DOI: 10.30494/jndt.2021.275716.1054 Received: March 01, 2021 - Accepted: May 07, 2021

Archive of SID

Comparison of Radiography Testing and Ultraviolet Inspection in Identifying Hidden Designs and Defects of Exquisite Paintings

S. M. Ghiyasi[1*], E. Yahaghi[2], J. A. Madrid Garcia[3]

1- M.Sc., Nuclear Physics, Imam Khomeini International University

2- Associate Professor, Nuclear Engineering- Medical Radiation, Imam Khomeini International University

3- Professor, Restauración de Bienes Culturales, Universitat Politècnica de València

*Maryam.ghyasi56@yahoo.com

Abstract

Art paintings are valuable cultural assets in any country that they are always threatened by dangers such as rupture, scratches, and loss of pigments. Natural disasters, irresponsible handling, exposure to light and temperature changes are all dangers factors. Various non-destructive methods such as radiography testing (RT) and ultraviolet (UV) inspection can be used to identifying detect the location of defects without any damage the paintings. The radiography testing recognized hidden patterns and deep defects and the general structure of the painting due to the penetration of X-rays to the lower surfaces. In the ultraviolet inspection, information about scratches and surface defects is obtained, depending on the type and material of paint used. Images of both methods provide excellent information to restoration experts, but problems such as blurring images of the RT and darkening of some colors under ultraviolet light make it difficult to identify the defect regions. It is appropriate to use image processing techniques as an auxiliary tool to increase the contrast of the image. In this research, the Gabor filter has been used to increase the quality of the RT and UV images and reduce the blur of images; The Gabor filter use an automatic threshold level based on the deviation and mean pixel information of the images. Images reconstructed by the Gabor filter are efficient in identifying hidden designs and the location of defects.

Keywords: Radiography, Ultraviolet light, Hidden Designs and Defects, exquisite paintings, Gabor Filter, Image Processing.

www.SID.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۷ DOI: 10.30494/jndt.2021.275716.1054

Archive of SID

مقایسهٔ آزمون پرتونگاری و بازرسی با پرتوهای فرابنفش در شناسایی طرح‌های نهان و آسیب‌های تابلوهای نفیس

سیّده مریم قیاسی[۱*]، عفت یاحقی[۲]، خوزه آنتونی مادرید گارسیا[۳]

۱- کارشناسی ارشد، فیزیک هسته‌ای، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

۲- دانشیار، مهندسی هسته‌ای –پرتو پزشکی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

۳- استاد، مرمت میراث فرهنگی، دانشگاه پلی تکنیک والنسیا

*Maryam.ghyasi56@yahoo.com

چکیده

تابلوهای هنری که سرمایه‌های ارزشمند فرهنگی در هر کشوری هستند، همواره با خطراتی مانند پارگی، خراشیدگی و از بین رفتن رنگدانه‌ها تهدید می‌شوند. حوادث طبیعی، جابجایی غیر مسئولانه، قرار گرفتن در معرض نور و تغییرات درجه حرارت، عوامل ایجاد این خطرات هستند. می‌توان از روش‌های مختلف غیرمخرب مانند آزمون پرتونگاری و بازرسی با پرتوهای فرابنفشبرای تشخیص محل آسیب‌ها بدون صدمه به تابلوها استفاده کرد. در پرتونگاری به دلیل نفوذ اشعه ایکس به سطوح زیرین، علاوه بر طرحِ کلی تابلو، اطلاعاتی در مورد نقوش پنهان و آسیب‌های عمقی بدست می‌آید. در بازرسی با پرتوهای فرابنفشبسته به نوع و مادّه‌ی رنگ بکار رفته اطلاعاتی در مورد خراش‌ها و آسیب‌های سطحی بدست می‌آید. تصاویر هر دو روش اطلاعات خوبی در اختیار متخصصین مرمت قرار می‌دهد، ولی اشکالاتی مانند عدم وضوح تصاویر و تاریک دیده شدن بعضی رنگ‌ها زیر پرتوهای فرابنفشتشخیص ناحیه‌ی آسیب را دشوار می‌کند. استفاده از روش‌های پردازش تصویر به عنوان ابزار کمکی برای افزایش کنتراست تصاویر، مناسب است. در این تحقیق از صافی گابور برای افزایش کیفیت و کاهش عدم وضوح تصاویر استفاده شده است؛ صافی گابور از سطح آستانه‌ی خودکار بر مبنای انحراف و میانگین اطلاعات پیکسلی تصاویر استفاده می‌کند. تصاویر بازسازی شده توسط صافی گابور در شناسایی طرح‌های نهان و محل آسیب‌ها مؤثر هستند.

واژگان کلیدی: پرتونگاری، پرتوهای ماوراء بنفش، طرح‌ها و آسیب‌های پنهان، تابلوهای نفیس هنری، صافی گابور، پردازش تصویر.

