

دانشنامه میراث فرهنگی

دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی

دوره جدید، سال چهارم، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۵

بررسی معماری خانه های سنتی قاجار در نهبند ان با تأکید بر خانه نعمت الله تقوی
زهراروشندل، حسن هاشمی زرج آباد، حمیدرضا قربانی

تفسیری بر شباهت های موجود میان آثار فرهنگ بلخی-مروی و شهر سوخته
حامد طهماسبی زاوه، فرشید ایروانی قدیم

بررسی و شناخت ویژگی های گیوه آجیده (صنایع دستی بومی منطقه سنجان
غلامرضا هاشمی

بررسی مکانیسم واکنش تخریبی اکسیداسیون در کاغذهای تاریخی
مهرناز آزادی بویاغچی، مصطفی خواجه محمودی، عباس عابد اصفهانی

پتروگرافی مقطع نازک مواد سرامیکی
نویسنده: سارا پترسون، برگردان: مهدی رازانی، حکیمه افشاری نژاد

شیمی حفاظت کاغذ: زرد شدن و رنگ بری حفاظتی
نویسنده: هنری ای. کارتر، برگردان: مهدی قربانی

فرهنگ اصطلاحات عکاسی و فنی تصویربرداری واریختگی بازتابشی
نویسنده: موسسه تصویر برداری از میراث فرهنگی، برگردان بهروز جلوداریان بیدگلی، مهدی رازانی

راهنمای تدوین مقالات دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی

- مقاله ارسالی نباید قبلاً در هیچ نشریه یا همایشی منتشر شده باشد و یا همزمان به نشریه‌های دیگر ارسال شود.
- تأیید نهایی مقالات برای چاپ در نشریه، پس از کسب نظر داوران خواهد بود.
- مقالات تألیفی با ذکر دقیق منابع و مأخذ مورد استفاده و مقالات ترجمه شده با ارسال متن اصلی مقاله به همراه مشخصات کتابشناسی آن قابل بررسی هستند.
- متن مقاله بایستی به زبان فارسی بر اساس جدول زیر تایپ شوند. برای بررسی مقالات فایل WORD 2007 و PDF به آدرس ایمیل نشریه ارسال شوند.
- قلم مورد استفاده نشریه B Nazanin است که جزئیات استفاده از آن در تارنمای نشریه آمده است.
- تصاویر، شکل‌ها و جداول مربوط به هر مقاله باید با ذکر منبع اصلی (نام مؤلف یا گردآورنده منبع، سال انتشار، شماره صفحه) آورده شوند.
- پی‌نوشت‌های مقاله (اصطلاحات و معادل واژه‌ها، توضیحات و غیره) می‌باید در متن به ترتیب شماره‌گذاری شده، در پایان مقاله و قبل از فهرست منابع تحت عنوان پی‌نوشت‌ها گنجانده شوند.
- در صورت تعدد نویسندگان، نویسنده مسئول با علامت مشخص * در متن مقاله مشخص گردد (برای مقالات ترجمه شده مشخصات مترجم با مترجمین نوشته شود).
- در صورتی که نیاز به تصحیح مقاله باشد، اصلاحات باید منحصرأ محدود به موارد ذکر شده باشد. در سایر موارد نویسنده لازم است نشریه را در جریان هرگونه تغییر و یا تصحیح دیگر قرار دهد.
- حق چاپ مقاله، پس از پذیرش، برای نشریه محفوظ است و نویسنده مقاله مجاز به چاپ آن در جای دیگر نیست. به علاوه مسئولیت صحت و سقم مطالب بر عهده نویسندگان خواهد بود.

نکاتی در رابطه ویژگی مقالات در دو فصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی

- **عنوان مقاله:** باید کوتاه، گویا و بیان‌کننده محتویات نوشتار باشد.
- **چکیده فارسی:** حداکثر ۲۵۰ کلمه که باید شامل طرح مساله، هدف، روش تحقیق، یافته‌ها و بحث و نتایج باشد.
- **چکیده انگلیسی:** معادل چکیده فارسی است.
- **کلید واژه‌ها:** شامل ۴ تا ۶ واژه کلیدی به دو زبان فارسی و انگلیسی در محل‌های مورد نظر.
- عنوان مقاله، اسامی و مرتبه علمی نویسندگان، چکیده و کلید واژگان بایستی در هر دو بخش لاتین و فارسی آورده شوند.
- **مقدمه:** شامل طرح مساله، هدف تحقیق و معرفی کامل مقاله است (با ارجاع به رفرنس‌های مورد نظر مبنی بر طرح مساله).
- **روش تحقیق:** نوع و روش پژوهش (نوع تحقیق و روش‌های مورد استفاده در جمع‌آوری داده‌ها، جامعه‌آمار، روش نمونه‌گیری، معرفی متغیرها و شاخص‌ها، نوع دستگاه‌ها یا نرم‌افزارهای مورد استفاده در پژوهش و تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل این قسمت می‌گردد).
- محتوای مقاله که شامل سر فصل‌های مورد نویسنده است. به صورت شماره‌گذاری شده از مقدمه تا نتیجه
- **بحث و نتیجه‌گیری:** شامل بررسی یافته‌ها و نتیجه حاصل شده از انجام تحقیق همراه با پیشنهادها و راهکارها درباره موضوع و در صورت نیاز پیشنهادهایی برای مطالعات بعدی در زمینه مورد بحث است.
- **تشکر و قدردانی (اختیاری):** شامل تشکر و قدردانی از همکاران پژوهش یا کسانی که در تدوین مقاله نقش ایفا کرده‌اند. به‌علاوه چنانچه مقاله مستخرج از طرح پژوهشی یا رساله باشد، عنوان طرح پژوهشی یا رساله نیز این بخش می‌تواند ذکر شود.
- **پی‌نوشت‌ها:** شامل توضیحات ضروری و مکمل درباره اصطلاحات، عبارات و مطالب مقاله، معادل‌های لاتین و غیره است، که به‌ترتیب در متن شماره‌گذاری شده و در انتهای مقاله قبل از منابع آورده می‌شوند.
- **منابع:** در پایان مقاله، ابتدا منابع فارسی و سپس منابع لاتین، بر اساس نام‌خانوادگی نویسنده، به‌ترتیب حروف الفبا ذکر شود.
- ارجاع‌های مربوط به منابع درون متن، بلافاصله پس از نقل مطلب داخل پرانتز ذکر شوند.
- با توجه به آنکه صفحه بندی مقالات توسط نویسندگان انجام می‌گردد بایستی نوشته‌های خود را در قالب انتشار مقالات نشریه که به‌صورت فایل WORD 2007 در صفحه شناسنامه نشریه به آدرس زیر موجود است دانلود نموده و مقاله را بر اساس آن تنظیم و ارسال نمایند.
- تنها مقالاتی در سیستم داوری نشریه قرار خواهند گرفت که: فایل‌های الکترونیک WORD 2007 و PDF آنها به رایانامه اختصاصی نشریه به آدرس nashriyeh@au.ac.ir زیر ارسال شده باشد: <http://www.au.ac.ir/index.php/fa/rsch>

بسم الله الرحمن الرحيم

دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویان دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان.

مدیر مسئول: مهدی رازانی

سردبیر: زیر نظر شورای سردبیران

طراحی لوگوی اصلی نشریه: رسول خسروی

طراح جلد: حبیب رضایی

مدیر اجرایی: مریم دلگشا عبد الملکی

باز خوانی مقالات: مریم دلگشا عبد الملکی، حکیمه افشاری نژاد



دوره جدید، سال ۴۰، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۵

هیأت تحریریه به ترتیب حروف الفبا:

بهرام آجورلو، دانشیار دانشگاه هنر اسلامی تبریز،/ حسام اصلانی استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ حمید رضا بخشنده فرد، استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ زاهد شفیعی، استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ سید محمد امین امامی دانشیار دانشگاه هنر اصفهان،/ محمود محمدی، استادیار گروه شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان،/ نیلوفر ملک استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ مسعود باقرزاده کثیری، دانشیار دانشگاه هنر اسلامی تبریز،/ محمد مرتضوی، استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ پرویز هلاکویی، استادیار دانشگاه هنر اصفهان،/ غلام رضا هاشمی استادیار دانشگاه هنر اصفهان.

شورای سردبیران:

امین نعمتی موردراز: دانشجوی دکتری مرمت بناها و بافت‌های فرهنگی تاریخی/ رضا رحیم‌نیا: دانشجوی دکتری مرمت بناها و بافت‌های فرهنگی تاریخی،/ تاریخی علی نعمتی بابایلو: دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،/ غلامرضا رحمانی: دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،/ محمد حدادی: دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،/ یاسر حمزوی: دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،/ یاسر جعفری دانشجوی دکتری مرمت بناها و بافت‌های فرهنگی تاریخی،/ پرستو نعیمی طرئی دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی.

داوران این شماره:

سید محمد امین امامی، نیما نطاقتی، فریبا مجیدی، بهشاد حسینی، جواد موسوی، رضا هاشمی، علی شهابی نژاد، محمد جواد نجفیان، محمد حدادی، مریم دلگشا عبد الملکی، معین اسلامی، مهدی رازانی، وحید پور زرقان، هادی زند کریمی، هانی زارعی، یاسر عرب.

تماس با نشریه

اصفهان - خیابان حکیم نظامی، کوچه سنگتراش‌ها، انتهای کوچه (محل تبریزی‌ها)، خانه داوید.

دفتر انجمن علمی دانشجویان دانشکده مرمت.

پست الکترونیکی: nashriyeh@au.ac.ir

تارنمای دوفصلنامه دسترسی آزاد: <http://www.au.ac.ir/index.php/fa/rsch>

پایگاه‌های نمایه کننده دوفصلنامه:

<http://www.ensani.ir/fa/mags/art-dmvmf/magazines.aspx>

<http://www.noormags.com/view/fa/magazine/1187>

<http://sushiant.com>

پایگاه پژوهشکده علوم انسانی و مطالعات فرهنگی کشور

پایگاه مقالات علمی نور مربوط به مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

سوشیانت بانک اطلاعاتی حفاظت و مرمت آثار تاریخی و اشیاء فرهنگی



فهرست محتویات

الف	سخن نخست دکتر حامد صیاد شهری
پ	سخن دوم مهندس حسن خسروی خافتري
۱-۱۸	بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت‌الله تقوی زهرا روشندل، حسن هاشمی زرج آباد، حمیدرضا قربانی
۱۹-۳۳	تفسیری بر شباهت های موجود میان آثار فرهنگ بلخی-مروی و شهرسوخته حامد طهماسبی زاوه ، فرشید ایروانی قدیم
۳۵-۴۷	بررسی و شناخت ویژگی‌های گیوه آجیده (صنایع دستی بومی منطقه سنجان) غلامرضا هاشمی
۴۹-۵۶	بررسی مکانیسم واکنش تخریبی اکسیداسیون در کاغذهای تاریخی مهرناز آزادی بویاغچی، مصطفی خواجه‌محمودی، عباس عابد اصفهانی
۵۷-۷۳	پتروگرافی مقطع نازک مواد سرامیکی نویسنده: سارا پترسون. برگردان : مهدی رازانی، حکیمه افشاری نژاد
۷۵-۹۱	شیمی حفاظت کاغذ: زرد شدن و رنگ‌بری حفاظتی نویسنده: هنری ای. کارت. برگردان: مهدی قربانی
۹۳-۱۱۹	فرهنگ اصطلاحات عکاسی و فنی تصویربرداری واریختگی بازتابشی نویسنده : موسه تصویر برداری از میراث فرهنگی / برگردان بهروز جلواریان بیدگلی، مهدی رازانی

سخن نخست از دکتر حامد صیاد شهری

"ضرورت وجود یک نشریه تخصصی در میان مرمتگران و بخصوص دانشجویان مرمت و برقراری این ارتباط اطلاعاتی بین مرمتگران روشن‌تر از آن است که بر کسی پوشیده باشد. دانش مرمت می‌خواهد فضایی برای گسترش این ارتباط و جوابی برای آن نیاز باشد." (سخن نخست، پیش‌شماره‌ی دانش مرمت، بهار ۱۳۸۳)

این نخستین سخنان منتشر شده در اولین شماره‌ی این نشریه، حاوی دغدغه‌ی اعضای انجمن بود که خود نیز در اول راه بود، انجمن علمی دانشکده‌ی مرمت. هدف همه ایجاد نشریه‌ای بود توسط مرمتگران "در مورد مرمت و برای مرمت"، حداقل در سخنانی که گفته می‌شد، هرچند در باورمان رسیدن به آن آسان نمی‌نمود و نبود. اما سرانجام حاصل همدلی مسئولین، اعضای انجمن علمی و دانشجویان دانشکده‌ی مرمت پیش‌شماره‌ی گاهنامه‌ای بود تخصصی با نام دانش مرمت. با انجام این مهم، ادامه‌دادن انتشار آن همراهی دوچندان آغاز کنندگان را طلب می‌کرد. امری که متأسفانه عملاً تنها تا یک شماره بعد اتفاق افتاد.

دانشجویان دوره‌ی اول انجمن علمی در سخن نخست پیش‌شماره‌ی دانش مرمت خواندند که با دانش مرمت بمانید تا بماند! اما به دلایل مختلف با نشریه نماندند و نماند. یکی از آنانی که نماند من بودم و همراه من حس شرمساری در مقابل خود و دیگران برای هدفی جمعی که نیمه‌تمام رها شده بود. چند سال بعد از آن، انگار همان هدف و احساس نیاز به نشریه تبدیل به دغدغه‌ای شد برای نسل جدید دانشجویان عضو انجمن علمی. شاید انتشار چهار شماره‌ی دیگر از نشریه نشان از وجود انگیزه‌هایی مشابه در میان اعضای جدید انجمن بوده باشد. هرچند شروع مجدد انتشار نشریه خبری دل‌نشین بود از دیگر سو آن حس شرم را دوچندان می‌نمود چراکه آنگونه که باید نشریه را به دیگران بعد از خود نرسانده بودیم. ادامه‌دهندگان این مسیر این بار با انرژی بیشتر، و با تجربه‌ی ناخوشایند نسل ما از توقف انتشار نشریه، در مواجهه با مشکلاتی مشابه آنچه سالها قبل اتفاق افتاده بود راه بقای آنرا، پس از وقفه‌ای کوتاه، در تغییر ساختار نشریه و انتشار آن بصورت دوفصل‌نامه‌ای الکترونیکی دیده اند. راهی که خوشبختانه تا کنون با منتشر نمودن شش شماره دیگر و دو ویژه‌نامه ادامه یافته است و اکنون شماره‌ی هفتم آن پیش روی شماست. با وجود تغییر نام، ساختار، چگونگی انتشار و افزوده‌شدن به محورهای نشریه هنوز هدف نشریه همانی است که دلیل آغاز این راه بود؛ گسترش ارتباط اطلاعاتی بین متخصصین این حوزه. هدفی که باعث بوده تا همه‌ی یاران این نشریه، چه کسانی که زحمت انتشار را به دوش می‌کشند، چه نویسندگان، چه داوران و چه مخاطبین آن، از هر نسل و دوره‌ی تحصیلی (که دیگر تنها محدود به دانشگاه هنر اصفهان نیستند)، آنرا متعلق به خود دانسته و همراه آن بمانند. همراهانی که مایل هستم در این فرصت ایجاد شده، به‌عنوان یکی از مخاطبین این دوفصل‌نامه، از آنها قدردانی و سپاسگزاری نمایم. دوستانی که آغازگر این مسیر بوده اید،

عزیزانی که با انگیزه‌ی بیشتر در سال ۸۷ جان تازه‌ای به نشریه داده اید، اساتید و فارغ‌التحصیلانی که با ارسال مقاله به نشریه تشویق‌کننده‌ی دانشجویان بوده و هستید و همچنین در داوری مقالات دوفصل‌نامه را یاری می‌دهید، دانشجویانی که مقالات خود را به نشریه ارسال نموده و می‌نمایید، مخاطبینی که با ارائه‌ی نظرات حتی شفاهی به بهتر شدن نشریه کمک می‌کنید و مسئولینی حسن نیت‌تان باعث حمایت از دوفصل‌نامه بوده است، بیایید تا فارغ از برخوردهای سلیقه‌ای همراه دائمی آن بمانیم تا علاوه بر رفع خستگی گروهی که زحمت مدیریت انتشار مقالات را در چند سال اخیر بر عهده داشته‌اند (مدیر مسئول که سهم بسزایی در فعال ماندن نشریه داشته و دارد، هیات تحریریه، شورای سردبیران و سایر عزیزان در بخش پشتیبانی فنی) و یا خواهند داشت، مسیر را برای انتشار آن توسط نسل نو فراهم نماییم. باشد که دیگر بار تجربه‌ی تلخ توقف آن و یا شرمساری از کوتاهی در انجام وظیفه‌ای اخلاقی نسبت به این نشریه را شاهد نباشیم.

حامد صیادشهری

مهر ۱۳۹۵



سخن دوم: مهندس حسن خسروی خافتری

دوست گرامی و سردبیر محترم نشریه دانش مرمت و میراث فرهنگی بزرگوارانه فرصتی در اختیار بنده قرار دادن تا نظر یا نتایج تجربی خود را پیرامون مساله میراث فرهنگی به طور اهم و به خصوص مسایل مربوط به حوزه‌ی حفاظت آثار تاریخی و باستان‌سنجی بیان کنم. بنده فرصت رو غنیمت شمردم تا یکی از نقاط ضعفمان را یادآوری کنم.

نیازی به مقدمه چینی نیست

-ارتباط-

زنجیره‌ی بسیار اساسی و مهمی که در رابطه با زندگی بشر گاهی از هم می‌پاشد و گاهی سست است.

-زنجیره‌ی اتصال میان علم و عمل-

امروزه دریافت و رشد اطلاعات با توجه به امکانات موجود آسانتر و با سرعت بیشتری نسبت به گذشته امکان پذیر است. پس این امکان وجود دارد که علم روز را با زحمت کمتری نسبت به قبل مورد استفاده قرار دهیم؛ حتی اگر خودمان نتوانیم در آن پیشرو باشیم. گرچه که هر شخص و هر ملتی می‌خواهد و در نتیجه سعی می‌کند پیشرو باشد. اما آنچه که بسیار با اهمیت می‌نماید، تعامل بین علم و عمل است. اگر امروز جدیدترین نسخه علمی برای مشکلاتمان نیچیم و دردهایمان را درمان نکنیم، این نسخه‌ها بسیار زود قدیمی می‌شود، تاریخ مصرفش گذشته و کاربرتش را از دست می‌دهد.

مرتبط با وظایفی که در حوزه‌ی تخصصی بر عهده‌ی ماست، آنچه که می‌توان به عنوان سطحی‌ترین اقدام در نظر گرفت، ایجاد ارتباط بین پژوهشگران و دانشمندان و دانشجویان این حوزه، با بدنه‌ی اجرایی میراث فرهنگی است. اگر پژوهشگری دردهای میراث فرهنگی را از زبان متولیانی که هر روز با آثار سر و کار دارند، نپرسد؛ قرار است برای چه دردی نسخه ای بپیچد؟ و حتی اگر پژوهشگری آنقدر تیزبین باشد که مسایل ضروری را خودش کشف کند و حتی اگر بهترین راه حل را پیدا کند؛ باز هم اگر این ارتباط کاری برقرار نباشد، چگونه می‌توان توقع داشت راه حل به درد بخورد و اجرایی شود؟

پس در شرایط موجود ایجاد ارتباط کاری موثر بین مراکز پژوهشی و ارگان‌های متولی میراث فرهنگی هم یکی از وظایفی است که پژوهشگران این حوزه بهتر است بیشتر از گذشته آن را جدی گرفته و مد نظر قرار دهند. به امید روزی که فعالیت‌هایمان حداقل بتواند خودمان را راضی نگاه دارد.

باتشکر

حسن خسروی خافتری



Bi - Annual Electronic Journal Of
Restoration Science & Culture Heritage

New Course, Vol.4, No.7, Spring & Summer 2016

**Investigating the Architecture of the Traditional Houses of Qajar in Nehbandan
Focusing on Nematollah Taqavi House**

Zahra Roshandel, Hasan Hashemi Zarj Abad, Hamid Reza Ghorbani

**Commentary on the Similarities Between Objects of Bactria-Margiana
Archaeological Complex (BMAC) and Shahr-i Sokhta**

Hamed Tahmasebi Zave; Farshid Iravani Ghadim

**The Evaluation and Recognition of the Cotton Shoe -Giveh ajideh- Features
(Native craft of the Senejan Region).**

Gholamreza Hashemi

Study of Destructive Oxidation Reaction Mechanism in Historical Papers

Mehrnaz Azadi Boyagchi, Mostafa Khaje-Mahmoodi, Abbas Abed-Esfahani

Thin Section Petrography of Ceramic Materials

Peterson, Sarah E; Translated by Mehdi Razani & Hakime afshari nejhadi

**The Chemistry of Paper Preservation: Part 2. The Yellowing of
Paper and Conservation Bleaching**

Henry A. Carter; Translated by Mehdi Ghorbani

RTI Glossary of Photographic and Technical Terms

Cultural Heritage Imaging; Translated by: Behrooz Jelodarian & Mehdi Razani



بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت‌الله تقوی^۱

زهرا روشندل^{۱*}، حسن هاشمی زرج آباد^۲، حمیدرضا قربانی^۳

^۱ کارشناس ارشد باستان‌شناسی دانشگاه بیرجند

^۲ دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه بیرجند

(ارتباط با مسئول مکاتبات: Email: zroshandel34@yahoo.com)

چکیده

خانه‌های سنتی موجود در بافت تاریخی نهبندان واقع در استان خراسان جنوبی که به لحاظ قدمت دوره قاجار تا اوایل پهلوی را در برمی‌گیرند، تاکنون کمتر مورد پژوهش قرار گرفته و بسیاری از این آثار در معرض تخریب‌اند. لذا بررسی این ابنیه به عنوان میراث مهم بشری بر اهمیت انجام پژوهش می‌افزاید. محور اصلی مقاله حاضر معرفی معماری خانه تقوی به عنوان یک اثر مهم از دوره قاجار در نهبندان است که به سبک چهار ایوانی و خانه باغ ساخته شده و کاربرد قوس‌های جناغی آن را از دیگر بناهای شهر متمایز ساخته است. این بنا تحت تأثیر شرایط محیطی و فرهنگی بسیار ساده و دارای تزئینات اندک است که می‌توان گفت معماری قاجار در این بنا به گونه‌ای متفاوت نمود یافته است.

واژگان کلیدی: خانه نعمت‌الله تقوی، معماری قاجار، خانه‌های تاریخی، نهبندان.

Investigating the Architecture of the Traditional Houses of Qajar in Nehbandan focusing on Nematollah Taqavi House

Zahra Roshandel^{1*}, Hasan Hashemi Zarj Abad², Hamid Reza Ghorbani³

¹ MA in Archaeology, University of Birjand

² Associated Professor of Archaeology, University of Birjand

(Correspond Author: E-mail: zroshandel34@yahoo.com)

Abstract

The traditional houses in the historical context of Nehbandan, located in the South Khorasan, date back to Qajar to the early Pahlavi era. The houses are little researched up to now and many of them are exposed to destroy. Thus, investigating the buildings as the important human heritage increases its value. The main topic of the current article is to introduce the architecture of Taqavi's house as a significant work from Qajar era in Nehbandan. The house is built in four-porches and garden-house style and the use of pointed arches distinguishes it among other buildings in the city. The building affected by the environmental and cultural conditions is very plain with little decorations and Qajar architecture is represented differently in this building.

Key words: Nematollah Taqavi House, Qajar architecture, historical Houses, Nehbandan.

۱- مقدمه

واژه خانه که امروز مصطلح است در گذشته به اتاق اطلاق می‌شده است، اتاق خصوصی را (وستاخ) یا گستاخ یا وثاق می‌نامیده‌اند، از واژه سرا به‌جای کلمه خانه در اصطلاح امروز آن، استفاده می‌شده است (پیرنیا، ۱۳۸۷: ۱۳۲). خانه را این‌گونه تعریف می‌کنند "مکانی که در آن فرد ضمن محافظت از خود در برابر عوامل آب و هوایی می‌تواند از فشارها و محدودیت‌های جامعه دور بماند" (بمانیان و دیگران، ۱۳۹۱: ۶). در فضای شهری که حرکت می‌کنیم، آنچه در هر بافتی با آن روبه‌رو هستیم و قسمت اعظم آنچه از معماری در دنیا ساخته می‌شود، خانه است. معماری آمیخته و فرآیندی است از: علم و هنر، ذوق و سلیقه، اعتقاد و ایمان و مهارت‌های خاص که در راستای تمدن و فرهنگ و در رهگذر تاریخ، زبان گویای زمانه خویش است (عمرانی پور، ۱۳۸۴: ۲۱). در دوره قاجار علاوه بر بناهای مذهبی و حکومتی، عمده ساخت‌وسازها به علت افزایش جمعیت شهرنشین معطوف به ایجاد خانه برای مهاجرین و تازه واردین بود به‌طوری‌که متخصصان، معماری این دوره را معماری خانه‌سازی و خانه‌های مسکونی نامیده‌اند (توکلی و زارع پاکزاد، ۱۳۹۲: ۳). خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان نیز به دلیل کمبود پژوهش‌ها کمتر مورد توجه گرفته‌اند. با توجه به تخریب‌های فراوان صورت گرفته در بافت تاریخی نهبندان، هدف مقاله حاضر این است که به معرفی معماری دوره قاجار در نهبندان بر اساس بنای منتخب بپردازد و به این پرسش‌ها پاسخ دهد که شاخصه‌های معماری خانه‌های قاجار در این بنا چگونه نمود می‌یابد و چه تفاوتی بین معماری این خانه با دیگر بناهای مشابه در ایران وجود دارد؟

۲- پیشینه پژوهش

با توجه به فراوانی و اهمیت خانه‌های سنتی قاجار در سراسر ایران تألیفات متعددی به انجام رسیده است که به اختصار به برخی اشاره می‌شود. در سال ۱۳۷۷ محمدباقر افشار اصل و مهدی خسروی در مقاله "معماری ایران در دوره قاجار" به بررسی معماری قاجار می‌پردازند (افشار اصل و خسروی، ۱۳۷۷). در سال ۱۳۸۴ فاطمه کاتب در کتاب "معماری خانه‌های ایرانی" خانه‌های تهران را مورد مطالعه قرار می‌دهد (کاتب، ۱۳۸۴). داوود صارمی نائینی و ذبیح‌الله مسعودی مقاله‌ای با عنوان "مطالعه و بررسی خانه‌های تاریخی بیرجند در دوره قاجار" به چاپ رسانیدند (صارمی نائینی و مسعودی، ۱۳۸۹). ولیکن در خصوص خانه‌های سنتی نهبندان تاکنون اثر مستقلی نگارش نشده است و تنها اثر پژوهشی پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان "بازشناسی تاریخ معماری نهبندان در دوره قاجار با تکیه بر پژوهش باستان‌شناختی خانه‌های تاریخی" در این زمینه است (روشندل، ۱۳۹۴). درباره بنای مورد مطالعه مقاله‌ای همایشی (شناخت الگوهای معماری خانه‌های تاریخی نهبندان؛ مطالعه موردی: خانه تقوی) به‌طور اجمالی و خلاصه منتشر شده است (هاشمی زرج آباد و روشندل، ۱۳۹۴) ولی به دلیل اهمیت موضوع و انتشار اطلاعات تکمیلی، مقاله حاضر تدوین یافت.

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر بر اساس تحقیق میدانی و منابع کتابخانه‌ای انجام گرفته است بدین ترتیب که یکی از خانه‌های قاجاری نهبندان در بافت تاریخی شهر به صورت موردی انتخاب و گردآوری مطالب بر اساس بازدیدهای میدانی (تهیه عکس و نما) و بهره‌گیری از منابع مرتبط در این زمینه و به روش توصیفی تحلیلی تدوین یافته است. نوع تحقیق بنیادی است.

۴- معماری مسکونی قاجار

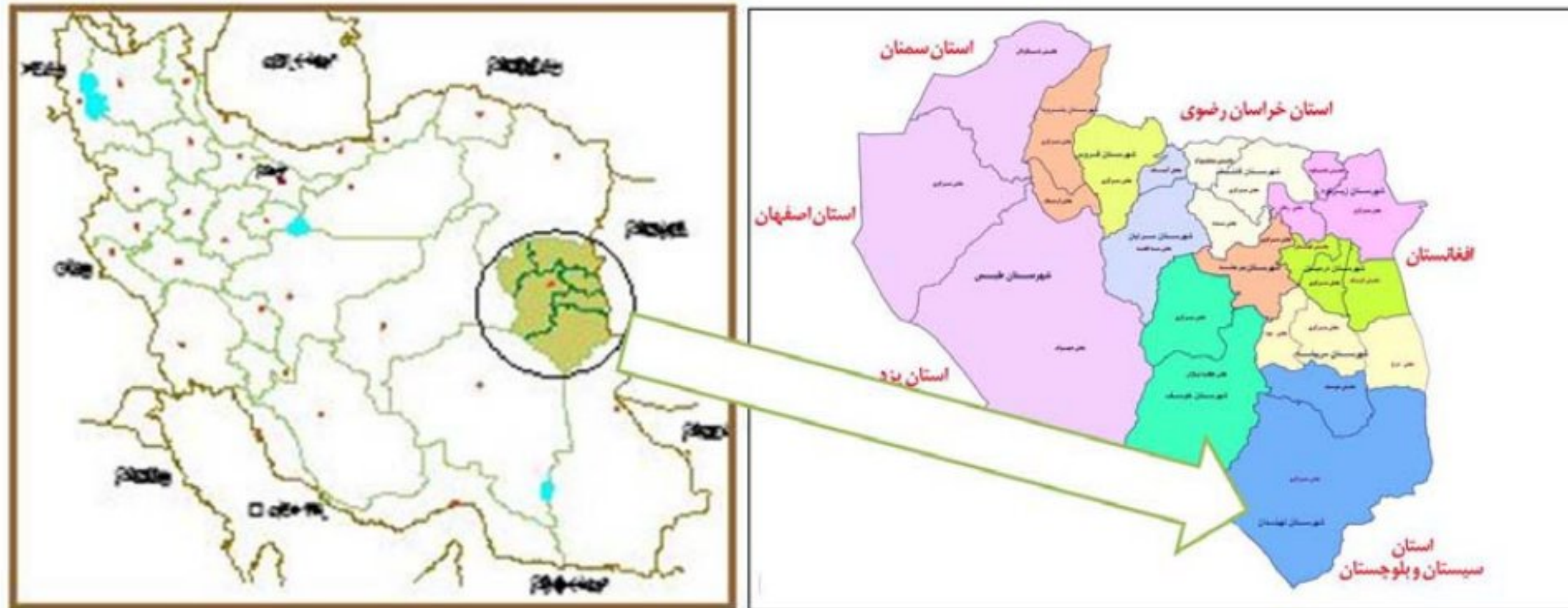
حکومت قاجار مانند حکومت‌های پیش از خود ریشه قبیله‌ای و ایلپاتی داشت اما شهر هم چون سنتی همیشگی، پایگاه قدرت محسوب می‌شد و هر حکومتی به این دلیل ارکان اصلی زندگی سیاسی و اقتصادی که در شهر داشت به‌ناچار پایگاه قدرت و جایگاه اداری نظام خود را در شهر قرار می‌داد، ولی در این زمان هم هنوز بیشتر جمعیت ایران در روستاها قرار داشت. اما از طرف دیگر زمامداری قاجار در ایران مصادف با انقلاب صنعتی غرب در قرن نوزدهم است که عامل اصلی تحولات در معماری و شهرسازی آمریکا و اروپا و شکل‌دهنده مؤثر معماری و شهرسازی مدرن و معاصر است. این سال‌ها شروع تأثیرات تدریجی، ملموس و البته تأخیری شهرسازی اروپا در ایران قاجار است (کیانی، ۱۳۹۱: ۱۷۶).

تزئینات معماری در دوره قاجاریه اهمیت ویژه‌ای داشت. کاشی‌کاری، سنگ‌کاری، گچ‌بری، نقاشی روی گچ، آئینه‌کاری و نقاشی روی چوب، عمده‌ترین تزئینات دوره قاجار را تشکیل می‌دهند، اکثر تزئینات این دوره هم چون سایر زمینه‌ها به فراخور خود تحت تأثیر غرب قرار می‌گیرد (فنائی و دیگران، ۱۳۹۰: ۴۴). نقوش تزئینی عهد قاجار شامل اشکال انتزاعی، اسلیمی، ختایی، گل‌فرنگی (گل‌لندی)، مناظر و شکارگاه، گلدان‌های پرگل و مرغ، تصاویر شاهان و درباریان و شاهزادگان، نقش شیر و خورشید و فرشتگان است (مکی‌نژاد، ۱۳۸۷: ۴۸). هم‌چنین ایجاد ساختمان‌های بزرگ با ایوان‌های سرتاسری و تالارها و حوض‌خانه‌های چهارستونی یا دارای شاه‌نشین‌ها و صفه‌ها با آذین‌های گوناگون کاشی‌کاری، آئینه‌کاری، گچ‌بری و سنگ مرمر، به شیوه کوشک‌های کهن در وسط باغ‌های بزرگ با حوض‌ها و نهرها و فواره‌های آب، ادامه طرح‌های معماری اصیل ایرانی بود که به فراخور وضع زمان و توانایی‌های مالی صاحب‌کار، مراحل تحول و پیشرفت را می‌پیمود (آیت‌اللهی، ۱۳۸۰: ۳۰۲).

بناهای مسکونی این دوره با طراحی شامل ورودی، هشتی، اتاق مرکزی، ایوان، و اتاق‌های کوچک‌تر واقع در اطراف اتاق مرکزی به صورت‌های ساده یا مفصل همه به شیوه معماری اصیل ایران در ادوار قدیم بوده که در این دوره با ابتکارهای جدیدتر و نفوذ عناصر معماری غربی در جزئیات و ساخت‌وسازها به صورت دل‌چسب‌تر تکمیل گردیده‌اند. ایجاد سراسراها و ورودی^۲، ایجاد پنجره به سمت خیابان با نرده‌های تزئینی روی آن، سقف شیب‌دار (شیروانی) در معماری رواج می‌یابد (ساریخانی، ۱۳۸۲: ۵۷). احداث زیرزمین‌های خوش‌طرح با پوشش‌های ضربی آجری معروف به خوانچه‌ای و ایجاد حوض‌خانه‌های سرپوشیده و متداول شدن بادگیرها و ترتیب تالارهای بزرگ با شاه‌نشین‌ها و گوشواره‌ها و غرفه‌ها، صفه‌ها و ایوان‌ها کم‌وبیش شبیه و همانند هم به وجود آمدند (آیت‌اللهی، ۱۳۸۰: ۳۰۱).

۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

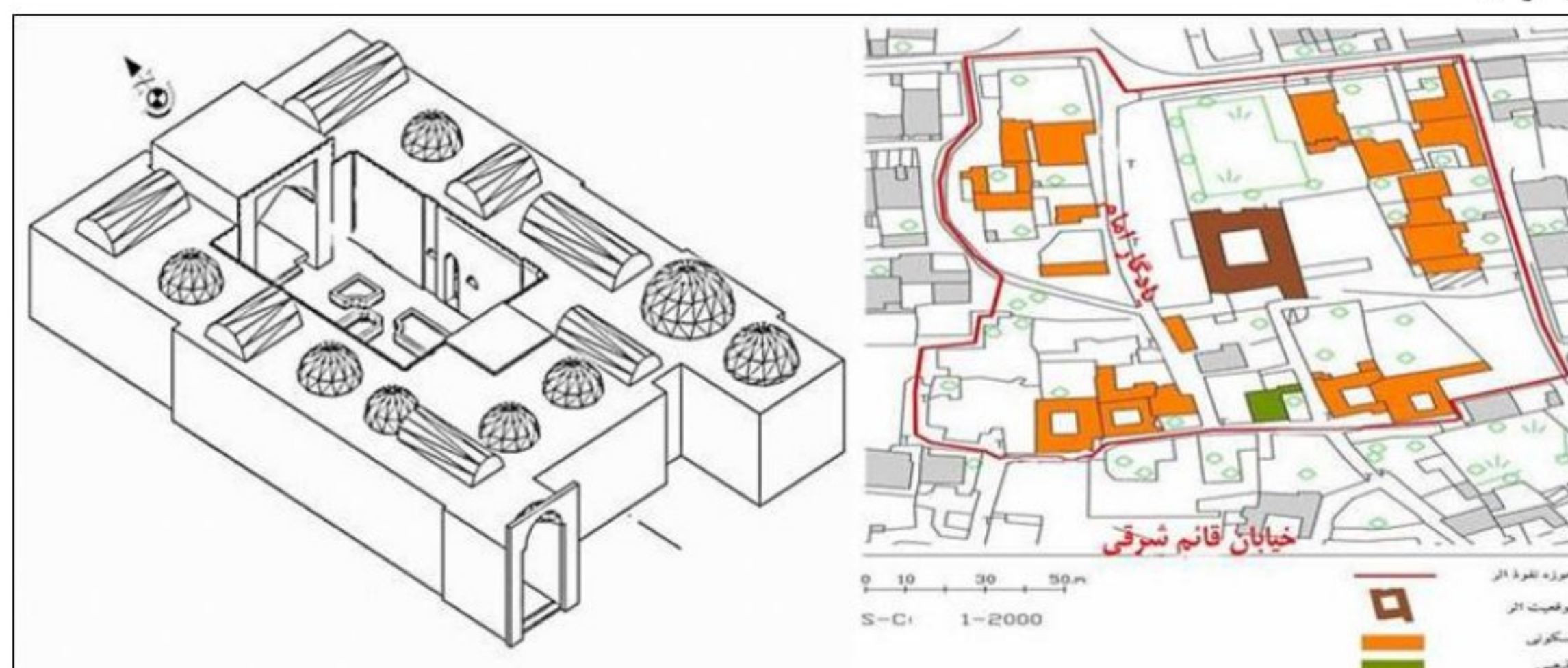
شهرستان نهبندان جنوبی‌ترین شهرستان تابع استان خراسان جنوبی است که در کنار مرز کشور افغانستان قرار دارد و با این کشور ۸۷ کیلومتر مرز مشترک دارد. این شهرستان به مرکزیت شهر نهبندان، در مختصات جغرافیایی ۵۸ درجه ۳۵ دقیقه تا ۶۰ درجه ۵۰ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه ۳۲ دقیقه تا ۳۲ درجه ۱۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (ابراهیمی، ۱۳۹۰: ۵) (نقشه ۱). آب و هوای هر منطقه ارتباطی مستقیم با عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به بیابان‌ها و دریاها، توپوگرافی و ارتفاعات و به ویژه تأثیر توده‌های غالب هوایی دارد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۸: ۱۲).



نقشه ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان نهبندان (نگارندگان)

۶- معرفی خانه نعمت‌الله تقوی

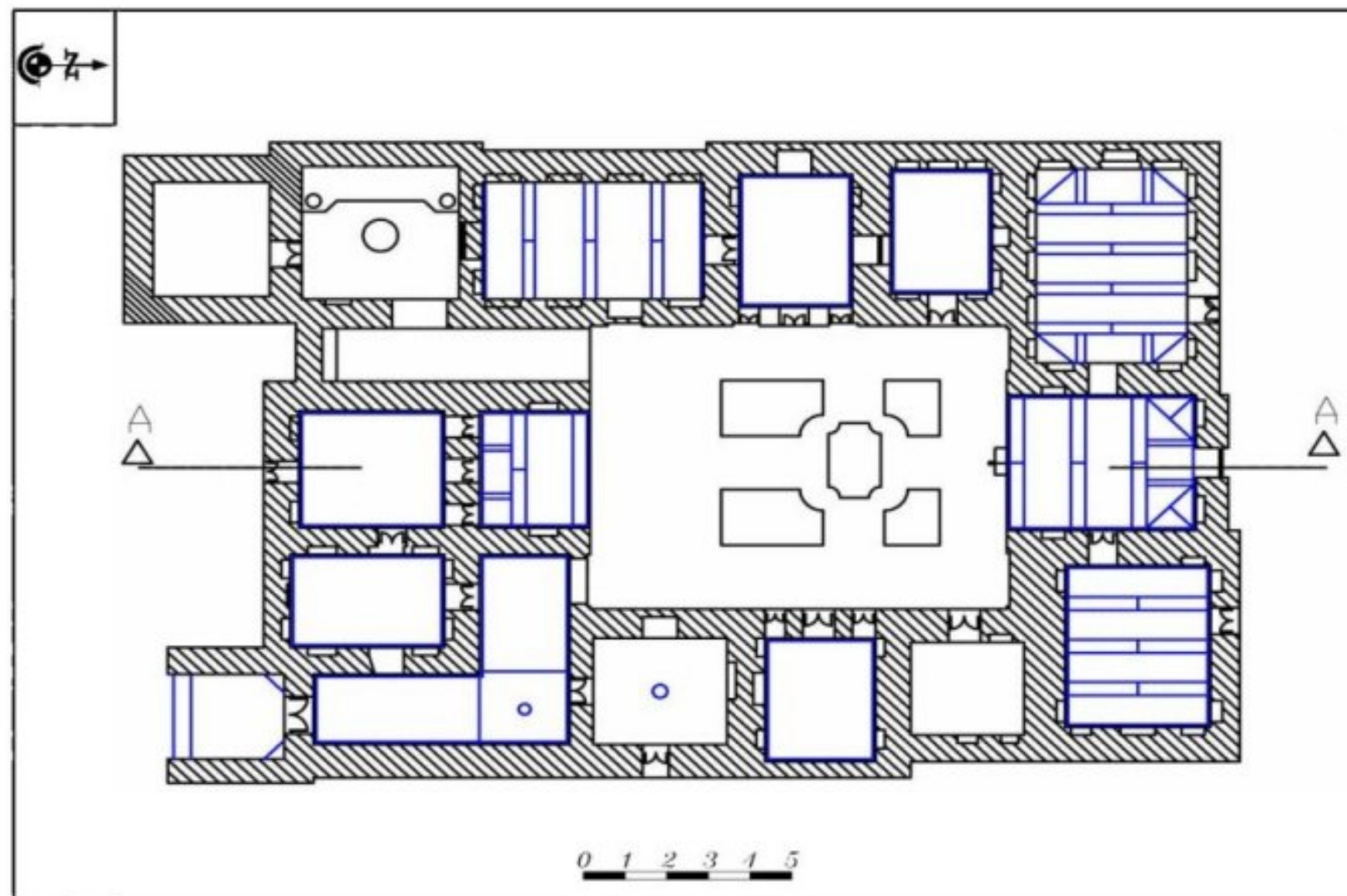
این اثر در بافت تاریخی و نزدیک قلعه قدیمی نهبندان در خیابان یادگار امام (ره) واقع شده است این خانه به دلیل ویژگی‌های با ارزش معماری در سال ۱۳۸۴ با شماره ثبت (۱۲۵۷۸) در فهرست آثار ملی به ثبت رسیده و مرمت شده است. این بنا با توجه به شواهد معماری موجود، مربوط به دوره قاجار است (طرح ۱ و ۲).



نقشه ۲: راست: موقعیت و محدوده خانه نعمت‌الله تقوی (نگارندگان، ۱۳۹۴)

طرح ۱: چپ: نمای سه بعدی و پرسپکتیو خانه نعمت‌الله تقوی (نگارندگان)

بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت الله تقوی



طرح ۲: پلان خانه نعمت‌الله تقوی (مأخذ: آرشیو میراث فرهنگی خراسان جنوبی)

۱-۶- ورودی و سردر بنا

ورود به بنا از طریق یک سردر هلالی شکل که حدود ۴ متر عمق دارد صورت می‌گیرد و کف آن پایین‌تر از سطح خیابان هم‌جوار با این بنا است. هم‌چنین دو سکو جهت نشستن در دو طرف در ورودی تعبیه شده و در دو طرف ورودی، طاقچه‌هایی تزئینی تعبیه شده است.^۳ در ورودی بنا چوبی است که در بازسازی‌ها به بنا الحاق شده است (تصویر ۱).



تصویر ۱: سردر ورودی خانه و خط قوس آن (نگارندگان، ۱۳۹۴)

بعد از در ورودی یک دالان ارتباطی با چرخش ۹۰ درجه جهت رعایت اصل محرمیت قرار دارد که پوشش سقف آن از نوع گهواره‌ای است که در زاویه‌ها به صورت فیل پوش^۴ بوده و قسمتی از راهرو نیز دارای پوشش گنبدی از نوع عرقچین است (تصویر ۲). دالان ساده‌ترین جزء فضای ورودی است که تأمین ارتباط و دسترسی بین دو مکان مهم‌ترین کارکرد اصلی آن به شمار می‌آید. این راهرو به یک حیاط مرکزی مستطیل شکل منتهی می‌گردد (تصویر ۳).



تصویر ۲: ابتدای دالان ورودی و پوشش آن (نگارندگان، ۱۳۹۴)



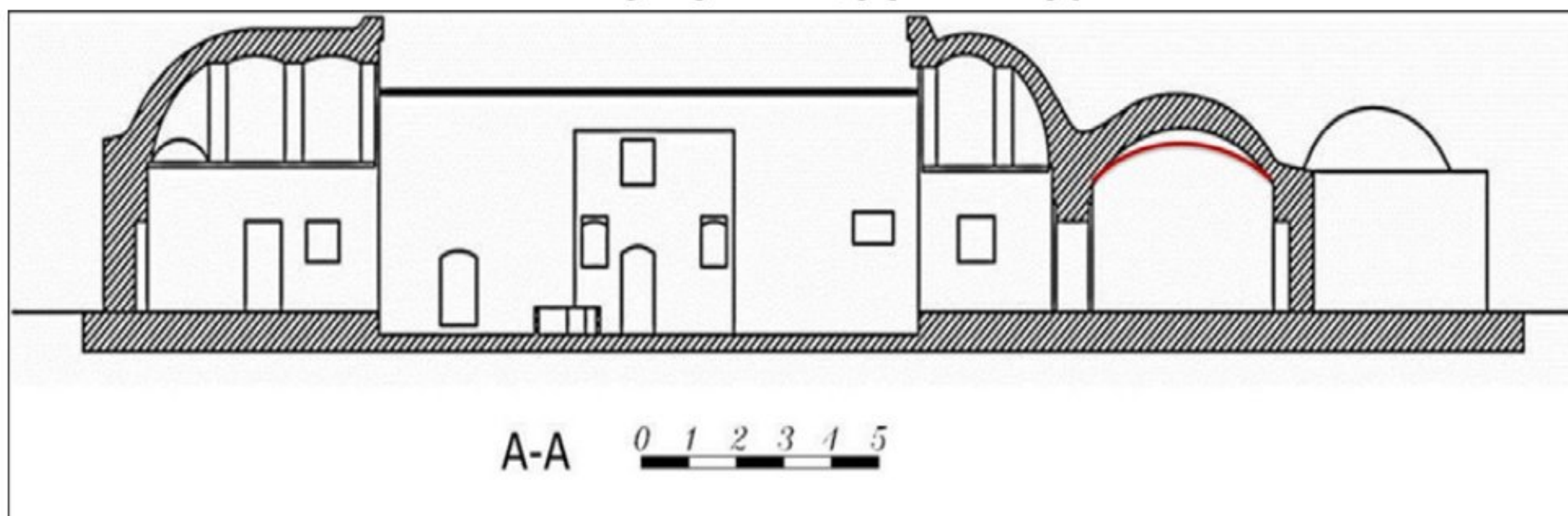
تصویر ۳: دالان ورودی و نمایی از حیاط بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

۶-۲- حیاط مرکزی

"پس از دالان ورودی حیاط وجود دارد. حیاط مرکز خانه بوده و نمودی از درون‌گرایی است. وجود حوض آب به شکل ۸ ضلعی^۵ و چهار باغچه در اطراف آن از ارکان معماری سنتی ایرانی به شمار می‌رود. اطراف باغچه‌ها نیز به وسیله آجر حصار شده است که اصطلاحاً به آن خرنده می‌گویند^۶ و بین آن‌ها تریشه‌های کوچکی جهت عبور تعبیه شده است. کف حیاط نیز با قلوه‌سنگ، سنگ‌فرش شده و در پای دیوارها در قسمت ازاره به وسیله آجر قرنیز انجام گرفته است" (هاشمی زرج آباد، روشندل، ۱۳۹۴: ۷). گرداگرد دیوار حیاط با رخ‌بام تزئین شده است. برای این کار از آجرهایی به شکل دندان‌موشی استفاده کرده‌اند^۷.



تصویر ۴: حیاط مرکزی خانه (نگارندگان، ۱۳۹۴)



طرح ۳: برشی از بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

۳-۶- ضلع شمالی و جنوبی بنا

از خصوصیات بارز بنا دو ایوان شمالی و جنوبی آن است که به شیوه قوس جناغی و با اندود گچ اجرا شده است. معماری قدیم ایران را با طاق‌های نیم‌دایره، طاق‌های جناغی و طاق‌های بیضی شکل شناخته‌اند. در سده ۳ ه. ق / ۹ م. استفاده از طاق جناغی که از مشخصات معماری اسلامی گردید، رواج یافت و برخی از کشورهای غربی نیز از آن گره‌برداری کردند^۸ (محمدحسن، ۱۳۸۸: ۵۲).

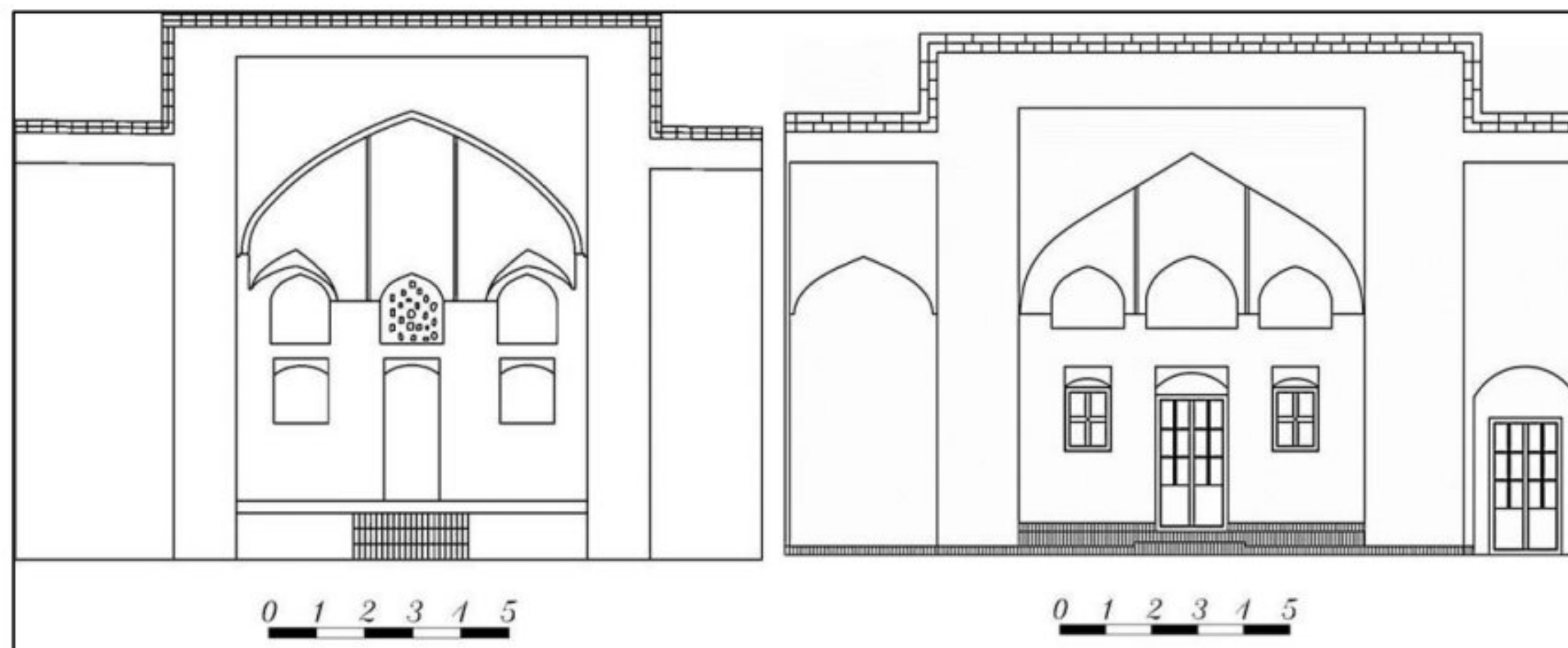


تصویر ۵: ایوان شمالی بنا و قوس جناغی آن (نگارندگان، ۱۳۹۴)

"ایوان شمالی و جنوبی دارای پوشش طاق و تویزه است که در آن گوشه‌سازی به شیوه اسکنج^۹ دیده می‌شود. این دو ایوان قرینه هم هستند و ارتفاع آن‌ها از اضلاع شرقی و غربی حدود یک متر بیشتر است (تصویر ۷ و ۸). گوشه‌سازی را با استفاده از رسمی‌سازی‌ها در زاویه‌ها و ریختن لنگه قوس‌هایی در زاویه‌ها و جمع کردن دهانه‌ها اجرا می‌نمودند و بعد از ساخت رسمی و یا قوس‌سازی زاویه و تمام کردن اسکلت گنبد برای تزئین از وجود قطار بندی یا گچ‌بری استفاده می‌کردند" (مطیفی فرد، ۱۳۸۲: ۱۰۴). یکی از ویژگی‌های مهم در معماری اسلامی و نیز این خانه مسئله تقارن است. اصولاً تقارن قانونی است که همواره در چشم انسان به جسم حالتی متکامل و آسمانی می‌بخشد و در عین ایستایی و استحکام نقصی در آن راه ندارد.



تصویر ۶: ایوان جنوبی بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)



طرح ۴: راست: نمای ایوان جنوبی، چپ: نمای ایوان شمالی بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

از ویژگی این بنا دیوارهای بلند بوده که برای حفاظت از جهات مختلف همراه با دست‌اندازهای بلند در پشت‌بام‌ها است که از مشرف بودن همسایگان جلوگیری می‌کند. می‌توان گفت اصول پنج‌گانه معماری ایرانی شامل مردم‌واری، پرهیز از بیهودگی، نیارش، خودبسندگی و درون‌گرایی در این خانه به‌خوبی رعایت شده است.



تصویر ۷: پوشش طاق و تویزه ایوان شمالی و جنوبی (نگارندگان، ۱۳۹۴)



تصویر ۸: راست: ایوان جنوبی با قوس جناغی چپ: گوشه‌سازی اسکنج در ایوان شمالی (نگارندگان، ۱۳۹۴)

"مهم‌ترین و زیباترین فضاهای بنا در ضلع شمالی می‌باشند. این ضلع دارای ارتفاع بیشتری بوده و حدود نیم متر بالاتر از سطح حیاط قرار گرفته است و در تزئین برخی قسمت‌های آن از گچ‌بری استفاده شده است و با فرم دیگر خانه‌های نهبندان دارای قوس‌های تخم‌مرغی، متفاوت است. در پشت ایوان شمالی باغی وجود داشته که از طریق درب واقع در ضلع شمالی ایوان، دسترسی به آن امکان‌پذیر بوده است ولیکن اکنون در ورودی به باغ مسدود شده است. داخل اتاق‌های دو طرف ایوان نیز پنجره‌هایی در ضلع شمالی تعبیه شده که به فضای باغ و حیاط پشتی اشراف داشته‌اند. دسترسی به این ایوان از طریق چند پله صورت می‌گیرد (تصویر ۵) که در ساخت پله‌ها از روش‌های مختلف آجرچینی استفاده شده است. آجرها به صورت ساده و افقی بر روی هم رگ چین شده‌اند."

"دو اتاق ضلع شمالی نسبت به بقیه اتاق‌های خانه، از نظر ساخت متفاوت‌تر و اتاق میهمان می‌باشند که با طاق و تویزه و گوشه‌سازی اسکنج پوشش یافته‌اند" (تصویر ۹ و ۱۰).



تصویر ۹: راست: گوشه سازی اسکنج چپ: پوشش طاق و تویزه اتاق میهمان در ضلع شمالی (نگارندگان، ۱۳۹۴)

در معماری سنتی با وجود اینکه نور و سایه در تعریف فضا نقش اساسی دارند، ولی این نقش بیشتر می‌تواند در جهت درک فضای درون‌گرای معماری مؤثر باشد (فون مایس، ۱۳۸۴: ۲۵۹). کارایی نوری پنجره هنگامی که در نزدیکی سقف تعبیه می‌شود، چندین مرتبه بیشتر از وقتی است که در نزدیکی سطح زمین قرار می‌گیرد (فون مایس، ۱۳۸۴: ۱۰). که وجود چنین پنجره‌هایی در اتاق میهمان در ضلع شمالی بنا به خوبی مشهود است^{۱۱} (تصویر ۱۰).



تصویر ۱۰: تعبیه پنجره و نورگیری اتاق‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۴)

"معماری خانه بر پایه اقلیم این منطقه شکل گرفته است و دارای دو بخش تابستانی و زمستانی در دو جهت شمال و جنوب است." موضوع ارتباط با طبیعت و برخورد و هماهنگی با آن بحث کوچ داخلی در خانه را به همراه داشته است. بنابراین بنا به صورت درون‌گرا و فضاهای خانه شامل دو بخش: تابستان‌نشین و زمستان‌نشین هستند^{۱۲} (فاتح و داریوش، ۱۳۸۸: ۱۰۵). ایوان جنوبی این خانه نیز دارای قوس جناغی و پوشش طاق و تویزه بوده که در آن گوشه‌سازی به شیوه اسکنج دیده می‌شود (تصویر ۶). دو اتاق این ضلع به عنوان نشیمن مورد استفاده بوده است. دسترسی به فضاهای مختلف در خانه به سه طریق (حیاط، ایوان‌ها، راهروها) امکان‌پذیر است."

۶-۴- ضلع شرقی و غربی

دو ایوان به صورت قرینه در اضلاع شرقی و غربی قرار گرفته‌اند که دارای قوس بیز و پوشش گهواره‌ای هستند و نسبت به ایوان شمالی و جنوبی بسیار ساده و دارای اندود گل می‌باشند (تصویر ۱۱ و ۱۲). "پوشش تنورخانه در گوشه جنوب شرقی از نوع گنبدی است که با خیز کمی به نورگیر بالای آن منتهی می‌شود. این فضا جهت پخت نان استفاده می‌شد. در گذشته فضایی به شکل بخاری در دیوار خانه تعبیه می‌شد که اصطلاحاً به آن کُته نیز گفته می‌شد و مخصوص طبخ غذا و روشن کردن آتش با استفاده از هیزم بود. اتاق-های ضلع شرقی مختص تنورخانه، آشپزخانه و انبار بوده و فاقد تزئین و دارای پوشش گنبدی‌اند. اتاق‌های ضلع غربی نیز به عنوان نشیمن مورد استفاده بوده است. در داخل اتاق‌ها به جهت اینکه دیوار قطور است، آن را پُر نمی‌کنند، داخل آن را تیغه کرده، طاقچه و بخاری درست می‌کنند."



تصویر ۱۱: ایوان شرقی بنا با پوشش گهواره‌ای (نگارندگان، ۱۳۹۴)



تصویر ۱۲: ایوان غربی بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)



تصویر ۱۳: راست: طاق گهواره‌ای در دالان گوشه جنوب شرقی چپ: وجود بخاری در اتاق نشیمن (نگارندگان، ۱۳۹۴)

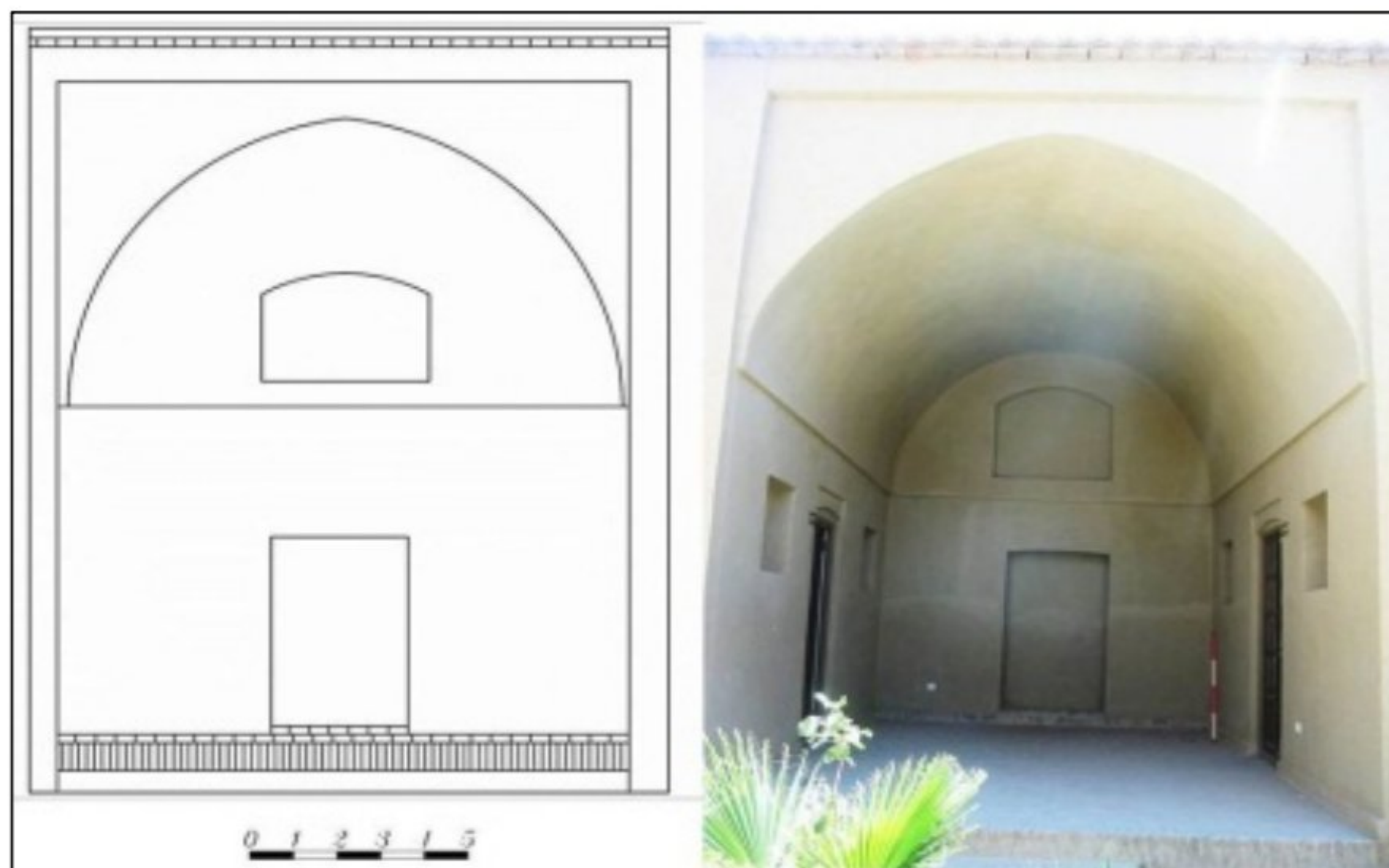
۵-۶- تزئینات بنا

تزئینات بنا بسیار ساده و شامل تزئینات رخ‌بام در سرتاسر لبه بام مشرف به حیاط مرکزی، طاق‌نما، قوس‌های بالای طاقچه‌ها و تزئینات قالب‌های مشبک گچی که در نمای ضلع شمالی بنا به کار رفته است (تصویر ۱۴ و ۱۵).

اتاق‌ها دارای طاقچه‌هایی در بلندایی که دست همه می‌رسیده و نیز رف در بلندایی که تنها دست بزرگ‌ترها می‌رسد می‌باشند^{۱۳} (تصویر ۱۶).



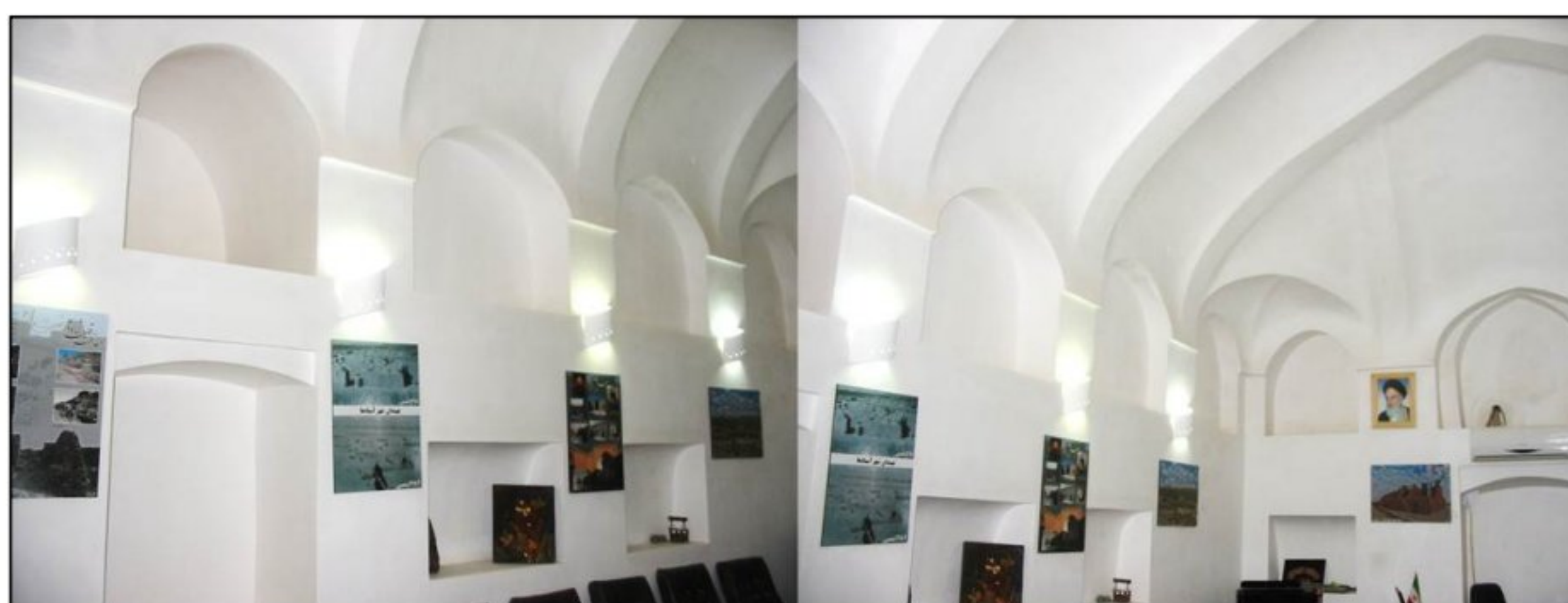
تصویر ۱۴: بالا: آجر تزئینی لبه بام پایین: طاق‌نماهای تزئینی سردر ورودی (نگارندگان، ۱۳۹۴)



طرح ۵: نمای ایوان شرقی (نگارندگان، ۱۳۹۴)



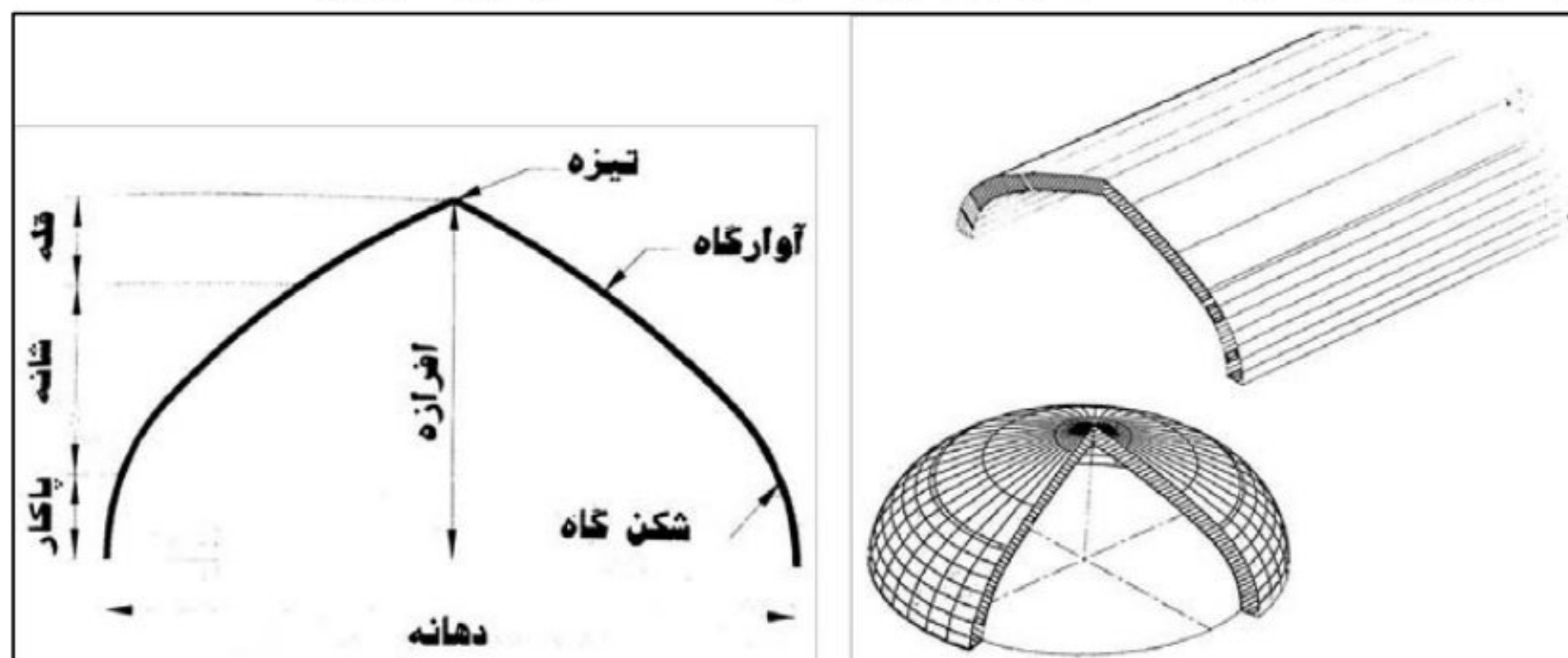
تصویر ۱۵: راست: طاق‌نمای تزئینی اتاق میهمان چپ: قالب‌های مشبک گچی در ایوان شمالی (نگارندگان، ۱۳۹۴)



تصویر ۱۶: کاربرد طاقچه و رف در اتاق میهمان، ضلع شمالی بنا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

۶-۶- سازه‌های طاقی (قوس، گنبد، طاق)

سازه‌های طاقی بنا شامل قوس‌های جناغی و قوس بالای طاقچه‌ها و پوشش طاق و توپزه و غیره است. سقف خانه از خشت با ملات گل ساخته شده است. شکل گنبد در دالان‌ها به صورت طاق آهنگ (گهواره‌ای) در اتاق‌های مربع به صورت گنبدی و در اتاق‌های مستطیل شکل به صورت طاق و توپزه است^{۱۴} (هاشمی - زرج آباد، روشندل، ۱۳۹۴: ۸). برای پوشاندن سقف‌ها و درگاه‌ها با مصالحی چون خاک و آجر و یا خشت، چنانچه پوشش با انحنا همراه باشد مقاومت و تحمل بار در بنا چند برابر می‌شود. این پدیده در معماری سنتی ما به قوس و دور معروف است و توانایی آن را دارد که دهانه‌های بزرگ را بپوشاند.^{۱۵}



طرح ۶: راست: چگونگی به وجود آمدن یک طاق یا گنبد از حرکت یک قوس (مأخذ: زرگر، ۱۳۹۰: ۲۲۹)

طرح ۷: چپ: طرح یک قوس و نام‌های اجزای گوناگون آن (مأخذ: همان، ۲۳۰)

اختراع قوس^{۱۶} (طاق) یک ابداع تکنیکی مهم بود. با محکم کردن یک سری از سنگ‌های باریک در اطراف یک نیم‌دایره امکان ایجاد فضای وسیع‌تر به کمک سنگ یا دیگر مصالح ساختمانی سخت در مقایسه با زمانی که تیرک‌های صاف در مصالح مشابه به کار می‌روند، فراهم می‌شود. تا بدین‌وسیله وزن وارده به هریک از قطعات آن‌ها را به سمت یکدیگر فشرده و محکم نماید (آدام، ۱۳۸۱: ۱۵۲). که انواع قوس‌های جناغی، بیز و هلالی در این بنا نیز به کار رفته است و به این عناصر در بنا پرداخته شد.

