

تهیه الگوی رایانه‌ای برای تعیین ویژگی‌های

جوهر اسناد دستنویس بیزانس

ترجمه شهناز بهلولی

چکیده

تحقیقات دانشجویی زیادی برای تعیین مشخصات جوهرهای موجود در اسناد دستنویس وجود دارد که می‌تواند اطلاعات مهمی در مورد قدمت و منبع سند دستنویس فراهم آورد. دانش ما در مورد ترکیبات موجود در جوهر اسناد دستنویس بسیار محدود است و مهم‌تر از آن، اینکه ما برای بررسی ساختار ترکیبات جوهر، ناچار به استفاده از روشهای شیمیایی تخریبی هستیم. در بسیاری موارد، این بدان معنی است که باید نمونه از سند اصلی جدا شود و مورد بررسی قرار گیرد. برای مجموعه‌های قدیمی و باارزش، نمونه برداری بسیار اندک هم باعث نابودی تدریجی آنها می‌شود و آرشیویستها و کتابداران، به هیچوجه اجازه فرسودن اسناد را به کسی نمی‌دهند، هرچند این فرسایش بسیار اندک باشد.

برای شناسایی جوهرهای با ساختار ناشناخته، راهکار

خودکار رایانه‌ای، روشی مناسب و سازنده است که می‌تواند در مورد اغلب اسناد دستنویس به کار آید. در این مقاله، روش مذکور ارائه می‌شود. این روش براساس شیوه‌های پردازش تصاویر پیشرفته دیجیتالی است که با استفاده از یک روش خودکار و غیرمخرب آزمایش سند که تجزیه جوهر را تنها با روشهای مشاهداتی امکانپذیر می‌سازد، به نتیجه می‌رسد. راهکار ما در مورد اسناد دستنویس بیزانس به کار برده شد. این جوهرها با استفاده از الگوهای رایانه‌ای و تنها با اطلاعات دیداری شناسایی شدند. تصاویر استفاده شده در آزمایشها با نور مرئی و نزدیک به فروسرخ (مادون قرمز) تهیه گردید.

۱- مقدمه

شمار فراوانی اسناد دستنویس آرشیوی در سراسر جهان وجود دارد. بسیاری از این اسناد به دلیل قدمت زیاد و در

بسیاری موارد به علت شکنندگی و تردی، مستقیماً قابل دسترسی نیستند.

راهکارهای فراوانی وجود دارد که به ما کمک می کند تا زمان و مکان ایجاد سند را بیابیم. این راهکارها بر مبنای آزمایشهایی که درباره جوهر و کاغذ انجام می شود، کارائی دارد. به صورت سنتی، انجام چنین آزمایشهایی مستلزم نمونه برداری و آنالیز آزمایشگاهی جوهر و کاغذ سند دستنویس می باشد. روش معرفی شده در این مقاله کاملاً فاقد آسیب رسانی است و بر مبنای الگوی رایانه ای و خواص ظاهری اجزای موجود در جوهر مورد آزمایش می باشد. تا به حال دانش ما درباره انواع جوهر به کار رفته در اسناد خطی قرون وسطا پراکنده بوده و اکثر آن مبتنی بر آنالیزهای فیزیکی - شیمیایی جوهر بوده است. چنین روشهایی برای اسناد دستنویس مخرب است و بنابراین استفاده از آنها بسیار محدود می باشد.

راهکارهای غیرمخرب نظیر انعکاس سنجی که در حفاظت آثار هنری استفاده می شود، می تواند در مطالعه اسناد دستنویس نیز مورد بهره برداری قرار گیرد. روشهای پیشرفته پردازش تصاویر، می تواند این روشهای تشخیصی را با اندازه گیری میزان تشعشعات منعکس شده و تهیه الگوهای رایانه ای از اطلاعات ظاهری تکمیل کند. چنین الگوهای رایانه ای، تفاوت جوهرهای مختلف را که بر روی سند یافت می شود و همچنین طبقه بندی آنها را امکانپذیر می سازد. علاوه بر آن، آنالیز دقیق تر و با جزئیات بیش تر - که بر مبنای تصاویر صورت می گیرد - دارای مزایای زیر است:

- نیازی به انتقال نسخه های خطی به آزمایشگاههای خاص نمی باشد.