۱- مقدمه

آثار هنری که در موزه‌ها وجود دارند امروزه از منابع اصلی تحقیقاتِ علمی، فرهنگی، تاریخی و دیگر علوم انسانی به شمار می‌روند [۱]. آثار هنری و تاریخی از ابتدا با هدف ماندگاری طولانی و زوال ناپذیری طراحی و ساخته نشده‌اند، خطرات و مکانیزم‌های تخریب گوناگونی آن‌ها را تهدید می‌کند. حفظ، نگه‌داری و زندگی‌بخشی به آثار هنری و تاریخی غنی بعنوان ثروت ملی و میراثی گران‌بها، وظیفه‌ای خطیر بر دوش افراد جامعه گذاشته است و مشارکتی همگانی را طلب می‌کند. تخریب آثار هنری و فرهنگی در قرن حاضر به دلیل آلودگی محیطی بیشتر شده و فرایندهای تخریب و فروپاشی تازه‌ای بر روی آثار هنری و تاریخی ایجاد نموده و نیز سرعت فرایندهای تخریبی گذشته را چندین برابر کرده است. مکانیزم‌های تخریب در چهار گروه اصلی فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و بیولوژیکی طبقه بندی می‌شوند و تأثیر این مکانیزم‌ها بر آثار هنری و تاریخی، به جنس اثر و محیطی که اثر در آن قرار دارد وابسته است [۲]. شناخت مواد تشکیل دهنده و نیز عوامل آسیب رسان به آثار کمک قابل توجهی به حفاظت و نگه‌داری آن‌ها می‌کند، هدف نهایی هرگونه اقدام مرمتی–حفاظتی که در قبال آثار و اشیاء هنری و تاریخی انجام می‌شود، کُند کردن فرایند نابودی و انتقالشان به نسل‌های آینده می‌باشد. از خطرات و آسیب‌هایی که آثار هنری را تهدید می‌کنند؛ شوره زدگی سطح نقاشی، تاب برداشتن بوم یا پارچه، پارگی، از بین رفتن رنگدانه‌ها و تاخوردگی و ... هستند که به دلیل تغییرات درجه حرارت، قرارگیری در محل مرطوب، آلودگی هوا، سائیدگی و حوادث طبیعی ایجاد می‌شوند.

برای تشخیص آسیب‌ها و نواقص موجود در نقاشی‌ها و در ادامه از بین بردن این عیوب روش‌های گوناگونی بکار گرفته می‌شوند. از روش‌های پودر پاک‌کن، تمیزکاری خشک،

www.SID.ir

Archive of SID

ضدعفونی و ... استفاده می‌شود امّا در این روش‌ها از مواد شیمیایی استفاده می‌گردد و مواد شیمیایی با تأثیر روی ساختار رنگ باعث تخریب و نابودی آثار می‌شوند. اکسیژن اتمی[1] نیز می‌تواند بعنوان روشی مطلوب برای پاکسازی سطح نقاشی و متعاقب آن شناسایی آسیب‌ها بکار رود زیرا روشی است که در فاز گاز انجام می‌شود و بدون تماس فیزیکی است امّا محدود به سطح آثار هنری است و تنها می‌تواند عیوب سطحی را شناسایی کند، همچنین اگر نقاشی بطور مستقیم در معرض اکسیژن اتمی در زمان طولانی قرار بگیرد بوم سست می‌شود و رنگدانه‌ها از بین می‌روند [۳]. استفاده از تکنیک‌هایی که بدون آسیب رساندن به نقاشی‌ها و تخریب آن‌ها، به تشخیص آسیب‌ها و نواقص سطحی و زیر سطحی موجود در آن‌ها کمک کنند دارای اهمیت فوق العاده‌ای است. آزمون‌های غیرمخرب از جمله‌ی روش‌های غیر تهاجمی به شمار می‌روند که برای شناسایی آسیب‌ها و خصوصیات مواد آثار هنری و تاریخی استفاده می‌شوند بدون آنکه باعث تخریب آن‌ها شده و یا به کارایی آن‌ها آسیب برسانند. آزمون‌های غیرمخرب شامل بازرسی چشمی، آزمون ترموگرافی، آزمون مایعِ نافذ، آزمون پرتونگاری، آزمون فراصوتی، آزمون نشتی، آزمون ذراتِ مغناطیسی و آزمون جریانِ گردابی می‌باشد. رایج‌ترین و متداول‌ترین آزمون غیرمخرب بازرسی چشمی است، با این روش تنها می‌توان آسیب‌های سطحی و بزرگ را با چشم غیر مسلح رؤیت نمود و برای مشخص کردن آسیب‌های ریز و زیر سطحی قابل استفاده نیست [۴]. امروزه استفاده از آزمون پرتونگاری در مطالعه آثار هنری و تاریخی و اشیاء صنعتی در تشخیص ساختار و عیوب کاربرد فراوانی یافته است. بکار بردن پرتوهای فرابنفشنیز برای شناسایی و سنجش وضعیت یک اثر نقاشی برای شناسایی آسیب‌های سطحی روشی معمول است.