"در وضعیت موجود اثر اصل قرینه بودن را می‌توان تا حدودی در دو طرف محور a-a مشاهده کرد. این قرینه بودن در نماهای دو جبهه بیشتر دیده می‌شود (طرح ۳). بیشتر فضاهای بنا دارای شکل مستطیل می‌باشند. استفاده از تناسبات طلایی در طراحی بیشتر فضاهای بنا دیده می‌شود."

۷- بحث و نتیجه‌گیری

خانه تقوی در نهبندان اثری مهم از عصر قاجار است که سبک معماری منحصر به فردی دارد. بنا متأثر از اقلیم دارای دو بخش تابستان‌نشین و زمستان‌نشین و به سبک خانه‌باغ طراحی شده است. کاربرد قوس‌های جناغی، سازه‌های طاقی، پوشش‌های طاق و توپزه و گهواره‌ای، پوشش خشت و گلی و چهار ایوانی بودن از ویژگی‌های شاخص این بناست. معماری مسکونی دوره قاجار در طی دوره‌های مختلف حکومتی شاهان قاجار دستخوش تغییراتی بوده؛ اما آنچه از معماری این خانه قابل ادراک است؛ این است که شهر نهبندان به دلیل

در حاشیه بودن و دوری از پایتخت کمتر تحت تأثیر این تغییرات قرار گرفته و معماری مسکونی آن نشان از سبک بومی منطقه است. این خانه متأثر از سبک اصفهانی ساخته شده است. فضاهای آن به شکل مربع و مستطیل بر مبنای پیمان و مقیاس ساخته شده‌اند و سادگی طرح‌ها در سطوح داخلی و خارجی بنا کاملاً مشهود است. تفاوت‌هایی بین این بنا با سایر آثار مشابه در ایران وجود دارد؛ عناصری چون، اتاق‌های سه دری و پنج‌دری، اُرسی، شیشه‌های رنگی و یا ویژگی‌هایی چون سرستون و نیم ستون‌سازی، پلکان سازی، و قوس‌های دسته سبیدی دوره قاجار متأثر از معماری غرب در این خانه مشاهده نمی‌شود. لذا تجملاتی ساخته نشده و کمتر تحت تأثیر دگرگونی‌های معماری تلفیقی دوره قاجار قرار گرفته است. ایوان‌های واقع در ضلع شرق و غرب خانه با پوشش گهواره‌ای تداعی‌گر معماری ایوان مدائن (طاق کسری) در دوره ساسانی است. در فضای داخلی اتاق‌ها و ایوان به جز پوشش‌های ساده گنبدی و طاق و تویزه هیچ یک از تزئینات پیچیده معماری قاجار مثل رسمی بندی، یزدی بندی، آئینه کاری، کاشی کاری و نقاشی روی گچ مشاهده نمی‌شود. بنابراین معماری مسکونی در این شهر و به خصوص خانه موردنظر با حفظ اصالت‌های پیشین منطقه تداوم یافته است.

پی‌نوشت‌ها

- ۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول (زهرا روشندل) تحت عنوان "بازشناسی تاریخ معماری نهبندان در دوره قاجار با تکیه بر پژوهش باستان‌شناختی خانه‌های تاریخی" است که شهریور ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه بیرجند و به راهنمایی دکتر هاشمی زرج آباد از آن دفاع شده است.
- ۲- پلکان‌هایی که از وسط سرسرا شروع می‌شوند، در قسمت پاگرد به دو شاخه در جهت مقابل یکدیگرها بالا ادامه می‌یابند. این عنصر تأثیر معماری کشور روسیه است (ساریخانی، ۱۳۸۲: ۵۷).
- ۳- آسمانه پیشخان یا درگاه خانه، (کانه) نام دارد. کُنه هم چون یک نیم گنبد است و به گونه‌های گوناگون ساخته می‌شود که یکی از رایج‌ترین آن‌ها کاربندی است.
- ۴- پوشش روی دیوار، طاقی که از گوشه آغاز می‌شود و هرچه پیش‌تر می‌آید بازتر می‌شود (فلاح‌فر، ۱۳۷۹: ۱۶۰).
- ۵- حوض‌های حیاط‌های سنتی از نظر شکل و فرم بسیار متنوع؛ گاه شش ضلعی، دوازده ضلعی و اغلب مستطیل شکل بوده‌اند. حیاط در فرهنگ دهخدا به معنی محوطه و هر جای دیوار بست و سرای و خانه آمده است. واژه‌های دیگری مثل ساحت، صحن، میانسرا، صحن سرای نیز به همین معنی هستند (زندیه و پروردی نژاد، ۱۳۸۹: ۱۰).
- ۶- خرنده نوعی هره چینی است که اطراف باغچه‌ها و ایوان‌ها اجرا می‌شود.
- ۷- "رخ‌بام پیش‌آمدگی لبه بام، جایی که نماسازی به اتمام می‌رسد است" که به عنوان تیغه‌های آفتاب شکن نیز عمل می‌کنند (صارمی نائینی و مسعودی، ۱۳۸۹: ۸).
- ۸- از دوره اشکانیان ساختن گنبد و طاق‌های قوسی در ایران متداول گشت. قوس‌های ساخته شده در اروپا به نام اُریو و در ایران به نام شاخ بزی یا جناغی که با دور مرکز زده می‌شود، سقف نیزه‌ای نیز می‌گفتند. (ماهرالنقش، ۱۳۹۲: ۲۲) اوج طاق سازی ایران در دوره ساسانی و به‌ویژه مربوط به طاق کسری در شهر تیسفون است. استفاده از ایوان به‌عنوان یکی از عناصر اساسی در کارایی و تزئین بنا، از ابداعات ایرانیان است. ایوان عبارت است از فضایی نیم‌باز که اغلب از سه طرف بسته و از یک طرف مشرف به فضای باز است. (تصویر ۴) (مشتاق، ۱۳۸۷: ۲۵۰).
- ۹- پوشاندن گوشه‌ها با دو لچکی خمیده در کنار هم روی دیوارهای گوشه گنبد خانه را گویند که در تقاطع دو طاق به وجود آمده و از ابداعات دوره ساسانی است.

بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت الله تقوی

۱۰- یکی از عوامل کمکی در معماری خشتی و به خصوص در معماری خشتی طاق و گنبد، قالبی است به نام تویزه که این تویزه علاوه بر این که شکل خارجی بنا را در طاق به وجود می‌آورد، در واقع هسته مرکزی قوس‌ها و پوشش‌ها و قسمت‌های باربر دنده‌های سقف است (پیرنیا، ۱۳۸۴: ۳۷۴). یک جانشین مناسب برای لچکی‌ها، قوس‌هایی هستند که در گوشه‌های مربع برپا می‌شوند و اسکنج نام دارند که می‌تواند یک قوس منفرد و یا دسته‌ای قوس باشد که در گوشه‌ها ارتفاع کمتری دارند، به‌طوری‌که از خط بیرونی لچکی تبعیت می‌کنند (تصویر ۸) (آدام، ۱۳۸۱: ۱۷۶). در بناهای طاق پوش خشتی فشار حاصله از پوشش سقف بر ناحیه پاکار فوق‌العاده است. علاوه بر این نیروی دیگری که از رانش طاق حاصل می‌شود، قابل توجه بوده که برای خنثی‌سازی آن باید دقت کافی مبذول داشت. با قطور ساختن دیوار زیر طاق می‌توان عکس‌العملی در مقابل رانش پوشش به وجود آورد (زمرشیدی، ۱۳۸۲: ۸۸).

۱۱- معمولاً نور فضاها به وسیله پنجره از نما حاصل می‌شود. در مواردی که ارتباط پنجره به فضای خارجی ممکن نباشد نور از سقف گنبدی به‌وسیله نورگیرها تعبیه می‌شود. نورگیر سوراخ کوچکی بوده که در پوشش به وجود می‌آید. همچنین هواکش یکی از مسائل مهم در پوشش گنبدی برای این اقلیم است. معمولاً تیزه طاق گنبدی قفل نمی‌شود و سوراخی متناسب باز گذارده شده که بر روی آن حجم کوچک هواکش به صورت چهار پره‌ای بنا شده که کشش باد را از هر سو به داخل فضا ممکن می‌سازد (زمرشیدی، ۱۳۸۲: ۱۴۷).

۱۲- در این طرح‌ها حیاط وسط و چهار طرف آن ساختمان است. شکل بناها طوری است که این مجموعه‌ها دارای بخش تابستان نشین شامل فضاهایی با هواکش و نیز ایوان تابستان خواب است. این قسمت طوری ساخته می‌شود که در تابستان دقیقاً پشت به آفتاب بوده و اثر تابش خورشید بر دیوارهای خشتی قطور بی‌نتیجه است. بخش زمستان نشین در زمستان دارای آفتاب کافی بوده که اتاق به‌مراتب گرم‌تر از ضلع تابستان نشین می‌شود. معمولاً این قسمت فاقد هواکش از سقف است (زمرشیدی، ۱۳۸۲: ۱۶۰). بخش آفتاب کورخانه، نِسار و بخش آفتاب‌گیر آن پَتو نامیده می‌شود (پیرنیا، ۱۳۸۷: ۱۵۴).

۱۳- رف به بالا طاقچه، یا طاقچه‌های بلند می‌گفتند. روی طاقچه ابزار و وسایل زندگی می‌گذاشتند، و روی رف چیزهایی را می‌گذاشتند که کاربرد روزانه نداشته است. معمولاً بلندای طاقچه‌ها یک گز (۱/۰۶۶ متر) و بلندی رف، دو گز بود (پیرنیا، ۱۳۸۷: ۱۴۶). برای طاقچه‌های باربر از قوس نیم‌دایره یا (رومی) استفاده می‌کنند که تحمل بار زیادی را دارد و بر روی آن‌ها دیواره را اجرا می‌کنند و سپس سقف اصلی را پوشش می‌دهند و تزئینات گچ‌بری را بر روی آن انجام می‌دهند (مطیفی فرد، ۱۳۸۲: ۱۱۲). در طاقچه‌های قوس‌دار از قوس‌های شاخ بزی و یا قوس‌های دیگر استفاده می‌شود که یک‌دوم قوس موردنظر را بر روی زمین اجرا می‌کنند و بر روی دیواره طاقچه قرار داده و مطابق قوس سقف را پوشش می‌دهند (مطیفی فرد، ۱۳۸۲: ۱۱۵).

۱۴- ابتدا پوشش زده می‌شود، آنگاه جزرها به اندازه پهنای باریکه طاق و مقابل آن در پشت دیوار، قرار می‌گیرند و گاهی هم این جزرها در داخل زده شده است. بعد از این کار باریکه طاق‌ها را طاق می‌زنند، به دو گونه: یا به این صورت که از طرفین طاق می‌زنند و در وسط به شکلی می‌رسند که نعلبکی مانند است و «نهن» نام دارد و یا اینکه کل طاق را به طور یکنواخت می‌زنند. این نوع پوشش «طاق و تویزه» نام دارد. طاق و تویزه را باریکه طاق یا لنگه طاق نیز می‌گویند (تصویر ۷). اگر مجموعه‌ای از تویزه‌ها بالا رفته، در بالا به یکدیگر بافته شوند، کاربردی ایجاد می‌شود (عمرانی پور، ۱۳۸۴: ۸۲). دو پوشه ساختن پوشش‌ها علاوه بر سبک نمودن پوشش از انتقال گرمای بیرون به داخل جلوگیری نماید. در طاق‌ها نیز همین روش را انجام می‌داده‌اند که آن را یا خوانچه پوش کرده و یا بین دو پوشش کُتو می‌ساختند (پیرنیا، ۱۳۸۴: ۱۵۶).

۱۵- قوس‌ها یا معمولی و یا گنبدی هستند. قوس‌های معمولی برای ساخت نیم‌کار، رسمی، کاسه‌سازی و بر روی درگاه‌ها و سردرها و غیره به کار می‌روند. قوس‌های گنبدی در ساخت گنبد کاربرد دارند که این نوع قوس اخیر دارای شکم و یا خاک‌انداز است (رئیس زاده و مفید ۱۳۸۹: ۳). اگر یک قوس را حول محور طولی آن ادامه دهیم، یک طاق به وجود می‌آید و اگر آن را در حول محور قائم و به گرد نقطه مرکزی آن بچرخانیم یک گنبد ایجاد می‌شود (زرگر، ۱۳۹۰: ۲۲۸) (طرح ۶ و ۷).

۱۶- ساختمان طاق از رگه‌های آجری است و تقریباً همان مشخصات ایستایی قوس در فضا را دارد. طاق‌ها هم بر روی پایه‌های خود دو نیروی رانش و وزن را منتقل می‌کنند. تفاوت قوس و طاق در اندازه پوشش موردنظر است. قوس‌ها برای

بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت الله تقوی

پوشش درگاه‌ها، درحالی‌که دهانه آن از عمق آن بیشتر و طاق‌ها برای پوشش محل‌هایی که دهانه آن از عمق آن کمتر است (معماریان، ۱۳۶۷: ۶۳).

منابع

- ابراهیمی، افسانه. (۱۳۹۰). سالنامه آماری استان خراسان جنوبی. بیرجند: انتشارات استانداری خراسان جنوبی، معاونت برنامه-ریزی، دفتر آمار و اطلاعات.
- افشار اصل، مهدی، خسروی، محمدباقر. (۱۳۷۷). معماری ایران در دوره قاجار، فصلنامه هنر، ش. ۳۶: صص ۱۳۸-۱۲۰.
- آیت‌اللهی، حبیب‌الله. (۱۳۸۰). تاریخ هنر، چاپ اول، تهران: انتشارات بین‌المللی الهدی.
- بمانیان، محمدرضا، یاری، فهیمه، دهقانی، صهیب، و بنی‌هاشمی، سمانه. (۱۳۹۱). خانه، مسکن و الگوهای سنتی در ایران، عرصه‌های عمومی و خصوصی در الگوی سنتی خانه‌های ایرانی، همایش ملی صدسال معماری و شهرسازی معاصر/ایران، ۱-۱۱.
- پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۸۴). آشنایی با معماری اسلامی ایران، تدوین غلام‌حسین معماریان، چاپ ۹، تهران: انتشارات سروش دانش.
- پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۸۷). معماری ایرانی، تدوین غلامحسین معماریان، تهران: انتشارات سیمای دانش.
- توکلی، بهروز، و زارع پاکزاد، فریناز. (۱۳۹۲). بررسی الگوهای فضایی در خانه‌های قاجاری تبریز، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط‌زیست پایدار، ۱۲-۳.
- رئیس‌زاده، مهناز، و مفید، حسین. (۱۳۸۹). احیای هنرهای از یاد رفته (مبانی معماری سنتی در ایران)، چاپ سوم، تهران: انتشارات مولی.
- زرگر، اکبر. (۱۳۹۰). درآمدی بر شناخت معماری روستایی ایران، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۸۲). معماری ایران-اجرای ساختمان با مصالح سنتی، چاپ ششم، تهران: انتشارات زمرد.
- زندیه، مهدی، و پروردی نژاد، سمیرا. (۱۳۸۹). توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۲۹، شماره ۱۳۰: ۲۱-۲.
- ساریخانی، مجید. (۱۳۸۲). بررسی باستان‌شناسی، معماری و شهرسازی شهرستان ملایر در دوره قاجار، چاپ اول، ملایر: نشر علم گستر.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، مدیریت اطلاعات جغرافیایی. (۱۳۸۸). فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های کشور-استان خراسان جنوبی، شهرستان نهبندان، چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- صارمی نائینی، داوود، و مسعودی، ذبیح‌الله. (۱۳۸۹). مطالعه و بررسی خانه‌های تاریخی بیرجند در دوره قاجار، همایش منطقه‌ای خانه ایرانی، ۱۲-۱.
- عمرانی پور، علی. (۱۳۸۴). هنر و معماری اسلامی ایران، یادنامه استاد دکتر لطیف ابوالقاسمی، چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان عمران و بهسازی.
- فاتح، محمد، و داریوش، بابک. (۱۳۸۸). معماری روستایی ۱-۲، چاپ اول، تهران: انتشارات علم و دانش.
- فلاح فر، سعید. (۱۳۷۹). فرهنگ واژه‌های معماری سنتی ایران، چاپ اول، تهران: چاپ کامیاب.
- فناپی، زهرا، مجابی، سید علی، و آیت‌اللهی، حبیب‌الله. (۱۳۹۰). بررسی تطبیقی و تحلیلی گچ‌بری در خانه‌های قاجاری اصفهان، فصلنامه هنرهای تجسمی-نقش‌مایه، سال چهارم، شماره هشتم، ۵۶-۴۳.
- فون مایس، پی. یر. (۱۳۸۴). نگاهی به مبانی معماری (از فرم تا مکان)، ترجمه سیمون آیوازیان، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- کاتب، فاطمه. (۱۳۸۴). معماری خانه‌های ایرانی، چاپ اول، تهران: انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.
- کیانی، محمدیوسف. (۱۳۹۱). تاریخ هنر معماری ایران در دوره اسلامی، چاپ دهم، تهران: نشر سمت.

بررسی معماری خانه‌های سنتی قاجار در نهبندان با تأکید بر خانه نعمت الله تقوی

- ماهرالنقش، محمود. (۱۳۹۲). کاشی و کاربرد آن، چاپ پنجم، تهران: انتشارات سمت.
- محمدحسن، زکی. (۱۳۸۸). هنر ایران در روزگار اسلامی، ترجمه محمدابراهیم اقلیدی، چاپ دوم، تهران: انتشارات صدای معاصر.
- مشتاق، خلیل. (۱۳۸۷). هنر و معماری ایران در دوره باستان و دوره اسلامی، چاپ اول، انتشارات آزاداندیشان.
- مطیفی فرد، مرتضی. (۱۳۸۲). تکنولوژی گچ‌بری و گچ‌کاری، جلد اول، چاپ اول، تهران: انتشارات موسسه فرهنگی تکوک زرین.
- معماریان، غلامحسین. (۱۳۶۷). نیارش سازه‌های طاقی در معماری اسلامی ایران، جلد اول، چاپ اول، تهران: نشر جهاد دانشگاهی علم و صنعت ایران.
- مکی نژاد، مهدی. (۱۳۸۷). تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی: تزئینات معماری، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.
- هاشمی زرج آباد، حسن، و روشندل، زهرا. (۱۳۹۴). شناخت الگوهای معماری خانه‌های تاریخی نهبندان؛ مطالعه موردی: خانه تقوی، اولین کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه کالبدی، استان لرستان، کوه دشت، ۱۴-۱.
- هاشمی زرج آباد، حسن، و روشندل، زهرا. (۱۳۹۳). نموده‌های معماری سنتی و اسلامی در خانه‌های قاجاری نهبندان، دومین همایش ملی معماری، عمران و محیط‌زیست شهری، همدان، دانشکده شهید مفتاح، ۱۳-۱.



تفسیری بر شباهت‌های موجود میان آثار فرهنگ بلخی-مرویی و شهر سوخته

حامد طهماسبی زاوه^{۱*}، فرشید ایروانی قدیم^۲

^۱ دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه هنر اصفهان

^۲ استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه هنر اصفهان

(ارتباط با مسئول مکاتبات: Hamed.tahmasebizave@yahoo.com)

چکیده

فرهنگ بلخی-مرویی، پیشینه و منشأ شکل‌گیری آن، ارتباطات درون و برون منطقه‌ای و تفسیر برخی از شباهت‌ها در تولیدات و دست‌ساخته‌های این فرهنگ با مناطق هم‌جوارش، یکی از مهم‌ترین مباحث و مسائل باستان‌شناسی مرتبط با این فرهنگ است. وجود برخی از شباهت‌ها میان این فرهنگ و شهر سوخته، در تولیداتی همچون ظروف مرمری، مهرهای مشبک فلزی و برخی از شیوه‌های تدفین (تدفین‌های یادمانی)، بحث‌هایی را در رابطه با تفسیر این مدارک به وجود آورده، که عموماً این تفسیرها با مهاجرت گروه‌های انسانی از شمال به جنوب و یا بالعکس مرتبط شده است. مسئله‌ی اصلی این نوشتار، بررسی دلایل و شواهدی است که می‌تواند در شکل‌گیری یک تفسیر منطقی و قابل قبول در زمینه‌ی علت وجود برخی از شباهت‌ها میان فرهنگ بلخی-مرویی و شهر سوخته در دوره‌ی IV این استقرار کمک نماید. در این نوشتار سعی می‌شود تا حد امکان به بررسی شواهد و مدارک شهر سوخته به عنوان یکی از مهم‌ترین استقرارگاه‌های جنوب شرق ایران و منطقه سیستم پرداخته شود. با بررسی و تفسیر چرایی این شباهت‌ها، علاوه بر رد فرضیه‌ی مهاجرت مردم فرهنگ بلخی-مرویی به سمت شهر سوخته، می‌توان دلایلی برای اثبات یک روند مهاجرتی در نیمه هزاره سوم ق.م از شهر سوخته به سمت دشت‌های شمالی ارائه نمود.

کلمات کلیدی: فرهنگ بلخی-مرویی، شهر سوخته، نظام مهاجرت، مهرهای مشبک فلزی، ظروف مرمری، تدفین یادمانی.

Commentary on the Similarities between objects of Bactria-Margiana Archaeological Complex (BMAC) and Shahr-i Sokhta

Hamed Tahmasebi Zave*¹; Farshid Iravani Ghadim²

¹*PhD candidate in archaeology, Art University of Isfahan IRAN

²Assistance professor in archaeology, Art University of Isfahan. IRAN

(Correspond Author: E-mail: Hamed.tahmasebizave@yahoo.com)

Abstract

One of the most important archaeological topics and issues is Bactria-Margiana Archaeological Complex (BMAC) culture and its issues such as the history and origin of its formation, inside and outside regional communications, the interpretation of some of the similarities in the products of these culture adjacent areas. Since there are some similarities between the culture and Shahr-i sokhta (city burned), one of the most important settlements in the southeastern Iran and Sistan region, in products such as marble container, Metallic reticulated seals and certain burial methods (Cenotaph), there are discussions about the interpretation of these documents. Generally, these interpretations have been linked to human migration from north to south or vice versa.

The main issue of this article is to study the reasons and evidences that could form a reasonable and acceptable explanation about the cause of the similarities among the culture of BMAC and Shahr-i sokhta in IV period. So it has been tried to survey the evidences of Shahr-I sokhta as much as possible. With Interpretation the reasons of the similarities, it can be proved not only the assumption of migration of BMAC people to Shahr-i sokhta is incorrect, but also it will be mentioned a new assumption about the migration of Shahr-i sokhta people to the north area in the half of third Millenary of B.C.

Key words: BMAC culture, Shahr-i sokhta, Migration System, Metallic compartmented seals, Marble vessels, Cenotaph.

۱- مقدمه

جدای از بررسی شباهت‌های میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی^۱، موضوع این نوشتار بررسی تمام جوانبی است که به اثبات و یا رد فرضیه‌ی اسکالونه^۲، مبنی بر مهاجرت گروه‌های انسانی از فرهنگ بلخی-مرویی به شهر سوخته، بتواند کمک نماید. در ابتدا برای روشن شدن مبحث اصلی این نوشتار، گفته‌های وی در تفسیر ارتباط میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی را بیان کرده و سپس وارد بخش اصلی مقاله می-شویم. اسکالونه در تفسیر شباهت‌های میان جنوب شرق ایران و فرهنگ بلخی-مرویی بیان می‌دارد که مدارک پیداشده در شهر سوخته و بمپور نشان‌دهنده شباهت‌های زیاد بین این مناطق ایران و سواحل جنوبی خلیج فارس در یک محور جدید شمال-جنوبی است. این محور ترکمنستان، سیستان و کرمان را به استقرارگاه‌های نو و جدیدی متصل می‌کنند که در برخی موارد تحرکات آن‌ها را می‌توان بر اساس مهاجرت-های انجام شده از شمال تعبیر کرد وی از سیستان به عنوان سرزمینی که نگه‌دارنده و دربردارنده فرهنگ یکسان و هم‌شکلی بوده و به صورت متناسبی در یک شکل فرهنگی مستقل جمع شده است، یاد می‌کند. وی همچنین بیان می‌دارد که فقط بخش‌هایی از این سرزمین با گسترش‌های فرهنگی افغانستان و ترکمنستان در ارتباط بوده است. که در این میان شهر سوخته نیم‌نگاهی به سوی مراکز ثقل فرهنگ بلخی-مرویی داشته است. کمبود مواد و مدارک موجود از جنوب شرقی ایران اجازه بازسازی کامل چهارچوب فرهنگی سرزمین‌های مذکور را نمی‌دهد، اما شاید بتوان یک گسترش فرهنگی-جغرافیایی را به این وسعت از طریق اثبات وجود یک نظام مهاجرتی محدود از سرزمین‌های شمالی، یا شاید سقوط استقرارگاه‌های شناخته شده مراکز بلخی-مرویی توجیه کرد. وی در تأیید نظر خود مبنی بر وجود مهاجرت از سرزمین‌های شمالی، به نقل از هیبرت و کارلوسکی بیان می‌دارد که در خلال نخستین سده‌های هزاره دوم ق.م، مهاجرت‌های بسیاری از شمال (آسیای مرکزی) به سمت جنوب (سیستان و بلوچستان) انجام شده است که باید آن را در ارتباط نزدیک با توزیع زبان‌های هندواروپایی در تمام فلات ایران دانست (اسکالونه، ۱۳۹۴: ۹۷-۹۹). این در حالی است که رجوع به مقاله فوق نشان می‌دهد که هیبرت و کارلوسکی نظر فوق را در تفسیر برخی از قبور و تدفین‌های یادمانی و همچنین گورنهادهای شاخص فرهنگ بلخی-مرویی در استقرارهایی همچون شهداد، خوراب و یحیی بیان می‌دارند (Hiebert & Lemberg-Karlovsy, 1992:1) که داده‌ها و یافته‌های باستان-شناسی، تأثیر فرهنگ مزبور را بر این استقرارگاه‌ها نشان می‌دهند. بر اساس همین داده‌ها می‌توان از کوچ و مهاجرت برخی از گروه‌های انسانی (صنعتگران) از فرهنگ بلخی-مرویی به استقرارهای جنوب شرق ایران سخن به میان آورد. اما هیبرت و کارلوسکی در تفسیرهای فوق، هیچ‌گونه اشاره‌ای به منطقه‌ی سیستان و استقرار شهر سوخته نکرده‌اند.

به صورت خلاصه، می‌توان تفسیرهای اسکالونه را به شکل ذیل ارائه نمود.

۱. تأثیرپذیری بخشی از فرهنگ شهر سوخته از فرهنگ بلخی-مرویی

۲. وجود یک نظام مهاجرتی محدود از سرزمین‌های شمالی

۳. ارتباط سقوط استقرارگاه‌های فرهنگ بلخی-مرویی با گسترش فرهنگی-جغرافیایی شهر سوخته
نکته قابل تأمل عدم ارائه هرگونه دلیل و یا داده‌ی باستان‌شناسی از طرف وی، در تأیید و اثبات فرضیات فوق است.

در سمت مقابل فرضیه‌ی اسکالونه، ساریانیدی در تفسیر شباهت‌های موجود بیان می‌دارد که صحیح‌تر است که یکسانی و شباهت‌های مواد موجود در فرهنگ بلخی-مرویی با جنوب شرقی ایران را، نشانه‌ی گسترش شاخصه‌های منحصر به فرد فرهنگ ایرانی بدانیم که از یک هسته سرزمینی و هنری بلوچی-کرمانی و مکرانی سرچشمه گرفته است (Sarianidi, 1997 به نقل از اسکالونه^۲، ۱۳۹۴: ۹۷).

۲- فرهنگ بلخی-مرویی

آنچه از آن به عنوان مجموعه یا فرهنگ بلخی-مرویی یاد می‌شود، مجموعه‌ای از استقرارگاه‌هایی را شامل می‌شود که در بازه زمانی (۲۳۰۰-۱۵۰۰ ق.م) با ویژگی‌هایی از قبیل گونه‌های شاخص سفالی، استفاده و ساخت انواع کالاهای شأن‌زا و روزمره از سنگ‌های بومی و وارداتی (لاجورد، کلریت، عقیق، فیروزه و مرمر)، فراوانی استفاده از فلز مفرغ و فلزات گران بها (طلا و نقره)، مجموعه‌ای از اشیاء احتمالاً آیینی از جمله ستون-های مینیاتوری و صفحه‌های گرد مرمری، پیکرک‌های ترکیبی باختری، عصاهای قدرت، تبرهای تشریفاتی و گورهای یادمانی، در گستره جغرافیایی جنوب ترکمنستان، شمال شرق و شرق ایران، شمال افغانستان و بخش‌هایی از تاجیکستان و ازبکستان شکل و گسترش یافتند (طهماسبی، ۱۳۹۴: ۱).

۳- شهر سوخته

شهر سوخته نام مجموعه‌ای از تپه‌های در کنار هم و گسترده‌ای به ارتفاع ۱۲ تا ۱۸ متر و مساحت ۱۵۱ هکتار است که در ۵۶ کیلومتری جاده‌ی ارتباطی زابل به زاهدان قرار گرفته است. به سبب فرسایش شدید ناشی از باد و آب، شهر سوخته دارای سطحی صاف و گوشه‌هایی گرد است و می‌توان آن را به صورت دوزنقه-ای ناقص مجسم کرد که گودال‌های داخلی و زمین‌های هموار و چسبیده به آن از رسوبات پر شده است. این مجموعه تپه‌های کم ارتفاع در کنار یکی از کهن‌ترین دلتاهای رودخانه هیرمند و بر روی تراس رام رود واقع شده و از مهم‌ترین مراکز دوران مفرغ در شرق ایران به شمار می‌رود (سیدسجادی، ۱۳۹۴: ۲۷).

این شهر که در نزدیکی مهم‌ترین جریان آبی منطقه و بر سر راه ارتباطی بین فلات ایران و دشت سند، افغانستان و ترکمنستان واقع شده، از موقعیت جغرافیایی خود که اجازه تهیه منابع معدنی، طبیعی و کنترل تولید و توزیع را در سیستان و مناطق اطراف می‌داده، برای گسترش اقتصادی بر اساس تجارت با راه‌های دور که مراکز مختلف ایران را به سرزمین‌های دورتر آسیایی متصل می‌کرد، به بهترین وجه استفاده کرده است.

تفسیری بر شباهت‌های موجود میان آثار فرهنگ بلخی-مرویی و شهر سوخته

به نظر می‌رسد شهر سوخته از همان ابتدای شکل‌گیری بیشتر داخل چهارچوب‌های تکاملی و پیچیده مراکز اجتماعی-اقتصادی ترکمنستان بوده است (اسکالونه، ۱۳۹۴: ۸۸-۸۹).