- نمونه برداری از جوهر اسناد لازم نیست.

- روشهای تصویر محور، آنالیز جوهرهایی را - که رنگشان پریده است - ممکن می سازد.

- بررسی جداگانه قسمتهایی که تمایل داریم آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم، بسادگی امکانپذیر است.

در این مقاله، ما نتایج روش شناسایی غیرتخریبی خود را

در مورد چند نوع از جوهرهایی که در مدت دوره بیزانس استفاده شده است و خصوصیات آنها را با توجه به ساختار شیمیایی آنها، بررسی می کنیم. در قسمت سوم، آزمایشهای انجام شده درباره نمونه های عکس تهیه شده را بر روی نوارهایی شرح داده و در قسمت چهارم نتیجه گیری می نمایم.

۲- پیشینه

با توجه به اطلاعات تاریخی در مورد ساخت جوهر، می توانیم آنها را به گروههای زیر تقسیم کنیم:

جوهرهای کربنی که حاوی کربن، صمغ و حلال است. جوهر مازوی آهن (یا مازوی فلز) که شامل نمک فلزی (سولفات مس یا سولفات آهن)، اکسید مازو، صمغ و حلال است. در این گروه، جوهرهایی با ترکیب ناقص هم یافت می شود که ساختاری شبیه به جوهر مازو دارد، ولی حاوی تمام اجزای جوهر مازوی آهن نمی باشد.

جوهرهای مخلوط که حاوی کربن، نمک فلزی، اکسید آهن، صمغ و حلال هستند.

در آزمایشهای اولیه - که اساس کار را تشکیل می دهد - ما از شیوه نامه های قدیمی برای تهیه ۸ نوع جوهر که در دوره بیزانس بیش تر استفاده می شده، بهره گرفتیم. به دنبال آن نمونه هایی به شکل مربع از هر یک از هشت نمونه مرکب آماده کردیم.

از هر یک از نمونه ها به طور جداگانه با پرتوهای فرابنفش، نور مرئی و نور نزدیک به فروسرخ (۳۶۰-۹۵۰ نانومتر) عکسبرداری شد. بررسی نتایج، ما را متوجه این نکته کرد که هر چند که میزان جذب پرتو فرابنفش همه انواع جوهر بالا و تقریباً یکسان بود، ولی در اندازه گیری تحت پرتو نزدیک به فروسرخ تفاوت محسوسی در بین گونه های جوهر وجود داشت.

[همه تصاویر با یک رنگ خاکستری و میزان جذب همه انواع جوهر طی یک طرح اندازه گیری شد]. آنالیز دقیق تر بر مبنای کنش ظاهری جوهرها تحت نور مرئی و پرتو

زیرسرخ، نشان داد که جوهرهای متأثر از نور مرئی - که خواص عکسبرداری یکسانی از خود نشان دادند - می توانند در بررسی تحت نور فرسرخ از یکدیگر جدا شوند. این نتایج، در ششمین همایش بین المللی "آزمایش و تجزیه میکروسکوپی نامخرب برای شناسایی و حفاظت از میراث فرهنگی و محیطی" ارائه گردید.

۳- آزمایش نمونه های خطی

براساس نتایج به دست آمده از روش ذکر شده، آزمایشها را درباره نمونه های خطی نیز انجام دادیم. برای انجام آزمایشها، دو نوع نوار از نمونه ها تهیه کردیم. یکی شامل هشت نمونه سند دستنویس و دیگری شامل هشت مربع تهیه شده از مرکبها که در قسمت قبلی نیز به آن اشاره کردیم. (شکل شماره ۱ را برای نمونه های دستنویس و جدول شماره ۱ را برای ترکیبات جوهر ببینید).