در آزمون پرتونگاری از پرتوهای ایکس یا گاما استفاده می‌شود که طول موج کوتاه و قدرت نفوذ بسیار بالایی در مواد دارند و بعد از عبور از نمونه و جذب و پراکنده شدن در آن به فیلم یا آشکارساز که پشت نمونه‌ی آزمایشی قرار دارد می‌رسند و تصویر ثبت می‌شود. در آزمون پرتونگاری سنتی از فیلم‌های مختلف استفاده می‌شود، ولی در پرتونگاری محاسباتی[2] (CR) از صفحات فسفری و در پرتونگاری دیجیتال مستقیم[3] (DDR) از نیمه هادی‌ها بعنوان محیط ثبت تصویر استفاده می‌گردد [۵].

پرتوهای ماوراء بنفش[4] (UV) در انتهای طیف نما بالاتر از امواج مرئی قرار دارد و برای انسان غیر قابل مشاهده است. پرتوهای فرابنفشمانند امواج الکترومغناطیس برای سلامت خطرناک هستند. تماس حتی به مدت کوتاه ولی به طور مستمر می‌تواند عامل سرطان‌های کشنده پوست و حتی اعضای داخلی بدن شود چون نفوذپذیری بیشتری نسبت به نور معمولی دارد. امّا فیلم‌های عکاسی خاصی قادرند این تصاویر حاصل از پرتوهای فرابنفش را ثبت کنند. از UV برای تشخیص پزشکی در بعضی امراض پوستی استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای UV استفاده از آن به عنوان یک ابزار قانونی برای تشخیص جعلی یا اصلی بودن آثار هنری و یا اسناد است. اسکناس معمولی هم نسبت به پرتوهای فرابنفش تغییراتی نشان می‌دهد. گل‌هایی که با این پرتوهای عکاسی شده اند نقوشی را آشکار کرده اند که فقط برای حشرات قابل رؤیت بوده است. رنگ‌های فلورسنت که زیر تابش UV می‌درخشند می‌توانند به عنوان مشخص کننده‌ی شناسایی بهتر سلول‌ها و یا حتّی شکستگی فلزات و ترک‌های اجسام به کار روند.

تصویربرداری با استفاده از پرتوهای نوری و بخصوص پرتوهای فرابنفش (جزء امواج الکترومغناطیسی غیر یونیزه است و طول موج بلندتر از پرتو ایکس دارد)، بدون اینکه موجب تخریب و آسیب رسیدن به اشیاء مورد بررسی گردد، به ناظر اجازه می‌دهد که تصویر حاصل را تحلیل کند. با استفاده از این روش می‌توان از سطوح بزرگ و قسمت‌های غیر قابل رؤیت تصاویری ثبت کرد و اطلاعاتی مفید برای ترمیم و نگه‌داری آثار بدست آورد. کشف رنگدانه‌ها، تغییرات لایه‌های نقاشی و جلوگیری از کپی برداری اثر، مهم‌ترین امکان این تصویربرداری است. در اثر برخورد پرتوهای فرابنفش با نمونه‌های مورد آزمایش سه نوع برهم‌کنش رخ می‌دهد یا امواج جذب می‌گردد یا منعکس می‌شود و یا موجب تحریک و برانگیختگی مواد و ساطع شدن نور مرئی از آن‌ها می‌شود (این پدیده فلورسانس نام دارد) [۶]. درتصویربرداری توسط پرتوهای ماوراء بنفش، نوری که از منبع نور ساطع می‌شود به سمت شیء هدایت شده و سپس تابش حاصله با توجه به نوع تصویربرداری به سمت دوربین

[1] Atomic Oxygen
[2] Computed Radiography (CR)
[3] Direct Digital Radiography (DDR)
[4] Ultraviolet light

www.SID.ir

Archive of SID

منعکس خواهد شد تا تصویر بر روی فیلم ثبت گردد. در تصویربرداری توسط بازتابش ماوراء بنفش، بر روی لنز دوربین صافی انتقال پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد تا فقط پرتوهای فرابنفش برای ثبت تصویر به سمت دوربین منعکس شود و در تصویربرداری توسط فلورسانس فرابنفش علاوه بر اینکه اجزاء تصویربرداری در اتاق کاملاً تاریک قرار دارند صافی‌ای نیز روی لنز دوربین نصب می‌شود تا فقط نور مرئی حاصل از فلورسانس برای ثبت تصویر به سمت دوربین منعکس شود [۷].

به دلیل اینکه ضخامت تابلوهای هنری کم است پرتونگاری آن‌ها مشکل است و معمولاً از پرتوهایی با انرژی بین ۲۰ تا ۶۰ کیلو ولت برای پرتونگاری تابلوها استفاده می‌شود. ابعاد تابلو و فاصله تابلو تا چشمه نیز عواملی مؤثر در انتخاب انرژی هستند. برای محدوده‌ی انرژی بکار گرفته شده در پرتونگاری به دلیل پراکندگی ذاتی، تصاویر پرتونگاری معمولاً عدم وضوح دارند.

