

## آشنایی با برخی کاربردهای لیزر در زمینه حفظ و مرمت آثار نقاشی روی چوب گردآوری: عادلہ محتشم

### مقدمه

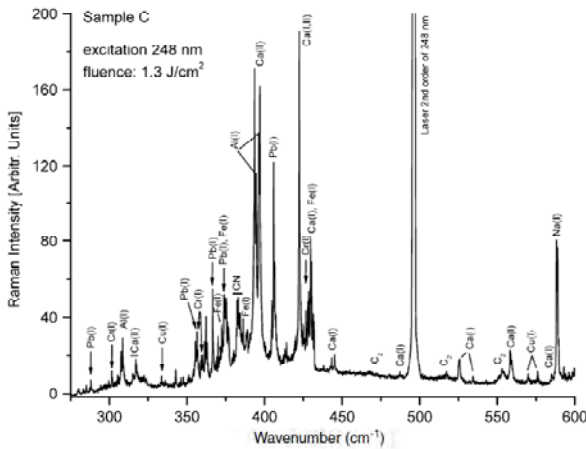
امروزه کاربرد فن آوری لیزر در زمینه های فن شناسی، آسیب شناسی و اجرای عملیات حفظ و مرمت آثار تاریخی، امری اثبات شده است. این فن آوری در زمینه ی حفظ و مرمت آثار نقاشی روی چوب نیز، کاربردهای مختلفی دارد که عبارتند از:

- ۱- شناسایی رنگدانه ها.
- ۲- زدودن چرکی ها و آلودگی های سطحی، زدودن لایه های نامطلوب مثل ورنی های اکسید شده و تغییر رنگ یافته و برداشتن رو رنگی ها (Over Painting) در صورت نیاز.
- ۳- تهیه ی مدل سه بعدی از پانل ها که یک روش مستند سازی و مستند نگاری دقیق بوده و می تواند وضعیت حفاظتی لایه های تشکیل دهنده ی اثر را به خوبی مشخص کند. از جمله وضعیت چوب تکیه گاه، آسیب هایی که به آن وارد شده، حفره های پنهان، ترکها، شکافها، میزان تاب برداشتی پانل و سایر مشخصات. همچنین در مواردی، لایه های پنهان مثل پیش طرح ها (Under Drawing) را مشخص می کند. در تمام زمینه های مذکور، فعالیت هایی انجام گرفته و مقالاتی نیز انتشار یافته است که در اینجا مختصراً به سه مورد، جهت آشنایی پرداخته خواهد شد.



تصویر شماره ۱- آیکن یونانی با نام بشارت به حضرت مریم (س)، حدود ۱۸۰۰ میلادی (منبع: L. Burgio)

## شناسایی رنگدانه ها



تصویر شماره ۳- طیف LIBS (منبع: Georgiou; S)

پلی کروم ها نوعی نقاشی روی چوب، رایج در اسپانیا بوده که در آن سطح چوب را با چسب و پرکننده می پوشانند و لایه ی رنگ هم متشکل از پیگمنت و لاک و الکل بوده است. در بعضی موارد هم سطح نقاشی با تخم مرغ یا چسب حیوانی پوشش داده می شده است.

این هنر در واقع نوعی تزئینات وابسته به معماری است و بیشتر در پوشش داخلی سقفها دیده می شود. در سال ۲۰۰۳ میلادی، تمیز کاری نمونه ای از این پلی کرومها با استفاده از لیزر نانو ثانیه ای Q-switch ND-YAG انجام می گیرد.

اما کار با لیزرهای نانو ثانیه ای اصطلاحاً Long Pulse در ارتباط با تمیز کاری آثار نقاشی، در مواردی ممکن است منجر به گرم شدن سطح، بی رنگ شدن یا تغییر رنگ پیگمنتها و خراشیده شدن سطح در حد میکرو متر شود.

