز به کمک سطح جذب می‌شود. این پژوهش به بررسی کیفی آسیب‌های یک تابلو نقاشی رنگ‌روغن و دو نسخه خطی به روش فلورسانس اشعه ماوراءبنفش و روش بازتابی نور مرئی پرداخته است. مشخصات ظاهری اثر به وسیله تصویر نور مرئی و تصویر فلورسانس بررسی و ثبت شد. تصویر فلورسانس محل‌هایی که رنگ خود را از دست داده‌اند، وصله‌کاری شده‌اند یا بخش‌هایی را که مرمتی هستند تشخیص داده‌اند؛ بنابراین تصویر فلورسانس، در غیاب تاریخچه اثر تصویر روشنی از وضعیت مرمت‌های پیشین و آسیب‌هایی که در تابلوی نقاشی ایجاد شده است، می‌دهد. همچنین در بررسی یک نسخه تاریخی - فرهنگی تشخیص بخش‌هایی که مورد حمله بیولوژیکی قرار گرفته‌اند میسر شد. بررسی نسخه خطی دیگر با اشعه فلورسانس ماوراءبنفش نشان داد که احتمالاً رنگ قرمز به کاررفته در نسخه، رنگ‌دانه اخراست.

واژه‌های کلیدی: روش بازتابی، فلورسانس، آسیب‌شناسی، مرمت، میراث فرهنگی، موزه بزرگ خراسان

سال سوم، شماره یک، بهار ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

DOI:

نویسنده مسئول:

احسان هراتی، کارشناس ارشد دانش مواد در باستان‌شناسی، موزه بزرگ خراسان،

مشهد، ایران

پست الکترونیک:

Harati.1373221@uniroma1.it



مقدمه

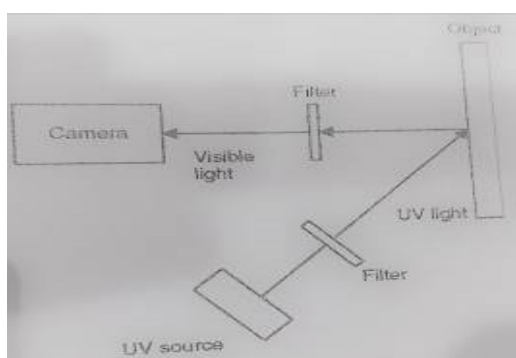
سال‌هاست که مرمتگران برای بررسی و آسیب‌شناسی آثار تاریخی و هنری از تکنیک‌های رادیوگرافی و تصویربرداری بهره می‌برند. تصویربرداری شامل تصویربرداری مادون قرمز انتقالی^۱، مادون قرمز بازتابی^۲ و فلورسانس تهییج شده توسط تابش فرابنفش است. هیچ‌کدام از تکنیک‌ها به صورت انحصاری برای بررسی حالت کنونی یا مرمت کفایت نمی‌کند. مرمتگر باید از این تکنیک‌ها آگاه باشد و بتواند آنها را با یکدیگر مقایسه کند (شکل ۱) (Bridgman and Gibson, ۱۹۶۳). تابش ماوراءبنفش به چند صورت برای بررسی اشیای تاریخی - فرهنگی استفاده می‌شود. بدین صورت که اشعه ماوراءبنفش به شیء تابانده و تابش بازتابی ثبت می‌شود. مانند بازتاب نگاری مادون قرمز، تابش بازتابی ماوراءبنفش نیز به وسیله لوازم عکاسی یا الکترونیکی قابل ثبت است. لکه‌های سطحی و پستی و بلندی‌های سطح به کمک این روش بزرگنمایی می‌شوند؛ بنابراین این روش برای مطالعه خواص سطحی یک شیء مانند کاغذ یا سند مفید است (استوارت، ۱۳۹۳).