برای کاهش عدم وضوح می‌توان روش‌های مختلف پردازش تصویر شامل افزایش کنتراست و حذف مات شدگی را بکار برد که هدف در این روش‌ها افزایش کیفیت و وضوح تصاویر با حفظ جزئیات آن‌ها است. بهبود کیفیت تصویر می‌تواند با افزایش انرژی و کاهش نقطه کانونی در سیستم پرتونگاری انجام شود امّا شامل هزینه‌ی زیادی برای ارتقاء سیستم می‌شود [۸،۹]. یکی از روش‌های معمول افزایش کنتراست تصویر، بکارگیری روش‌های پردازشی است. این روش‌ها شامل الگوریتم‌های فرکانسی و مکانی هستند که می‌توانند برای بهبود کنتراست پرتونگاره‌ها مورد استفاده قرار بگیرند مانند صافی میانه، صافی متوسط‌گیری [۱۰].

در این تحقیق برای بررسی نقوش پنهان و عیوب یک اثر هنری ارزشمند قدیمی از پرتونگاری و بازرسی با پرتوهای فرابنفش استفاده شده است. از صافی گابور برای بهبود کیفیت تصاویر استفاده شده است. صافی گابور جزء صافی های حوزه‌ی فرکانسی است و در لبه‌یابی و استخراج ویژگی کاربرد دارد. از مزایای استفاده از صافی گابور این است که تابع‌های موجک با فرکانس‌ها و جهت‌های متفاوت وجود دارند و هرکدام اطلاعات خاصی از تصویر را در جهت‌ها و فرکانس‌های مختلف در بردارند [۱۱]. این الگوریتم بر روی پرتونگاره و تصویر فرابنفش تابلوی هنری نفیس موزه‌ی والنسیای اسپانیا اعمال شده است تا نقوش و محل آسیب‌ها دقیق‌تر بررسی شوند.

۲- روش‌ها

۲-۱- پرتونگاری

برای پرتونگاری از دستگاه ترانس پورتیکس ®۵۰ استفاده شده است که دارای تیوب اشعه ایکس ۳ kW و اندازه نقطه کانونی ۲/۳ µm با ۲ mm صافی آلومینیومی است. این تیوب محدوده تغییرات ولتاژ بین ۲۰ تا ۱۱۰ کیلو ولت دارد. مجموعه دارای یک لامپ با نور مرئی است که برای مشخص کردن محل بیم روی جسم استفاده می‌شود. صفحات فسفری برای آشکارسازی اشعه ایکس عبوری از جسم استفاده شده که بعد از پرتو گیری با اسکنر لیزری مخصوص CR 30-X می‌تواند تصویر دیجیتال تا ابعاد ۴۰۹۶×۴۰۹۶ پیکسل تولید کند. این تصاویر ۱۲ بیتی هستند ولی برای پردازش تبدیل به تصاویر ۸ بیتی می‌شوند. فاصله جسم تا چشمه به ابعاد تابلو بستگی دارد. تابلوی پرتونگاری شده در شکل ۱ نشان داده شده است که این تابلو متعلق به موزه‌ی هنری والنسیا در اسپانیا می‌باشد و هدف از پرتونگاری آن شناسایی عیوب و نقوش پنهان موجود در تابلو است.

شکل۱- تصویر تابلو

۲-۲- تصویربرداری با پرتوهای ماوراء بنفش

در تصویربرداری با پرتوهای فرابنفش از دوربین‌های تک رنگ با طول موج ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر استفاده می‌شود. نقاشی جلوی دوربین قرار گرفته و امواج به آن تابیده شده و دوربین مخصوص طول موج‌های تنظیم شده را جمع کرده و تصویر را ایجاد می‌کند. لامپ و دوربین در یک طرف نقاشی قرار دارند. دوربین قابلیت تنظیم برای ورود طول موج‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

را دارد که به وسیله صافی‌های فرابنفش تنظیم می‌شود. هر طول موج مشخصات مختلفی از مواد تصویر را نشان می‌دهد. تغییرات در مواد، نواحی شکستگی و سایر عیوب با این روش قابل ارزیابی هستند [۱۲].

۲-۳- اطلاعات تابلو

در این تحقیق بررسی تابلو به منظور آشکارسازی طرح‌های پنهان و عیوب آن انجام می‌شود. در مورد تاریخچه و نحوه‌ی بازسازی آن با استفاده از آزمون پرتونگاری و تصویربرداری با پرتوهای فرابنفش اطلاعاتی جمع آوری خواهد شد. این تابلو پرتره‌ی یک کشیش است که از نوع نقاشی‌های سه پایه‌ای رنگ روغن روی بوم می‌باشد. محل نگه‌داری تابلو موزه‌ی هنری والنسیا در اسپانیا است. ابعاد تابلو ۶۰ cm × ۷۹ است و فاصله‌ی چشمه تا آشکارساز برای پرتونگاری از تمام تابلو بصورت یکپارچه با توجه به ابعاد آن ۲۰۰ cm در نظر گرفته شده است. برای پرتونگاری تابلو ولتاژ و جریان ۳۷ کیلو ولت و ۲۰ mA می‌باشد و تابلو حدود ۳ ثانیه در معرض پرتودهی بوده است.