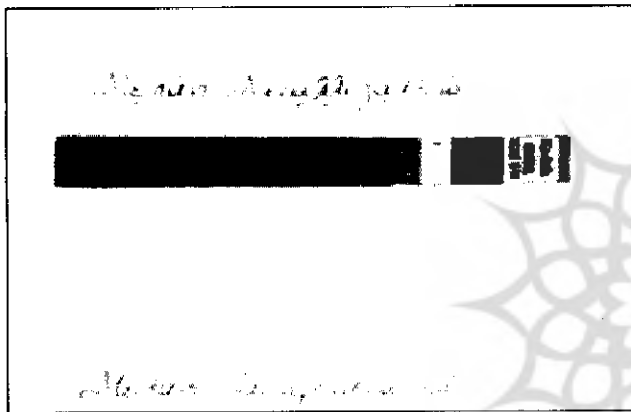
ثبت کنش ظاهری نمونه ها در اثر تابش نور مرئی و نور



شکل شماره ۱- دو نمونه از اسناد دستنویس (جوهر ۱ و جوهر ۲)

PRO-PLUS انجام شد. ۱۴ رنگ خاکستری با درصدهای مختلف از رنگهای سیاه و سفید به صورت همزمان در دستگاه نمایشگر انعکاسها ثبت شد. این مطلب در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. به این ترتیب بسادگی می توان شرایط آزمایش را به نحوی کنترل نمود که میزان جذب نمونه های جوهر با پارامترهای تنظیم شده بر روی نرم افزار مطابقت کند. تمام تصاویر، بر روی همان مقیاس خاکستری - که به وسیله تصویر PRO-PLUS تهیه شده بود - قرار گرفت. به وسیله همان برنامه نرم افزاری، میزان جذب هریک از جوهرها اندازه گیری شد.

مقایسه نمونه ها با نوارهای تهیه شده، این سؤال را در پی



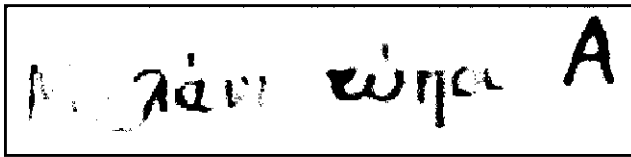
شکل شماره ۲- عکس، نشان دهنده یک نمونه دستنویس و مقیاس، نشان دهنده سطوح مختلف خاکستری

اجزاء شیمیایی					انواع جوهر	
اکسید عربی	الکل	آلومین	اکسید مازو	سولفات آهن	سولفات من	کربن
*						*
*	*		*		*	
*			*		*	
*			*	*		
*			*		*	*
*	*		*		*	
*			*			
*					*	

جدول شماره ۱

دارد که جاهای جوهردار را چگونه تشخیص دهیم؟ جاهای دیگر عاری از جوهر مثل کثیفی، ناخالصیهای کاغذ، جوهری که از پشت کاغذ به درون آن نفوذ کرده و مانند اینها، ممکن

نزدیک به فرسرخ به وسیله یک لامپ تنگستن و فیلترهای دیداری ۴۸۹ و ۰.۹۳B+W و یک حسگر پرتو فرسرخ CCD حداکثر تا ۱۲۰۰ نانومتر و یک سامانه فرایند



شکل شماره ۳- یک نمونه سند دستنویس که در آن جوهر یکنواخت نیست.

۰,۶۷۷۱	جوهر ۱
۰,۴۰۵۳	جوهر ۲
۰,۶۳۲۸	جوهر ۳
۰,۴۳۵۱	جوهر ۴
۰,۵۶۹۴	جوهر ۵
۰,۳۶۷	جوهر ۶
۰,۸۹۶۹	جوهر ۷
۰,۶۸۷۷	جوهر ۸

جدول شماره ۳- مقدار شدت بازتابش نور از جوهر در لایه دهم

در این حالت حتی اگر جوهر یکسان باشد، بازتابش حاصل از نمونه، مقادیر مختلفی را نشان می‌دهد و این میزان، بسته به آن است که بازتابش، حاصل از کدام نقطه تصویر باشد. علاوه بر آن، شفافیت جوهر در بعضی از قسمت‌ها، بدین معنی است که بازتابش ناشی از جوهر با بازتابش کاغذ درهم آمیخته است.