برای بررسی دقیق در حالت فرابنفش بازتابی، اشعه ماوراءبنفش با طول موج بلند نیاز است که به دلیل پیچیدگی مسائل تکنیکی در این اثر از انجام آن صرف نظر شود، اما حالت فلورسانس فرابنفش به آسانی به هر دوربینی ضبط می‌شود و اطلاعاتی محدودتر حاصل می‌شود. تلفیق هر دو حالت، اطلاعات ارزشمندی را

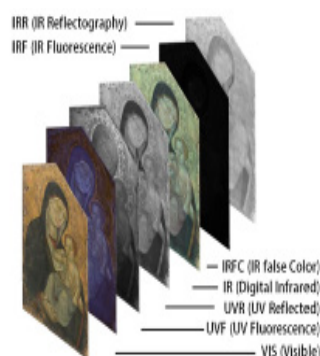
به صورت یکجا ارائه می‌دهد (Lettner et al. 2007; Miklas, 2007; Cosentino, 2014).

روش شناخته شده‌تر بررسی نقاشی‌ها و اسناد که بر پایه استفاده از تابش ماوراءبنفش است، روش فلورسانس ماوراءبنفش است (Janssens and Van Grieken, 2004; Mairinger: 2000). فلورسانس شکلی از پدیده لومینسانس است که مولکول تابش مدنظر را دریافت کرده و الکترون‌ها حالت برانگیخته پیدا می‌کنند. در ادامه این تابش به باز نشر یک اشعه با طول موج بالاتر (طیف مرئی) می‌انجامد. رنگ پرتو نور مرئی ساطع شده نشان‌دهنده نوع ماده است. در صورت حذف منبع تابش پدیده فلورسانس نیز به سرعت قطع می‌شود (Cosentino, 2015; Lettner et al., 2007; Miklas, 2007; استوارت، ۱۳۹۳). مواد آلی و مرمتی، رنگ‌دانه‌های مدرن و سنتی، چسب، روغن‌ها، ورنی همگی تولید فلورسانس می‌کنند. از تکنیک فلورسانس می‌توان به صورت کیفی و در محل بهره^۳ برد. (Comelli et al. 2008)

دستگاه فلورسانس ماوراءبنفش شامل یک لامپ تابش ماوراءبنفش و فیلم و دوربین‌های ویدئویی است که برای ثبت تصاویر استفاده می‌شوند (Mairinger, 2000). همچنین برای حذف تابش‌های مرئی در مقابل منبع تابش نور UV و تابش‌های ماوراءبنفش در مقابل دوربین، از فیلتر استفاده می‌شود. کلیات یک دستگاه فلورسانس ماوراءبنفش در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲. دستگاه فلورسانس ماوراءبنفش
منبع: استوارت، ۱۳۹۳



شکل ۱. مدونا و کودک، گالری انگلز، مقایسه تصاویر مستندسازی شده به کمک بازه متفاوتی از نور

منبع: Cosentino, ۲۰۱۴

- 1 . Infrared Transmission Photography
- 2 . Infrared Reflection
- 3 . In-Situ





تحقیقات بسیاری به استفاده از روش‌های آنالیز تصویری به‌ویژه فلورسانس ماوراءبنفش پرداخته است. در سال ۲۰۰۰ Conserve O Gram سلسله‌ای از راهنمایی‌های اجرایی و دستورالعمل‌ها برای کاربرد فلورسانس ماوراءبنفش در بررسی ورنی، بخش مرمتی و وصله‌کاری آثار هنری ارائه کرده است (Grant, 2000). Thoury و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که شناسایی ورنی از نظر شیمیایی امکان‌پذیر است. آنها مهم‌ترین مزیت‌های این روش را غیرمخرب بودن و مهیا کردن داده به‌صورت آنی برشمرده‌اند. آنها آگاهی‌نداشتن از روش‌های متعددی را که سبب تخریب ورنی شده است شناسایی نکردن موارد اضافه‌شده به ورنی در مواردی که ورنی ناشناخته است از محدودیت‌های این روش به شمار می‌آید. همچنین در پژوهش‌های متفاوت Elias و همکاران (۲۰۰۹) و Cosentino (۲۰۱۴، ۲۰۱۵) مشخص شد که روش فلورسانس فرابنفش روشی درجا و سریع و ارزان برای بررسی ورنی و رنگ‌دانه‌هاست. محدودیت‌های گزارش‌شده از سوی Elias و همکاران (۲۰۰۹) شامل تداخل فلورسانس رنگ‌دانه‌های موجود در لایه‌های زیرین و پیوندکننده‌ها^۱ با ورنی است که پیچیدگی موضوع را افزایش می‌دهد. هرچند می‌توان تأثیر تداخل آنها بر ورنی را در مرحله تحلیل اطلاعات حذف کرد.