۲-۴- صافی گابور

صافی گابور یک صافی خطی و محلی است و در کاربردهای مختلفی در پردازش تصویر مانند تحلیل بافت، آشکارسازی لبه و ... استفاده می‌شود. این صافی کارایی‌های خوبی در پردازش تصویر و سیگنال دارد. از ترکیب این صافی با سایر الگوریتم‌های ریاضی صافی‌هایی با کارایی‌های مختلف بوجود آمده است. صافی گابور بر اساس موجک گابور کار می‌کند و تجزیه‌ی اطلاعات تصویر با این موجک انجام می‌شود. موجک گابور از یک تابع گوسی مدوله و یک تابع سینوسی مختلط تشکیل شده است [۱۳،۱۱]. این صافی دارای یک جزء حقیقی و یک جزء موهومی می‌باشد و رابطه ریاضی صافی بصورت زیر است [۱۴]:

$$g(x,y,\lambda,\sigma,\theta,\varphi)=g_R(x,y,\lambda,\sigma,\gamma,\theta,\varphi)+i\,g_I(x,y,\lambda,\sigma,\gamma,\theta,\varphi) \quad (۱)$$

$$g_R(x,y,\lambda,\sigma,\gamma,\theta,\varphi)=\frac{\gamma}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x_r^2+\gamma^2y_r^2}{2\sigma^2}\right)\times\cos\left(2\pi\frac{x_r}{\lambda}+\varphi\right) \quad (۲)$$

$$g_I(x,y,\lambda,\sigma,\gamma,\theta,\varphi)=\frac{\gamma}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x_r^2+\gamma^2y_r^2}{2\sigma^2}\right)\times\sin\left(2\pi\frac{x_r}{\lambda}+\varphi\right) \quad (۳)$$

در روابط بالا g_R جزء حقیقی و g_I جزء موهومی صافی هستند، x و y مختصات یک نقطه از تصویر می‌باشند، σ طول پوش گوسین است،

$$x_r = x\cos\theta + y\sin\theta$$

$$y_r = -x\sin\theta + y\cos\theta$$

θ زاویه چرخش صافی است، λ طول موج (فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی متوالی موج که کاملاً مشابه هستند) صافی را نشان می‌دهد، γ نسبت ابعاد فضایی است، φ فاز صافی و نشان دهنده‌ی تقارن می‌باشد اگر $\varphi = 0^\circ$ و $\varphi = 180^\circ$ باشد صافی متقارن و اگر $\varphi = 90^\circ$ و $\varphi = 270^\circ$ باشد صافی نامتقارن خواهد بود [۱۵].

طول موج، زاویه، σ و γ چهار پارامتر اصلی در صافی گابور هستند و نقش مهمی ایفا می‌کنند که با دادن مقادیر مختلف به این پارامترها مجموعه‌ای از صافی‌ها بدست می‌آیند که بانک صافی گابور نامیده می‌شوند. هر یک از این صافی‌ها اطلاعات مختلفی را از تصویر جدا می‌کنند که بر اساس نیاز با حذف بعضی از مؤلفه‌ها و یا وزن دهی به مؤلفه‌ها می‌توان تصاویری با کیفیت بهتر داشت.

۳- نتایج

در این تحقیق یک پرتره‌ی نقاشی از مجموعه آثار هنری موزه‌ی والنسیا برای آشکارسازی ساختار پنهان و عیوب آن استفاده شده است. از آزمون پرتونگاری و بازرسی با پرتوهای فرابنفش برای تصویربرداری استفاده شده است. در شکل ۲ و ۳ پرتونگاره و تصویر فرابنفش تابلو و قسمتی از تابلو با بزرگنمایی نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در زیر نقاشی اصلی یک نقاشی پنهان وجود دارد که نشان می‌دهد طرح جدیدی روی آن کشیده شده است. همچنین برخی عیوب عمقی نیز در آن قابل مشاهده هستند. امّا به دلیل عدم وضوح موجود در پرتونگاره تشخیص دقیق آسیب‌ها دشوار می‌باشد که برای افزایش کیفیت تصویر باید پردازش تصویر انجام شود. در شکل ۳ عیوب سطحی روی تابلو شامل خراشیدگی رنگ‌ها به وسیله