هر چند این تأثیرات بسیار ناچیز هستند، اما همین میزان جزئی را هم می توان کاهش داد. لیزر «فوق سریع» این توانایی را دارد که بدون انتشار گرما، آلودگی های سطح نقاشی یا سایر لایه های ناخواسته را پاک کند. در واقع در کار با لیزر باید چهار پارامتر را مورد توجه قرار داد:

- ۱- طول موج تابانده شده
- ۲- انرژی هر پالس
- ۳- تعداد پالس ها
- ۴- مدت زمان هر پالس

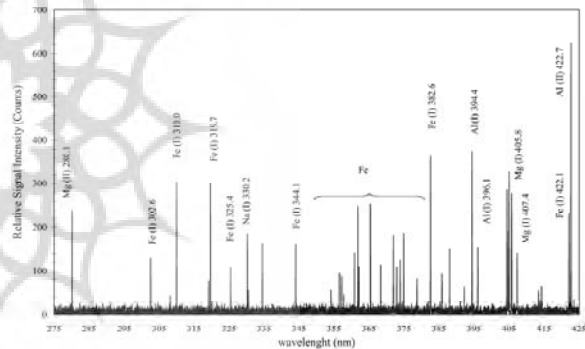
در لیزرهای رایج (نانو ثانیه) مدت زمان هر پالس در بازه ی زمانی نانو ثانیه ای یا بیشتر قرار می گیرد، اما در لیزر فوق سریع مدت زمان هر پالس در بازه ی زمانی پیکوثانیه تا فمتوثانیه قرار دارد که به ترتیب، ۱۰۳ و ۱۰۶ مرتبه کوتاه تر از پالس نانو ثانیه هستند.

همین نکته باعث می شود که این لیزرها با دقت و حساسیتی به مراتب بیشتر از لیزرهای نانو ثانیه عمل کنند و باعث گرم شدن سطوح، نشده و کنترل عملیات مرمتی با استفاده از این لیزر، بسیار ساده تر و دقیقتر است. این نوع لیزر در حفظ و مرمت تمام آثار کاربرد دارد، اما کاربرد ویژه ی آن در زمینه ی حفظ و مرمت نقاشی است، به خاطر حساسیت بالایی که

در زمینه ی شناسایی رنگدانه ها، LIBS (Laser Induced Break Down Spectroscopy) کاربرد دارد. در واقع با تابش پالس LIBS به نقطه ی مورد نظر (رنگدانه ی مورد نظر)، این سیستم اطلاعاتی را در مورد رنگدانه استخراج کرده، به صورت یک طیف در اختیار کاربر قرار می دهد. این اطلاعات را در واقع یک آشکار ساز، تبدیل به یک طیف می کند.

این روش در مورد یک آیکن یونانی با نام بشارت به حضرت مریم (س) که متعلق به حدود ۱۸۰۰ میلادی است، به کار برده شده و رنگدانه ها شناسایی شدند. به عنوان مثال قرمز روشن، ورمیلیون (سولفید جیوه)؛ قرمز تیره، همتایت (اکسید آهن)؛ سفید، کربنات سرب تشخیص داده شد.

در این مورد لیزری که مورد استفاده قرار گرفته، یک لیزر نانو ثانیه ای Q-switch ND-YAG، با لنز مسطح- کوژ سیلیکا است. پرتوی تابانده شده، UV با طول موج ۳۵۵ نانو متر بوده است. یک آنالیزور نوری چند مجرای نیز به عنوان آشکار ساز به کار رفته است.

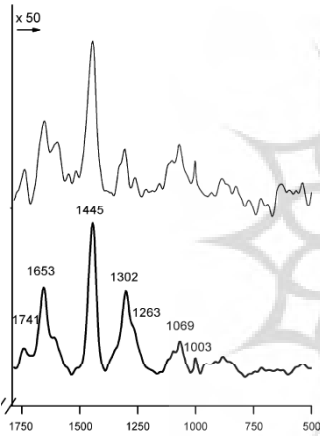
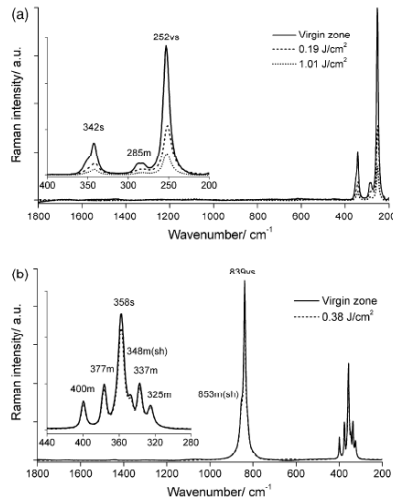