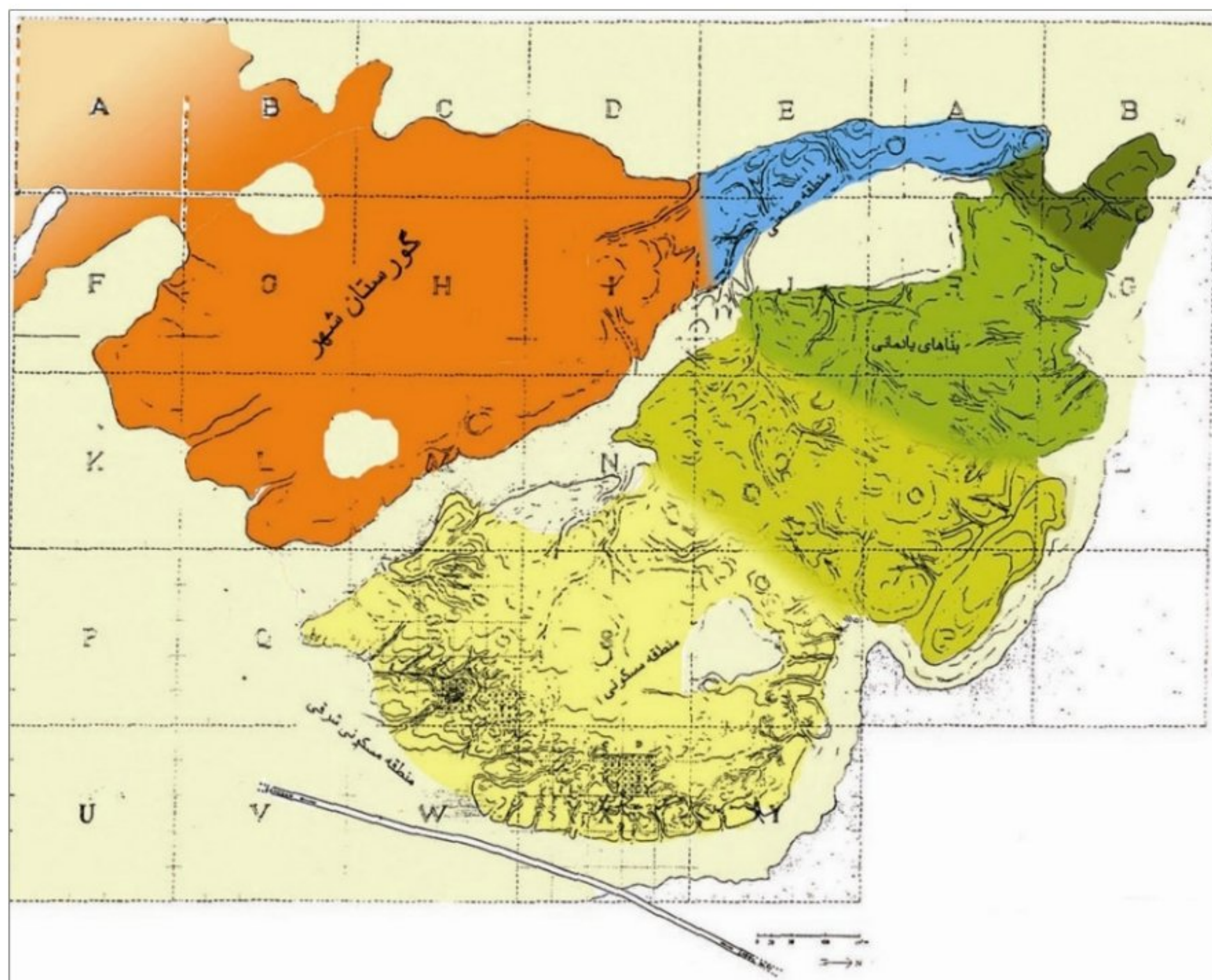
این محوطه باستانی به بخش‌های ذیل تقسیم شده است:

الف) گورستان

ب) محله صنعتگران

ج) محل بناهای یادمانی

د) منطقه مسکونی که به دو بخش شرقی و غربی تقسیم شده است.



تصویر ۱: نقشه شهر سوخته (سید سجادی، ۱۳۸۶: ۹۲)

در کاوش‌های شهر سوخته چهار دوره اصلی استقرار و یازده زیر مرحله معماری تشخیص داده شده است. دوره III و IV شهر سوخته به‌طور تقریبی با گاهنگاری فرهنگ بلخی-مرویی همخوانی دارد (همان، ۹۷-۹۳/ سید سجادی، ۱۳۸۸: ۲۲۹). بین سال‌های ۱۹۶۷-۱۹۷۸ م. یک سلسله کاوش‌های باستان‌شناسی به همت گروه باستان‌شناسان ایتالیایی به سرپرستی توزی در شهر سوخته آغاز شد. در ادامه این روند، تپه‌های رود بیابان نیز کاوش شدند. بعد از انقلاب نیز کاوش‌های باستان‌شناسی در شهر سوخته به همت گروه باستان‌شناسان ایرانی به سرپرستی سید منصور سید سجادی از سال ۱۳۷۶ ه.ش آغاز و تاکنون ادامه دارد.

دوره	فاز	بازه زمانی (Piperno & Tosi, 1975:187)	بازه زمانی (سید سجادی ب، ۱۳۸۹:۴۶۴)	بازه زمانی (اسکالونه، ۹۳-۹۷: ۱۳۹۴)
I	۱۰	۳۲۰۰-۳۳۰۰	۲۹۰۰-۳۲۰۰	۲۸۰۰-۳۱۵۰
	۹	-----		
	۸	-----		
II	۷	۲۷۰۰	۲۵۰۰-۲۸۰۰	۲۵۰۰-۲۸۰۰
	۶	۲۶۰۰-۲۷۰۰		
	۵	۲۶۰۰		
III	۴	۲۳۰۰-۲۵۰۰	۲۱۰۰-۲۴۰۰	۲۲۰۰-۲۵۰۰
	۳	۲۲۰۰-۲۳۰۰		
IV	۲	-----	۱۸۰۰-۲۰۰۰	۱۷۰۰/۱۹۰۰-۲۲۰۰
	۱	۱۸۰۰-۲۰۰۰		
	۰	-----		

۴- شباهت‌های میان فرهنگ بلخی-مرویی و شهر سوخته

در این بخش سعی می‌شود تا با بررسی شباهت‌هایی چون، ظروف مرمری، مهرهای مشبک فلزی و تدفین‌های یادمانی، بتوان تفسیری مناسب و متکی بر یافته‌های باستان‌شناسی ارائه نمود.

۴-۱- ظروف مرمری

استفاده از سنگ مرمر در جهت ساخت انواع ظروف در شهر سوخته از دوره I شروع و تا پایان دوره III ادامه داشته است.^۴ در آخرین دوره‌ی استقرار شهر سوخته (دوره IV) که اسکالونه آن را با فرهنگ بلخی-مرویی قابل مقایسه می‌داند، تنها از یک گور (شماره ۱۴۰۰) ظروف مرمری شناسایی شده است (شیرازی، ۱۳۸۸:۲۶۲). همین امر نشان از کاهش چشمگیر تولیدات مرمری در شهر سوخته دارد.

در گستره فرهنگ بلخی-مرویی و شمال شرق ایران شروع استفاده از سنگ مرمر در جهت ساخت ظروف و دست‌ساخته‌های مرمری، از حدود ۲۳۰۰ ق.م آغاز و تا حدود ۱۶۰۰ ق.م ادامه می‌یابد. در تپه‌ی حصار استفاده از سنگ مرمر تا قبل از دوره III، منحصر به ساخت مهره‌های تزئینی و آن هم در مقیاس محدود می‌شد،^۵ این در حالی است که در دوره^۶ III در جهت تولید انواع ظروف و اشیاء از این سنگ به صورت فراوان استفاده می‌شده است (اشمیت، ۱۳۹۱: ۹۰-۲۸۷). همان‌طور که بیان گردید، در نقطه‌ی مقابل این رونق استفاده از دست‌ساخته‌های مرمری در فرهنگ بلخی-مرویی، شاهد رکود و کاهش این تولیدات در

تفسیری بر شباهت‌های موجود میان آثار فرهنگ بلخی-مرویی و شهرسوخته

آخرین دوره‌ی شهر سوخته (با توجه به شواهد و مدارک کاوش شده از گورستان) هستیم. همچنین گونه-شناسی ظروف مرمری در شهر سوخته و مجموعه‌ی باستان‌شناسی فرهنگ بلخی-مرویی، نشان از تفاوت اساسی در فرم‌ها و گونه‌های ظروف مرمری در این دو منطقه دارد (تصویر شماره ۲). بنابراین به لحاظ گونه-شناسی، نمی‌توان ظروف مرمری را به عنوان یکی از شباهت‌های میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی معرفی نمود.



تصویر ۲: سمت راست: ظروف مرمری گنورتپه (Sarianidi, 2007)، سمت چپ: ظروف مرمری شهر سوخته (سید

سجادی، ۱۳۸۶)

با توجه به تقدم زمانی و توالی طولانی مدت تولید و استفاده از ظروف مرمری در شهر سوخته (دوره I-III)، همچنین تفاوت در فرم‌ها و گونه‌های ظروف مرمری، منطقی‌تر به نظر می‌رسد که ساخت و تولید ظروف مرمری در این استقرار را یک صنعت بومی و محلی منطقه‌ی سیستان معرفی نماییم. همچنین با توجه به هم‌زمانی شروع استفاده از سنگ مرمر به صورت گسترده در حصار و فرهنگ بلخی-مرویی با زمان افول جمعیت و کاهش تولید و استفاده از ظروف مرمری در شهر سوخته، می‌توان این احتمال را در نظر گرفت که در نیمه‌ی دوم هزاره سوم ق.م، بخشی از مردم شهر سوخته و به ویژه صنعتگران و تولیدکنندگان ظروف مرمری، از شهر سوخته به سمت سرزمین‌های شمالی کوچ نموده‌اند.

۴-۲- مهرهای مشبک فلزی^۷

یکی از ویژگی‌های فرهنگی شرق ایران و آسیای مرکزی، استفاده از مهرهایی است که به علت سبک شبکه‌وار نقوش، به مهرهای مشبک فلزی شهرت دارند (باغستانی، ۱۳۸۰: ۲). استفاده از مهرهای مشبک فلزی از اوایل هزاره سوم تا اواسط هزاره دوم ق.م رواج داشته است. بر اساس شواهد موجود می‌توان کانون اصلی این پدیده فناورانه را، مناطق شرقی فلات ایران دانست (طلایی، ۱۳۹۲: ۱۶). هم‌زمان با افزایش تجارت فرامنطقه‌ای و منطقه‌ای که در اثر به وجود آمدن تولید انبوه کالا و تخصص‌پذیری در جوامع عصر مفرغ ایجاد گشته بود، استفاده از مهرهای مشبک فلزی گسترده شد (باغستانی، ۱۳۸۰: ۱۱؛ طلایی، ۱۳۹۲: ۱۶).

قدیمی‌ترین این گونه مهرها، از اوایل هزاره سوم ق.م در شهر سوخته^۸ دوره II (طبقات ۵-۷) (۲۸۰۰-۲۵۰۰ ق.م) شناسایی شده است (باغستانی، ۱۳۸۰: ۵). بیشتر نمونه مهرهای مشبک فلزی در طی کاوش‌های آلتین‌تپه^۹ (طبقات ۱-۳) (Masson, 1988: Pl, 16, 17, 29 & 37)، نمازگاه (Kohl, 1984: 224)، واحه‌های

تفسیری بر شباهت‌های موجود میان آثار فرهنگ بلخی- مروی و شهر سوخته

کللی (Ibid:147)، گنور (Sarianidi, 1998 & 2007:100-104) و توگولوک کشف گردیده و همچنین نمونه‌های بسیاری از حفاری‌های قاچاق در منطقه بلخ و مزار شریف به دست آمده است. با توجه به مدارک و داده‌های باستان‌شناسی، شهر سوخته در جنوب و استقرارگاه‌های فرهنگ بلخی- مروی در شمال دو منطقه مهم تولید و استفاده از مهرهای مشبک فلزی در شرق ایران بوده‌اند (تصویر شماره ۳). گسترش استفاده از این مهرها را تنها می‌توان با گسترش ارتباطات تجاری- اقتصادی مرتبط دانست. با توجه به تقدم زمانی تولید این نوع از مهرها در شهر سوخته نسبت به جنوب ترکمنستان، نه تنها نمی‌توان شباهت‌های موجود در شیوه و تکنیک ساخت و همچنین شباهت در برخی از نقوش را به عنوان دلیلی بر فرضیه کوچ و مهاجرت مردمان استقرارگاه‌های فرهنگ بلخی- مروی به جنوب شرق ایران مطرح نمود؛ بلکه در کنار سایر شواهد و یافته‌های باستان‌شناسی، مهرهای مشبک فلزی را می‌توان به عنوان دلیلی بر تأثیرگذاری شهر سوخته بر فرهنگ مزبور و به احتمال کوچ برخی از گروه‌های انسانی از شهر سوخته به نواحی شمالی مطرح نمود.



تصویر ۳- راست: مهرهای مشبک فلزی گنورتپه (Sarianidi, 2007)،

چپ: مهر مشبک فلزی شهر سوخته (سید سجادی، ۱۳۸۶)

۳-۴- تدفین‌های یادمانی

در بازه زمانی (۳۰۰۰-۲۵۰۰ ق.م) در جنوب شرق ایران (شهر سوخته) شاهد شکل‌گیری نوع جدیدی از تدفین فاقد جسد و اسکلت انسانی هستیم که در ادبیات باستان‌شناسی با عنوان تدفین‌های یادمانی شناخته می‌شود. در این شیوه تدفین، گورنهاده‌هایی به احترام شخص متوفی، که به هر دلیل جسد او به وطنش بازنگشته (کشته شدن در جنگ، مردن در سفر و دور از وطن و غیره)، داخل گور وی قرار داده می‌شد. چرایی ساخت این قبور و همچنین لزوم چنین عملی هنوز به درستی روشن نشده است. آنچه که می‌توان بیان داشت، این است که زنده نگه داشتن یاد شخص متوفی برای بازماندگانش مهم بوده و بنا به همین امر، با اجرای سنت‌ها و آیین‌های مرسوم در رابطه با دیگر مردگان، به ساخت گوری برای یادبود وی اقدام می‌کردند. لزوم اجرای صحیح مراسم مطابق با آیین‌های تدفین را می‌توان از قرار دادن گورنهاده‌ها در داخل این قبور خالی از جسد، متوجه شد. ساخت این قبور علاوه بر اینکه به عنوان نوعی یادبود و زنده نگه‌داشتن یاد وی محسوب می‌شد، نوعی تسلی خاطر را برای بازماندگان وی به وجود می‌آورد.

در دوره‌ی I و II شهر سوخته، تدفین‌های یادمانی در گورهایی با ساختار چاله‌ای ساده و دو قسمتی شناسایی شده^{۱۱}، این تدفین‌ها، قدیمی‌ترین نمونه‌های گزارش‌شده از تدفین‌های یادمانی در فلات ایران است. با توجه به این اطلاعات، می‌توان شهر سوخته را منشأ پیدایش این شیوه تدفینی معرفی نمود. سید سجادی بیان می‌دارد: «تعدادی قبرهای خالی از اسکلت انسانی نیز در میان قبرهای شهر سوخته دیده شده-اند که کاملاً آماده انجام دادن یک تدفین بوده‌اند، اما به دلایلی از آن استفاده نشده است. یکی از این دلایل ممکن است آن باشد که فرد مرده در جای دیگری از دنیا رفته یا اثری از وی به دست نیامده، از این‌رو قبر و اشیاء موجود در آن به عنوان یک یادمان و یادگاری از وی ساخته شده است» (سید سجادی، ۱۳۸۹: ۴۳۵). بعضی از این قبور یادمانی فقط یک چاله ساده و آماده بوده و برخی نیز دارای هدایای تدفینی بین ۳ تا ۱۸ عدد بوده‌اند (سید سجادی، ۱۳۸۵: ۳۱). البته منظور ما از قبور یادمانی، تدفین‌های دارای گورنهاد و فاقد جسد است و تدفین‌های فاقد گورنهاد، در گروه گورهای آماده تدفین قرار می‌گیرند. به عبارتی در شناخت و تشخیص این قبور، باید توجه داشت که بین این قبور و قبور خالی که آماده تدفین بودند، تمایز قائل شد. راه این تشخیص، وجود یا عدم وجود گورنهادها در داخل ساختار تدفین است.

تدفین‌های یادمانی در بازه زمانی (۲۳۰۰-۱۵۰۰ ق.م) و حداقل با یک فاصله دویست‌ساله نسبت به شهر سوخته، در گستره جغرافیایی فرهنگ بلخی-مرویی (توگولوک ۱، توگولوک ۲۱، گنور (Sarianidi, 2007:51)، اَلْغَ تپه (Mamedov & etal, 2012:23-24)، شهرک فیروزه (باصفا، ۱۳۹۳: ۲۶۲)، محوطه چلو (وحدتی و بیشونه، ۱۳۹۳: ۳۲۱) و تپه حصار، مشاهده می‌گردد. به احتمال این شیوه تدفینی در اثر گسترش روابط فرهنگی و اقتصادی از شهر سوخته به جنوب ترکمنستان انتقال یافته است. در همین راستا باید به این نکته توجه نمود که هم‌زمان با شروع استفاده از تدفین‌های یادمانی در گستره جغرافیایی مجموعه بلخی-مرویی، استفاده از این شیوه تدفینی در شهر سوخته متروک شده است، به نحوی که تاکنون از دوره‌های III^{۱۲} و IV شهر سوخته، تدفین یادمانی گزارش نشده است.

این فاصله‌ی زمانی نه تنها مانع از قبول مسئله شباهت در شیوه تدفین یادمانی میان این دو منطقه، به عنوان دلیلی در راستای پذیرش فرضیه کوچ مردمان شمالی به شهر سوخته می‌شود، بلکه خود دلیلی بر تأثیرگذاری فرهنگی و اعتقادی شهر سوخته بر فرهنگ بلخی-مرویی و نشان‌دهنده کوچ گروه‌های انسانی از شهر سوخته به سمت شمال است. با توجه به ارتباطات فرهنگی و تجاری گسترده‌ای که میان این استقرار با جنوب ترکمنستان و شمال شرق ایران در جریان بوده، احتمالاً می‌توان چنین بیان داشت که این شیوه تدفین در اثر گسترش ارتباطات فرهنگی و تجاری از شهر سوخته به فرهنگ بلخی-مرویی انتقال یافته است.

۴- گاهنگاری

بعد از بررسی شباهت‌ها و ارائه دلایلی مبنی بر عدم تطابق آن‌ها با فرضیه‌ی مهاجرت گروه‌های انسانی از فرهنگ بلخی-مرویی به شهر سوخته در نیمه اول هزاره دوم ق.م، ضعیف بودن چنین فرضیه‌ای اثبات شد. در این قسمت با ارائه گاهنگاری‌ها و مطرح نمودن مسائلی چند در این مورد، سعی در رد این فرضیه است. همان‌طور که پیشتر بیان شد، در کاوش‌های شهر سوخته چهار دوره اصلی استقرار و یازده زیر مرحله‌ی معماری شناسایی شده است.

دوره I (مرحله ۸-۱۰): ۲۸۰۰-۳۲۰۰ ق.م، دوره II (مرحله ۵-۷): ۲۵۰۰-۲۸۰۰ ق.م، دوره III (مرحله ۲-۴): ۲۳۰۰-۲۵۰۰ ق.م، دوره IV (مرحله ۰-۱): ۱۸۰۰/۲۰۰۰-۲۳۰۰ ق.م (سید سجادی، ۱۳۸۸: ۲۲۹). مجموعه باستان‌شناسی بلخی-مرویی نیز با تاریخ‌گذاری کربن ۱۴، به سه دوره زمانی تقسیم شده است:

- دوره اول: از اواخر نمازگاه ۷ برابر است با ۲۲۰۰ تا ۱۹۰۰ ق.م
 - دوره دوم: با داده‌هایی از گنور و توگولوک ۲۱ برابر با ۲۰۰۰ تا ۱۷۵۰ ق.م
 - دوره سوم: با داده‌هایی از سطح گنور که برابر با ۱۸۰۰ تا ۱۵۰۰ ق.م است (Hiebert, 1994:80).
- همچنین گاهنگاری این فرهنگ را می‌توان به دو دوره زمانی، دوران اوج و شکوفایی (۲۳۰۰ تا ۱۷۵۰ ق.م) و دوران فروپاشی و انحطاط تدریجی (۱۷۵۰ تا ۱۴۰۰ ق.م) تقسیم نمود (Luneau, 2015:303؛ فرانکفورت، ۱۳۹۲: ۱۶۶). هدف از ارائه گاهنگاری شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی در این بخش، ایجاد یک پیش‌زمینه برای درک بهتر و آسان‌تر در راستای رد فرضیه‌ی پیشنهادی اسکالونه است. وی در تفسیر گسترش فرهنگی-جغرافیایی شهر سوخته، فرضیه‌ی یک نظام مهاجرتی محدود از سرزمین‌های شمالی و یا سقوط استقرارگاه‌های شناخته شده فرهنگ بلخی-مرویی را مطرح می‌کند (اسکالونه، ۱۳۹۴: ۹۹).
- پذیرش فرضیه‌ی نظام مهاجرتی شمال به جنوب، نیازمند اثبات افزایش جمعیت در شهر سوخته هم‌زمان با کاهش جمعیت در فرهنگ بلخی-مرویی است. در زمینه‌ی کاهش جمعیت در فرهنگ بلخی-مرویی می‌توان تاریخ ۱۵۰۰ ق.م و یا با کمی اغماض تاریخ ۱۷۵۰ ق.م را در نظر گرفت. اما هم‌زمان با این دوره، شواهدی مبنی بر افزایش جمعیت در شهر سوخته وجود ندارد. بیش‌ترین جمعیت و حداکثر اندازه و وسعت شهر سوخته در طی فازهای ۵-۷ (۲۶۰۰-۲۷۰۰ ق.م)، بوده است (Piperno & Tosi, 1974:125). پس از این دوران، روند کاهش جمعیت در شهر سوخته از حدود ۲۴۰۰-۲۵۰۰ ق.م شروع شده و در نتیجه‌ی این روند کاهش جمعیت، در بازه زمانی حدود ۱۸۰۰ ق.م، شهر سوخته به طور کامل از بین رفته است (سید سجادی، ۱۳۸۹: ۴۶۴؛ سید سجادی، ۱۳۸۶: ۳۸). به عبارتی هم‌زمان با بازه زمانی فرهنگ بلخی-مرویی (۱۷۰۰-۲۳۰۰ ق.م)، شهر سوخته دچار اُفت شدید جمعیتی شده است. با توجه به گاهنگاری‌های موجود، نمی‌توان فرضیه‌ی وجود یک نظام مهاجرتی از شمال به شهر سوخته، در زمان پایان و یا شروع انحطاط تدریجی فرهنگ بلخی-مرویی را قبول نمود.

البته قابل ذکر است که با توجه به شواهد و مدارک موجود، تنها می‌توان فرضیه‌ی مهاجرت از دشت‌های شمالی (حوزه گسترش مجموعه بلخی-مرویی) به شهر سوخته را در بازه زمانی ۲۰۰۰-۱۵۰۰ ق.م را رد نمود. زیرا با توجه به وجود برخی از تولیدات و تدفین‌های دارای گورنهادهای فرهنگ بلخی-مرویی در شهداد، خوراب، بمپور و یحیی، وجود نظام‌های مهاجرتی از شمال به منطقه‌ی بلوچستان و کرمان اثبات شده است (Hiebert & Karlovsky, 1992:1). همچنین می‌توان با توجه به برخی از شباهت‌ها در تولیدات سفالی، فلزی و تشابهات موجود در برخی از شیوه‌های تدفینی در برخی از ادوار زمانی، نظام‌های مهاجرتی شمال به جنوب^{۱۶} و گهگاه بالعکس را پیشنهاد نمود، ولی ارائه هرگونه فرضیه در مورد این‌گونه از مهاجرت‌های احتمالی، میان این دو منطقه در سایر ادوار زمانی، نیازمند مطالعات دقیق‌تر و بررسی تمام جوانب است و از موضوع این نوشتار نیز خارج است.

۵- مهاجرت از شهر سوخته به فرهنگ بلخی-مرویی

با توجه به هم‌زمانی افول جمعیت در شهر سوخته (۲۴۰۰ ق.م) با شروع روند رشد جمعیت در دو واحه‌ی بلخ و مرو، همچنین وجود برخی از تشابهات و پیشینه‌ی برخی از تولیدات فرهنگ بلخی-مرویی در شهر سوخته؛ تشابه میان تولیدات مرمری و تقدم زمانی این تولیدات در شهر سوخته، تقدم ساخت مهرهای مشبک فلزی، تشابه موجود در برخی از آیین‌ها و مراسم تدفین مردگان (قبر یادمانی) میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی و همچنین اثبات پیشینه‌ی این تدفین‌ها در شهر سوخته، از جمله مهم‌ترین مواردی است که با تکیه بر آن، می‌توان از یک نظام مهاجرتی جنوب به شمال و یا حداقل بر وجود ارتباطات گسترده تجاری-اقتصادی و فرهنگی میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی سخن به میان آورد. با توجه به دلایل فوق، می‌توان فرضیه‌ای را مطرح نمود که بر اساس آن، بتوان شکل‌گیری بخشی از فرهنگ بلخی-مرویی را در اثر یک مهاجرت گسترده از شهر سوخته در نیمه‌ی دوم هزاره‌ی سوم ق.م به گستره جغرافیایی فرهنگ بلخی-مرویی تفسیر و توجیه نمود.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

شهر سوخته در طول دوران حیاتش با شمال شرق ایران و جنوب ترکمنستان روابط تجاری-اقتصادی و فرهنگی تنگاتنگی داشته است. با توجه به داده‌ها و مدارک باستان‌شناسی، از ظروف مرمری، مهرهای مشبک فلزی و تدفین‌های یادمانی، می‌توان به عنوان مهم‌ترین شباهت‌های میان شهر سوخته و فرهنگ بلخی-مرویی نام برد. وجود این موارد تشابه باعث به وجود آمدن، تفسیرهای گوناگونی گردیده که از آن جمله می‌توان به فرضیه‌ی اسکالونه، مبنی بر وجود یک نظام مهاجرتی شمال به جنوب و تأثیرپذیری شهر سوخته از فرهنگ بلخی-مرویی اشاره نمود. بررسی و مطالعه‌ی این شباهت‌ها و همچنین با توجه به وجود پیشینه‌ی آن‌ها در شهر سوخته، نادرست بودن فرضیه‌ی فوق را به روشنی نشان می‌دهد.

از سوی دیگر، بازه زمانی نیمه اول هزاره دوم ق.م برای مهاجرت گروه‌های انسانی از شمال به شهر سوخته پیشنهاد شده است. در این دوره، نه تنها هیچ‌گونه شواهدی از افزایش جمعیت در شهر سوخته در دست نیست، بلکه تمام مدارک و یافته‌های باستان‌شناسی، از افول شدید جمعیت در این محوطه بعد از بازه ۲۴۰۰ ق.م و نابودی کامل آن در ۱۸۰۰ ق.م حکایت دارد. بنابراین با توجه به تقدم زمانی موارد تشابه فوق در شهر سوخته و همچنین وجود نشانه‌هایی از کاهش جمعیت در این محوطه در بازه زمانی نیمه دوم هزاره سوم ق.م، می‌توان شکل‌گیری بخشی از فرهنگ بلخی-مرویی را با مهاجرت گروه‌های انسانی از شهر سوخته به واحه‌ی بلخ و مرو تفسیر نمود.

برای پژوهش‌های آتی، لزوم انجام مطالعات آزمایشگاهی در زمینه بررسی و شناخت معادن مرمر مورد استفاده در ساخت ظروف مرمری در شهر سوخته و مجموعه بلخی-مرویی احساس می‌گردد. انجام این آزمایش‌ها در زمینه‌ی شناخت دقیق بومی بودن یا وارداتی بودن این آثار می‌تواند کمک نماید. همچنین کمبود مطالعات متالوگرافی در زمینه شناخت معادن فلزی مورد استفاده در ساخت مهرهای مشبک فلزی نیز احساس می‌گردد. امید آن است که با تلاش‌ها و مطالعات آتی محققان، بیش از پیش کیفیت و کمیت ارتباطات میان فرهنگ‌های باستانی مشخص شود.

منابع

- اسکالونه، انریکو. (۱۳۹۴). *باستان‌شناسی جوامع ایران باستان (در هزاره سوم پیش از میلاد)*، ترجمه سید منصور سید سجادی، تهران: سمت.
- اشمیت، اریخ. (۱۳۹۱). *کاوش‌های تپه حصار دامغان*، ترجمه کوروش روستایی، اداره میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان سمنان.
- باصفا، حسن. (۱۳۹۳). *شیوه‌های تدفین دوره مفرغ پایانی در دشت نیشابور (شمال شرق ایران)*، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسان جوان، چهارمین، آبان ۱۳۹۲، به کوشش محمدحسین عزیزی خراقی، رضا ناصری و مرتضی خانی-پور، تهران: دانشگاه تهران، ۲۵۷-۲۶۶.
- باصفا، حسن، و رحمتی، مهدیه. (۱۳۹۱). گزارش مقدماتی کاوش باستان‌شناختی در محوطه شهرک فیروزه نیشابور، مزدک نامه، به کوشش جمشید کیانفر و پروین استخری، شماره ۵: ۶۱۳-۶۲۳.
- باغستانی، سوزان. (۱۳۸۰). بررسی مهرهای مشبک فلزی شرق ایران، آسیای مرکزی و شمال چین، مجله باستان‌شناسی و تاریخ، سال ۱۳، شماره ۲۶ و ۲۷: ص ۲-۱۱.
- ساریانیدی، ویکتور. (۱۳۸۵). سفال شهر سوخته I و ارتباط آن با جنوب ترکمنستان، پیش‌ازتاریخ سیستان، ماریو توزی، ترجمه رضا مهر آفرین، مشهد: پاژ، ۴۴۴-۴۶۹.
- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۸۵). *شهر سوخته آزمایشگاهی بزرگ در بیابانی کوچک*، زابل: پایگاه میراث فرهنگی و گردشگری شهر سوخته.
- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۸۶). *گزارش‌های شهر سوخته ۱ (کاوش در گورستان ۱۳۷۶-۱۳۷۹)*، تهران: سازمان میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری.
- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۸۸). *گزارش‌های شهر سوخته ۲ (کاوش در گورستان ۱۳۸۰-۱۳۸۲)*، زاهدان: اداره‌ی میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری.
- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۸۹). *نخستین شهرهای فلات ایران*، جلد دوم، چاپ سوم، تهران: سمت.
- سید سجادی، سید منصور. (۱۳۹۴). *شهر سوخته و سرزمین‌های متأثر و مؤثر در آن*، مجله جامعه باستان‌شناسی ایران، سال ۱، شماره ۱: ۳۰-۱.
- شیرازی، روح‌الله. (۱۳۸۸). *ظرف‌های مرمی، گزارش‌های شهر سوخته ۲ (کاوش در گورستان ۱۳۸۰-۱۳۸۲)*، سید منصور سید سجادی، زاهدان: اداره‌ی میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری، ۲۶۲-۲۸۴.
- طلایی، حسن. (۱۳۹۲). *مهر در ایران از آغاز تا صدر اسلام*، تهران: سمت.
- طهماسبی زاوه، حامد. (۱۳۹۴). *مجموعه باستان‌شناسی بلخی-مرویی در شمال شرق ایران، فرهنگ بومی یا نفوذ فرهنگی، مجموعه مقالات دومین همایش باستان‌شناسی ایران*، به اهتمام حسن هاشمی زرج‌آباد، بیرجند: نشر چهاردرخت.
- فرانکفورت، هانری پال. (۱۳۹۲). *سنگ سیاه و هنر در کرمان و آسیای مرکزی، باستان‌شناسی حوزه هلیل رود: جیرفت، مجموعه مقالات دومین همایش بین‌المللی تمدن حوزه هلیل رود: جیرفت*، به کوشش یوسف مجیدزاده و محمدرضا میری، تهران: متن.
- وحدتی، علی‌اکبر و رافیل بیشونه. (۱۳۹۳). *گزارش مختصر فصل دوم کاوش در تپه چلو، دشت جاجرم، شمال شرقی ایران*، گزارش‌های سیزدهمین گردهم‌آیی سالانه باستان‌شناسی ایران، تهران: انتشارات پژوهشگاه میراث فرهنگی، ۳۲۰-۳۲۴.

- Biscione, R & Vahdati, A. (2011). "Excavations of Tepe Chalow, Northern Khoarasan Iran". *Studi micenei ed egeo-anatolici*, 53. pp. 236-241.
- Hiebert, F. T. (1994). *Origins of the Bronze Age oasis civilization in Central Asia* (No. 42). Harvard University Press.
- Hiebert, F. T., & Lamberg-Karlovsky, C. C. (1992). Central Asia and the Indo-Iranian borderlands. *Iran*, 30, 1-15

- Kohl, Philip L., Henri Paul Francfort, Jean Claude Gardin. (1984). *Central Asia: Paleolithic beginning to iron age*, Paris. (ed) *recherché sur les civilisations. Antiquities*,
Lamberg-Karlovsky, C. C. (2013). The Oxus Civilization. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*.
Luneau, E. (2015). A New Assessment of the End of the Oxus Civilization (Southern Central Asia, CA.1750-1500/1400 BCE): Overview of the Transformations of the Society. *Broadening Horizons 4*. BAR International Series 2698. pp.303-308.
Mamedov, A. & Lecomte, O. Bendezu-sarmiento, j. (2012). *Ulug Depe a Forgotten City in Central Asia*. Ginkgo, pp.1-30. ISBN
Masson, V. M., & Masson, V. M. (1988). *Altyn-depe* (Vol. 55). UPenn Museum of Archaeology.
Piperno, M., & Tosi, M. (1975). The graveyard of Shahr-i Sokhta Iran. *Archaeology*, 28(3), 186-197.
Sarianidi, V. I. (1998). *Myths of ancient Bactria and Margiana on its seals and amulets*. Pentagraphic Limited.
Sarianidi, V. (2007). *Necropolies of Gonur*. Kapon.



بررسی و شناخت ویژگی‌های گیوه آجیده (صنایع دستی بومی منطقه سنجان)

غلامرضا هاشمی

استادیار گروه صنایع دستی دانشگاه هنر اصفهان
(مکاتبات: gh.hashemi@au.ac.ir)

چکیده

صنایع دستی هر کشوری، یکی از مظاهر فرهنگ، تمدن و هنر آن به شمار می‌رود که یادگاری از آیین‌ها، آداب و رسوم آن ملت است. یکی از دستباف‌های ارزشمندی که امروزه به فراموشی سپرده شده، گیوه‌بافی است. گیوه یکی از پای‌پوش‌های سنتی ایرانی است که با مصالحی بوم آورد و متناسب با اقلیم هر منطقه به وجود می‌آمده است. متأسفانه کم‌توجهی به این هنر و پیشه و عدم اقبال به آن به واسطه تولیدات صنعتی، ساخت و استفاده از این پای‌پوش سنتی را در بین مردم معاصر کم‌رنگ کرده، به گونه‌ای که شاید تا سالیان نه‌چندان دور، جز نامی از آن در کتاب‌ها و مقالات مردم‌شناسی نتوان یافت. گیوه آجیده از جمله گیوه‌های سنتی است که در شهر سنجان در حومه اراک تولید شده و از کیفیت خوبی برخوردار است. با توجه به اهمیت صنایع و حرف بومی و محلی و لزوم معرفی بیشتر در حفظ آن‌ها در این مقاله به شناخت ویژگی‌های گیوه آجیده سنجانی پرداخته شده است. پرسش مطرح شده در این مقاله این است که گیوه آجیده سنجانی به عنوان هنری بومی این منطقه، دارای چه خصوصیات است؟ هدف از این مقاله شناساندن صنایع دستی این منطقه (سنجان) و توصیف و تشریح مراحل تولید این محصول هنری است. روش تحقیق توصیفی-تشریحی و شیوه گردآوری مطالب کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. پس از بررسی‌های انجام شده، نتیجه گرفته شد که با توجه به طبیعی بودن مواد اولیه بکار رفته در این گیوه به خصوص استفاده از چرم طبیعی در تخت گیوه، سبکی و راحتی و مرغوبیت بالای این هنر بومی جایگاه ویژه‌ای در دوره‌های گذشته داشته و شناخت، حفظ و احیای این هنر ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: دستبافته، پای‌پوش، گیوه آجیده، تخت گیوه، رویه گیوه، سنجان.