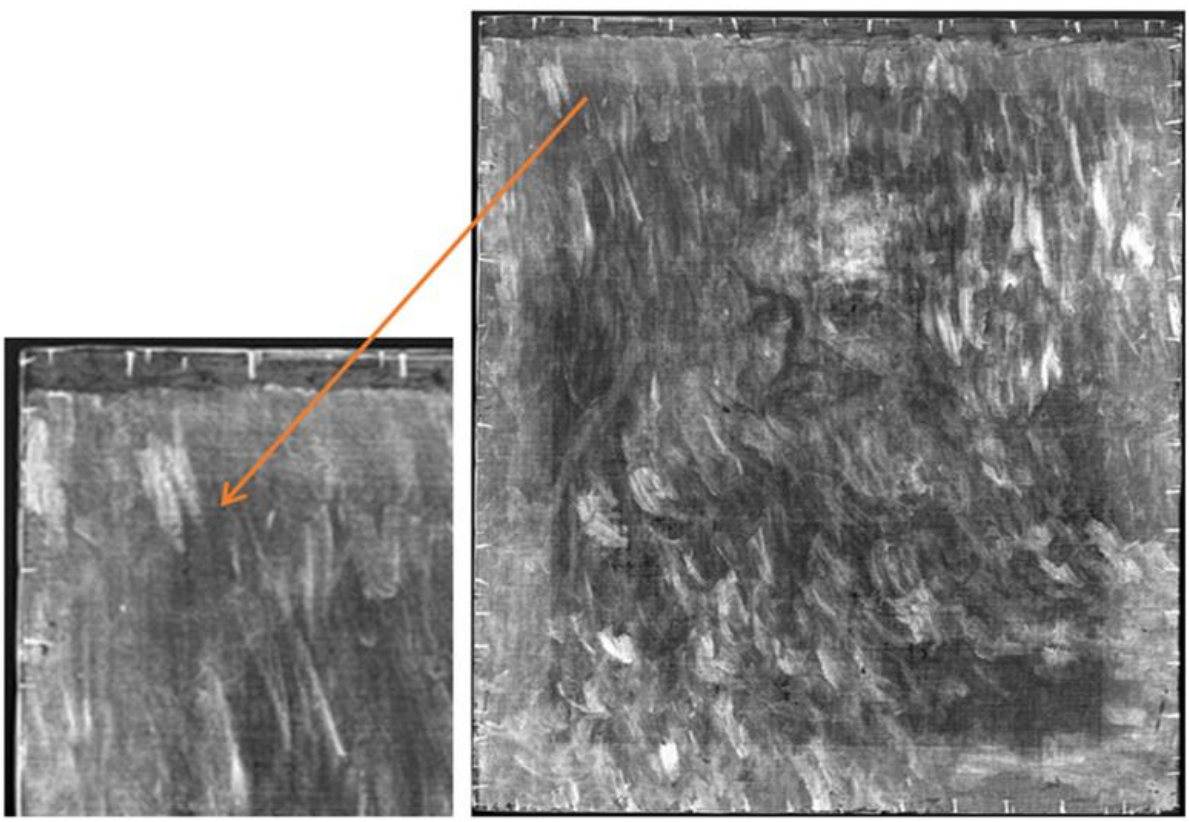
www.SID.ir

Archive of SID

پرتوهای فرابنفش نشان داده شده است. برای استخراج اطلاعات بیشتر از تصاویر، از صافی گابور استفاده شده است. به دلیل پایین بودن انرژی پرتو ایکس و پراکندگی ذاتی آن و ضخامت کم تابلوها تصاویر پرتونگاری دارای نویز و عدم وضوح هستند. ابتدا پرتونگاره مطابق بخش ۲-۱ تهیه شده و سپس با نرم افزار MATLAB 2018 باز و صافی گابور برای افزایش کنتراست پرتونگاره به منظور تشخیص عیوب اعمال شده است.

مطابق با توضیحات بخش ۲-۴ صافی گابور اطلاعات تصویر را به کمک موجک گابور تجزیه می‌کند و موجک از یک تابع گوسی و تابع سینوسی مختلط تشکیل شده است که می‌تواند مؤلفه‌های تصویر را در مقیاس‌ها و جهت‌های مختلف محاسبه کند. در الگوریتم پردازش تصویر صافی گابور، تصویر ورودی توسط بانک صافی گابور به $S \times O$ زیر تصویر تبدیل می‌گردد که S تعداد مقیاس‌ها و O تعداد جهت‌ها است. تکرارهای انجام شده در اعمال صافی گابور بر پرتونگاره‌ها نشان داد که تغییر تعداد مقیاس‌ها و جهت‌ها بر کیفیت تصویر خروجی اثر گذار خواهد بود، زیاد شدن بیش از حد تعداد مقیاس‌ها و جهت‌ها زمان اجرای الگوریتم را بالا می‌برد و نیز بر کیفیت تصویر خروجی چندان اثر گذار نیست.

در این تحقیق تعداد مقیاس‌ها ۵ و تعداد جهت‌ها ۶ در نظر گرفته شده که ۳۰ زیر تصویر را بدست می‌دهند. کمترین طول موج در این تحقیق ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است. تغییر کمترین طول موج باعث محو شدگی تصویر می‌شود و هر چقدر کمترین طول موج افزایش یابد تصویر بیشتر محو می‌گردد و تشخیص عیوب دشوارتر خواهد شد. تغییر سطح آستانه بر کیفیت تصویر خروجی مؤثر است و در هر سطح آستانه‌ای ساختارهای خاصی از تصویر قابل ملاحظه هستند.