پژوهش‌های متعددی با استفاده از روش‌های آنالیز تصویری به بررسی آثار تاریخی-هنری شامل نسخ خطی باستانی (Lettner et al. 2007)، پارچه‌های تاریخی (Baldia and Jakes, 2007)، فرسک (Comelli et al. 2008) و به‌ویژه نقاشی (Djuric et al. 2018; De la Rie, 1982; Bridgman and Gibson, 1963) پرداخته‌اند. در این میان Cosentino (۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) روشی کاربردی برای بررسی آثار هنری ارائه کرده است. او همچنین برای بررسی رنگ‌دانه‌های نقاشی‌هایی که یک‌لایه دارند، فلوجارتی ارائه داده تا بتوان اطلاعات تحلیلی از قبیل نوع رنگ‌دانه را به دست آورد. پژوهش حاضر پتانسیل روش فلورسانس ماوراءبنفش و بازتابی نور مرئی در بررسی و شناسایی آسیب‌های موجود یک تابلو نقاشی رنگ‌روغن و دو نسخه خطی موجود در موزه بزرگ خراسان را بررسی کرده است.

روش مطالعه

در این بخش، تکنیک استفاده از دوربین برای ضبط فلورسانس حاصل از تابش اشعه UV به شیء بررسی‌شده مطرح می‌شود.

تصویربرداری

تصویربرداری با نور مرئی برای ضبط حالت کنونی و بررسی حالت مرمتی آثار به کار برده شد (نور مرئی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر). در بررسی تصاویر ماکرو اجزای نقاشی از مقیاس ۱:۱ بهره برده شد. عکس‌ها به کمک دوربین Pantax K-3 مجهز به سنسور تصویر CMOS با اندازه APS-C با رزولوشن مفید ۲۴/۴ مگاپیکسل و ایزو ۳۲۰۰ گرفته شد؛ البته عمق فوکس تصویر و زمان Exposure برای رسیدن به بهترین کیفیت در عکس‌های UV متغیر اعمال شدند. از لامپ UV ۲۰ وات، ولتاژ ۲۲۰ ولت و بدون لنز استفاده شد. در حال عکس‌برداری فرابنفش از فیلتر شرکت HOYO FUSION ANTISTATIC PROTECTOR به نام بهره‌برداری شد. این فیلتر به منظور جلوگیری از نفوذ شعاع‌های ناخواسته فرابنفش به دوربین استفاده شد. همچنین قابلیت دافعه غبار از دیگر مزیت‌های این لنز است که برای محیط غبارآلود مناسب است. در حالت فلورسانس، تصویربرداری در یک اتاق کاملاً تاریک انجام شد. دوربین مجهز به یک فیلتر بود تا از ورود اشعه فرابنفش جلوگیری شود و تنها اجازه ورود امواج فلورسانس حاصل از تهییج ماده به‌وسیله اشعه فرابنفش را بدهد. تصاویر حاصل شده تمایلی به رنگ ارغوانی دارند که نتیجه گذر اشعه‌های UV ناخواسته به دوربین است. هرچند در تحلیل‌های تحقیق حاضر تأثیر شایانی نگذاشته است، اما برای کم اثر شدن این لایه استفاده از لامپ UV با توان بالاتر و فیلترهای مناسب توصیه می‌شود. همچنین ویرایش عکس به کمک نرم‌افزارهای کامپیوتری، کمک شایانی می‌کند (Cosentino, 2015).

روش بررسی

مطالعه کاربردی اول: نقاشی عیسی مسیح

مشخصات اثر

نقاشی عیسی مسیح (شکل ۳ سمت چپ) را نقاشی ناشناس در ابعاد ۱۰۰×۴۶ سانتیمتر کشیده شده است.