تصویر شماره ۲- طیف LIBS از رنگدانه ی سبز بشارت به حضرت مریم (س) (منبع: Burgio; L)

البته در مورد LIBS یک نکته وجود دارد و آن اینکه شناسایی رنگدانه ها با این روش، کاملاً غیر مخرب محسوب نمی شود، بلکه یک روش میکرو مخرب به حساب می آید. به این معنی که ممکن است در سطح مورد نظر، اثری را در ابعاد میکرونی از خود باقی بگذارد. در مورد این آیکن هم آثاری به قطر ۱۵۰ میکرون باقی گذاشته که البته با بزرگنمایی هم به سختی قابل رویت است، و در مقایسه با سایر روش های شناسایی رنگدانه ها که احتیاج به نمونه برداری دارند و خسارت واضحی را به اثر وارد می کنند، این روش، روش نسبتاً ایده آلی محسوب می شود.

روش دیگری نیز در شناسایی رنگدانه ها با LIBS وجود دارد و آن، ترکیب رامان میکروسکوپی (Raman Microscopy) و لیزر است. به این صورت که سیستم رامان به یک دیود لیزر مجهز می شود. زدودن چرکی ها و آلودگی های سطحی و لایه های نامطلوب در زمینه تمیز کاری و زدودن آلودگی های سطحی با لیزر می توان به تمیز

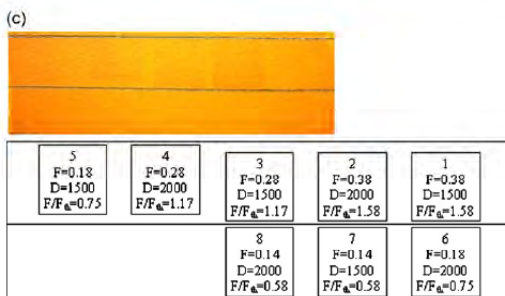
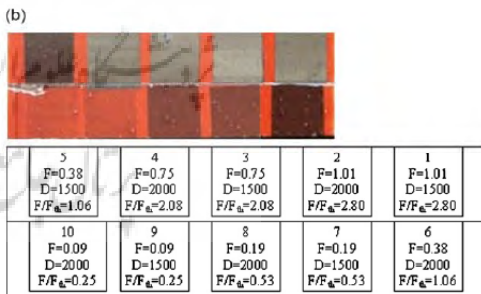
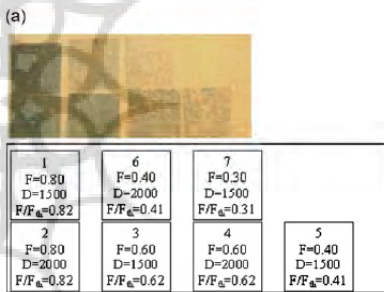
در واقع تابش فمتو و پیکو ثانیه بسیار قابل کنترل بوده و در ارتباط با نقاشی‌ها بسیار مناسب ارزیابی شده است.



نقاشی‌ها دارند، و به خصوص جهت تمیز کاری آلودگی‌ها و برداشتن رو رنگی‌ها و ورنی‌های اکسید شده.

در شماره‌ی ۲۵۵ نشریه‌ی Applied Surfaces، سال ۲۰۰۸، مقاله‌ای در مورد کاربرد لیزر فوق سریع در زمینه‌ی حفظ و مرمت آثار هنری با تأکید بر آثاری که متشکل از مواد حساس به نور هستند، به ویژه نقاشی‌ها چاپ شده است.

در این مقاله آزمایشاتی انجام گرفته است بر روی چند نمونه‌ی ساختگی پیرسازی شده، با رنگدانه‌های شننگرف (HgS) و زرد کروم (PbCrO4) با بست تخم مرغ بر روی تکیه گاه چوبی. لیزر به کار رفته یک لیزر فمتو ثانیه‌ی تیتانوم-یاقوت کیود است، طول موج مناسب ۷۹۵ نانومتر و مدت زمان هر پالس ۱۲۰ فمتو ثانیه، تخمین زده شده است. این نمونه‌ها قبل و بعد از انجام آزمایش با طیف بینی FT رامن و میکرورامان بررسی شده‌اند و در طیف رامن آنها هیچ گونه تغییر قابل توجهی دیده نشده است. در ضمن این نتایج با نتایج به دست آمده از یک لیزر نانو ثانیه‌ی Q-switch-ND-YAG و Q-switch-ER-YAG و طول موج ۲۴۸ نانومتر نیز مقایسه شد، که برتری لیزر فوق سریع به اثبات رسید.