The evaluation and recognition of the cotton shoe -Giveh ajideh- features (Native craft of the Senejan region).

Gholamreza Hashemi

Assistant Professor and member of the faculty of art, Esfahan Art University
(Correspond Author: E-mail:gh.hashemi@au.ac.ir)

Abstract

Handicrafts are one of the culture, civilization and art manifestations of any country. "Giveh" is one of the traditional Iranian cotton shoes that includes of native materials and it is relevant with any region climate. With carelessness of this art and occupation and the lack of industrial considerations, production and utilization of these traditional shoes has been decreased. "Giveh Ajideh" is one of the most desirable cotton shoes that are made in the Senejan region of the Arak city. According to the importance and necessity of presentation and preservation of the native and domestic industry, this study is about recognition of Giveh- Ajideh features. The question is "What are the properties of Giveh-Ajideh as a native art?" The purpose of this study is description of construction processes of this local handicraft of Senejan region. The research methodology is descriptive and the method of data collecting is field investigation. Results show that according to the natural raw materials-especially the leather on the bottom of Giveh- and its Lightness, convenience and quality, this native art has special status in the last era. So, recognition, preservation and resuscitation of this art seem necessary.

Key words: Footwear, Giveh-Ajideh, Bottom of Giveh, Surface of Giveh, Senejan

۱- مقدمه

گیوه یا ملکی از صنایع دستی سنتی کشور و آینه تمام نمای آداب و سنن اقوام ایرانی است. حفظ و نگهداری این هنر، پاسداری از بنیان‌های هنری و فرهنگی اقوام ایرانی و نشان‌دهنده هویت و اصالت آن است. تا قرن هشتم واژه‌هایی از جمله موزه (موزه چینی، موزه ساغری تبریز)، پای‌افزار و پای چرمی به‌عنوان پای‌پوش‌های سنتی به کار گرفته شده است. (صداقت کیش، ۱۳۶۵) گیوه با رویه‌ای از نخ پنبه‌ای و تخت چرمی، لاستیکی و یا پارچه‌ای ساخته می‌شود. تا چندی پیش گیوه در اکثر نقاط ایران و در بین اقوام مختلف تهیه می‌شد که در هر منطقه، شکل و نام آن منحصر به همان منطقه بود. تفاوت پای‌پوش‌ها در مناطق گوناگون تا حدی به علت اقلیم و نیاز آن منطقه بوده است. گیوه آجیده سنجانی، از صنایع دستی اصلی مردم منطقه سنجان است که از دیرباز رواج داشته است. از آنجاکه در دوره حاضر با روی کار آمدن دستگاه‌های کارخانه‌ای تولید کفش، گیوه‌بافی به هنری صرفاً روستایی، وقت گیر و فراموش شده بدل شده است، بررسی تاریخچه و مطالعه مواد مورد استفاده و مراحل ساخت آن لازم به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه، شناخت ویژگی‌ها و خصوصیات این پای‌پوش سنتی ایرانی است که روزگاری به‌عنوان هنر و پیشه مهمی در جامعه سنتی، رواج داشته است. از سویی گونه‌های مشابه در برخی مناطق نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- پیشینه تحقیق

مظلوم زاده (۱۳۸۳) به هنر و پیشه گیوه‌دوزی در کازرون و مراحل انجام کار، اشاره کرده است. صداقت کیش (۱۳۶۵) به واژه‌شناسی، تاریخچه گیوه و انواع آن و صنعت گیوه‌دوزی و مراحل ساخت آن در شهرهای مختلف ایران پرداخته است. افشار قوچانی و نیکویی (۱۳۸۸) به تاریخچه هنر گیوه‌دوزی و ساختار و مواد اولیه مورد استفاده در آن اشاره داشته‌اند. سرلک (۱۳۷۹) به ذکر اهمیت و مواد اولیه و مراحل گیوه‌دوزی در منطقه بختیاری چهار لنگ پرداخته است. حاجی علیانی (۱۳۹۲) به آموزش هنر گیوه‌بافی در استان کرمانشاه اشاره داشته است. جزمی (۱۳۶۳) به هنرهای بومی و صنایع دستی و گیوه‌بافی استان کرمانشاه پرداخته است.

۳- روش‌شناسی تحقیق

برحسب نیاز مقاله ابتدا منابع و پیشینه مرتبط با موضوع، مطالعه شده، سپس با بهره‌گیری از اطلاعات به‌دست‌آمده و مصاحبه با دست‌اندرکاران ساخت گیوه و ثبت تصاویر، به تاریخچه و هنر گیوه آجیده سنجانی پرداخته شده و با توجه به مطالعات پیشین با گیوه‌بافی در سایر مناطق مقایسه گردیده است. روش تحقیق بر اساس ماهیت، توصیفی-تشریحی و شیوه گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. مأخذ کلیه تصاویر، نگارنده مقاله است.

۴- واژه‌شناسی و تاریخچه گیوه

در لغت‌نامه دهخدا در رابطه با واژه گیوه این‌گونه آمده است: «بافتی پر گره است که رویه آن از ریسمان پنبه بافته است و قسمت زیرین آن از چرم یا لته‌های درهم فشرده و درهم کشیده ساخته می‌شود». (دهخدا، ۱۳۷۷: ذیل واژه گیوه) در فرهنگ عمید (۱۳۸۱) هم از گیوه به عنوان کفشی که رویه آن از ابریشم یا نخ و زیر آن از چرم یا پارچه بوده، یاد شده است. در برهان قاطع آمده است که گیوه نوعی پای افزار است که رویه آن از ریسمان و نخ پرک است و زیره آن از چرم و بیشتر از لته‌های به هم فشرده و درهم کشیده ساخته شده است. نوعی کفش است که آن را کفش جامگی نیز می‌گویند. واژه گیوه در کتاب شیراز نامه، تألیف ابوالعباس زرکوب شیرازی، مربوط به پیش از ۷۵۴ ه.ق بدین گونه آورده شده است: «به شهور سنه ثلاثین و خمسانه به جوار حق پیوسته و در بازار گیوه دوزان (شیراز) به محلت بیراسته به مدرسه شریفی مدفون است» (زرکوب شیرازی، ۱۳۹۰: ۱۸۳).



تصویر ۲: مارگیر با پای پوش گیوه، رضا عباسی،
 مکتب اصفهان، ۱۰۱۰ ه.ق. مأخذ: خزایی، ۱۳۶۸: ۲۷۳



تصویر ۱: جوان با پای پوش گیوه، احتمالاً رضا عباسی،
 مکتب اصفهان، ۱۰۴۱ ه.ق. مأخذ: پوپ، ۱۳۷۸: ۵۰۹

واژه گیوه در مکاتبات خواجه رشیدالدین فضل‌الله به عنوان یکی از منسوجات معمول در کازرون و نیز در دیوان عبید زاکانی و نظام‌الدین قاری به کار گرفته شده است. نظام‌الدین قاری در دیوان البسه خود چنین می‌گوید: صد کفش و گیوه در طلبش بیش می‌درم چون آرزوی موزه بلغار می‌کنم (قاری یزدی، ۱۳۰۳: ۲۶) هم چنین به واژه گیوه در کتاب مزارات کرمان (اوایل قرن دهم هجری) پرداخته شده است: «شیخ گیوه‌ای در خانه می‌داشتند که چون در خانه بودند در پای می‌کردند» (کوهی کرمانی، ۱۳۸: ۱۳۲). در سیاحت‌نامه شاردن، سیاح معروف فرانسوی نیز به تفصیل در مورد کفش ایرانیان در دوره صفویه توضیح داده است. در این کتاب بیان شده که گیوه با تخت چرمی، پای‌افزار فراشان و تخت شیوه‌ای که دهاتیان می‌پوشیدند، با نام پاپوش گیوه شهرت داشته است. (شاردن، ۱۳۷۲: ۲۱۳-۲۱۴).

میرزا محمد طاهر نصرآبادی در تذکره نصرآبادی در مورد یکی از شاعران معاصر شاه عباس دوم می‌نویسد: اظهري قهپایه در اوایل گیوه کش بوده و بعد از آن نویسنده عسس اصفهان شد. (صداقت کیش، ۱۳۶۵: ۳۳۸). سیاح دیگری به نام دالمانی ضمن اشاره به نوع پای پوش مردان و زنان بختیاری توصیفی از آن می‌-

آورد که همان نوع گیوه ملکی است «گیوه‌ای با تختی از پارچه‌های کهنه که به یکدیگر فشرده و رویه‌ای که از نخ سفید بافته شده است. برای فراهم آوردن تخت این نوع گیوه قطعات ریز پارچه و چرم کهنه را که قبلاً برای نرم شدن در آب گذاشته‌اند، کنار یکدیگر قرار داد و به مدد جوال دوز داغ شده و سوزنی درشت و با تسمه چرمین درازی به هم می‌پیوندند. پس از کوبیدن این جسم چوب مانند با مشته قالب پاهای موردنظر را بر روی آن قرار داد و زوائدش را می‌برند که در نتیجه تخت کفشی پدید می‌آید با ضخامت حدود ۴ سانتیمتر و محکم‌تر از هر نوع چرمی، آنگاه رویه‌ای را که از پیش با نخ سفید بافته شده است با نواری از چرم بدان می‌دوزند و بدین ترتیب پای‌افزاری محکم برای زن و مرد و کودک فراهم می‌آید». (دادور و پور کاظمی، ۱۳۸۸: ۱۵۳-۱۵۴). با توجه به مطالب ثبت شده در نوشته‌های سیاحان، تردیدی نیست که گیوه در دوره صفویه و قاجاریه (مقارن سلطنت احمدشاه قاجار) و حداکثر تا سال ۱۳۴۰، رواج زیادی در بین مردم عادی داشته است. تا چندی پیش، گیوه، در اکثر نقاط ایران و در بین اقوام مختلف تهیه می‌شد که در هر منطقه شکل و نام آن منحصر به همان منطقه بود. با وجود تفاوت اسامی در نقاط مختلف، کلیت کار تفاوت چندانی ندارد. تفاوت پای پوش‌ها در مناطق گوناگون، بسته به اقلیم و نیاز آن منطقه بوده است. کارگاه‌های گیوه‌دوزی در ایران بسیار زیاد و متنوع بوده است. پاپوش‌ها معمولاً از مواد اولیه کاملاً طبیعی و متناسب با پوست پا ساخته می‌شوند. تمامی مواد اولیه به کاررفته در گیوه برگرفته از طبیعت است و به دلیل راحت و سبک بودن آن‌ها، در میان اقوام ایرانی و به خصوص عشایر غرب و شمال غرب ایران رونق زیادی داشته است؛ اما امروزه با گسترش صنایع کارخانه‌ای تولید کفش، شاهد سقوط جایگاه این هنر ملی هستیم و تنها در برخی خانه‌های روستایی نشانه‌هایی از آن بر جامانده است.

۵- مناطقی که گیوه‌دوزی در آن رواج داشته است

در یزد گیوه‌بافی رواج زیادی داشته و زنان روستایی رویه گیوه را تهیه و به بازار عرضه می‌کنند. در روستاهای تفت، هنزا و مهریز هم تخت گیوه تهیه می‌شد و سپس در شهر به رویه دوخته می‌شد. اصفهان، شهرکرد، خرم‌آباد، شیراز، آباده، کرمانشاه، سنندج، کاشان، قمشه، بروجرد، دزفول، قم و خراسان نیز از مراکز تولید گیوه در ایران هستند. از انواع گیوه می‌توان به گیوه سنجانی، آباده، کرمانشاهی، قمی، بروجردی، یزدی و کازرونی اشاره کرد. گیوه ملکی، نوک باریک و برگشته دارد که ریزبافت و گران قیمت است و از جنس نفیس است (ناظم الاطبا). گیوه کرمانشاهی نوک پهن با زیره چرمی ضخیم دارد و گیوه آجیده (سنجانی) با زیره‌ای از چرم نرم است که به وسیله نخ پنبه‌ای آجیده شده است.

۶- گیوه آجیده (سنجانی)

شهر سنجان در ۵ کیلومتری جنوب غرب شهر اراک در استان مرکزی واقع شده است. «واژه سنجان در متون به صورت سنیجان نیز مشاهده شده و معنای لفظی نام این شهر آشیانه عقاب عنوان شده است. سنجان مرکب از سین روی ریشه سئن و جان است که عضو دوم خیلی روشن و عضو اول به معنی مرغی است». (دهگان، ۱۳۳۰: ۱۵۵) این شهر قبل از تبدیل شدن به شهر مرکز دهستان قره کهریز به حساب می‌آمد که شامل خود این منطقه و چندین روستای اطراف آن می‌شد. قدمت این شهر، با جمعیت بالغ بر ده هزار نفر، با

توجه به کشف سکه‌های تاریخی (مربوط به دوره قراقویونلوها) در آن و وجود دو امامزاده قدیمی در آن بیش از هزار سال تخمین زده می‌شود.



نقشه ۱: نقشه ایران با پرخی از مناطقی که در آن‌ها گیوه‌بافی وجود دارد. مأخذ: نگارنده.



سنجان امروزی حاصل اتصال دو روستای مجاور سنجان و فیجان هست که پیش از این به همراه شهر امروزی کرهرود به «سه ده» معروف بوده‌اند. صنایع دستی این شهر شامل گیوه از نوع صادراتی و قالی است. محصولات زراعی عمده این شهر شامل سبزیجات، گردو و انواعی از میوه های درختی است. گیوه دوزی از هنرهای سنتی معروف این شهرستان است. در ابتدای ورودی این شهر نمادی از این هنر و پیشه سنتی، نصب گردیده است (تصویر ۳).

تصویر ۳: گیوه سنجانی (آجیده) مأخذ: نگارنده.



فروش جوراب سنجانی از که نوعی گیوه با کف چرمی و آجیده است و مورد استفاده مردان و زنان بومی است در بازار این شهر، از دیرباز رونق داشته است (تصویر ۴).

تصویر ۴: نمای گیوه در ورودی شهرستان سنجان، مأخذ: نگارنده.

۷- مواد مورد استفاده برای ساخت گیوه در سنجان

مواد مورد استفاده شامل: نخ یا پرک-park، چرم نازک سنتی (برای پشت پا)، چرم ضخیم سنتی (برای زیر پا)، چرم صنعتی (برای آستر پشت پاشنه)، نوار-nouar (برای چسباندن به دور گیوه)، سریش و نوار آستر هستند.

۸- ابزار گیوه‌دوزی در سنجان

- مشته (moshta): وسیله‌ای فلزی است که برای کوبیدن و قالب زدن استفاده می‌شود.
- پاشنه‌کش: برای سوار کردن و قالب کردن گیوه کاربرد دارد.
- گزن (gazan): برای بریدن چرم و نخ و قسمت‌های اضافی کار استفاده می‌شود.
- قالب: (ghalob) (به آن خُل هم گفته می‌شود): وسیله‌ای چوبی برای شکل دادن به رویه گیوه است.
- درفش یا دروش (derosh): در انواع مختلف بوده و در انتهای قسمت فلزی آن، دسته‌ای چوبی تهیه‌شده و به‌منظور ایجاد سوراخ و عبور دادن نخ کاربرد دارد.
- شفره: تیغه‌ای فلزی است که جهت برش و صیقل دادن چرم‌های به‌کاررفته، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- جوال‌دوز: سوزنی بلند است که در انتهای آن، به‌صورت قلاب است.
- جریده سرپایی و زمینی (jarideh): چوبی بلند است که به‌عنوان پایه در حین ساخت تخت گیوه و متصل کردن رویه به گیوه کاربرد دارد.
- کنده‌چوبی (konda): پایه و میز کار است.
- قیچی و سوزن: برای بریدن و دوختن هستند.
- گازانبر: برای شکل دادن به رویه استفاده می‌شود.



تصویر ۵: ابزار گیوه‌دوزی در سنجان، مأخذ: نگارنده.

۹- اصطلاحات گیوه‌بافی در شهرستان سنجان

جوراب بندی (تولید گیوه)، آجیدن (دوختن نخ پنبه بر سطح چرم تمام قسمت‌های تخت گیوه به جز حاشیه آن)، ورچیدن (بافتن قسمت جوراب گیوه)، تُکه دست گرفتن (ایجاد گره یا نخ و سوزن و جوال‌دوز برای شروع بافت رویه گیوه)، تال کردن (عبور دادن نخ از جوال‌دوز یا سوزن)، تخت (کف چرمی گیوه که زیر پا قرار می‌گیرد).

۱۰- مراحل کار و آماده‌سازی گیوه سنجانی

به‌طور کلی در ساخت گیوه سه نفر مشارکت دارند. رویه باف کسی است که با استفاده از نخ پنبه‌ای و سوزن، قسمت رویه گیوه را می‌بافد که این کار معمولاً بر عهده زنان روستایی است. تخت کش کسی است که تخت گیوه یا قسمت کفی آن را با استفاده از چرم یا پارچه‌های نخی می‌سازد. مرحله سوم توسط گیوه‌دوز انجام می‌شود که قسمت رویه را به تخت گیوه متصل می‌کند.

۱۰-۱- بافت رویه

بافت رویه می‌تواند ساده و یا تزئینی (مثل بافت مشبک) باشد. جهت رویه گیوه از نخ پنبه‌ای با استحکام زیاد و قابلیت انعطاف‌پذیری بالا استفاده می‌شود. ظرافت و زیبایی بافت رویه به جنس نخ و ضخامت آن وابسته است. در بافت رویه گیوه سنجانی، قسمت ابتدایی رویه با نخ‌های که به آن پرک می‌گویند و یک جوال دوز دوخته می‌شود. به این کار اصطلاحاً تکه دست گرفتن می‌گویند. جوال دوز برای ایجاد حلقه‌های مکرر در نخ استفاده می‌شود. بعد از کشیدن نخ از جوال دوز دایره کوچکی که در نخ ایجاد می‌شود را تکه می‌گویند. با افزایش تعداد گره‌ها قطر دایره بیشتر می‌شود و تدریجی بافت قسمت رویه تکمیل می‌شود. تعداد رج‌ها تعیین‌کننده سایز جوراب (رویه گیوه) است (تصاویر ۶ و ۷).



بافت رویه در چهار سایز با اصطلاحات ۱ گرده پا (۳۸-۳۹) سیدی (۴۰-۴۱)، مُطارف (۴۲-۴۳)، بقال (۴۴-۴۵) انجام می‌شود. بعد از آماده‌سازی رویه، آن را در آب فروبرده و پس از آنکه آب اضافی آن گرفته شد، قالب (خل) می‌زنند (تصویر ۸) و با گازانبر رویه را روی قالب می‌کشند تا شکل قالب را به خود بگیرد (تصویر ۹). سپس نوار (تصویر ۱۰) را دورتادور جوراب با سریش می‌چسبانند. سپس قسمت پاشنه جوراب برش داده می‌شود تا چرم پاشنه که شامل قسمت زبانه و دیواره پاشنه است به آن دوخته شود (تصاویر ۱۱ و ۱۲).



تصویر ۹- شکل دادن رویه در قالب با گاز انبر



تصویر ۸- قالب زدن رویه گیوه



تصویر ۱۱- اتصال نوار به رویه و پاره کردن قسمت پاشنه،



تصویر ۱۰- نوار،



تصویر ۱۲- دوخت پاشنه به رویه،

۱۰-۲- ساخت تخت گیوه

تخت گیوه معمولاً از تکه پارچه‌های نخی یا کتان‌ی که با شفره به شکل نوارهای کم‌عرض بریده‌شده، ایجاد می‌شود. بعد از خیس کردن نوارها در محلول آب و کتیرا و قرار دادن آن‌ها روی سندان چوبی، با مشته روی آن‌ها می‌کوبند تا تخت شود. حدود ۳۰۰ نوار برای هر جفت گیوه لازم است. از نوارهای چرمی هم برای قسمت پاشنه و پیشه تخت گیوه استفاده می‌کنند. سپس توسط درفشی نوارها (فتیله‌ها) را سوراخ می‌کنند که از بین این سوراخ‌ها نوار چرمی عبور داده‌شده و محکم می‌شود؛ اما برای ساخت کف گیوه سنجانی از چرم طبیعی گاو استفاده می‌کنند. کف چرمی گیوه سبب می‌گردد حرارت اضافی به پا منتقل نشود و همچنین گرمای اضافی در هنگام راه رفتن گرفته شود. بعد از دباغی پوست، آن را به مدت یک هفته به‌منظور نرم شدن، در داخل آب قرار می‌دهند. پوست را به مدت ۴۰ روز در مخلوطی از آب و آهک می‌گذارند. سپس به مدت ۲ روز در محلول آب و زاج و نمک می‌گذارند. بعد از خشک شدن چرم و آغشتن آن به پی و چربی و قرار دادن در آفتاب، ورقه‌های چرم آماده می‌شود. برای قسمت کف معمولاً دو تا سه لایه

چرم که به وسیله گزن برش داده شده (تصویر ۱۳)، استفاده می‌شود و با سریش به هم می‌چسبانند و با مشته می‌کوبند و بعد از یک شبانه‌روز تحت فشار قرار دادن، آن را آجیده می‌کنند. به این ترتیب که ابتدا کف چرم را در جریده که به عنوان پایه‌ای برای ثابت نگه داشتن تخت گیوه در حین کار استفاده می‌شود، قرار می‌دهند (تصویر ۱۴) و سپس تمام قسمت‌های چرم، به غیر از حاشیه آن را با درفش سوراخ می‌کنند. این قسمت توسط پرگار مشخص می‌شود. نخ را از این سوراخ‌ها عبور می‌دهند به صورتی که در هر تخت گیوه حدود ۶۰۰ بار عبور نخ و سوزن مشاهده می‌شود؛ بنابراین تمام سطح تخت به جز حاشیه آن آجیده می‌شود (تصویر ۱۵).



تصویر ۱۴- قرار دادن تخت گیوه در آجیده،



تصویر ۱۳- برش چرم،



تصویر ۱۵- تخت گیوه آجیده

۱۰-۳- گیوه‌دوزی

مرحله بعدی ساخت گیوه، گیوه‌دوزی یا اتصال رویه به زیره است؛ که این کار در قالب صورت می‌گیرد تا رویه حالت بگیرد. مرحله دوختن رویه به تخت گیوه با درفش و نخ و سوزن انجام می‌شود (تصویر ۱۶). برای اتصال پاشنه و قسمت پنجه تکه‌های چرمی به تخت گیوه دوخته می‌شود. سپس اضافات گیوه را با گزن دور گیری می‌کنند و گیوه را مدتی در قالب قرار می‌دهند تا شکل آن حفظ شود. جدول ۱ خلاصه‌ای از مواد و ابزار و مراحل کار ساخت گیوه سنجانی است.



تصویر ۱۶- اتصال رویه به تخت گیوه

جدول ۱- خلاصه‌ای از مواد و ابزار و مراحل کار ساخت گیوه سنجانی، مأخذ: نگارنده مقاله.		
ابزار و نحوه اجرا مراحل کار	مواد و ابزار	نحوه کار
بافت رویه گیوه	نخ، سوزن، جوال دوز	ایجاد گره‌های نخ‌ی برای افزایش قطره جوراب و سپس دوخت رج‌های متوالی برای افزایش طول-
ساخت تخت گیوه	چرم ضخیم - سریش - نخ درفش - مشته - گزن - قیچی - گازانبر -	برش چرم به اندازه دلخواه - اتصال لایه‌های چرم با سریش - کوبیدن بر روی آن با مشته - خارج کردن اضافات با گزن - آجیده کردن تخت گیوه
اتصال رویه و تخت گیوه	سریش - نخ - چرم نازک و چرم صنعتی - نوار - نوار آستر - قالب - پاشنه‌کش - سوزن - درفش - گزن	پاره کردن پاشنه قسمت رویه و اتصال پاشنه چرمی با نخ و درفش و سوزن - اتصال پنجه چرمی - اتصال نوار به دور گیوه با سریش - آستری دوزی رویه گیوه - قالب زدن رویه گیوه برای ایجاد فرم مناسب - اتصال رویه و تخت گیوه با درفش و نخ و سوزن

۱۱- نتیجه‌گیری

گیوه آجیده (سنجانی) یکی از پای‌پوش‌های کهن و سنتی است که ایرانیان از دیرباز با توجه به اقلیم و شرایط زندگی و کار خود به ساخت آن مبادرت کرده‌اند. این پای‌افزار هنر دست بافندگانی است که از مواد و مصالح بومی و سنتی خود، بهترین و کاربردی‌ترین لوازم و ابزار را به وجود آورده‌اند. تمام قسمت‌های گیوه از مواد طبیعی و سازگار با پوست بدن انسان ساخته شده و به دلیل راحتی، سبک بودن و تطابق آن با شرایط آب و هوایی هر منطقه، یکی از مناسب‌ترین پای‌پوش‌ها برای استفاده است. گیوه آجیده (سنجانی) به علت استفاده از چرم در قسمت تخت گیوه و نیز استفاده از نخ طبیعی از انواع مرغوب گیوه به شمار می‌رود. علی‌رغم اینکه گیوه در سالیان اخیر در داخل کشور با اقبال مناسبی روبرو نبوده اما گیوه آجیده با کیفیت مناسب و مرغوبیت بالا، در خارج از مرزها مورد استقبال قرار گرفته و به کشورهای حاشیه خلیج فارس و حتی برخی کشورهای اروپایی همچون آلمان صادر می‌شود. با توجه به قدمت و اصالت این هنر و میراث فرهنگی، لزوم توجه در جهت حفظ و نگهداری از این هنر و پیشه ایرانیان بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

پیشنهاد می‌شود با ایجاد فرصت‌هایی برای شناخت هرچه بیشتر و بهتر این هنر بومی و افزایش کارگاه‌های آموزشی برای آموزش و تولید آن به نسل جدید، از فراموش شدن این هنر جلوگیری کرده و گامی در جهت پاسداشت جایگاه هنرهای بومی و ملی ایران زمین برداشته شود.

پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه اکثر افراد شاغل به این حرفه از نسل‌های قبلی بوده و منابعی که به صورت اختصاصی همه مناطق فعال در حوزه گیوه‌بافی ایران را بیان کند وجود ندارد، پژوهشگران محترم به جمع‌آوری و مقایسه هنر گیوه‌بافی مناطق مختلف ایران پرداخته و در قالب کتابی اختصاصی تحریر نمایند.

سپاسگزاری

با تشکر از هنرمندان مصاحبه‌شونده: آقایان عبدالله گله سنجانی، محمد گله سنجانی. مکان مصاحبه: شهر سنجان، تاریخ ۹۵/۲/۲۰

پی‌نوشت

۱- این اصطلاحات از دیرباز از واژه‌های رایج در خصوص اندازه‌های متفاوت گیوه بوده است و دلیل انتخاب آن‌ها در مصاحبه مشخص نشد.

منابع

- اپهام پوپ، آرتور. (۱۳۷۸). *سیر و صور نقاشی ایرانی*، ترجمه: یعقوب آژند، تهران: مولی.
- افشار قوجانی، دارا، و نیکویی، زهرا. (۱۳۸۸). گیوه سازی، نشریه رشد آموزش هنر، شماره ۱۸: ۵۶-۶۰.
- تبریزی، محمدحسین بن خلف. (۱۳۹۱). *لغت‌نامه، ذیل واژه گیوه*، موسسه انتشارات امیرکبیر، چاپ هفتم.
- خزایی، محمد. (۱۳۶۸). *کیمیای نقش*، تهران: حوزه هنری سازمان تبلیغات اسلامی.
- دادور، ابوالقاسم، و پورکاظمی، لیلا. (۱۳۸۸). *پای‌پوش‌های زنان روستایی و عشایر ایران، زن در توسعه و سیاست*، شماره ۲۷: ۱۳۹-۱۶۵.
- دهخدا، علی‌اکبر. (۱۳۷۷). *لغت‌نامه*، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- دهگان، ابراهیم. (۱۳۳۰). *تاریخ اراک*، اراک: فرهنگ شهرستان اراک.
- زرکوب شیرازی، احمد بن ابی‌الخیر. (۱۳۹۰). *شیراز نامه*، شیراز: موسسه فرهنگی و پژوهشی دانشنامه فارس.
- سرلک، رضا. (۱۳۷۹). گیوه و گیوه‌کش، نشریه نامه فرهنگستان، شماره ۱۶: ۷۴-۷۰.
- شاردن، ژان. (۱۳۷۲). *سفرنامه شاردن*، ترجمه: اقبال یغمایی، تهران: توس.
- صداقت کیش، جمشید. (۱۳۶۵). *تاریخچه صنعت گیوه‌دوزی در ایران*. گیوه و ملکی، نشریه چیستا، شماره ۳۵: ۳۳۵-۳۴۶.
- عمید، حسن. (۱۳۸۱). *لغت‌نامه*، تهران: موسسه انتشارات امیرکبیر. دوره ۲۳.
- قاری یزدی، نظام‌الدین محمود. (۱۳۰۳). *دیوان البسه*. استانبول: دارالسلطنه استانبول.
- مظلوم زاده، محمد مهدی. (۱۳۸۳). *پیشه گیوه‌دوزی در کازرون*، نشریه فرهنگ مردم ایران، شماره ۵ و ۶: ۱۴۲-۱۶۲.



بررسی مکانیسم واکنش تخریبی اکسیداسیون در کاغذهای تاریخی

مهرناز آزادی بویاغچی^{۱*}، مصطفی خواجه محمودی^۲، عباس عابد اصفهانی^۳

^۱ استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان

^۲ کارشناس ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی

^۳ دانشجوی دکترای رشته مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد خوراسگان

(ارتباط با مسئول مکاتبات: Mehrnaz_Azadi@yahoo.com)

چکیده

مقاله حاضر ترجمه بخشی از کتاب کاغذ و آب (Paper and Water) به کوشش بانیک (Banik) و بروکل (Brückle) (۲۰۱۱) است که این بخش توسط ویس مور (Whitmore) نوشته شده است. در این مقاله فرایند تخریب واکنش اکسیداسیون در کاغذ به تفصیل بیان گردیده و نکات مبهم موجود در آن رفع شده است. هدف از این مقاله ارائه صحیح روند انجام واکنش اکسیداسیون و تخریب کاغذهای تاریخی و علت اصلی زرد شدگی آنها در طول سالیان متمادی است. بدنه اصلی مقاله، از کتاب ذکر شده مشتق گردیده است. واکنش اکسیداسیون در ابتدا نیازمند یک مولکول واکنشی یا اکسیدانت است که به طرق مختلفی ایجاد می شود. در ادامه این مولکول به وسیله فرایند رادیکالی سبب حذف هیدروژن از زنجیره سلولز می شود. این واکنش های رادیکالی آن قدر ادامه می یابد تا ترکیبات جدیدی حاصل می شوند که خواص متفاوتی نسبت به ساختار اصلی کاغذ و سلولز دارند. در پایان ترکیبات کربونیل به وجود آمده، که در اکسید بیشتر تبدیل به کربوکسیلیک اسید می شوند، فرایند اسیدی شدن کاغذ را شدت می بخشد و می توانند کاتالیزورهایی برای هیدرولیز شوند.

واژگان کلیدی: کاغذ، اکسیداسیون، تغییر رنگ، تخریب سلولز.

Study of Destructive Oxidation Reaction Mechanism in Historical Papers

Mehrnaz Azadi Boyagchi^{*1}, Mostafa Khaje-Mahmoodi², Abbas Abed-Esfahani³

¹*Assistance professor in conservation, Art University of Isfahan. IRAN

² PhD Candidate in Conservation and Restoration- Art University of Isfahan. IRAN

³ PhD Candidate in Conservation and Restoration- Art University of Isfahan. IRAN

(Correspond Author: E-mail: Mehrnaz_Azadi@yahoo.com)

Abstract

This article is a translation of a part of "Paper and Water" book written by Gerhard Banik and Bruke Irene (2011) which this part has been written by Paul M. Whitmore. This article details the process of destruction of the oxidation reaction in paper and solves the ambiguous points about it. The purpose of this document is to explain the oxidation reaction process, the destruction of historic papers and the main cause of yellowing over the years. The main body of the paper is derived from the mentioned book.

The oxidation reaction requires a reactional molecule or an oxidant which could be created in different ways. Then the molecule removes hydrogen from cellulose chains by a radical process. The radical reaction continues until creating new compounds such as carbonyl compounds which have different properties from the original structure of the paper and cellulose. carbonyl compounds, mostly leads to create carboxylic acid from oxidation, will accelerate the paper acidification process and can be catalysts for hydrolysis process.

Keywords: paper, oxidation, discoloration, degradation of cellulose.

۱- مقدمه

واکنش‌های تخریبی انجام گرفته در کاغذهای تاریخی، تعداد محدود و انگشت شماری هستند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به هیدرولیز، اکسیداسیون و صدمات فتوشیمیایی اشاره داشت. هرچند اکسیداسیون به طور کلی به‌عنوان فرایند رادیکالی تخریبی شناخته شده است، شاید دو واکنش دیگر از لحاظ فرایند انجام واکنش، پروسه‌ی تخریب و محصولات نهایی واکنش، شناخته شده تر از اکسیداسیون باشند. از آنجا که برای حفاظت و صیانت از یک میراث تاریخی، لازم است تمامی ساختار مورد مطالعه به بهترین شکل شناسایی گشته تا بتوان به بهترین نحو ممکن عملیات صیانت از آن انجام گیرد، در طی واکنش‌های تخریبی انجام گرفته در کاغذهای تاریخی، مواد و ترکیبات جدیدی به وجود می‌آید که اگر ساختار آن‌ها به درستی شناخته شود، امکان حذف و پاکسازی این ترکیبات از ساختار کاغذ تاریخی به‌وجود می‌آید. امید است این مقاله بتواند قدمی، هر چند کوچک، در مسیر حفظ و نگهداری این نسخ ارزشمند تاریخی بردارد.