با این روش ممکن می‌شود. تصویر نور مرئی امکان بررسی نحوه قرارگیری قلم روی بوم و در نتیجه تا حدودی تکنیک نقاشی را فراهم می‌کند. در فرایند عکس‌برداری دوربین در فاصله‌ای قرار داده شد که با توجه به ابعاد نقاشی بیشترین مقدار ممکن رزولوشن و فوکس نهایی حاصل شود.

در مجموع پس از مرمت در آزمایشگاه حفاظت و مرمت موزه بزرگ خراسان، تصاویر نور مرئی این تابلو نقاشی را در وضعیت قابل قبولی نشان داد. برای ثبت و بررسی بیشتر، مشخصات ظاهری تابلوی نقاشی ذکر می‌شود. لایه‌ای سبزرنگ، سمت چپ بوم و در قسمت پایین پاهای مسیح و در بالای تابلو مشاهده می‌شود. این لایه جدیدتر و بخش مرمتی اثر است. همچنین لکه‌ای زردرنگ روی آستین عیسی مسیح در نقاشی موجود است. همچنین رنگ بخش‌های کوچکی کنده شده است (این مشاهدات در بخش UV نیز بررسی می‌شود). در قسمت پایینی نقاشی متنی به رنگ قرمز نوشته شده که احتمالاً نام صاحب اثر است. چندین ترک در قسمت بالای اثر مشاهده می‌شود که به دلیل ضربه رخ داده است. احتمالاً در حین انبارداری در شرایط نامناسب پیش از مرمت سال ۱۳۹۶ اتفاق افتاده است (شکل ۳).

اشعه ماوراءبنفش

از آنجا که بسیاری از اجزای رنگ، فلورسانس مشخصی دارند، روش فلورسانس ماوراءبنفش قابلیت بررسی نقاشی‌ها را دارد. رنگ‌دانه‌های معدنی و آلی که در تهیه نقاشی‌ها کاربرد دارند، فلورسانس مشخصی تولید می‌کنند که نمونه‌هایی از آن در جدول ۱ آمده است.

این نقاشی برای مدت طولانی در شرایط نامطلوب انبارداری در کلیسای ۱۰ دی مشهد نگهداری می‌شده که آسیب‌های فراوانی دیده و بالاخره در سال ۱۳۹۶ با انتقال به موزه بزرگ، اقدامات لازم برای مرمت روی آن صورت گرفته است. عملیات بازسازی و مرمت این تابلو شامل پاک‌سازی آلودگی‌ها، بازکردن چروک‌ها، بازسازی لایه‌های از دست رفته رنگ و ایجاد لایه حمایتی پشت تابلو بوده است. این نقاش عیسی مسیح را در طبیعت در حالی به تصویر کشیده که هاله‌ای نور اطراف سر او را احاطه کرده و نگاهی رو به آسمان دارد. نقاشی به وسیله رنگ‌روغن انجام شده است. در تکنیک رنگ‌روغن، پس از تهیه رنگ‌ها از تلفیق رنگ‌دانه و یک روغن، این رنگ‌ها به صورت لایه‌لایه روی سطح (بوم) اجرا می‌شوند. نقش روغن چسبندگی رنگ‌دانه‌ها به یکدیگر و سطح است. ورنی یک فیلم روی سطح ایجاد کرده که برای حفاظت و جلوه بیشتر رنگ‌ها استفاده می‌شود (Elkins, 2007).

مستندسازی با نور مرئی^۱ یا عکس‌برداری ماکرو^۲

این نقاشی پیش از مرمت به دلیل فرایندهای طبیعی و غیرطبیعی طی زمان آسیب دیده بود که با استفاده از روش‌های تحلیلی مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی^۳ و میکروسکوپ نوری^۴ می‌توان به بررسی دلایل این آسیب پرداخت (Favaro et al. 2005; Klockenkamper, Von Bohlen and Moens, 2000; Monica, 2005). تصاویر نور مرئی این امکان را فراهم می‌کند تا به بررسی حالت کنونی نقاشی بپردازیم یا به عبارتی بررسی قاب، بوم، لایه‌های رنگ و صیقل^۵