از طرف دیگر، مربعها به صورتی کاملاً یکنواخت تهیه شده و چنان به نظر می‌آید که به جای نوشتن، رنگ شده‌اند و پراکندگی جوهر آنها بسیار یکنواخت‌تر است. مقادیر ثبت شده جوهرها، در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

برای به دست آوردن نتایج مشابه از نوارهای اسناد دستنویس و نیز جلوگیری از مشکل پیش آمده در بالا، مجدداً نوارهای دستنویس را تهیه کردیم، ولی این بار از چند لایه جوهر استفاده کردیم (به این صورت که چند بار روی نوشته متن را دوباره با جوهر نوشتیم). برای مشخص کردن تعداد لایه‌هایی که لازم بود تا نتیجه خوبی نظیر آزمایش مربعها به ما بدهد، نمونه‌ها را حداکثر با ۱۰ لایه از جوهر تهیه کردیم. مقادیر مختلف اندازه‌گیری برای نوارهای دستنویس با چند لایه جوهر را، می‌توان در جدول شماره ۲ مشاهده کرد. علائم موجود در جدول، به صورت زیر است:

است انحرافات نشان دهد. این انحرافات، نتایج را تحریف می‌کند و رفع آنها پس از انجام اندازه‌گیریها دشوار است. برای غلبه بر این مشکل، از ماسکهایی استفاده شد که تنها امکان اندازه‌گیری بازتاب قسمتهای جوهر دار را امکانپذیر می‌ساخت.

چکیده فرایند به کار رفته در مورد تصاویر، به شرح زیر است:

۱- تمام نوارهای نمونه‌های دستنویس به کمک مقیاس استاندارد سیاه و سفید، با یکدیگر مقایسه شدند (شکل شماره ۲ را ببینید). با استفاده از این مقیاس به عنوان مرجع، همه تصاویر تحت شرایط یکسان نور و رنگ قرار گرفتند.

۲- همه تصاویر، طوری قرار داده شدند که هیچ تفاوتی در میزان روشنایی قسمتهای مختلف تصویر وجود نداشته باشد. معمولاً این مسئله در گوشه‌های تصویر رخ می‌دهد و تقریباً همیشه به موقعیت دوربین و منبع استفاده شده، بستگی دارد.

۳- همچنین قسمتهای آسیب دیده آشکار کاغذ نظیر پوسیدگی و یا جاهای آغشته به مواد را مانند آلودگیها و غیره - که ممکن است بر میزان اندازه‌گیریها تأثیر بگذارد - حذف کردیم.

۴- (با بهره‌گیری از پوششی مناسب) سطوح فاقد جوهر را حذف کردیم.

همچنین مطمئن شدیم که نمونه‌های جوهر، کاملاً از یکدیگر جدا شده‌اند، به گونه‌ای که تأثیری بر روی یکدیگر نگذارند.

مشاهده اولیه ما این بود که مقادیر اندازه‌گیری شده از اسناد دستنویس مقایسه کردنی نیست و یا حداقل هیچگونه رابطه مشخصی را نشان نمی‌داد، درحالی که مقادیر مربوط به مربعهای جوهر، براحتی با جوهرها متناسب بود (جدول شماره ۳ را ببینید). این مسئله را براحتی می‌توان با نحوه تولید آنها توجیه کرد. وقتی قسمتی از یک متن را می‌نویسیم بخصوص با استفاده از جوهر خودکار، مشکل می‌توان از یکنواختی جوهر متن اطمینان داشت. این مسئله در شکل شماره ۳ دیده می‌شود.