۲- پیشینه تحقیق

موسکا کونته و همکاران (Mosca Conte 2012) در مقاله‌ای تحت عنوان "نقش اکسیداسیون سلولز در زردشدگی کاغذهای تاریخی" به بررسی نقش اکسیداسیون سلولز در برخی از کاغذهای متعلق به قرن ۱۵ میلادی پرداخته و پس از بررسی ساختاری نمونه‌های تاریخی اقدام به نمونه‌سازی از روی آن‌ها و پیرسازی نمونه‌ها می‌کنند. در ادامه هم از نمونه‌های تاریخی و هم از نمونه‌های ساخته شده و پیرسازی شده به صورت مصنوعی، با استفاده از محاسبات نظری روشی به نام initio-AB که بر اساس نظریه تابعی چگالی وابسته به زمان تفسیر شده است غلظت کروموفورهای که باعث تغییر رنگ شده‌اند را اندازه‌گیری می‌کنند. آن‌ها معتقدند مجموع کروموفورهای ثانویه بعد از پیرسازی اثر، به شدت وابسته به شرایط زیست‌محیطی است که شی در طول عمر خود در معرض آن قرار داشته است. گرهارد بانیک و ارنی بروکل (Gerhard Banik, Irene Brukle 2011) به بررسی اجمالی برخی مکانیسم‌های زردشدگی کاغذ مانند زرد شدگی کاغذهایی که علت اصلی آن حضور لیگنین است و برخی دیگر که اکسیداسیون و هیدرولیز سلولز و پیشروی فرایند آن باعث ایجاد ترکیبات جاذب نور می‌شوند و برخی لکه‌ها مانند Foxing و Mat burn پرداخته‌اند.

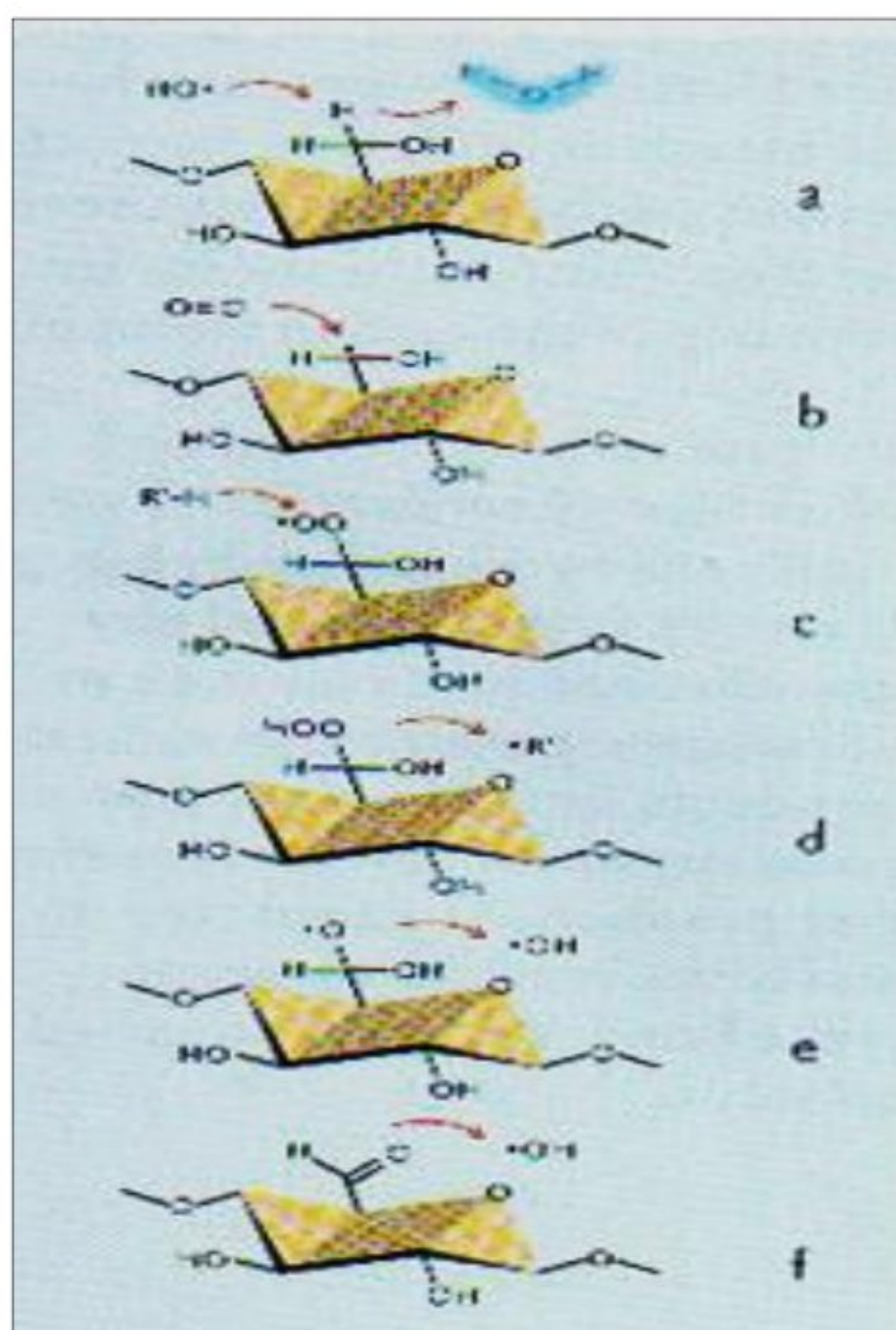
۳- روش تحقیق و بحث

مقاله حاضر ترجمه بخشی از کتاب کاغذ و آب است که بخش مربوط به مقاله حاضر توسط ویس مور (Whitmore) در کتاب مذکور نوشته شده است. اکسیداسیون واکنش تخریبی است که می‌تواند منجر به شکست زنجیره‌ی سلولز در کاغذ شود. برای یک کاغذ سلولزی خالص، واکنش اکسیداسیون بسیار آرام انجام می‌شود. اما در برخی شرایط می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. تحت شرایط زیر اکسیداسیون کاغذ تسریع می‌شود:

- در فرایند سفیدکاری در معرض عوامل اکسیدکننده قرار گرفته باشد.

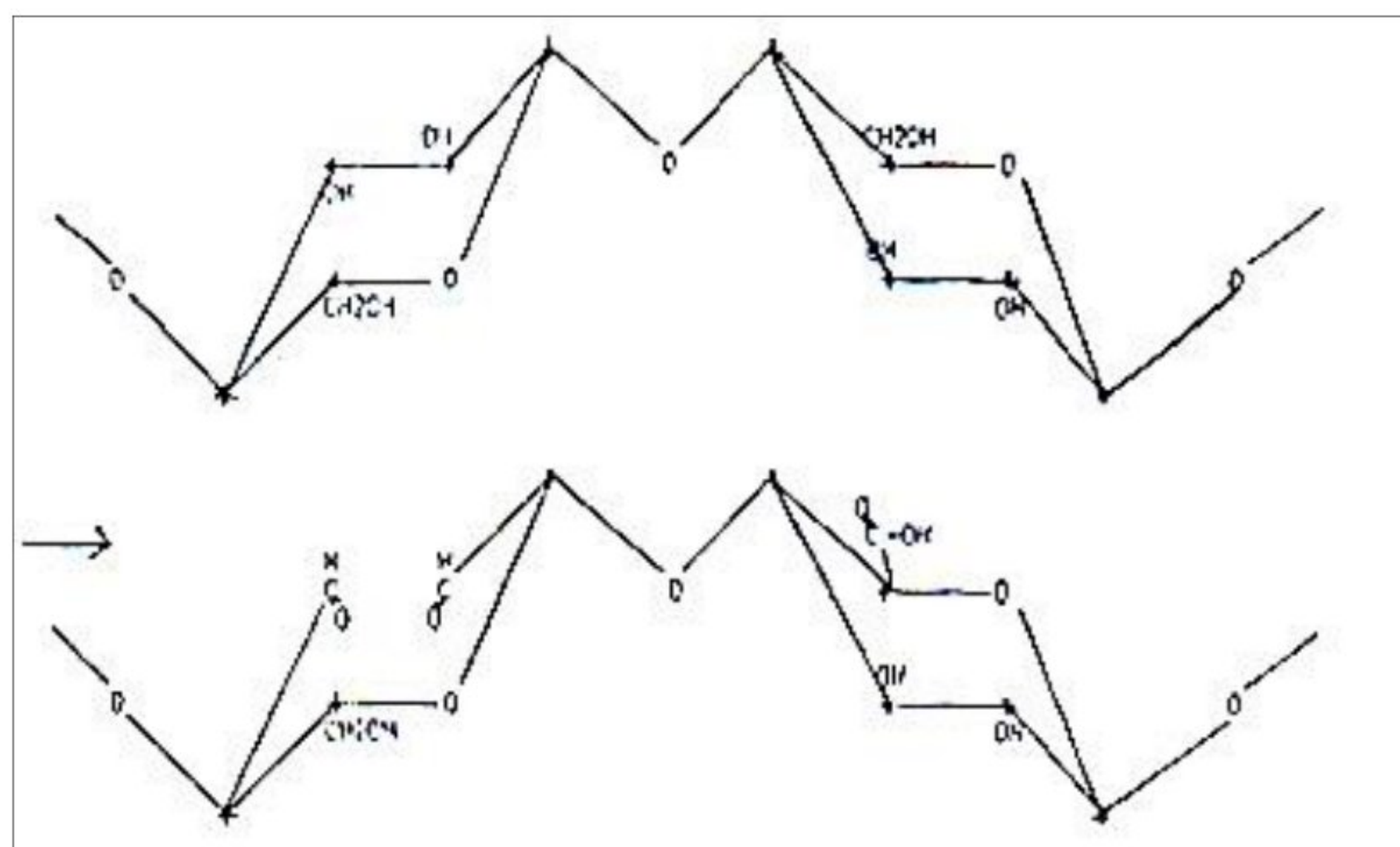
- در طی فرایند درمان و یا نمایش در معرض نور خیلی شدید به ویژه حاوی طول موجهای ماوراءبنفش قرار گرفته باشد.
 - حاوی برخی ناخالصیهای فلزی مانند آهن یا مس یا مرکبهای حاوی آهن مانند مرکب آهنی مازویی یا رنگدانههای حاوی مس مانند استات مس باشد.
 - در معرض آلودگیهای اکسیدکننده هوا از جمله گازهای آزاد شده توسط مواد تخریبشدهی بکار رفته برای ویتترین و نمایش قرار گرفته باشد (Whitmore 2011, 228).
- در مواد آلی مانند سلولز، تغییر بار الکتریکی، آن گونه که در اکسیداسیون فلز آهن به اکسید آهن رخ می دهد، دیده نمی شود. بلکه اکسیداسیون یک هیدروکربن در یک ترکیبی که شامل اتمهای اکسیژن در ساختارش است، به ویژه در شکل گروههای کربوکسیل (آلدهیدها و کتونها) و اسیدهای کربوکسیلیک توصیف شده است. در مورد سلولز، واکنش اکسیداسیون عمدتاً گروههای کربونیل^۱ را از گروههای کربوکسیل^۲ در واحدهای گلوکز تشکیل می دهد. کربونیلها ممکن است سپس در اکسید بیشتر به کربوکسیلیک اسید تبدیل شوند. اکسیداسیون همچنین می تواند در پایان زنجیره ی سلولزی رخ دهد، جایی که گروه آلدهید در کربن- ۱ تبدیل به کربوکسیلیک اسید شده است. مکانیسم دقیق واکنش اکسیداسیون در سلولز مانند مراحل هیدرولیز به خوبی مشخص نیست، اما ترتیب کلی به طور قابل قبولی واضح است. اکسیداسیون ترکیبات آلی شامل یک شیمی رادیکالی است که به وسیله شکست پیوندها، در مسیری که هر قطعه (رادیکال)، یکی از دو الکترونی که سازنده پیوند اصلی است را در اختیار دارد، ادامه پیدا می کند. رادیکالهای آزاد، مولکولهایی هستند که آخرین لایه ی الکترونی آنها تکمیل نبوده و به همین دلیل به لحاظ شیمیایی فعال تر از دیگر مولکولها می باشند. مرحله اول اکسیداسیون سلولز، حذف یک یون هیدروژن از یکی از کربنهای سازنده واحد گلوکز سلولز است. مولکول واکنشی که این اتم هیدروژن را جدا می کند، اکسیدانت^۳ یا عامل اکسیدکننده نامیده می شود. این مولکول می تواند یک ناخالصی که به واسطه جذب نور فعال شده باشد، کلری شامل انواع رادیکال، تولید شده در درمان سفیدکاری کلری باشد، یا یک رادیکال هیدروکسیل تولید شده از سفیدکننده ی پروکسیدی و یا یونهای آهن (II) باشد. در رایج ترین موارد پیری کاغذ، در فرایندهای اکسیداسیون مختلف، به نظر می رسد تفاوت فقط در جزئیات مرحله اول است که آن عاملی است که اتم هیدروژن را از یکی از اتمهای کربن در سلولز برمی دارد. مراحل شیمیایی بعدی در ایجاد محصولات کربونیل و کربوکسیل از طریق واکنشهای رادیکالی، در شرایط اکسیداسیون گوناگون شباهت بسیار زیادی به یکدیگر دارند. پس از آنکه اتم هیدروژن برداشته شد، یک رادیکال کربن با الکترون ناپیوندی تک باقی مانده است، در حقیقت نیمی از جفت الکترون اصلی که پیوند کربن- هیدروژن را ساخته بود. واحد گلوکز شامل رادیکال کربن می تواند با اکسیژن واکنش دهد و تشکیل یک پروکسید یا هیدروکسیدی را دهد که می تواند مکرراً بشکند و به شکل محصولات دیگر بازسازی شود. مرحله نهایی در سلسله واکنشهای اکسیداسیون، معمولاً واکنش ۲ تا از این کربنها یا رادیکالهای اکسیژن در تشکیل یک پیوند است، که با نام مرحله پایانی که واکنش اکسیداسیون متوقف می شود، نامیده می شود.
- یک مثال معمولی از اکسیداسیون سلولز، ایجاد یک گروه آلدهیدی با ۶ کربن است (شکل ۱). توالی واکنش با ربایش یکی از دو اتم هیدروژن توسط اکسیدانت شروع می شود، در این مورد به عنوان یک رادیکال

هیدروکسیل (OH) نشان داده شده است. واکنش رادیکال کربن با اکسیژن محیط، یک رادیکال پروکسید ایجاد می‌کند که در ادامه یک اتم هیدروژن از مولکول دیگر جدا می‌کند تا یک هیدروپروکسید شکل گیرد (ROOH). تجزیه هیدروپروکسیدها به دیگر رادیکال‌های هیدروکسیل آزاد، به‌ویژه در حضور کاتالیزورهایی مانند یون‌های آهن و مس، به شکل‌گیری احتمالی آلدهیدها منجر می‌شود. تشکیل پی در پی رادیکال‌ها در این مراحل واکنش، سبب رخ دادن دیگر توالی‌های اکسیداسیون بر روی دیگر مولکول‌های سلولز می‌شود. به همین دلیل واکنش‌های اکسیداسیون اغلب واکنش‌های رادیکالی زنجیره نامیده می‌شوند. پس از شروع شیمی اکسیداسیون، بسیاری از دیگر چرخه‌های واکنش اکسیداسیون از رادیکال‌های تولید شده به‌وجود می‌آیند. در واکنش‌های اکسیداسیون اتفاق افتاده در کاغذهای قدیمی، معمولاً گروه‌های کربونیل و کربوکسیلیک اسید شکل می‌گیرند و وقتی حمله اکسیدی اولیه در کربن‌های ۱ و ۴ در هر دو طرف پیوند اکسیژنی در زنجیره اتفاق افتد، زنجیره‌های سلولز می‌شکنند. در واکنش‌های هیدرولیز، آب نقش واکنش‌دهنده، محیط واکنش و پلاستی سایزر را برای مولکول‌های سلولز در ناحیه آمورف بازی می‌کند. در واکنش‌های اکسیداسیون آب نقش حیاتی مشابهی را بازی می‌کند، اگرچه معمولاً به عنوان واکنش‌دهنده نیست. آب سیال واسطه‌ای جابه‌جایی اکسیدانت‌ها، یون‌های فلزی کاتالیزور محلول و رادیکال‌ها می‌شود. جابه‌جایی زنجیره‌ی سلولز، همچنین توسط رفتار پلاستی سایزر آب در ناحیه‌ی آمورف، تسهیل می‌شود و این جابه‌جایی زنجیره، برای اینکه شکست زنجیره رخ دهد، لازم است.



شکل ۱: اکسیداسیون سلولز، که در آن حمله‌ی درونی به کربن ۶ یک گروه آلدهید می‌سازد. A: یک هیدروژن به‌وسیله‌ی رادیکال هیدروکسیل از کربن ۶ جدا شده است. B: رادیکال ساخته شده در کربن ۶ یک هیدروژن مولکولی از هوا می‌گیرد. C: شکل‌گیری یک رادیکال پروکسید (cell-OO•). D: رادیکال پروکسید یک اتم هیدروژن را از دیگر مولکول آلی مجاور خود می‌رباید و یک هیدروپروکسید شکل می‌گیرد (cell-OOH). E: هیدروپروکسید تجزیه می‌شود، یک رادیکال هیدروژن آزاد می‌شود. F: در مکانیسم‌های نقطه شروع (A) درگیر می‌شود و منجر به شکل‌گیری یک گروه آلدهیدی (cell-CHO) در کربن ۶ می‌شود (Whitmore 2011, 230).

برای واکنش‌های اکسیداسیون، سلولز خودش یک نوع واسطه‌ی واکنش است، حمل رادیکال‌هایی که به زنجیره‌های سلولزی دیگر واکنش خواهند داد. رفتار پلاستی سایزری آب، به زنجیره‌های سلولز برای جابه‌جایی و واکنش با مکان‌هایی بر روی دیگر زنجیره‌های سلولز، اجازه خواهد داد و این جابه‌جایی نیز به رادیکال‌ها برای واکنش احتمالی با یکدیگر و خاتمه یافتن چرخه‌ی اکسیداسیون اجازه می‌دهد. برای واکنش‌هایی که شامل واکنش‌دهنده‌های فاز گازی هستند، مانند آن‌هایی که در طی قرارگیری در معرض نور یا آلودگی هوا اتفاق می‌افتند، آب می‌تواند نقشی را در جابه‌جایی اکسیژن یا آلودگی‌ها به درون الیاف بازی کند. مانند هیدرولیز، اکسیداسیون سلولز نیز اغلب پروسه‌ی تخریب تصادفی نامیده می‌شود. اکسیداسیون می‌تواند در یک حلقه‌ی گلوکز در طول زنجیره‌ی سلولز در ناحیه‌ی آمورف اتفاق افتد. جدایش اولیه‌ی هیدروژن می‌تواند از هر یک از ۶ اتم کربن گلوکز اتفاق بیافتد. تفاوت شیمیایی اندکی در میان اتم‌ها وجود دارد که سبب سریع‌تر واکنش دادن برخی نسبت به دیگران می‌شود، تنها قرارگیری بیشتر اتم‌های کربن در معرض حمله به وسیله‌ی یک اکسیدانت، سبب تکرار بیشتر اکسیداسیون در این نواحی می‌شود. در حدود یک‌سوم واکنش‌های اکسیداسیون منجر به شکست زنجیره می‌شوند، پس دو کربن از ۶ کربن حلقه، کربن‌های ۱ و ۴، مجاور یک پیوند می‌شوند و حمله می‌تواند منجر به شکست زنجیره شود. در حقیقت، آزمایش‌هایی که نسبت کربونیل‌ها، کربوکسیل‌ها و شکست زنجیره را اندازه‌گیری کردند، نشان می‌دهد به طور میانگین در حدود یک‌سوم واکنش‌های اکسیداسیون منجر به شکست زنجیره‌ی سلولز و احتمالاً یک آلدهید جدید پایانی زنجیره، می‌شود (Whitmore 2011, 224).



شکل ۲- اکسیداسیون سلولز (ناردی و وان دم، ۱۳۷۶: ۷۶).

شکست زنجیره‌ی سلولز که در طی فرایند اکسیداسیون رخ می‌دهد قطعاً مستقیم‌ترین نتیجه اکسایش پیری است. تولید آسیب‌های آشکاری که به عنوان خوردگی کاغذ نامیده می‌شود، تخریب موضعی سلولز به وسیله‌ی مرکب‌های حاوی آهن و مس، رنگدانه‌ها و ناخالصی‌ها است. اکسیداسیون سلولز همچنین دومین تأثیر را بر افزایش سرعت رخ دادن هیدرولیز در سلولز دارد. یک دلیل برای این امر این است که

اکسیداسیون اسیدهای کربوکسیلیک را به وجود می آورد که می توانند کاتالیزورهایی برای هیدرولیز شوند. به علاوه، گروه های اکسیدی تولید شده در طول زنجیره ی سلولز خصوصاً کربونیل ها، تمایل دارند واکنش های هیدرولیزی سریع تری در این نواحی رخ دهد. مکانیسم این امر ناشناخته است، اما اکسیداسیون می تواند گلوکز را تغییر دهد، یا گروه های اکسیدی می توانند یون های هیدروژن و یا پیوندهای ضعیف را بر روی پیوند اکسیژنی تثبیت کنند. در هر صورت، شدت هیدرولیز بیشتری در کاغذهایی که اکسیدی شده اند مشخص شده است. اکسیداسیون علاوه بر سریع تر کردن واکنش های هیدرولیزی، منجر به حساسیت بیشتر نسبت به آسیب در شرایط قلیایی و گرایش بیشتر نسبت به تغییر رنگ، می شود (Whitmore 2011, 224).

۴- نتیجه گیری

واکنش اکسیداسیون در کاغذهای تاریخی، یک واکنش رادیکالی است که با فعال شدن ذره های به نام مولکول واکنشی یا اکسیدانت آغاز می شود. اکسیدانت می تواند یک ناخالصی که به واسطه جذب نور فعال شده است، باشد، کلری شامل انواع رادیکال، تولید شده در درمان سفیدکاری کلری باشد، یا یک رادیکال هیدروکسیل تولید شده از سفیدکننده ی پروکسیدی و یا یون های آهن (II) باشد. در مرحله ی اول، اکسیدانت با ربایش یک هیدروژن از یکی از کربن های واحد گلوکز سلولز یک فرایند زنجیره ای را آغاز می کند که در آن واحد گلوکز شامل رادیکال کربن، می تواند با اکسیژن واکنش دهد و تشکیل یک پروکسید یا هیدروکسید را دهد که می تواند مکرراً بشکند و در فرم محصولات دیگر بازسازی شوند. پس از شروع شیمی اکسیداسیون، بسیاری از دیگر چرخه های واکنش اکسیداسیون، از رادیکال های تولید شده به وجود می آیند. در واکنش های اکسیداسیون اتفاق افتاده در کاغذهای قدیمی، گروه های کربونیل و کربوکسیلیک اسید معمولاً شکل می گیرند و وقتی حمله اکسیدی اولیه در کربن های ۱ و ۴ در هر دو طرف پیوند اکسیژنی در زنجیره اتفاق افتد، زنجیره های سلولز می شکنند. علاوه بر موارد گفته شده، اکسیداسیون همچنین در سریع تر کردن واکنش های هیدرولیزی، حساسیت بیشتر کاغذ نسبت به شرایط قلیایی و گرایش بیشتر نسبت به تغییر رنگ، نقش دارد.

پی‌نوشت‌ها

¹ Carbonyl

² Oxidant

منابع

- لیه ناردی، آن، و وان دم، فیلیپ. (۱۳۷۹). *راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ*. چاپ دوم، ترجمه ابوالحسن سرو مقدم، نشر بنیاد پژوهش‌های آستان قدس رضوی.
- Whitmore, Paul M. (2011). Paper aging and the influence of water. In Banik, G., Brückle, I., Daniels, V. *Paper and water: A guide for conservators* (pp. 221-224). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Conte, A. M., Pulci, O., Knapik, A., Bagniuk, J., Del Sole, R., Lojewska, J., & Missori, M. (2012). Role of cellulose oxidation in the yellowing of ancient paper. *Physical review letters*, 108(15), 158301.

پتروگرافی مقطع نازک مواد سرامیکی^۱

نویسنده: سارا پترسون

برگردان: مهدی رازانی^{*}، حکیمه افشاری نژاد^۲

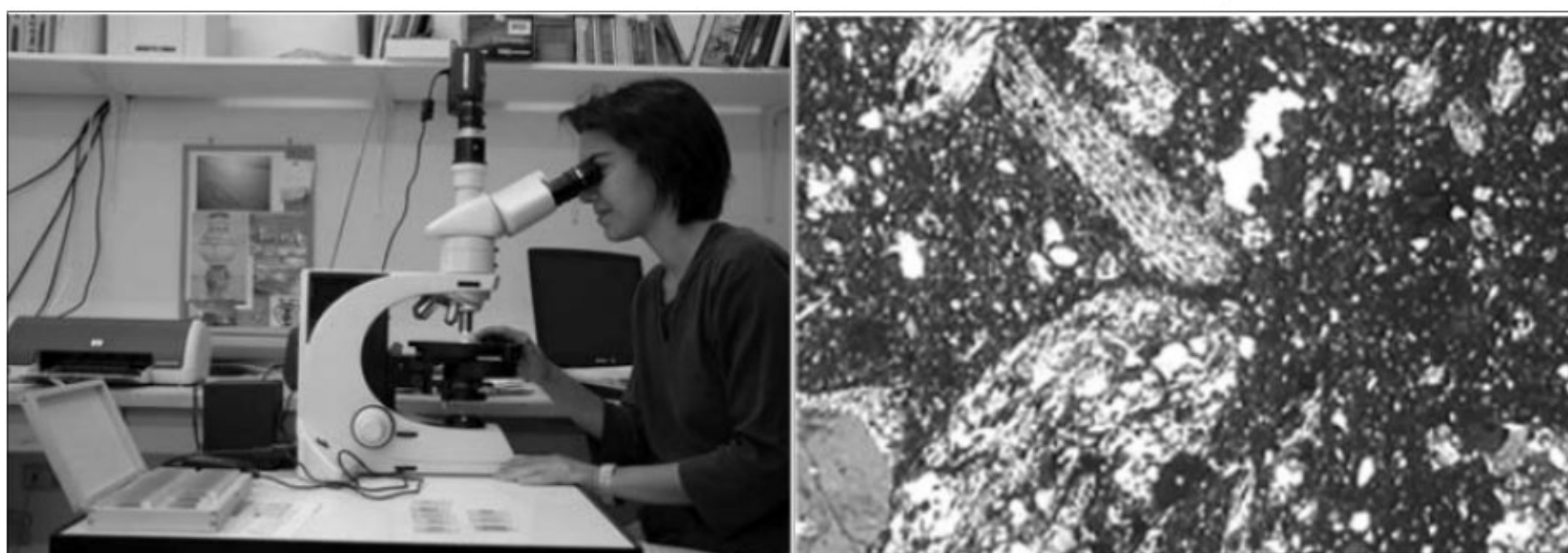
^۱عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

^۲کارشناس ارشد باستان سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

^{*}(ارتباط با مسئول مکاتبات: m.razani@tabriziau.ac.ir)

۱- مقدمه

پتروگرافی مقطع نازک^۲ روشی برای مطالعه و طبقه‌بندی ساختارهای^۳ رسی است. این روش در بررسی طیف گسترده‌ای از مواد، شامل سنگ‌ها، مواد معدنی، سفال، سرباره‌ها، بتن، آجر، اندود (مخلوطی از آهک یا گچ) مورد استفاده قرار می‌گیرد. اطلاعات به دست آمده از پتروگرافی، سبب شناخت برخی جنبه‌های مهم مطالعات سفال از جمله منشأ و فن تولید آن‌ها خواهد شد. مقطع نازک، به وسیله‌ی برش قطعه کوچکی از نمونه مورد مطالعه ساخته شده، سپس به سطح صافی از تیغه (لام) میکروسکوپ شیشه‌ای چسبانده و سطح آن تا رسیدن به ضخامت استاندارد (۲۵-۳۰ میکرومتر) پولیش شده (شکل ۱) و نهایتاً با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان^۴ مقاطع آماده شده، مورد مطالعه قرار می‌گیرد (شکل ۲). در ضخامت استاندارد، اجزاء معدنی موجود در بافت سفال با طیف‌های رنگی مختلف ظاهر شده و بر اساس خواص نوری مشخص شناسایی می‌شوند (Bambauer, Taborszky, and Trochim 1979; Deer, Howie, and Zussman 1996; Nesse 2004). بافت سفال از طریق شناسایی و بررسی ساختار قطعات پلاستیک^۵ و غیر پلاستیک^۶ طبقه‌بندی می‌گردد.



شکل ۱: تصویر میکروسکوپی مربوط به مقطع نازک بخشی از ظرفی با سطح زبر در زیر نور پلاریزان نشان‌دهنده اجزاء بزرگ و هوازده فیلیت، ابعاد افقی ۴ میلی‌متر.

شکل ۲: کاربر در حال استفاده از میکروسکوپ پلاریزان برای مطالعه مقطعی نازک از سفال، موسسه‌ای ماقبل تاریخ اژه در کرت شرقی، یونان.

(این مقاله ۱۷ صفحه است)

۲- اهداف پتروگرافی سفال

امروزه سفال‌های باستانی در مطالعات مربوطه به منظور کسب اطلاعات بسیاری در موضوعات مختلف شامل فن‌شناسی، سبک، کارکرد، گاه‌نگاری، منشأ و محتوای نمادین مورد مطالعه قرار می‌گیرند. تمامی ظروف، شامل ظروف ساده‌ی ذخیره مواد و/یا تجاری، همچنین ظروف مصرفی و تزئینی، اطلاعات مهمی در راستای درک درست فرهنگ گذشته ارائه می‌دهد. پتروگرافی سفال یکی از تکنیک‌های لازم و ضروری در زمینه مطالعات سفال بوده که قادر به شناسایی بافت آن از طریق بررسی میکروسکوپی مقطع نازک است. در این روش ساختار و ویژگی‌های متفاوت سفال بر اساس جزئیات ریزساختاری که توسط چشم غیرمسلح یا از طریق بزرگنمایی کمی که به آسانی قابل‌رؤیت نیستند، شناسایی شده و نیز به محققان برای تشخیص جزئیات بیشتر کمک می‌کند که در غیر این صورت ممکن است نادیده گرفته و یا به اشتباه با روش‌های سنتی ماکروسکوپی تفسیر شوند.

خصوصیات مشخص شده در پتروگرافی مقطع نازک عبارت‌اند از:

۱. ماهیت و ویژگی‌های اجزاء غیر پلاستیکی (ترکیبات معدنی و درصد نسبی، اندازه، شکل، توزیع و جهت‌گیری ذرات مختلف)
۲. خواص نوری و بافت ماتریکس رسی (مانند شکست نور^۷ و رنگ)
۳. شکل، مقدار و جهت‌گیری حفره‌ها
۴. ارتباط بین مواد بدنه سرامیک و تزئینات سطح

با تفسیر ویژگی‌های فوق اطلاعات مهمی از جنبه‌های مختلف ساختار سفال از قبیل: مشخصات ترکیب کانی‌شناسی و پرکننده مورد استفاده در خاک رس، روش به‌کاربرده شده توسط سفالگر برای آماده‌سازی و شکل‌دهی خمیر سفال، و دمای پخت برای ایجاد یک محصول پایدارتر فراهم می‌شود. با بررسی تشابهات و تفاوت‌های بین بافت‌ها، علاوه بر ایجاد ارتباط بین سفالینه‌های مختلف و شناسایی مشخصات مربوط به تعیین منشأ آن‌ها، می‌توان فرآیندهای فناوریانه بکار رفته در ساخت (انتخاب و فرآوری مواد خام، تکنیک‌های شکل‌دهی، روش‌های تزئینی، و مشخصات حرارتی) را نیز بازسازی کرد. درک ماهیت این فرآیندها نقش مهمی در دانش و فهم ما از گذشته، خصوصاً در رابطه با منابع مواد خام، توزیع و پراکندگی کالاهای مبادله شده، تخصص روش‌های ساخت و توسعه فناوری دارد.

۳- تاریخچه پتروگرافی مقطع نازک

۳-۱- پیشینه شکل‌گیری و توسعه روش

ویلیام نیکول^۸ دانشمند اسکاتلندی، اولین مقاطع نازک را برای تهیه‌ی نمونه چوب‌های فسیل‌شده در اواخر قرن ۱۸ م ساخت و سپس با بررسی مقاطع، منشأ گونه‌های گیاهی مربوط به نمونه‌ها را تعیین کرد (Sorby 1882, 101; Humphries 1992, 2; Croft 2006, 20, 33). نیکول همچنین با ابداع یک منشور برای انتقال پرتو باریک نور از صفحه پلاریزه، به ایجاد اولین میکروسکوپ پلاریزان در سال ۱۸۲۸ م کمک نمود. دو نمونه از منشورهای نیکول برای اولین بار در سال ۱۸۳۴ م توسط ویلیام هنری فاکس تالبت^۹ انگلیسی بر یک میکروسکوپ اعمال شد (Humphries 1992, 2; Croft 2006, 18-20). به دنبال این

نوآوری، برخی آثار از قبیل چوب، فسیل‌ها، مواد معدنی، و دندان‌ها با تهیه مقاطع نازک مورد بررسی قرار گرفتند (Humphries 1992, 2).

هنری کلیفتون سربی^{۱۰}، دانشمند انگلیسی وابسته به دانشگاه شفیلد^{۱۱}، نخستین فردی بود که ویژگی‌های خواص نوری مواد معدنی را در زیر نور پلاریزه مشخص کرد (Humphries 1992, 2). سربی علاوه بر آگاهی از بررسی مقاطع نازک فسیل‌ها و دندان‌ها در زیر میکروسکوپ، در سال ۱۸۴۹م نیز اولین مقاطع نازک سنگ‌آهک کربونیفر^{۱۲} در داری شایر^{۱۳} (در شمال انگلیس) را تهیه کرد (Sorby 1882, 2; Humphries 1992, 2). وی روش خود را از طریق ساییدن نمونه‌های نازک بر روی قطعات ماسه‌سنگ با پودر سنباده به‌علاوه آب و سپس اتصال نمونه‌ی کامل شده به لام شیشه‌ای مرسوم کرد (Sorby 1882, 103-106; Humphries 1992, 2-3). سربی به دنبال مطالعه سنگ آهک، اولین شرح و توصیف ترکیب معدنی مربوط به سنگ را از ساحل یورکشایر^{۱۴} در سال ۱۸۵۱م منتشر کرد (Sorby 1851). او از طریق آنالیز مقاطع نازک سنگ‌آهک در نور پلاریزان، قادر به تشخیص تفاوت بین اجزاء عقیق و کلسیت بر اساس مشخصاتی از قبیل رنگ، شکل و شکست نور شد و توصیف کاملی از روش‌های تهیه مقطع نازک در سال ۱۸۸۲م. منتشر کرد، هم‌چنین بعدها تکنیک‌های وی در زمینه‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و رسوب‌شناسی استاندارد شد.