جدول ۱. ویژگی‌های فلورسانس رنگ‌دانه‌ها

فام رنگ	نام رنگ‌دانه	ویژگی‌ها فلورسانسی
آبی	آزوریت	آبی تیره
قرمز	روناس	زرد
قرمز	قرمز اخرا	بدون فلورسانس (فلورسانس جذب‌شده و تصویر سیاه می‌شود)

منبع: استوارت، ۱۳۹۳

1. Visible Light Documentation
2. Macro Photography
3. Scanning Electron Microscopy (Sem)

4. Optical Microscope (Om)
5. Varnish

از آنجا که مقدار کمی ناخالصی، اثر فلورسانس فراوانی تولید می‌کند، باید در تفسیر رنگ‌های تولیدشده دقت شود. همچنین بعضی مواد قابلیت فرونشاندن اثر فلورسانس اجزای دیگر را دارند؛ به‌عنوان مثال وردی گریس می‌تواند اثر فلورسانس ماستیک یا دامار را محو کند. لایهٔ ورنی نقاشی با ایجاد اثر فلورسانس شدید، بررسی لایه‌های زیرین را غیرممکن می‌کند. با این حال فلورسانس ماوراءبنفش، هنوز هم قابلیت شناسایی رنگ‌دانه‌ها در رنگ‌های آبی، تمپرا و نقاشی دیواری را دارد (استوارت، ۱۳۹۳).

استفاده از روش فلورسانس اشعهٔ ماوراءبنفش پیش از روش‌های مخرب تحلیلی، که برای تعیین ماهیت رنگ‌دانه‌هاست، ضروری است. این تکنیک به انتخاب بهترین محل برای نمونه‌برداری کمک می‌کند؛ بنابراین به‌جای انتخاب تصادفی می‌توان از ناحیه‌هایی که به‌صورتی واضح رفتار فلورسانس متفاوتی نشان می‌دهند نمونه‌برداری کرد که در نتیجه سبب دستیابی به بیشترین اطلاعات می‌شود. با اشعهٔ فرابنفش امکان بررسی رنگ‌ها وجود دارد. حتی رنگ‌های مشابه نیز گاهی تأثیرات متفاوتی در برخورد با اشعهٔ فرابنفش دارند (Baldia and Jakes, 2007).

تصویر اشعهٔ فرابنفش امکان بررسی آسیب‌های تابلوی نقاشی را فراهم می‌کند. در اینجا نقاط سفیدی که در تصویر مشاهده می‌شود نواحی‌ای هستند که رنگ‌ها بر اثر ضربه یا آسیب فیزیکی کنده شده‌اند. همچنین تفاوت مشهودی بین توزیع اشعهٔ UV در

بخشی که عیسی مسیح نقاشی شده با بخش سبزرنگ پایینی تابلو قابل مشاهده است. بررسی تصویر نور مرئی نشان می‌دهد نازک‌شدن لایهٔ رنگ اولیه و لایهٔ نازک مرمتی جایگزین از دلایل آن است (شکل ۳).

همچنین تصویر فلورسانس اشعهٔ فرابنفش امکان تشخیص مناطق مرمت‌شده را فراهم می‌کند. نقاط تحت مرمت به دلیل اینکه ورنی تازه‌تری دارند، در عکس‌های فرابنفش تیره‌تر هستند؛ درحالی‌که رنگ‌های قدیمی‌تر تأثیر متفاوتی دارند و روشن‌تر به نظر می‌رسند (Escorteganha, Bayon, and Santigao, 2015). این مورد به‌وضوح دربارهٔ نقاشی عیسی مسیح پدیدار است. بخش‌هایی در بالای تابلو که بخش مرمتی اثر و به رنگ سبز قابل مشاهده هستند، در تصویر UV به‌صورت تیره و تاریک‌تر دیده می‌شوند؛ درحالی‌که در پایین آن از رنگ سفید استفاده شده که جزو لایه‌های رنگ اصلی تابلو است که در تصویر UV به‌مراتب روشن‌تر است (شکل ۳). در اینجا وصله‌کاری‌ها را به‌صورت نقاطی سیاه‌رنگ روی تصویر UV مشاهده می‌کنید. در نتیجه با بررسی کم‌هزینه و در دسترس اشعهٔ فرابنفش می‌توان از نقاط تازه مرمت‌شده یا وصله‌کاری شده مطلع شد؛ البته این تاریخ بودن در تصاویر UV همیشه حاکی از کار مرمتی نیست و گاهی گرد و غبار یا جرم روی بوم موجب این امر می‌شود (Grant, 2000). از این اطلاعات همچنین می‌توان در تشخیص اصلی یا جعلی بودن اثر استفاده کرد (شکل ۳).