«حرف - لایه» «شماره - جوهر» جوهر

صورت مربعهایی تهیه شده بود (یعنی در حالتی که غلظت جوهر خیلی بالاست) ولی نه (همیشه)، مستقیماً از روی نمونه‌های خطی از یکدیگر متمایز شده و تفاوت آنها تشخیص داده شود. دلیل آنکه از روی نوشته‌های دستنویس نمی‌توان براحتی جوهر را شناسایی کرد، این حقیقت است که تشخیص تفاوت جوهرها از روی نوشته‌های خطی بسیار مشکل است؛ زیرا جوهر شفاف است و در نتیجه اجازه می‌دهد که بازتابش کاغذ نیز در نتیجه به دست آمده، اثر بگذارد.

برای جلوگیری از این مسئله و به دست آوردن نتیجه‌ای مانند آزمایش جوهرهای یکنواخت روی مربعها، ناگزیریم که تعداد لایه‌های استفاده شده روی متون دستنویس را تا ۱۰ لایه افزایش دهیم. در این حد غلظت، مشاهده می‌شود که تفاوت بین جوهرها کاملاً نمایان است (جدول شماره ۲ را ببینید).

برای مثال، Ink 20 بیان می‌کند که اندازه گیری جوهر شماره ۲ در لایه سوم جوهر صورت گرفته است یعنی ۲ بار روی متن نوشته شده است.

با مقایسه دو جدول، مشاهده می‌شود که برای به دست آوردن نتایج دقیق نظیر نتایج آزمایش مربعها، لازم است که بر روی نوشته ۹ بار، دوباره نوشته شود (۱۰ لایه جوهر).

۱-۳- نتایج - مشاهدات

بر اساس اندازه گیریهای انجام شده، مشاهده می‌شود که بازتابش پرتو نزدیک به فرسرخ از جوهر، این امکان را فراهم می‌کند تا جوهرها را طبقه بندی و اجزای آنها را شناسایی کنیم. اگرچه این امکان وجود دارد که جوهرهای آزمایش شده که به

Inklay ۱A	۰,۹۷۸۶	Inklay ۱D	۰,۸۲۹۹	Inklay ۱G	۰,۷۳۰۸	Inklay ۱K	۰,۶۷۷۱