نخستین مطالعاتی که از روش‌های مقطع‌زنی برای آنالیز مواد باستان‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت، توسط زمین‌شناس آلمانی کارل گئورگ ریچارد لپسیس^{۱۵} در سال ۱۸۹۰ منتشر گردید. لپسیس به‌منظور تهیه نقشه زمین‌شناسی از منطقه آتیکا^{۱۶} (یونان باستان) با بودجه‌ی تأمین‌شده توسط آکادمی علوم پروس در ۱۸۸۷ و ۱۸۸۹ م به یونان سفر کرد (Moltesen 1994, 7, 15-16). وی در طول بازدید خود ۴۰۹ نمونه سنگ مرمر از مجسمه‌های کلاسیک و معادن جمع‌آوری، سپس با آماده‌سازی مقاطع نازک نمونه‌ها، به طبقه‌بندی انواع متفاوتی از مرمر بر اساس جزئیات میکروسکوپی مشاهده‌شده از جمله رنگ و اندازه دانه‌های اجزاء پرداخت (Lepsius 1890). معیارهای طبقه‌بندی لپسیس برای مطالعه مرمر به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده باستان‌شناسان کلاسیک قرار گرفت، اما بررسی مجدد بیشتر نمونه‌های او با تکنیک‌های مدرن، غیرقابل اعتماد بودن آن‌ها را ثابت کرده است (Moltesen 1994, 16-19).

۴- پتروگرافی مقطع نازک مواد سرامیکی

بررسی تحقیقات مهمی که به‌طور مشخص بر روی سفال‌ها انجام گرفته، نشان‌دهنده برخی از انواع مختلف مشکلات باستان‌شناسی است که از طریق تجزیه و تحلیل مقطع نازک مورد ملاحظه و توجه قرار می‌گیرد. تا قرن بیستم تحقق روش صریحی برای مطالعه سفال‌ها به‌طور گسترده صورت نگرفته بود تا اینکه آنا. او شیرد^{۱۷} در سال ۱۹۴۲م نتایجی از یک آنالیز پتروگرافی با مقیاس بزرگی از سفال لعاب‌دار منقوش ریو گراند^{۱۸} به‌دست‌آمده از منطقه‌ی پکوز^{۱۹}، مکزیک جدید، محوطه اشغال شده (مسکونی) بین ۱۳۰۰ و ۱۸۳۸ بعد از میلاد را منتشر کرد (Shepard 1965, 65). وی با مطالعه‌ی تکنولوژی ساختار سفال‌ها، اطلاعاتی به‌دست آورد که بررسی سبک و ساختارشناسی^{۲۰} قادر به ارائه آن نبود. او چندین گونه‌ی متفاوت از سفالینه‌ها را بر اساس مشاهده‌ی اجزاء پرکننده (تمپر) در مقطع آن‌ها مشخص کرد و هم‌چنین

زمین‌شناسی منطقه را به منظور کسب اطلاعات در زمینه‌ی منابع مواد خام مورد بررسی قرارداد. شپرد متعاقباً با شناسایی مواد پرکننده‌ی موجود در بسیاری از نمونه سفال‌هایی که خارج از دسترس سفالگران محلی در پکوز بودند، به این نتیجه رسید که مقدار قابل توجهی از مواد وارداتی است و بر همین اساس شواهدی برای وجود شبکه‌های تجاری در مقیاس گسترده و تخصص هنر و صنعت در منطقه ارائه کرد (Shepard 1942, 1965, 66, 68-71). شپرد در کتاب خود "سفال برای باستان‌شناسان" بر اهمیت مطالعه‌ی فناوری سفال و ارزش تجزیه و تحلیل پتروگرافی تأکید داشت (1956, 1-5, 139, 157-159). تقریباً به موازات کار شپرد در آمریکا، واین. ام. فلتس^{۲۱} در دانشگاه سینسیناتی^{۲۲} مطالعه‌ی پتروگرافی مربوط به نمونه‌های سفال و خاک متعلق به منطقه‌ی توری (Tory) در ساحل غربی ترکیه را انجام داد (Felts 1942). به همین ترتیب فلتس نیز بر اهمیت پتروگرافی در درک و شناخت تکنولوژی سفال باستانی تأکید داشت. وی زمین‌شناسی و مواد پرکننده در بدنه‌های سفالی منطقه‌ی توری را با نمونه‌هایی از خاک آن منطقه مقایسه کرد و از نتایج داده‌ها به منظور تمایز بین سفال‌های محلی و وارداتی استفاده کرد. افزون بر آن، آنالیزهای انجام گرفته مربوط به ویژگی‌های داخلی ساختار سفال، نشان‌دهنده‌ی تفاوت بین حرارت و تکنیک‌های فرم‌دهی سفال‌های وارداتی نسبت به سفال‌های با منشأ محلی بود. به علاوه، به دلیل اینکه نمونه سفال‌های مورد بررسی مربوط به چندین لایه و مکان متفاوت در طی حفاری بود، فلتس توانست تفاوت‌ها را در ترکیبات ساختاری، فرآیندهای شکل‌دهی در طول زمان و مکان آن‌ها شناسایی کند (Felts 1942).

فردریک. ار. ماتسون^{۲۳} اهمیت تکنولوژی در مطالعه سفال تاریخی را در مقاله‌ای تحت عنوان "مطالعات تکنولوژی سفال" در سال ۱۹۴۲ م. مورد تأکید بیش‌تری قرارداد و در آن به کافی نبودن تنها تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی و سبکی سفال برای شناخت فرهنگ گذشته اشاره نمود و چنین استدلال داشت که پژوهشگران به منظور درک نقش سفال و محصولات سفالگر در جامعه، نیاز به تجزیه و تحلیل فرآیندهای تکنولوژی و مواد خام دخیل در تولید آن دارند؛ برای این منظور به بهره‌گیری از روش مقطع نازک و نیز اهمیت جمع‌آوری و مطالعه نمونه‌هایی از خاک محلی و مواد پرکننده تأکید داشت (Matson 1942, 26-27). وی در نهایت ایده‌های نظری خود را طی برداشت کلی از مفهوم بوم‌شناسی سفال، به-عنوان یک رویکرد چند رشته‌ای با هدف درک بهتر تأثیر فرهنگ در تولید مواد سرامیکی گرد هم آورد (Matson 1965). هم‌چنین ماتسون روش‌های مربوط به بوم‌شناسی سفال را در مطالعه‌ی مربوط به نمونه سفال‌های به دست آمده از حفاری‌های گروه اعزامی سوریه از موسسه شرق دانشگاه شیکاگو^{۲۴} در دره آموق، ترکیه به کار بست. در سال ۱۹۴۵ م، وی خلاصه‌ای از توسعه‌ی فن‌آوری سفال متعلق به عصر مس و سنگ را منتشر و نتایج دقیق‌تر تجزیه و تحلیل آن را در سال ۱۹۶۰ م به عنوان بخشی از یک کتاب جامع مربوط به کاوش‌ها به چاپ رسانید (Matson 1945; Braidwood 1960 31-35, 42). به علاوه با بررسی ۳۰۸ مقطع نازک سفال از دره آموق، گونه‌های متفاوت آن‌ها را بر اساس بافت مینرالوژی طبقه-بندی کرده و تحولات مبنی بر گزینش مواد خام و عملیات تکمیلی سفالگر را به مرور زمان ترسیم کرد. هم‌چنین وی نمونه‌برداری خاک نواحی این منطقه و آنالیز آن‌ها را بر اساس محتوای مواد معدنی به منظور تمایز قائل شدن بین مواد محلی و وارداتی به انجام رساند و بعدها با فعالیت در گروه اعزامی به

یونان از طرف دانشگاه مسینا مسنسوتا^{۲۵}، با آزمایش‌ها پتروگرافی مکمل بر مجموعه‌ای از قطعه‌های سفال و با قوم‌نگاری طبق تولیدات جدید منطقه، مطالعاتش را تکمیل کرد (Matson 1972, 200-224).

پتروگرافی سفال، به دنبال کار دیوید پکاک^{۲۶} در اروپا به‌خصوص در بریتانیا، به طور فزاینده عمومیت یافت. در سال ۱۹۶۸م، نتایج مطالعات مربوط به حدود ۱۰۰ مقطع نازک از سفال‌های عصر آهن II منطقه هرفورد شایر کاست ولد^{۲۷} در انگلستان غربی توسط پکاک منتشر گردید. پژوهش پیشین با دو بررسی B غربی دوم به عنوان یک محصول بومی، و B غربی سوم نماینده یک فرهنگ نفوذی طبقه‌بندی شده بود. همان‌طور که پکاک بافت مربوط به هر دو ظرف سفالی را بررسی کرد که شامل اجزاء پرکننده سنگی سازگار و متناسب با زمین‌شناسی نزدیک مالبرن هیلز بود. بنابراین وی نتیجه گرفت که هر دو سفال B غربی دوم و B غربی سوم به صورت محلی با همان مواد ساخته شده بودند و پیشنهاد داد که تغییرات در سبک را می‌توان به وجود مراکز مختلف تولید عملیاتی و تجارت از طریق منطقه نسبت داد (Peacock 1968). در مطالعه بعدی پتروگرافی سفال دانه درشت (نامرغوب) رومی از فیشبرن^{۲۸}، انگلستان، پکاک برای کمک به طبقه‌بندی سفال، تجزیه و تحلیل حاصل از نظر شناسایی بافت و رسوبات سنگی را به کاربرد (Peacock 1971). سه گروه سفال متفاوت در مقطع نازک، حاوی محصولات شنی که شامل مقدار قابل توجهی مواد معدنی کوارتز بود، آنالیز شده بودند. به دلیل این‌که کوارتز در بیش‌تر خاک‌ها رایج‌ترین اجزاء است، شناسایی آن به عنوان جزء اصلی، اغلب استفاده کمی برای تمایز ساختارهای سفالی دارد. با این حال پکاک با استفاده از بررسی بافت، توانست تفاوت ویژگی‌های بین اجزاء کوارتز از جمله گرد شدگی، کروی بودن، درصد و اندازه توزیع دانه‌های مجزا را تشخیص دهد. وی تفاوت بین ساختارهای سفال را بر اساس بافت و اجزاء مواد خام موجود در محصولات شنی از منطقه فیشبرن به‌دست‌آمده از منابع یکسان تعیین کرد (Peacock 1971). هرچند وی نخستین فرد در زمینه مطالعه بافت با روش پتروگرافی نبود، اما مطالعات او اهمیت این روش را برای تعیین خصوصیات سفال در مقطع نازک نشان داد و کمک قابل توجهی برای ترویج آن محسوب شد.

ارزش مطالعه پتروگرافی در اژه^{۲۹} نیز توسط شماری از محققان مورد توجه قرار گرفت. به طور مثال، اچ. سی. اینفالت^{۳۰} از دانشگاه کارلسروهه^{۳۱} هر دو روش پتروگرافی و آنالیز شیمیایی بر روی تعداد کمی از قطعات سفال و قلوه سنگ‌هایی از آکروتیری، ترا^{۳۲}، به کاربرد و مشخص کرد که نهشته مناسب برای تولید در مقیاس بزرگ در جزیره وجود نداشته و تعداد زیادی از نمونه‌ها از مواد محلی ساخته شده بودند (Einfalt 1979). یک آزمایش مشابه، توسط دیوید. اف. ویلیامز^{۳۳} از دانشگاه ساوت همپتون^{۳۴}، شامل مطالعه مقاطع نازک بر روی سفال ترا اواخر دوره برنز به منظور توصیف و طبقه‌بندی بافت‌ها بر اساس تولیدات محلی و مصنوعات وارداتی، صورت گرفت (Williams 1979b). دبلیو نول^{۳۵} هم‌چنین به بررسی مقطع نازک و آنالیزهای دیگر بر روی مجموعه قطعات سفال از آکروتیری و مقایسه نمونه‌ها با ظروف اواخر مینوان I کامارس^{۳۶} به منظور تسهیل درک تشابهات در تکنیک‌های تولید پرداخت (Noll 1979).

در همان زمان، جی. ای. رایی^{۳۷} مواد رومی و اسلامی متعلق به سیرانیکا را در لیبی مطالعه و زمین-شناسی حوزه‌های مرتبط با منطقه و مطالعه پترولوژی از سرامیک‌ها را بررسی کرد (Riley 1979). افزون بر آن، جورج. اچ. مایر^{۳۸} بر روی ظروف واسیلیکا، بخشی از پروژه ظروف چندرشته‌ای واسیلیکا فیلا دلفیا

تحت مدیریت فیلیپ. پی. بتانکورت^{۳۹}، نشان داد که پتروگرافی می‌تواند به مطالعه گروه‌های خاص آثار کمک کند (Betancourt et al. 1979; Myer and Betancourt 1981). پس از مدتی، مایر در یک آزمایش مربوط به مجموعه ظروف سفالی با نقوش سفید روی سیاه^{۴۰} شرق کریتن فعالیت داشت (Betancourt 1984). ریلی هم‌چنین مطالعه پتروگرافی سفال‌های مربوط به کرت و سرزمین اصلی یونان را به انجام رساند که نشان‌دهنده‌ی الگوهایی در تبادلات و تغییرات در انتخاب مواد خام در طی زمان بود (Riley, Peacock, and Renfrew 1980; Riley 1981a; 1982, 1983). به‌علاوه ریلی سفال‌های عصر برنز حوضه‌ی رودخانه کوویک^{۴۱} در شمال سوریه که در ارتباط با بررسی تل رفعت^{۴۲}، که در ۱۹۷۷-۱۹۷۹ صورت گرفته بود، مطالعه کرد (Riley 1981b; 1981d). این. کی. ویت برید^{۴۳} از دانشگاه لستر^{۴۴} از تکنیک‌هایی پشتیبانی کرد که برای ریزساختارشناسی^{۴۵} خاک و توصیف ریزساختار بافت سفال در مقطع نازک توسعه یافته و بدان طریق امکان بررسی خصوصیات دقیق‌تر و جزئی‌تر فراهم بود (Whitbread 1986, 1989). هم‌چنین، یک بررسی مفید از تجزیه و تحلیل علمی بر روی طیف وسیعی از سفال قبرسی و یونانی توسط آر. ای جونز^{۴۶} در ۱۹۸۶ منتشر شد، که به اهمیت آنالیز مقطع نازک و دیگر آزمایشات اشاره داشت (Jones 1986).

در دهه بعد، سارا جی. واون^{۴۷} بررسی قابل توجهی در قبرس و سیکل‌دیز^{۴۸} انجام داد که در آن نمونه‌هایی از مطالعات جامع پتروگرافی ارائه و معیارهای دقیق‌تری برای طبقه‌بندی و منشأ یابی سفال‌ها تعیین نمود (Vaughan 1990, 1991a, 1991b). جورج میر هم‌چنین با ادامه تحقیقاتش در ۱۹۹۰، تخصص خود را وقف کار بر روی تعدادی از پروژه‌های متمرکز بر روی تولید سفال در محوطه‌های شخصی نمود (Myer and Betancourt 1990; Myer, McIntosh, and Betancourt 1995). دیگر پژوهش‌های مهم توسط پیتر. ام. دی^{۴۹} از دانشگاه شیفلد انجام شده که منجر به افزایش درک و شناخت تولیدات منطقه‌ای و محلی و شیوه‌های پراکنش و نیز ترکیب بالقوه روش پتروگرافی مقطع نازک با آنالیز شیمیایی و میکروسکوپ اسکن الکترونی بود (Day 1995, 1997; Day, Wison, and Kiriatzi 1997; Day and Wilson 1998; Day et al. 1999; Day and Kilkoglou 2001, 115).

به‌علاوه کار کریستین شراینر^{۵۰} از دانشگاه ایندیانا^{۵۱} بر روی سفالی از لِرنا^{۵۲} به طور قابل توجهی نیاز به محققان را برای تکمیل تجزیه و تحلیل ساختاری با بررسی منابع مواد خام محلی به منظور تعیین منشأ، مورد تأکید قرار داد (Shriner and Dorais 1999; Shriner and Murray 2001). با آغاز قرن بیست و یکم، پتروگرافی سفال به یک بخش ضروری از مطالعات مدرن سفال تبدیل شده بود، به‌ویژه برای کسانی که با تاریخ اژه (وابسته به فرهنگ مردمان عصر برنز که در جزایر و نواحی مجاور دریای اژه می‌زیستند) برخورد داشتند. موقعیت در این زمینه به‌صورت تمام وقت در چندین موسسه ایجاد و گنجاندن آنالیز مقطع نازک برای یکپارچه کردن مطالعات سفال‌های باستان‌شناختی یک بخش روتین و معمول در نظر گرفته شده بود.

۴- روش تهیه مقطع نازک

مقطع نازک سفال، ابتدا به وسیله برش قطعه‌ای کوچکی از نمونه با استفاده از اره الماسی ایجاد می‌شود (شکل ۳). اگر ماده بسیار متخلخل یا شکننده باشد، جهت اطمینان قبل از برش با رزین اشباع می‌شود تا از تخریب آن جلوگیری شود. سطح بریده شده سپس به وسیله دست یا یک ماشین سنگ‌زنی، ساییده شده تا زمانی که کاملاً صاف و به یک اسلاید شیشه‌ای با اپوکسی یا دیگر مواد مانع‌کننده متصل شود (شکل ۴). وقتی چسب خشک شد، قسمت بالای نمونه که به موازات اسلاید است به ضخامت ۱-۲ میلی-متر برش داده شده و عمل سایش ادامه می‌یابد تا به ضخامت بین ۲۵ تا ۳۰ میکرومتر برسد. سپس یک پوشش محافظ طلقی در طول مقطع نازک برای حفاظت آن متصل یا متناوباً سطح مقطع پولیش می‌شود. تحت این فرآیند، محققان قطعه‌ای را که از آن نمونه تهیه شده، کنار می‌گذارند؛ حال مقاطع نازک آماده شده و تکمیل شده، همگی مواد با ارزش مرجع محسوب می‌شوند که می‌توانند در یک مجموعه یا کتابخانه پتروگرافی یا دیگر تسهیلات برای کمک به تحقیقات بیشتر آرشیو شوند.



شکل ۳: استفاده از اره الماسه در آزمایشگاه پتروگرافی در موسسه‌ی پیش از تاریخ اژه برای کرت شرقی، یونان.



شکل ۴: دستگاه ساب برای سایش مقاطع نازک تا رسیدن به ضخامت مورد نظر.

۵- بررسی و آنالیز مقطع نازک

هدف اصلی پتروگرافی مقطع نازک، شناخت خصوصیات مواد ساخته شده از خاک به روش بررسی مقطع نازک است. این کار در درجه اول با کمک میکروسکوپ پلاریزان صورت می‌گیرد (شکل ۲). با استفاده از این نوع میکروسکوپ و با انتقال نور پلاریزه از میان مقطع نازک دو جزء اصلی ماتریکس رس و اجزاء غیر پلاستیکی شناسایی می‌شوند. به علاوه می‌توان منافذ و حفره‌ها، هم‌چنین جزئیات قابل مشاهده در رابطه با عملیات تکمیلی و پردازش سطح را بررسی کرد. ویژگی‌های فنی و ظاهری محصول نهایی با نوع، فراوانی و مشخصاتی از این قبیل شناسایی می‌گردد و دیگر مشاهدات از طریق مقطع نازک می‌تواند بافت و اطلاعاتی در رابطه با تکنولوژی ساخت و منشأ سفال باشد. علاوه بر مشاهدات کیفی بافت، امکان دسترسی به داده‌های نه‌چندان مفید از طریق آنالیز آماری و تصویری نیز وجود دارد.

۵-۱- اجزاء غیر پلاستیک

اکثر مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک به طور عمده بر خصوصیات اجزاء غیر پلاستیک متمرکز است. این ذرات ناپیوسته، که اغلب قطعات درشت بافت سفال نامیده می‌شوند، غالباً به طور طبیعی در لایه‌های رس وجود دارند. هم‌چنین ممکن است به طور عمد برای کاستن انعطاف و نرمی خمیر سفال، افزایش کارایی آن، کاستن اثرات نامطلوب انقباض و انبساط، افزایش مقاومت حرارتی در طول حرارت دادن، و تقویت بدنه و کالبد محصول نهایی به خاک‌ها اضافه شوند (Williams 1979b, 74). چندین نوع از مواد غیر پلاستیکی که در مقطع نازک شناسایی می‌شوند شامل:

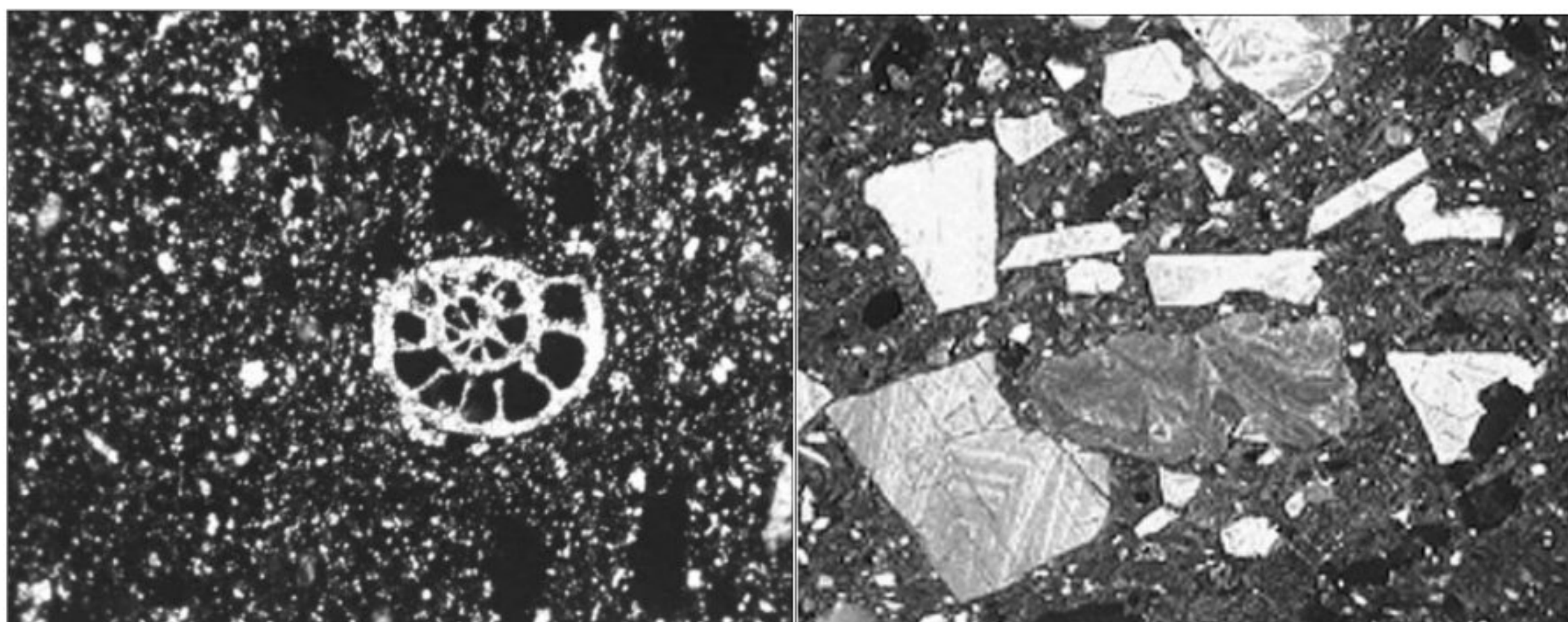
۱. اجزاء معدنی یا قطعه‌های سنگ

۲. اجزاء ارگانیک (از جمله مواد گیاهی، صدف‌ها و استخوان‌ها (شکل ۶))

۳. خرده سفال^{۵۳} (قطعات خرد شده سفال از قبل حرارت دیده)

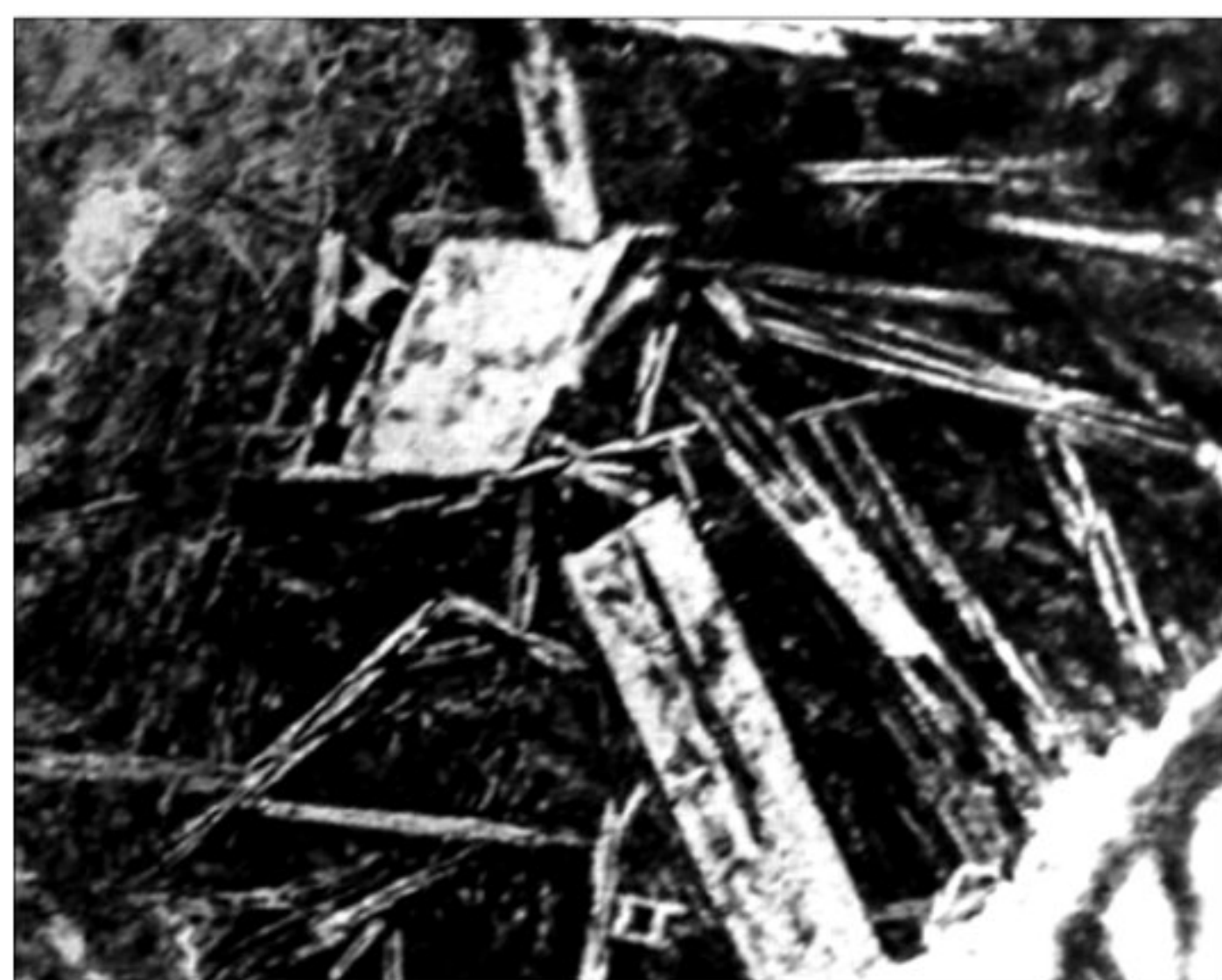
مواد معدنی به منظور طبقه‌بندی اجزاء غیر پلاستیک موجود در بافت سفال بیشتر رایج بوده و ساده‌تر هستند. آن مواد با خواص نوری مشخصه نمایش داده شده زیر نور پلاریزه و محورهای عبوری شامل شفافیت، رنگ، پلی کروئیسم، ریخت‌شناسی، بیرفرنژانس، و همگونی یا ناهمگونی شناسایی می‌شوند. در اجزا سنگ بازالت زیردریایی، برای مثال، ممکن است ویژگی کانی‌های کاه مانند مشاهده شود که نشان‌دهنده شرایط زیر آب هستند.

چندین منبع برای کمک به آنالیز و طبقه‌بندی مواد معدنی در مقاطع نازک وجود دارد؛ برخی رفرنس‌های استاندارد از قبیل اچ. یو. بامبور^{۵۴}، اف. تابورسکی^{۵۵}، و اچ. دی. تروکم^{۵۶} تعیین خواص نوری مواد معدنی تشکیل‌دهنده سنگ‌ها (۱۹۷۹)، دبلیو. ای. دییر^{۵۷}، آر. ای. هاوی^{۵۸}، و جی. زوسمن^{۵۹} مقدمه‌ای بر مواد معدنی سنگ‌ساز (۱۹۹۶)، و دبلیو. دی. نیس^{۶۰} مقدمه‌ای بر کانی‌شناسی نوری (۲۰۰۴) وجود دارد.



شکل ۵: تصویر میکروسکوپی مقطع نازکی از یک ظرف متعلق به ۶۱ Mochlos، کرت، در زیر نور پلاریزه. ویژگی‌های بزرگ و زاویه‌دار اجزاء کلسیت و دولومیت ابعاد افقی ۴ میلی‌متر

شکل ۶: تصویر میکروسکوپی مقطع نازکی از یک ظرف متعلق به کوموس^{۶۲}، کرت، نشان‌دهنده یک ناخالصی میکروفسیل درون بافت. طول رشته ۱.۲ میلی‌متر



شکل ۷: تصویر میکروسکوپی مقطع نازکی از یک ظرف متعلق به کوموس، کرت، نشان‌دهنده ویژگی‌های کاه مانند کریستال‌های پلاژیوکلاز درون دانه بازالتی. یک ناخالصی میکروفسیل درون بافت. طول رشته ۸/ میلی‌متر.

گاهی اوقات ممکن است تفاوت بین اجزاء طبیعی و افزوده شده در پرکننده؛ بر اساس فراوانی، ترکیب، اندازه، شکل و پراکنش در سراسر زمینه بافت سرامیک، با توجه به رفتار سفالگر نسبت به مواد، قبل از افزودن آن به خمیره، قابل تشخیص باشد. اجزاء غیر پلاستیک ممکن است در زمینه سفال موجود بوده یا برای به‌دست آوردن اندازه و بافت لازم، خرد و با دیگر مواد خام مخلوط، یا از طریق تفکیک فرآوری شده باشد (Shepard 1956, 117; Reedy 2008, 131, 151). برای مثال اجزاء فیلیت بزرگ و گرد شده که در شکل ۱ قابل مشاهده است، نشانه آن است که در تغییرات مربوط به شرایط محیطی پیش‌تر از دیگر اجزاء، در خمیره سفال ایجاد شده است. بنابراین اجزاء غیر پلاستیک موجود در این بافت، یا به طور طبیعی در منبع خاک موجود بوده یا قبل از افزودن آن‌ها به خمیره، فرآوری نشده است.

ویژگی‌هایی نظیر تضاد، بزرگی، کیفیت زاویه‌ای اجزاء کلسیت و دولومیت موجود در شکل ۵، دلالت بر این دارند که این اجزاء احتمالاً خرد شده یا قبل از افزودن آگاهانه آن‌ها به خمیره، در ترکیب رس وجود داشته است. پرکننده شاموت (گراک یا همان قطعه‌های خرد شده سفال) نیز در مقطع نازک معمولاً خواص زاویه‌ای دارند و بیش‌تر مواد افزودنی آلی در بافت رس در طول حرارت سوخته و با ظاهری از نقاط سیاه کربونیزه یا با حفره‌های باقی‌مانده شناسایی می‌شوند (Whitbread 1986, 82; Orton, Tyers, and Vince 1993, 133-135; Velde and Druc 1999, 142-144; Reedy 2008, 184-189).

مواد معدنی موجود در سفال اغلب بر اساس تغییرات کانی‌شناسی در درجه حرارت خاص، اطلاعات عمومی در مورد پخت ارائه می‌دهند و این تغییرات بیش‌تر با پراش پرتو ایکس^{۶۳}، طیف سنجی مادون قرمز^{۶۴}، و دیگر روش‌های متفاوت با آنالیز مقطع نازک شناسایی می‌شوند (Reedy 2008, 184-185). ممکن است درک شرایط پخت پیچیده باشد درحالی‌که عوامل دیگری از قبیل سرعت افزایش دما یا شرایط اتمسفری در طول فرآیند پخت نیز خواص ساختار را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Orton, Tyers, and Vince 1993, 133-135; Velde and Drue 1999, 96-104; Reedy 2008, 184).

گاهی اوقات روش فرم‌دهی مورد استفاده در ساخت یک اثر سفالی از طریق آنالیز اجزاء غیر پلاستیک در مقطع نازک مشخص می‌شود، به طور مثال در طول روش به‌کاربرده شده برای شکل‌دهی خمیره رس، اجزاء غیر پلاستیک همسو با جهت ویژگی‌ها خواهد بود. مثلاً وقتی سفال چرخ‌ساز است، اجزاء و ذرات به موازات لبه و پایه ظرف قرار می‌گیرند. انواع دیگری از هم‌ترازی مشاهده شده در مقطع نازک نشانه‌ای از دیگر شیوه‌های شکل‌دهی و ترتیب اجزاء و همچنین وابسته به جهت مقطع گرفته شده برای آنالیز خواهد بود (Shepard 1956, 183-186; Woods 1985; Whitbread 1996; Roux and Courty 1998; Reedy 2008, 180-184). نکته قابل توجه دیگر اینکه ممکن است هیچ ترکیبی از روش‌های شکل‌دهی در ساخت سفال استفاده نشود و یکی از جزئیات موجب ایجاد مشکلات در تفسیر گردد.

ممکن است در بعضی نمونه‌ها منبع و منشأ زمین‌شناسی ویژه‌ای برای اجزاء غیر پلاستیک موجود در بافت سفال شناسایی شود. در طول بررسی پتروگرافی، یافتن منابع مواد خام نیازمند محققانی است که دارای اطلاعات و دانش زمین‌شناسی نسبت به نواحی اطراف محوطه باستان‌شناسی هستند همچنین توصیه می‌شود یک بررسی روشمند و آنالیزهایی در رابطه با پتانسیل منابع مواد منطقه برای سنجش مرجع نمونه‌های مجهول و پخت شده از آن مواد صورت گیرد.