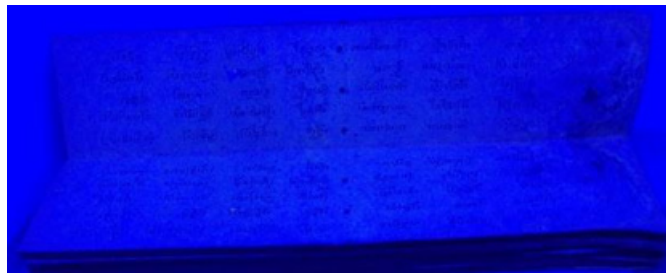


شکل ۳. تابلوی عیسی مسیح؛ سمت چپ: تصویر نور مرئی. فلش‌ها نشان‌دهندهٔ ترک‌ها هستند. همچنین لکهٔ زردرنگ روی آستین عیسی مسیح (داخل دایرهٔ سیاه‌رنگ) قابل مشاهده است. سمت راست: تصویربرداری در حالت فلورسانس فرابنفش. در تصویر فرابنفش دایره‌ها نشان‌دهندهٔ محل‌های وصله‌کاری هستند. فلش‌های سفید در تصویر UV نشانگر تعدادی از نقاط سفید هستند که نواحی بدون رنگ را نشان می‌دهند.

آثار مکتوب

روش عکس برداری ماوراءبنفش، در مطالعه اسناد گرافیکی مفید بوده است (Mairinger, 2000; Mairinger, Janssen and van Grieken, 2004). این روش برای مطالعه جوهرهای آهنی مازوی محوشده، از روش فلورسانس ماوراءبنفش مناسب تر است. تأثیرات بیولوژیکی کاغذ نیز با عکاسی UV قابل مشاهده است. آسیب‌های ناشی از فعالیت قارچ‌ها

یا باکتری‌ها که با چشم قابل مشاهده نیستند، زیر تابش ماوراءبنفش، به صورت لکه‌های خاکستری دیده می‌شوند (استوارت، ۱۳۹۳). نسخه اول، یک کتاب با محتوای دینی و به زبان تالی قدیمی است. این نسخه (شکل ۴) در شرایط انبارداری نامطلوب و رطوبت در معرض تأثیرات بیولوژیکی قرار گرفته است. شواهد حمله بیولوژیکی به رنگ خاکستری در تصویر UV قابل تشخیص است.



شکل ۴. نسخه اول تحت نور ماوراءبنفش. کناره‌های کتاب به شدت تحت تخریب بیولوژیکی قرار گرفته‌اند.



شکل ۵. تصویر نسخه خطی دوم؛ سمت چپ: تصویر حاصل از نور مرئی نسخه خطی و تصویر راست: تصویر حاصل از فلورسانس اشعه فرابنفش نسخه خطی است. جوهر قرمز استفاده شده در متن که در تصویر سمت چپ قابل مشاهده است، در تصویر سمت راست به رنگ سیاه تبدیل شده است.

برای اطمینان یافتن از این موضوع، به آنالیز FTIR نیاز داریم. این تکنیک یک تکنیک مکمل است که ارتعاشات مولکولی رنگ‌دانه را اندازه‌گیری می‌کند. این ارتعاشات گروه‌های عاملی شاخص این مولکول را مشخص می‌کند؛ بنابراین تشخیص رنگ مورد نظر، منبع رنگ‌دانه و ترکیب شیمیایی آن به دست می‌آید (Derrick, 1999).