(ب) (الف)

شکل۲- پرتونگاره تهیه شده مطابق بخش ۲-۱ الف) پرتونگاره کل تابلو ب) پرتونگاره قسمتی از تابلو که بزرگنمایی شده و با پیکان نشان داده شده

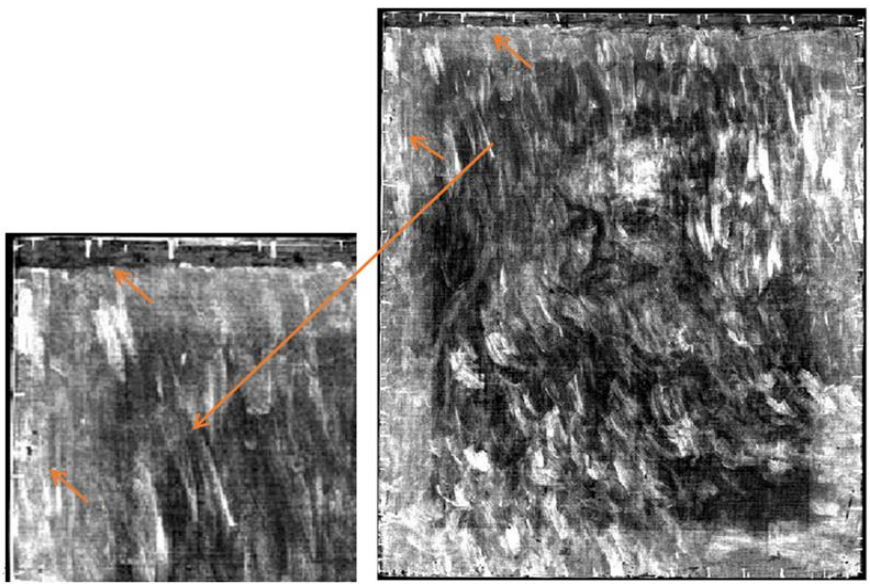
www.SID.ir

Archive of SID

(ب) (الف)

شکل۳- تصویر ماوراء بنفش: الف) تصویر فرابنفش کل تابلو، ب) تصویر فرابنفش قسمتی از تابلو که بزرگنمایی شده و با پیکان نشان داده شده

در شکل ۴ تصویر خروجی با اعمال صافی گابور (تصویر بازسازی شده) برای شکل۲-الف و ب نشان داده شده است و همانطور که مشاهده می‌شود عیوب واضح‌تر و لبه‌ها تیزتر از شکل ۲ هستند. در تصویر بازسازی شده علاوه بر صورت فرد که وضوح بیشتری دارد، خطوط بافت پارچه، نواحی‌ای که میخ جهت اتصال به تخته استفاده شده است نیز کاملاً قابل تشخیص هستند. مسیر رنگ آمیزی شده در طرح‌های نقاشی نهان نیز به وضوح قابل مشاهده است. در شکل ۵ تصویر بازسازی شده شکل ۳-الف و ب برای تصویر فرابنفش نشان داده شده است. اگرچه در شکل ۳ عیوب سطحی به خوبی دیده می‌شوند، ولی در شکل ۵، اگرچه رنگ تصویر شفافیت تصویر ۳ را ندارد، لبه‌ها در نواحی چروک و خراش‌های سطحی بهتر و تیزتر نشان داده شده است.

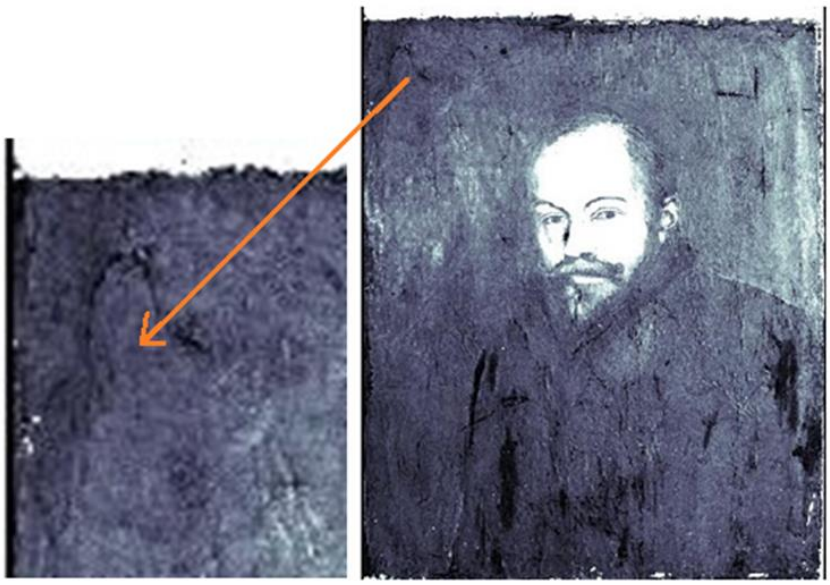


(ب) (الف)

شکل ۴- تصویر پرتونگاری بازسازی شده: الف) تصویر بازسازی شده کل تابلو، ب) تصویر بازسازی شده قسمتی از تابلو که بزرگنمایی شده و با پیکان نشان داده شده

www.SID.ir

Archive of SID



(ب) (الف)

شکل ۵: تصویر فرابنفش بازسازی شده: الف) تصویر بازسازی شده کل تابلو، ب) تصویر بازسازی شده قسمتی از تابلو که بزرگنمایی شده و با پیکان نشان داده شده