تصویر شماره‌ی ۵- مقایسه‌ی طیف‌های رامن رنگدانه‌ها قبل و بعد از تابش پالس (منبع: Gaspard; Solenne)

تهیه‌ی مدل سه بعدی، بررسی لایه‌های تشکیل دهنده‌ی اثر و لایه‌های پنهان مثل پیش طرح‌ها (Under Drawing) در خصوص بررسی لایه‌های تشکیل دهنده‌ی یک نقاشی می‌توان به روش توموگرافی (Tomography) یا پرتونگاری مقطعی با لیزر (FDML (Fourier Domein Mode Locked) اشاره کرد.

این روش برای تمامی آثار کاربرد دارد، ولی برای آن دسته از آثار که ساختار لایه‌لایه دارند، مناسب تر است، و به خصوص نقاشی‌ها و در واقع این سیستم توانایی ساخت تصاویری با دقت میکرونی در عمق‌های انتخابی یک اثر را داراست. در ضمن می‌تواند تصاویر برش عرضی نیز تهیه نماید. این سیستم، اطلاعات بسیار زیادی در مورد لایه‌های مختلف اثر به دست می‌دهد، مثلاً ضخامت ورنی، ضریب شکست نور ورنی، تفاوت ضخامت ورنی در قسمت‌های مختلف سطح و... و یا می‌تواند پیش طرح‌ها (Under Drawing) را نشان دهد، که البته تابش IR هم این توانایی را دارد، اما نمی‌تواند عمق دقیق قرارگیری پیش طرح‌ها

تصویر شماره‌ی ۴- نمونه رنگ‌های آماده شده بر روی تکیه گاه چوبی (منبع: Gaspard; Solenne)



را نشان دهد.

در حالی که توموگرافی بالیزر FDML می تواند آن را به عنوان لایه ای از سایر لایه ها تفکیک کند، و عمق دقیق قرارگیری آن را مشخص نماید؛ در واقع پرتونگاری مقطعی بالیزر FDML می تواند یک نقشه ی سه بعدی از طبقه-بندی لایه ها تهیه کند.



تصویر شماره ی ۶- نمایان شدن پیش طرح های پانل دستگیری حضرت مسیح (ع). (منبع: Desmond;C) این کار در مورد پانل دستگیری حضرت مسیح (ع) که متعلق به ۱۵۲۰ میلادی است و در هلند توسط یک هنرمند گمنام کشیده شده است، انجام گرفته است. پیش طرح ها بررسی شده اند و همچنین یک دستنوشته در کنار پیش طرح ها دیده شده است.

در اینجا، به ذکر برخی کاربردهای فن آوری لیزر در زمینه ی حفظ و مرمت آثار تاریخی پرداخته شد. در ایران، کاربرد این فن آوری در زمینه ی مذکور در ابتدای راه بوده و با در نظر گرفتن توانایی هایش، پرداختن به آن شایسته و ارزشمند خواهد بود.

### منابع

mensional optical coherence tomography and high resolution photography for art conservation studies, Optical Society of America, published 16 Nov 2007

5. Gaspard; Solenne, 2008, Interaction of femto-second laser pulses with tempera paints; Applied Surface Science 255, 2675–2681

6. Georgiou; S, 2003, Effect of wavelength on the laser cleaning of polychromes on wood, Journal of Cultural Heritage 4, 243–249

1. Burgio; L, 2001, Pigment identification in paintings employing laser induced breakdown spectroscopy and Raman microscopy, Spectrochimica Acta Part B 56 Ž. 905\_913

2. Castillejo; Marta, 2003, Evaluation of the chemical and physical changes induced by KrF laser irradiation of tempera paints, Journal of Cultural Heritage 4, 257s–263s

3. Consolandi; L, 2007, A prototype for high resolution infrared reflectography of paintings, Infrared Physics & Technology 49, 239–242

4. Desmond; C, 2007, Comparison of three-di-