Inklay ۲A	۰,۸۰۲۱	Inklay ۲D	۰,۵۵۷۵	Inklay ۲G	۰,۴۴۵۵	Inklay ۲K	۰,۴۰۵۲
Inklay ۳A	۰,۹۴۱۳	Inklay ۳D	۰,۸۳۲۸	Inklay ۳G	۰,۷۹۶۵	Inklay ۳K	۰,۷۵۶۱
Inklay ۴A	۰,۸۸۱۲	Inklay ۴D	۰,۶۱۳۲	Inklay ۴G	۰,۴۹۷۳	Inklay ۴K	۰,۴۳۵۱
Inklay ۵A	۰,۹۰۲۷	Inklay ۵D	۰,۷۴۸۲	Inklay ۵G	۰,۶۵۱۳	Inklay ۵K	۰,۵۶۹۴
Inklay ۶A	۰,۸۱۱۷	Inklay ۶D	۰,۵۸۹۵	Inklay ۶G	۰,۴۵۲۲	Inklay ۶K	۰,۳۴۵۸
Inklay ۷A	۰,۹۷۸۶	Inklay ۷D	۰,۹۲۱۵	Inklay ۷G	۰,۹۰۶۹	Inklay ۷K	۰,۸۹۶۹
Inklay ۸A	۰,۹۵۳۵	Inklay ۸D	۰,۸۳۹	Inklay ۸G	۰,۷۵۲۹	Inklay ۸K	۰,۶۸۷۷
Inklay ۱B	۰,۹۰۸۳	Inklay ۱E	۰,۸۱۸۸	Inklay ۱H	۰,۷۳۴۱		
Inklay ۲B	۰,۶۱۸۴	Inklay ۲E	۰,۴۵۸۴	Inklay ۲H	۰,۴۴۱۴		
Inklay ۳B	۰,۸۶۲۴	Inklay ۳E	۰,۸۲۸۶	Inklay ۳H	۰,۷۷۸۳		
Inklay ۴B	۰,۶۷۴۶	Inklay ۴E	۰,۵۷۷۹	Inklay ۴H	۰,۴۷۰۷		
Inklay ۵B	۰,۷۸۹۳	Inklay ۵E	۰,۶۹۵۶	Inklay ۵H	۰,۶۳۰۶		
Inklay ۶B	۰,۶۵۶۳	Inklay ۶E	۰,۵۰۹۳	Inklay ۶H	۰,۳۹۹۲		
Inklay ۷B	۰,۹۳۲۱	Inklay ۷E	۰,۹۱۹۹	Inklay ۷H	۰,۹۰۰۶		
Inklay ۸B	۰,۸۶۰۹	Inklay ۸E	۰,۸۰۰۹	Inklay ۸H	۰,۷۲۷		
Inklay ۱C	۰,۸۵۴۸	Inklay ۱F	۰,۷۴۸۵	Inklay ۱J	۰,۷۰۱۵		
Inklay ۲C	۰,۵۸۷۸	Inklay ۲F	۰,۴۵۶۳	Inklay ۲J	۰,۴۱۸۲		
Inklay ۳C	۰,۸۴۷۸	Inklay ۳F	۰,۸۱۴۸	Inklay ۳J	۰,۷۵۹۱		
Inklay ۴C	۰,۶۴۶۱	Inklay ۴F	۰,۵۲۹۳	Inklay ۴J	۰,۴۵۳۱		
Inklay ۵C	۰,۷۶۳۸	Inklay ۵F	۰,۶۸۸۵	Inklay ۵J	۰,۵۸۷۳		
Inklay ۶C	۰,۶۳۱	Inklay ۶F	۰,۴۹۷۳	Inklay ۶J	۰,۳۶۷		
Inklay ۷C	۰,۹۳۰۴	Inklay ۷F	۰,۹۱۲۲	Inklay ۷J	۰,۸۹۹۵		
Inklay ۸C	۰,۸۴۵۶	Inklay ۸F	۰,۷۶۶۹	Inklay ۸J	۰,۶۹۶۱		