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق روش‌های پرتونگاری و تصویربرداری با پرتوهای فرابنفش برای تشخیص و بررسی طرح‌های نهان و عیوب یک تابلوی هنری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش پرتونگاری اطلاعات عمقی تصویر را بدست می‌دهد و طرح نهان تابلوی نقاشی و طرح بافت پارچه و اطلاعات نحوه تهیه بوم و میخ کردن آن‌ها با این روش مشخص شده است. روش تصویربرداری با پرتوهای فرابنفش اطلاعات سطحی از تصویر بدست می‌دهد و اطلاعاتی در مورد طرح پنهان تابلو در اختیار نمی‌گذارد. از صافی گابور برای افزایش کنتراست در تصاویر حاصل به روش CR و UV استفاده شده است تا به این ترتیب بتوان آسیب‌ها و نقوش پنهان موجود در تابلو را راحت‌تر شناسایی کرد. با تغییر مداوم پارامترها در صافی گابور بهترین پارامترها بدست آمدند و با قرار دادن آن‌ها بهترین نتایج برای بهبود کیفیت تصاویر حاصل از پرتونگاری و فرابنفش بدست آمدند. تصاویر حاصل از CR و UV اطلاعات مناسبی در اختیار مرمتگران قرار می‌دهد اما با استفاده از این الگوریتم پردازش تصویر سعی در استخراج اطلاعات بیشتر و بهتر از تصاویر می‌باشد.

۵- منابع

[۱] تسلیمی، ن. (۱۳۹۳). سیر هنر در تاریخ (۱). چاپ پنجم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ص ۱۳-۶ .

[۲] صادقی، س. (۱۳۹۶). آسیب شناسی بناهای تاریخی و مکانیزم‌های تاثیرگذار بر حفاظت و نگه‌داری آثار هنری و تاریخی. کنفرانس پژوهش‌های معماری و شهرسازی اسلامی و تاریخی ایران، شیراز، دبیرخانه دائمی کنفرانس، https://www.civilica.com/Paper-MEMARICONF01-MEMARICONF01_140.html

[3] Rutledge, S.K., Banks, B.A., Forkapa, M., Stueber, T., Sechkar, E., & Malinowski, K. (2000). Atomic oxygen treatment as a method of recovering smoke-damaged paintings. Journal of the American Institute for Conservation, 39, 1, 65-74.

[4] Movafeghi, A. (2018). Neutron radiography for Evaluation of Designs and Defects of Cultural Vase of Samiran at Tehran Research Reactor. Journal of Radiation and Nuclear Technology, 4, 4, 22-30.

[5] Movafeghi A., Kargarnovin M.H., Soltanian-Zadeh H., et al. (2005). Flaw Detection Improvement of Digitized Radiographs by Morphological Transformations. Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, 47, 10, 625-630.

[۶] بنده خدا، ف. (۱۳۸۳). کاربرد تابش فرابنفش به عنوان یکی از روش‌های سنجش غیرتخریبی در مرمت. فصلنامه‌ی تخصصی انجمن علمی دانشکده مرمت، دانش مرمت و میراث فرهنگی، سال اول، شماره ۱.

[7] Baldia, C.M., Jakes, K.A. (2007). Photographic methods to detect colourants in archaeological textiles. Journal of Archaeological Science, 34, 4, 519-525.

[8] Da Silva, R.R., Siqueira, M.H.S., De Souza, M.P.V., Rebello, J. M.A., Caloba, L.P. (2005). Estimated accuracy of classification of defects detected in welded

www.SID.ir

Archive of SID

joints by radiographic tests. NDT and E International, 38, 5, 335–343.

[9] Daubechies, I., Defrise, M., and De Mol, C. (2004). An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint. Comm. Pure Appl. Math., 57, 13, 1413–1457.

[10] Movafeghi, A., Yahaghi, E., Mohammadzadeh, N., Rokrok. B. (2017). Defect Detection and Contrast Improvement of Radiographic Images using Nonlinear Diffusion Filter Method. Journal of Nuclear Science and Technology, 38, 1, 1-11.

[11] Serrano, A., de Diego, I.M., Conde, C., Cabello, E. (2011). Analysis of variance of Gabor filter banks parameters for optimal face recognition. Pattern Recognition Letters, 32, 15, 1998-2008.

[12] Bendada, A., Sfarra, S., Ibarra−Castandeo, C., Akhloufi, M., Caumes, J.–P., Pradere, C., Batsale, J.–C., and Maldague, X. (2015). Subsurface imaging for panel paintings inspection: A comparative study of the ultraviolet, the visible, the infrared and the terahertz spectra. Opto−Electronics Review, 23, 1, 88–99. DOI: 10.1515/oere−2015−0013.

[13] Ferrari, R.J., Rangayyan, R.M., Desautels, J.E.L., Frère, A.F. (2001). Analysis of Asymmetry in Mammograms via Directional Filtering With Gabor Wavelets. IEEE Trans. on Medical Imaging, 20, 9, 953-964.

[14] Oh J., Choi, S-I., Kim Ch., Cho J., Choi Ch-h. (2013). Selective generation of Gabor features for fast face recognition on mobile devices. Pattern Recognition Letters, 34, 13, 1540-1547. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2013.06.009.

[15] Kruizinga, P., Petkov, N., and Grigorescu, S.E. (1999). Comparison of texture features based on Gabor filters. Proceedings of the 10th International Conference on Image Analysis and processing, Venice, Italy, pp. 142-147.

www.SID.ir