نتیجه‌گیری

بررسی‌های بازتابی و فلورسانس اهمیت فراوانی در بررسی آثار فرهنگی-تاریخی دارند. روش‌های بازتابی شامل بررسی با نور مرئی یا اشعه فرابنفش و روش‌های

نسخه دوم (شکل ۵) یکی از نسخ خطی موجود از کتاب «معراج النبوة فی مدارج الفتوة» یا سیر شریف یا سیر معینی (۸۹۱ ق)، به فارسی در تاریخ صدر اسلام و سیرت حضرت محمد (ص)، در یک مقدمه، چهار رکن و یک خاتمه که هر رکن آن نیز به واقعه و سربندهای دیگر بخش شده است (حسن، ۱۳۸۰) توسط حسین مطهری در سال ۱۱۰۴ هجری قمری نگاشته شده است. جوهر قرمز رنگ زیر نور UV به خطی بدون فلورسانس تبدیل شده و به رنگ تیره درآمده است (شکل ۵). براساس نتایج پیشین رنگ قرمز مورد نظر احتمالاً از رنگ‌دانه قرمز احرست (استوارت، ۱۳۹۳).





فرهنگ و ارشاد اسلامی، سازمان چاپ و انتشارات.

- Baldia, C. M., & Jakes, K. A. (2007). Photographic methods to detect colourants in archaeological textiles. *Journal of Archaeological Science*, 34(4), 519- 525.
- Bridgman, C. F., & Lou Gibson, H. (1963). Infrared luminescence in the photographic examination of paintings and other art objects. *Studies in Conservation*, 8(3), 77- 83.
- Comelli, D., Valentini, G., Nevin, A., Farina, A., Toniolo, L., & Cubeddu, R. (2008). A portable UV-fluorescence multispectral imaging system for the analysis of painted surfaces. *Review of Scientific Instruments*, 79(8), 086112.
- Cosentino, A. (2014). Identification of pigments by multispectral imaging: a flowchart method. *Heritage Science*, 2(1), 8.
- Cosentino, A. (2015). Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*, (21), 53- 62.
- Derrick, M. R., Stulik, D., & Landry, J. M. (2000). *Infrared spectroscopy in conservation science*. Getty Publications.
- Diem, M., Lettner, M., & Sablatnig, R. (2007). *Multi-spectral image acquisition and registration of Ancient Manuscripts* (Vol. 224, pp. 129- 136).
- Djuric, M., Jovanovic, V., Velikic, Z., & Jovanovic, M. (2018, June). Comparative analysis of two self-portraits by Igor Vasiljev using non-invasive methods. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 364, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.
- Elias, M., Magnain, C., Barthou, C., Nevin, A., Comelli, D., & Valentini, G. (2009, July). UV-fluorescence spectroscopy for identification of varnishes in works of art: influence of the underlayer on the emission spectrum. *In O3A: Optics for Arts, Architecture, and Archaeology II* (Vol. 7391, p. 739104). International Society for Optics and Photonics.

فلورسانس شامل فلورسانس اشعه مادون قرمز و فلورسانس اشعه فرابنفش هستند. در پژوهش حاضر، نقاشی عیسی مسیح و دو نسخه خطی تحت بررسی بازتابی نور مرئی و بررسی فلورسانس امواج فرابنفش بررسی شد. به وسیله این روش‌ها ثبت و بررسی مشخصات ظاهری و آسیب‌های این سه اثر صورت گرفت. درباره تابلو نقاشی، بررسی بازتابی به کمک نور مرئی امکان بررسی تصویر در غیاب اثر و ثبت اطلاعاتی از قبیل ویژگی‌های ظاهری مانند امضای (احتمالاً) نقاش اثر و تشخیص آسیب‌ها مانند محل ترک‌ها و بررسی لایه‌های رنگ را فراهم می‌کند. روش فلورسانس اشعه فرابنفش، بخش‌های مرمتی و بخش‌هایی که لایه رنگ کنده شده است، محل وصله‌کاری‌ها را در تابلو نقاشی به خوبی نشان می‌دهد. یکی از نسخ خطی از حمله بیولوژیکی آسیب دیده که در تصویر فلورسانس ماوراءبنفش به صورت لکه‌های خاکستری قابل مشاهده هستند. همچنین ابزاری ابتدایی برای بررسی منشأ رنگ قرمز در نسخه خطی دیگر را مهیا کرده است. این تکنیک به بررسی کیفی اثر می‌پردازد؛ بنابراین همواره برای بررسی دقیق‌تر رنگ‌دانه‌ها به تکنیک‌های تحلیلی بیشتری مانند FTIR نیاز است. با استفاده از اطلاعات موجود می‌توان در تشخیص نسخه اصلی از نسخه‌های احتمالی جعلی اهتمام کرد. در پژوهش‌های آتی تلفیق تصاویر فلورسانس امواج فرابنفش با تصویر بازتابی امواج فرابنفش و تصاویر فلورسانس و بازتابی امواج مادون قرمز اطلاعات ارزشمند بیشتری را فراهم می‌کند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از تلاش مسئولان موزه بزرگ خراسان به‌ویژه از مدیریت محترم موزه بزرگ، آقای محمد رکنی و خانم مژگان موسی‌زاده مسئول آزمایشگاه حفاظت و مرمت موزه بزرگ به‌دلیل همکاری‌های لازم قدردانی می‌کنند.