جدول شماره ۲ - مقدار شدت جوهر در لایه‌های مختلف

مختلف را بهبود بخشیده ایم تا امکان آن را داشته باشیم که: به صورت خودکار تصاویر را بزرگ کنیم تا کاملاً قابل مشاهده باشند (سطوح دارای جوهر که بوضوح با چشم غیر مسلح قابل دیدن نبودند، دیده شوند).

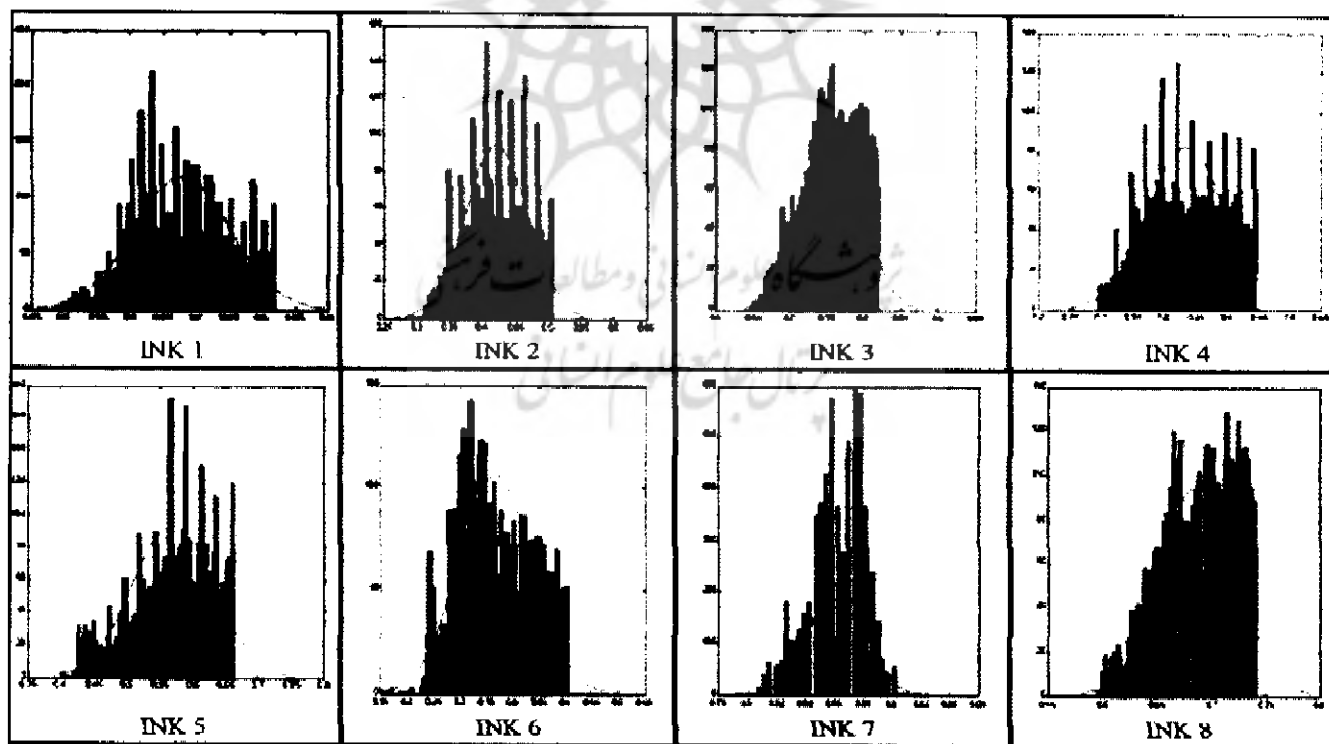
لبه های نوارهای جوهر را بزرگ کنیم تا کاملاً دیده شوند. ماسکهایی ساخته و مورد استفاده قرار گیرد که بتوان شدت جذب سطوح دلخواه (فقط سطوح جوهر دار) را اندازه گیری کند.

اندازه گیریها و محاسبات دیگر، برنامه ریزی و اجرا شود (شدت سطوح جوهر دار و...)

فعالتهای آینده، شامل افزایش هوشمندی آزمایشها نیز می باشد. بدین معنی که به صورت خودبه خود نقاط منحرف کننده را تشخیص دهد. بخصوص که کاغذ خود نیز موجب انحراف نتایج می شود (به منظور بهبود دقت نتایج در تصاویر تهیه شده از نوارها) و از دوربین با کیفیت بهتر (resolution بالاتر) استفاده شود.

علاوه بر آن، مشاهده می شود که بازتابش لایه های مختلف، کاملاً با یکدیگر به صورت متناسب تغییر می نماید. هر چه میزان جذب یک نوع جوهر تحت پرتو فرسرخ بیش تر باشد، تفاوت میزان جذب لایه های مختلف با افزایش تعداد آنها نیز بیش تر خواهد بود (جوهر مازوی آهن). از طرف دیگر، جوهرهایی که میزان جذب کمتری در برابر نور فرسرخ نشان می دهند، دارای دامنه تغییرات کمتری هستند، یعنی میزان جذب آنها در تعداد لایه های کم تا لایه های بیش تر، دارای تفاوت کمتری است (جوهرهای کامل نشده از نوع B). علاوه بر آن، درجه جذب جوهر بدون نمک فلزی، بیش از درجه جذب جوهر حاوی نمک فلزی است. در بین جوهرهای مازوی فلزی، جوهر Fouma کمترین میزان جذب را در بین همه لایه ها دارد. برای مقایسه مقادیر اندازه گیری شده میزان جذب جوهرهای مختلف با ۱۰ لایه، شکل شماره ۴ را ببینید.

۴- کارهای در دست انجام و برنامه های آینده
به منظور کامل کردن آزمایشهای بالا، فرایندهای تصاویر



شکل شماره ۴- اندازه گیری میزان شدت نور تحت پرتو فرسرخ برای هر لایه جوهر