تعارض در منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارض در منافع گزارش نشده است.

فهرست منابع

- استوارت، ب (۱۳۹۳). روش‌های تجزیه مواد در مرمت و حفاظت آثار تاریخی، تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- حسن، ا. (۱۳۸۰). *دانشنامه ادب فارسی*، جلد ۳. تهران: وزارت



- Elkins, J. (2007). *How to use your eyes*. Routledge.
- Escorteganha, M. R., Bayon, J., Santiago, A. G., Richter, F. A., & Costa, T. G. (2015). INTERDISCIPLINARY STUDIES OF THE "VISTA DO DESTERRO" PAINTING: HISTORICAL APPROACH, ANALYSIS OF MATERIALS AND PRESERVATION/RESTORATION TECHNIQUES. *International Journal Of Conservation Science*, 6(3).
- Bridgman, C. F., & Lou Gibson, H. (1963). Infrared luminescence in the photographic examination of paintings and other art objects. *Studies in Conservation*, 8(3), 77- 83.
- Grant, M. S. (2000). The use of ultraviolet induced visible fluorescence in the examination of museum objects, Part II. *National Park Service. Conserve O Gram*, (1 /10)4
- Grant, M. S. (2000). The use of ultraviolet induced visible fluorescence in the examination of museum objects, Part II. *National Park Service. Conserve O Gram*, (1 /10)4.
- Lettner, M., Diem, M., Sablatnig, R., Kammerer, P., & Miklas, H. (2007). *Registration of multi-spectral manuscript images as prerequisite for computer aided script description*. na.
- Mairinger, F. (2000). The ultraviolet and fluorescence study of paintings and manuscripts. *Radiation in Art and Archeometry*, 56- 75.
- Janssens, K., & Van Grieken, R. (Eds.). (2004). *Non-destructive micro analysis of cultural heritage materials*. Elsevier.
- Favaro, M., Vigato, P. A., Andreotti, A., & Colombini, M. P. (2005). La Medusa by Caravaggio: characterisation of the painting technique and evaluation of the state of conservation. *Journal of Cultural Heritage*, 6(4), 295- 305.
- Klockenkämper, R., Von Bohlen, A., & Moens, L. (2000). Analysis of pigments and inks on oil paintings and historical manuscripts using total reflection x-ray fluorescence spectrometry. *X-Ray Spectrometry: An International Journal*, 29(1), 119- 129.
- De la Rie, E. R. (1982). Fluorescence of paint and varnish layers (part II). *Studies in Conservation*, 27(2), 65- 69.
- Thoury, M., Elias, M., Frigerio, J. M., & Barthou, C. (2007). Nondestructive varnish identification by ultraviolet fluorescence spectroscopy. *Applied spectroscopy*, 61(12), 1275- 1282.



مطالعه و آسیب‌شناسی آثار فرهنگی - تاریخی با
استفاده از روش‌های بازتابی و فلورسانس