اطلاعات در مورد منبع مواد خام، بینشی نسبت به شماری از مسائل باستان‌شناسی شامل تولید محلی و شیوه‌های پراکنش، تغییرات طول زمان در انتخاب و عملیات تکمیلی مواد خام، و الگوهای تجارت و داد و ستد فراهم می‌کند. آگاهی از نوع مواد مورد استفاده سفالگران در تولید سفال‌ها پژوهشگران را قادر می‌سازد تا کارگاه‌های متفاوت یا حوزه‌های تولید را شناسایی کنند. در مناطقی که زمین‌شناسی همگن است، احتمال دارد که شناسایی منبع اصلی مواد پرکننده غیر ممکن باشد. این کار در صورتی پیچیده‌تر خواهد بود که سفالگران خاک رس و مواد پرکننده متعلق به چندین منبع متفاوت را مخلوط کرده یا آن مواد از دیگر مناطق وارد شده باشند (Williams 1979a, 74-75; Orton, Tyers, and Vince 1993, 135; Reedy 2008, 151, 164-165).

۵-۲- ماتریکس خاک رس

ماتریکس رسی فراوان‌ترین ماده موجود در بافت سفال است و شامل خاک رس و دیگر مواد با اندازه قطر ذرات کمتر از ۲ میکرومتر است (Velde and Druc 1999, 5, 35). مواد غیر رسی موجود در ماتریکس خاک، مانند اجزاء غیر پلاستیک دیگر، ممکن است به صورت طبیعی یا آگاهانه افزوده شده باشند. مواد رسی جزئی از خمیره سفال است که موجب ویژگی انعطاف‌پذیری آن شده و به دلیل فرم نازک و ورقه‌مانند لایه‌های رسی، آب به سطح آن‌ها جذب، در نتیجه موجب حرکت و لغزش ورقه‌ها و سهولت قالب‌گیری خمیر خاک رس می‌شود (Velde and Druc 1999, 36-38, 56). مواد موجود در بافت سفال بر اساس اندازه میکروسکوپی در مقطع نازک قابل شناسایی است (Reedy 2008, 124). با این حال، روش‌های شناسایی خصوصیات عمومی ماتریکس سفال که در درجه اول متکی بر خواص نوری، از قبیل بیرفرنژانس، انیزوتروپی (ناهمسانی) یا ایزوتروپی (همسانی) است، توسعه پیدا کرده‌اند.

گاهی ممکن است یک نوع ماده موجود در بافت سفال که حرارت دیده است از طریق مشاهده رنگ یا بیرفرنژانس ماتریکس رسی در مقطع نازک مشخص شود. مواد معدنی در دماهای بالا با زینترینگ شدن و تشکیل اسپینل، به ماتریکس ظاهر ایزوتروپیک می‌دهد. به‌علاوه بافت سفال با دارا بودن لایه‌های متفاوت رنگ، اطلاعاتی در مورد اجزاء مواد خام و شرایط حرارت ارائه می‌دهد (Reedy 2008, 185). افزون بر آن، هم‌ترازی ذرات مواد معدنی خاک رس در بافت، مشابه اجزاء غیر پلاستیک، ممکن است نشان‌دهنده روش‌های فرم‌دهی باشد (Velde and Druc 1993, 48-51). با این حال ممکن است این ویژگی‌ها در مشاهدات مقطع نازک مشکل یا غیرممکن باشد.

۵-۳- حفره‌ها / منافذ و عملیات تکمیلی سطح

ساختار سفال هم‌چنین شامل منافذ یا حفره‌هایی است که در مقطع نازک قابل مشاهده‌اند. تعداد، شکل و اندازه منافذ نشان از ایجاد آن‌ها در نتیجه فرآیند آماده‌سازی بافت، یا به دلیل آزاد شدن گازها یا انقباض رس در طول خشک شدن و حرارت مواد سفالی است (Velde and Druc 1999, 110-115; Reedy 2008, 191-193). هم‌چنین منافذ و حفره‌ها نشان‌دهنده موادی است که در طول آماده‌سازی خمیر سفال حضور داشته اما در طی فرآیند حرارتی از بین رفته‌اند. حجم فضای منافذ داخل بافت، از قبیل اندازه و شکل، بر دانسیته، استحکام، نفوذپذیری و مقاومت حرارتی مواد موجود در سفال موثر بوده و در نتیجه اطلاعاتی در رابطه با کارکرد در نظر گرفته شده برای آن ارائه می‌دهد (Shepard 1956, 125-126). با بررسی مقطع نازک سفال می‌توان اطلاعاتی در مورد روش‌های عملیات تکمیلی سطح مواد به‌دست آورد. این جنبه‌ها به نوبه خود ارائه‌دهنده آگاهی نسبت به تکنولوژی ساخت و توسعه روندهای سبکی است و بدین ترتیب جزئیاتی در مورد ترکیب مواد خام، ماهیت ساختاری، رنگ، شرایط حرارتی و ضخامت لعاب، اسلیپ، رنگ‌ها، و میناکاری‌ها مشخص می‌شود (Reedy 2008, 194-206). عملیات تکمیلی بر سطح سفال نشان‌دهنده کارکرد آن است. برای مثال ممکن است تزیینات سفال به منظور پنهان کردن و پوشش دادن معایب یا نشانه‌هایی از تولید انجام گرفته باشد و یا برخی از پردازش‌های سطحی موجب افزایش نفوذپذیری مواد یا سهولت در استفاده و تمیزکاری آن شود (Velde and Druc 1999, 167).

۶- توسعه اهداف و راهبردهای نمونه برداری

یک پروژه پتروگرافی مفید باید با هدف پرداختن به یک مشکل متمرکز و دقیق باستان‌شناسی توسعه یابد. مطالعه پتروگرافی مجموعه سفال‌ها به منظور پاسخ به انواع سوال‌ها، شامل بررسی ویژگی‌ها یا منشأیابی ظروف یا مطالعه‌ی تاریخی نوعی سفال از کل محوطه یا منطقه باستانی انجام می‌شود. بدون تدوین چنین اهداف خاصی، نتایج حاصله از مطالعه پتروگرافی مقطع نازک، معانی باستان‌شناسی محدودتری خواهد داشت. از این رو مشورت در این مورد با یک کارشناس سنگ‌نگاری و کانی‌شناس در اولین مرحله پروژه بسیار مهم و حائز اهمیت است. همکاری با یک کانی‌شناس به توسعه و بهبود راهبرد دقیق نمونه‌برداری متمرکز برای رسیدن به هدف پروژه مفید خواهد بود. اهداف استراتژی نمونه‌برداری با توجه به ماهیت محوطه و مجموعه‌ی تحت بررسی متفاوت بوده و بایستی به دقت برنامه‌ریزی شود تا نوع، کمیت و کیفیت تفسیر داده‌های حاصله به‌دست آید. در دسترس بودن چنین منابعی از قبیل موسسه، نیروی کار و زمان باید به عنوان بخشی از فرآیند برنامه‌ریزی در نظر گرفته شود.

پس از جمع‌آوری مجموعه سفال‌ها از محوطه، قطعات بر اساس خصوصیات بافت مشاهده شده از طریق میکروسکوپ، از جمله رنگ، بافت، سطح نهایی و اجزاء رویت شده، پاکسازی و طبقه‌بندی می‌شوند. ایده کلی مجموعه از لحاظ اشکال، جنس بدنه و ساختارهای میکروسکوپی کمک موثری در انتخاب نمونه‌ها، توسعه اهداف تحلیلی و ارائه گونه‌شناختی و دیگر اطلاعاتی که برای تفسیر ارزشمند هستند، در پی خواهد داشت. این بررسی می‌تواند با چشم غیر مسلح یا با استفاده از لنز دستی یا وسیله‌های دیگر با بزرگنمایی کم انجام گیرد. پس از طبقه‌بندی کلی بافت‌ها، از هر گروه تعدادی برای تهیه مقطع نازک برگزیده می‌شود که انتخاب نوع و تعداد نمونه‌ها بر اساس ماهیت و پیچیدگی مواد، مسائل قابل بررسی باستان‌شناسی صورت می‌گیرد. نمونه‌ها بایستی معرف و نماینده اطلاعات کلی مجموعه از نظر اشکال، ظروف و بافت‌های میکروسکوپی باشند؛ برای مثال، بعید به نظر می‌رسد یک قطعه نامشخص یا منحصر بفرد، در ارائه اطلاعاتی معنادار از کل مجموعه مفید باشد. بنابراین، نمونه‌ها در صورت امکان باید از طبقه‌بندی درست و بستر مطمئن منتج شوند، چراکه تفسیر نتایج همواره وقتی قابل قبول است که با اطلاعات زمینه‌ای دقیق همراه باشد.

نمونه مورد نظر برای آنالیز معمولاً یک بخش کوچکی از سفال به اندازه ۲-۳ سانتی‌متر است، اما با استفاده از شیوه خاص، حتی نمونه‌های کوچک‌تر نیز قابل آنالیز هستند. به دلیل مخرب بودن این روش، تنها موادی که بطور کامل مستند و طراحی و ترسیم شده‌اند، پتروگرافی می‌شوند. انتخاب یک قطعه کوچک مربوط به یک ظرف کامل برای آنالیز مقطع نازک مناسب است زیرا اطلاعات میکروسکوپی آن می‌تواند یکپارچه با اطلاعاتی از کل ظرف باشد. سپس فرآیندهای مقطع‌زنی و آزمایش توسط اپراتور انجام می‌گیرد. متعاقباً نتایج آنالیز پتروگرافی با گونه‌شناختی، چینه‌شناسی و مطالعه گاهنگاری سفال‌ها به منظور درک بهتری از جنبه‌های سفال ترکیب می‌شوند.

۷- نتیجه گیری

اطلاعات با ارزش به دست آمده از طریق بررسی مقطع نازک، با نتایجی از دیگر پژوهش‌ها، از قبیل تحلیل‌های ریخت‌شناسی، سبک، گاهنگاری، کارکرد، مطالعات زمین‌شناسی و قوم‌نگاری ترکیب می‌شود. همچنین نمونه‌برداری و آنالیز بالقوه از منابع مواد خام و بررسی کاربرد روش‌های سفال‌های جدید انجام می‌گیرد. افزون بر آن، تکنیک‌های علمی همچون پراش پرتو ایکس، جداسازی مواد معدنی سنگین^{۶۵} و آنالیز نوترون اکتیویته^{۶۶} انجام گرفته و روش پتروگرافی، روش مکملی است که با ارائه بیش‌ترین اطلاعات در مورد کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی بافت سفال به کار می‌رود. زمانی که آنالیز مقطع نازک به عنوان مکمل مورد استفاده قرار گرفت، مطالعه چندجانبه‌ی آثار سفالی، اطلاعات تفسیری برای باستان‌شناسی و نیز زمینه‌ای برای توصیف دقیق گذشته، به خصوص راجع به روش‌های تولید، منشاء، تنوع در تکنولوژی در طول زمان و مکان، شبکه‌های تجارت در مقیاس بومی و غیربومی، حتی مسائل اجتماعی از قبیل انتخاب هر دو تولیدکننده و مصرف‌کننده و سنت‌های تولید را فراهم می‌سازد.

پی‌نوشت‌ها

۱. آدرس متن اصلی منبع ترجمه شده عبارت است از:

Peterson, Sarah E. 2009. Thin Section Petrography of Ceramic Materials, Philadelphia, Pennsylvania: Instap Academic Press.

۲. Thin-Section Petrography

۳. "Fabric" در علوم زمین‌شناسی به معنای بافت، آرایش و جهت‌گیری ترکیبات مربوط به سنگ است.

۴. polarizing microscope

۵. "plastic" مواد پلاستیک مانند کانی‌های رسی

۶. "non-plastic" مواد غیر پلاستیک (کوارتز، کربنات‌ها، فلدسپارها) که معمولاً به عنوان مواد افزودنی شامل

گداز آورده‌ها، پرکننده‌ها، کاهش‌دهنده خاصیت الاستیسیته و... به رس اضافه می‌شوند.

۷. Birefringence

۸. William Nicol

۹. William Henry Fox Talbot

۱۰. Henry Clifton Sorby

۱۱. Sheffield University

۱۲. carboniferous

۱۳. Derbyshire

۱۴. Yorkshire

۱۵. Karl Georg Richard Lepsius

۱۶. Attica

۱۷. Anna O. Shepar

۱۸. سنت سفالگری مردم منطقه ریوگراندر در مکزیک که مربوط به دوره مافیل تاریخ و تاریخی است.

۱۹. Pecos

۲۰. Morphological

۲۱. Wayne M. Felts

۲۲. Cincinnati

۲۳. Fredrick R. Matson

۲۴. Chicago

۲۵. Minnesota Messenia Expedition in Greece.

۲۶. David Peacock

۲۷ . Herefordshire-Cotswold

۲۸ . fishbourne

۲۹ . Aegean

۳۰ . Einfalt

۳۱ . Karlsruhe University

۳۲. "Thera" نام باستانی محوطه استقرار متعلق به عصر برنز و نام جزیره آتشفشانی در آکروتیری است.

۳۳ . David F. Williams

۳۴ . University of Southampton

۳۵ . W. Noll

۳۶. "Kamare Ware" ظروف کامارس نوع متفاوتی از سفال‌های تولید شده در کرت مینوان با قدمتی نزدیک به

۲۱۰۰ سال پیش از میلاد هستند و با نقوش گلدار و معمولاً به رنگ سفید، قرمز و آبی در زمینه سفید و سیاه تزئین شده-

اند

۳۷ . J.A Rilet

۳۸ . George H. Myer

۳۹ . Philip P. Betancourt

۴۰ . White-on-Dark Ware

۴۱ . Qoueiq

۴۲ . Tell Rifa'at Survey

۴۳ . Ian K. Whitbread

۴۴ . Leicester

۴۵ . Micro morphology

۴۶ . R.E. Jones

۴۷ . Sarah J. Vaughan

۴۸. یه گروه از جزایر که در دریای اژه، جنوب شرق سرزمین اصلی یونان واقع است.

۴۹ . Peter M. Day

۵۰ . Christine Shriner

۵۱ . Indiana University

۵۲ . Lerna

۵۳ . Grog

۵۴ . H.U. Bambauer

۵۵ . F. Taborszky

۵۶ . H.D. Trochim

۵۷ . W.A. Deer

۵۸ . R. A. Howie

۵۹ . J. Zussman

۶۰ . W.D. Ness

۶۱. به زبان یونانی یعنی مدرن، نام جزیره‌ای مدرن در خلیج میرابل (Mirabello) در شرق کرت یونان که به سایت-

های باستان‌شناسی دوره مینوان متصل است و به‌عنوان بندر شرقی محسوب می‌شود.

۶۲. محوطه باستانی مربوط به ماقبل تاریخ (عصر برنز) در جنوب کرت یونان.

۶۳ . X-ray diffraction

۶۴ . Infrared spectroscopy

۶۵ . Heavy mineral separation

۶۶ . Nutrun activation analysis

Bibliography

Abbreviations follow the conventions suggested in the *American Journal of Archaeology*, 111.1 (2007), pp. 14-34.

- Bambauer, H.U., F. Taborszky, and H.D. Trochim. 1979. *Optical Determination of Rock-Forming Minerals*, by W.E. Tröger, Stuttgart.
- Betancourt, P.P. 1984. *East Cretan White-on-Dark Ware: Studies on a Handmade Pottery of the Early to Middle Minoan Periods (University Museum Monograph 51)*, Philadelphia.
- Betancourt, P.P., T.K. Gaisser, E. Koss, R.F. Lyon, F.R. Matson, S. Montgomery, G.H. Myer, and C.P. Swann. 1979. *Vasilike Ware: An Early Bronze Age Pottery Style in Crete (SIMA 56)*, Göteborg.
- Braidwood, R.J., and L.S. Braidwood. 1960. *Excavations in the Plain of Antioch I: The Earlier Assemblages. Phases A-J (The University of Chicago Oriental Institute Publications 61)*, Chicago.
- Croft, W.J. 2006. *Under the Microscope: A Brief History of Microscopy (Series in Popular Science 5)*, Hackensack, NJ.
- Day, P.M. 1995. "Pottery Production and Consumption in the Sitia Bay Area during the New Palace Period," in *Achladias: Scavi e ricerche della Missione greco-italiana in Creta orientale, 1991-1993*, M. Tsipopoulou and L. Vagnetti, eds., Rome, pp. 148-175.
- . 1997. "Ceramic Exchange between Towns and Outlying Settlements in Neopalatial East Crete," in *The Function of the "Minoan Villa." Proceedings of the Eighth International Symposium at the Swedish Institute in Athens, 6-8 June, 1992 (SkrAth 4°, 46)*, R. Hägg, ed., Stockholm, pp. 219-228.
- Day, P.M., and V. Kilikoglou. 2001. "Analysis of Ceramics from the Kiln," in *A LM IA Ceramic Kiln in South-Central Crete: Function and Pottery Production (Hesperia Suppl. 30)*, pp. 111-133.
- Day, P.M., E. Kiriatzi, A. Tsolakidou, and V. Kilikoglou. 1999. "Group Therapy in Crete: A Comparison between Analyses by NAA and Thin Section Petrography of Early Minoan Pottery," *JAS* 26, pp. 1025-1036.
- Day, P.M., and M. Relaki. 2003. "A Petrographic Analysis of the Neopalatial Pottery," in *Mochlos IB: Period III. Neopalatial Settlement on the Coast: The Artisans' Quarter and the Farmhouse at Chalinomouri. The Neopalatial Pottery (Prehistory Monographs 8)*, K.A. Barnard and T.M. Brogan, eds., Philadelphia, pp. 13-32.
- Day, P.M., and D.E. Wilson. 1998. "Consuming Power: Kamares Ware in Protopalatial Knossos," *Antiquity* 72, pp. 350-358.
- Day, P.M., D.E. Wilson, and E. Kiriatzi. 1997. "Reassessing Specialization in Prepalatial Cretan Ceramic Production," in *TEXNH: Craftsmen, Craftswomen, and Craftsmanship in the Aegean Bronze Age. Proceedings of the Sixth International Aegean Conference, Philadelphia, Temple University, 18-21 April 1996 (Aegaeum 16)*, R. Laffineur and P.P. Betancourt, eds., Liège, pp. 275-289.
- Deer, W.A., R.A. Howie, and J. Zussman. 1996. *An Introduction to Rock-Forming Minerals*, Essex, UK.
- Doumas, Ch., ed. 1979. *Thera and the Aegean World I. Papers Presented at the Second International Scientific Congress, Santorini, Greece, August 1978*, London.
- Einfalt, H.-C. 1979. "Chemical and Mineralogical Investigations of Sherds from the Akrotiri Excavations," in Doumas, ed., 1979, pp. 459-469.
- Felts, W.M. 1942. "A Petrographic Examination of Potsherds from Ancient Troy," *AJA* 46, pp. 237-244.
- Hardy, D.A., Ch. Doumas, J.A. Sakellarakis, and P.M. Warren, eds. 1990. *Thera and the Aegean World III. Proceedings of the Third International Congress, Santorini, Greece, 3-9 September 1989. Volume I: Archaeology*, London.
- Humphries, D.W. 1992. *The Preparation of Thin Sections of Rocks, Minerals, and Ceramics (Microscopy Handbooks 24)*, Oxford.

- Jones, R.E. 1986. *Greek and Cypriot Pottery: A Review of Scientific Studies (The British School at Athens Fitch Laboratory Occasional Paper 1)*, Athens.
- Lepsius, G.R. 1890. *Greichische Marmorstudien*, Berlin.
- Matson, F.R. 1942. "Technological Ceramic Studies," *College Art Journal* 1, pp. 25-28.
- . 1945. "Technological Development of Pottery in Northern Syria during the Chalcolithic Age," *Journal of the American Ceramic Society* 28, pp. 20-25.
- . 1965. "Ceramic Ecology: An Approach to the Study of Early Cultures of the Near East," in *Ceramics and Man*, F.R. Matson, ed., Chicago, pp. 202-217.
- . 1972. "Ceramic Studies," in *The Minnesota Messenia Expedition: Reconstructing a Bronze Age Regional Environment*, W.A. McDonald and G.R. Rapp, Jr., eds., Minneapolis, pp. 200-224.
- Matthers, J., ed. 1981. *The River Qoueiq, Northern Syria, and its Catchment II (BAR-IS98)*, Oxford.
- Moltesen, M. 1994. *The Lepsius Marble Samples*, Copenhagen.
- Myer, G.H., and P.P. Betancourt. 1981. "The Composition of Vasilike Ware and the Production of the Mottled Colors of the Slip," in *Scientific Studies in Ancient Ceramics (BMOP 19)*, M.J. Hughes, ed., pp. 51-55.
- . 1990. "The Fabrics at Kommos," in *Kommos II: The Final Neolithic through Middle Minoan III Pottery*, P.P. Betancourt, Princeton, pp. 1-13.
- Myer, G.H., K.G. McIntosh, and P.P. Betancourt. 1995. "Definition of Pottery Fabrics by Ceramic Petrography," in *Pseira I: The Minoan Buildings on the West Side of Area A (University Museum Monographs 94)*, P.P. Betancourt and C. Davaras, eds., Philadelphia, pp. 143-153.
- Nesse, W.D. 2004. *Introduction to Optical Mineralogy*, 3rd ed., Oxford.
- Noll, W. 1979. "Material and Techniques of the Minoan Ceramics of Thera and Crete," in Doumas, ed., 1979, pp. 493-505.
- Orton, T., P. Tyers, and A. Vince. 1993. *Pottery in Archaeology*, Cambridge.
- Peacock, D.P.S. 1968. "A Petrological Study of Certain Iron Age Pottery from Western England," *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, pp. 414-427.
- . 1971. "Petrography of Certain Coarse Pottery," in *Excavations at Fishbourne 1961-1969. Volume II: The Finds (Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London 27)*, B. Cunliffe, ed., Leeds, pp. 255-259.
- Reedy, C.L. 2008. *Thin-Section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Materials*, Plymouth, UK.
- Riley, J.A. 1979. "The Petrological Investigation of Roman and Islamic Ceramics from Cyrenaica," *Libyan Studies* 10, pp. 35-46.
- . 1981a. "The Late Bronze Age Aegean and the Roman Mediterranean: A Case for Comparison," in *Production and Distribution: A Ceramic Viewpoint (BAR-IS 120)*, H. Howard and E.L. Morris, eds., Oxford, pp. 133-143.
- . 1981b. "Petrological Examination of Bronze Age IV Fabrics," in Matthers, ed., 1981, pp. 349-361.
- . 1981c. "Petrological Examination of Coarse-Ware Stirrup-Jars from Mycenae," *BSA76*, pp. 335-340.
- . 1981d. "Petrological Examination of Two Mycenaean Sherds," in Matthers, ed., 1981, pp. 413-415.
- . 1982. "The Petrological Analysis of Aegean Ceramics," in *Current Research in Ceramics: Thin Section Studies (BMOP 32)*, I. Freestone, C. Johns, and T. Potter, eds., pp. 1-7.

- . 1983. "The Contribution of Ceramic Petrology to Our Understanding of Minoan Society," in *Minoan Society. Proceedings of the Cambridge Colloquium 1981*, O. Krzyszkowska and L. Nixon, eds., Bristol, pp. 283–292.
- Riley, J.A., D.P.S. Peacock, and A.C. Renfrew. 1980. "The Petrological Characterization of Ceramics from Knossos and Mycenae," *Revue d'Archéometrie* 3, pp. 245–250.
- Roux, V., and M.A. Courty. 1998. "Identification of Wheel-Fashioning Methods: Technological Analysis of 4th–3rd Millennium B.C. Oriental Ceramics," *JAS* 25, pp. 747–763.
- Shepard, A.O. 1942. *Rio Grande Glaze Paint Ware: A Study Illustrating the Place of Ceramic Technological Analysis in Archaeological Research* (Carnegie Institution of Washington Publication 528), Washington, D.C.
- . 1956. *Ceramics for the Archaeologist*, Washington, D.C.
- . 1965. "Rio Grande Glaze-Paint Pottery: A Test of Petrographic Analysis," in *Ceramics and Man*, F.R. Matson, ed., Chicago, pp. 62–87.
- Shriner, C., and M.J. Dorais. 1999. "A Comparative Electron Microprobe Study of Lerna III and IV Ceramics and Local Clay-Rich Sediments," *Archaeometry* 41, pp. 25–49.
- Shriner, C., and H.H. Murray. 2001. "Explaining Sudden Ceramic Change at Early Helladic Lerna: A Technological Paradigm," in *Archaeology and Clays (BAR-IS 942)*, I.C. Druc, ed., pp. 1–17.
- Sorby, H.C. 1851. "On the Microscopical Structure of the Calcareous Grit of the Yorkshire Coast," *The Quarterly Journal of the Geological Society of London* 7, pp. 1–6.
- . 1882. "Preparation of Transparent Sections of Rocks and Minerals," *The Northern Microscopist* 17, pp. 101–106, 133–140.
- Vaughan, S.J. 1990. "Petrographic Analysis of the Early Cycladic Wares from Akrotiri, Thera," in Hardy et al., eds., 1990, pp. 470–487.
- . 1991a. "Late Cypriot Base Ring Ware: Studies in Raw Materials and Technology," in *Recent Developments in Ceramic Petrology (BMOP 81)*, A. Middleton and I. Freestone, eds., pp. 337–368.
- . 1991b. "Material and Technical Characterization of Base Ring Ware: A New Fabric Typology," in *Cypriot Ceramics: Reading the Prehistoric Record (University Museum Monographs 74)*, J.A. Barlow, D.L. Bolger, and B. Kling, eds., Philadelphia, pp. 119–130.
- Velde, B., and I.C. Druc. 1999. *Archaeological Ceramic Materials*, Berlin.
- Williams, D.F. 1979a. "Ceramic Petrology and the Archaeologist," in *Pottery and the Archaeologist*, M. Millet, ed., London, pp. 73–75.
- . 1979b. "A Petrological Examination of Pottery from Thera," in Dumas, ed., 1979, pp. 507–514.
- Whitbread, I.K. 1986. "The Characterization of Argillaceous Inclusions in Ceramic Thin Sections," *Archaeometry* 28, pp. 79–88.
- . 1989. "A Proposal for the Systematic Description of Thin Sections Towards the Study of Ancient Ceramic Technology," in *Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium*, Y. Maniatis, ed., Amsterdam, pp. 127–138.
- . 1996. "Detection and Interpretation of Preferred Orientation in Ceramic Thin Sections," in *Imaging the Past (BMOP 114)*, T. Higgins, P. Main, and J. Long, eds., London, pp. 173–181.
- Woods, A.J. 1985. "An Introductory Note on the Use of Tangential Thin Sections for Distinguishing Between Wheel-Thrown and Coil/Ring-Built Vessels," *Bulletin of the Experimental Firing Group* 3, pp. 100–114.



شیمی حفاظت کاغذ: زرد شدن و رنگ‌بری حفاظتی

نویسنده: هنری ای. کارتر

*برگردان: مهدی قربانی

*کارشناس ارشد حفاظت و مرمت اشیای فرهنگی و تاریخی

Email: Ghorbanymahdi@gmail.com

چکیده

تغییر رنگ کاغذها منتج از فرآیند پیری (طبیعی)، همواره موضوع بسیار مورد علاقه برای انجمن‌های کتابخانه و آرشیوها و نیز صنعت کاغذسازی (به منظور توسعه و بهینه‌سازی خمیرهای مکانیکی) بوده است. زرد شدن کاغذها، ناشی از پیرشدن (کهنگی) را می‌توان به حضور ساختارهای رنگ‌ساز مربوط به برخی از محصولات منتج از تخریب شیمیایی ترکیبات کاغذ نسبت داد. مطالعه‌ی حاضر، ترکیبات رنگ‌ساز مربوط به مولکول‌های سلولز، همی سلولز و لیگنین را به صورت تفکیک شده، مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین، فرآیند اکسیداسیون نوری کاغذهای لیگنین دار (غنی از لیگنین) و از طرفی، مکانیسم زردشدن مبتنی بر نور را مورد بحث قرار داده است. این مقاله قصد دارد این موضوع را به واسطه‌ی توصیف قواعد کلی و اساسی در موضوع رنگ‌بری حفاظتی (شامل کاغذهای درمان شده‌ی شیمیایی، به منظور حذف عوامل و تغییرات رنگی و یا لکه‌های رنگی ناخواسته و نامطلوب) تشریح نماید. موضوع شستشوی کاغذها و استفاده از اکسیدکننده‌ها و رنگ‌برها (سفیدکننده‌ها) و از طرفی، رنگ برهای اکسیدکننده شامل پرکسید هیدروژن، هیپوکلریت قلیایی، دی اکسید کلرین و نور خورشید نیز ارائه و مورد ارزیابی قرار گرفته و سرانجام در تعریف عوامل رنگ‌بر کاهشی (کاهش‌دهنده)، بر روی دیتیونیت‌ها و بروهیدریدها متمرکز شده است.

کلیدواژه‌ها: حفاظت، شیمی کاغذ، زرد شدن، رنگ‌بری، رنگ‌ساز، پیری (کهنگی).

۱- مقدمه

زرد شدن کاغذ اغلب به عنوان یکی از معیارها و نشانه‌های اولیه‌ی حاصل از فرآیند پیری و زوال محسوب می‌گردد. متناسب با ماهیت ساختاری کاغذها و شرایط نگهداری در مخزن، احتمال تغییر رنگ به زردی تا متمایل به قهوه‌ای سوخته شدن و نیز شکننده شدن کاغذها در مراحل پیری طبیعی، کاملاً محتمل است. ایجاد تغییرات رنگی، به دلیل حضور محصولات ناشی از تخریب شیمیایی ساختار کاغذ و متقابلاً تشکیل مولکول‌های رنگ‌ساز^۱ است (2, 1). درحالی‌که به نظر نمی‌رسد بین دو مقوله‌ی زردشدگی و از دست رفتن مقاومت مکانیکی کاغذها وابستگی مستقیمی وجود داشته باشد (3-7)؛ در مجموع تغییر رنگ در کاغذ، نتیجه‌ای نامطلوب محسوب می‌شود. با توسعه و پیدایش شرایط جدید در تولید خمیرهای کاغذ به روش مکانیکی (8)، زوال ناشی از واکنش‌های فوتوشیمیایی بخصوص در کاغذهای غنی‌تر از ماده‌ی لیگنین نیز بیشتر مطرح است؛ مانند کاغذهای روزنامه. در این پژوهش با دو رویکرد شناسایی و شناخت رنگ‌سازهای تشکیل شونده‌ی ناشی از تأثیرات فوتوشیمیایی نور بر روی کاغذ و نیز امکان استفاده از مواد شیمیایی برای مهار کردن این مکانیسم از زوال شیمیایی آشنا خواهید شد (9-15).

برای یک حفاظت‌گر کاغذ طبیعت ذاتی در زرد شدن کاغذها از دو مقوله اهمیت پیدا می‌کند؛ ابتدا به لحاظ ابعاد زیباشناختی که ظاهر کاغذ به مراتب در حال تغییر خواهد بود و دوم اینکه روند تغییرات شیمیایی آن و در مقابل مسأله‌ی حفاظت از این موضوع اهمیت بسزایی یافته است. درک صحیح از انواع مولکول‌های رنگ‌سازی که مسئول تغییر رنگ ساختار فیزیکی کاغذها هستند نیز باعث خواهند شد که حفاظت‌گران به مسأله‌ی مهار نمودن این نوع آسیب^۲ (زیباشناختی) و انتخاب هوشمندانه‌ی روش‌ها و مواد (سفیدکننده‌ها) برای درمان این وضعیت کاغذها (مصنوعات و آثار کاغذی فرهنگی و تاریخی) نیز عمیق‌تر و دقیق‌تر برخورد نمایند. بسیاری از روش‌های رنگ‌بری کاغذهای زرد شده نزد حفاظت‌گران در دسترس و شناخته شده است و در واقع رنگ‌بری به عنوان بخشی از حفاظت آثار کاغذی نیز جایگاه و عرصه‌ی مهم پژوهشی یافته است (16). این پژوهش به علل زرد شدن کاغذها و سپس پیرامون روش‌های درمان آن یعنی رنگ‌بری (سفید کردن) حفاظتی بحث خواهد نمود.

۲- زرد شدن کاغذ

ساختار شیمیایی کاغذها به صورت کلی شامل سلولز، همی سلولز، لیگنین، مواد اضافی و استخراجی موجود در خمیر چوب، مواد افزودنی، چسب‌ها، عوامل آهاردی، نشاسته، پرکننده‌ها و نیز رنگ‌ها هستند. به عنوان یک نتیجه‌ی شیمیایی از اکسایش حاصل از این عوامل پیش‌فرض، رنگ حاصل از محصولات تخریب رنگی می‌توانند منتج شده از حضور گروه‌های کربونیل C=O و پیوندهای دوگانه‌ی C-C باشند (2, 16, 17). اکسایش، حاصل از عوامل محیطی مانند نور، گرما و رطوبت، حضور کاتیون‌های Fe^{+3} و Cu^{+2} و همچنین گازهای آلاینده‌ای چون SO_2 و NO_2 است (1)؛ که در مجموع میزان تغییرات رنگی به زردی نیز بستگی به میزان حضور چنین ترکیباتی در ساختار آن کاغذها دارد. به

عنوان مثال خمیرهای کاغذ با بازده بالا، دارای میزان لیگنین و همی سلولز به مراتب بیشتر بوده که در نتیجه سرعت زرد شدن آن کاغذهای تولیدی را فزونی خواهد داد. تغییرات رنگی در کاغذها از طریق اکسایش یا فوتواکسایش آغاز می‌شود، فرایندی که اکسایش به دنبال جذب توأمان انرژی‌های نوری توسط رنگ‌سازهای موجود در ترکیبات کاغذ رخ می‌دهد (16)؛ لذا تداوم فرآیند اکسایش و یا فوتواکسایش، گروه‌های عملکردی جدیدی را به عنوان مناطق ساختاری مناسب برای جذب اثرات نوری به مراتب بیشتر که موجب زردی بیشتر در ساختار کاغذها می‌شوند نیز فراهم و تولید می‌کند (1). طبیعت و ماهیت رنگ‌سازها در ترکیبات فوتواکسیده شده‌ی کاغذها به طور خلاصه در بخش‌های زیر بحث می‌شوند.

۳- رنگ‌سازهای سلولز

ساختار سلولز به عنوان یک پلیمر خطی طویل و متشکل از واحدهای کوچک‌تر و تکرارشونده‌ی انیدروسلویوز شناخته شده است (18, 19, 1). در طول فرآیند اکسایش و فوتواکسایش، گروه‌های کربونیل و کربوکسیلیک از گروه‌های هیدروکسیل موجود در واحدهای انیدروگلوکزی حاصل می‌شوند (16, 17, 20, 21). تشکیل دو گروه آلدهید و کتون در اتم‌های کربن ۲ و ۳ از واحدهای انیدروگلوکزی حاصل از پیری هستند که به عنوان مولکول‌های رنگ‌ساز نیز ساختار سلولزی کاغذها را زرد می‌کنند (16, 17).

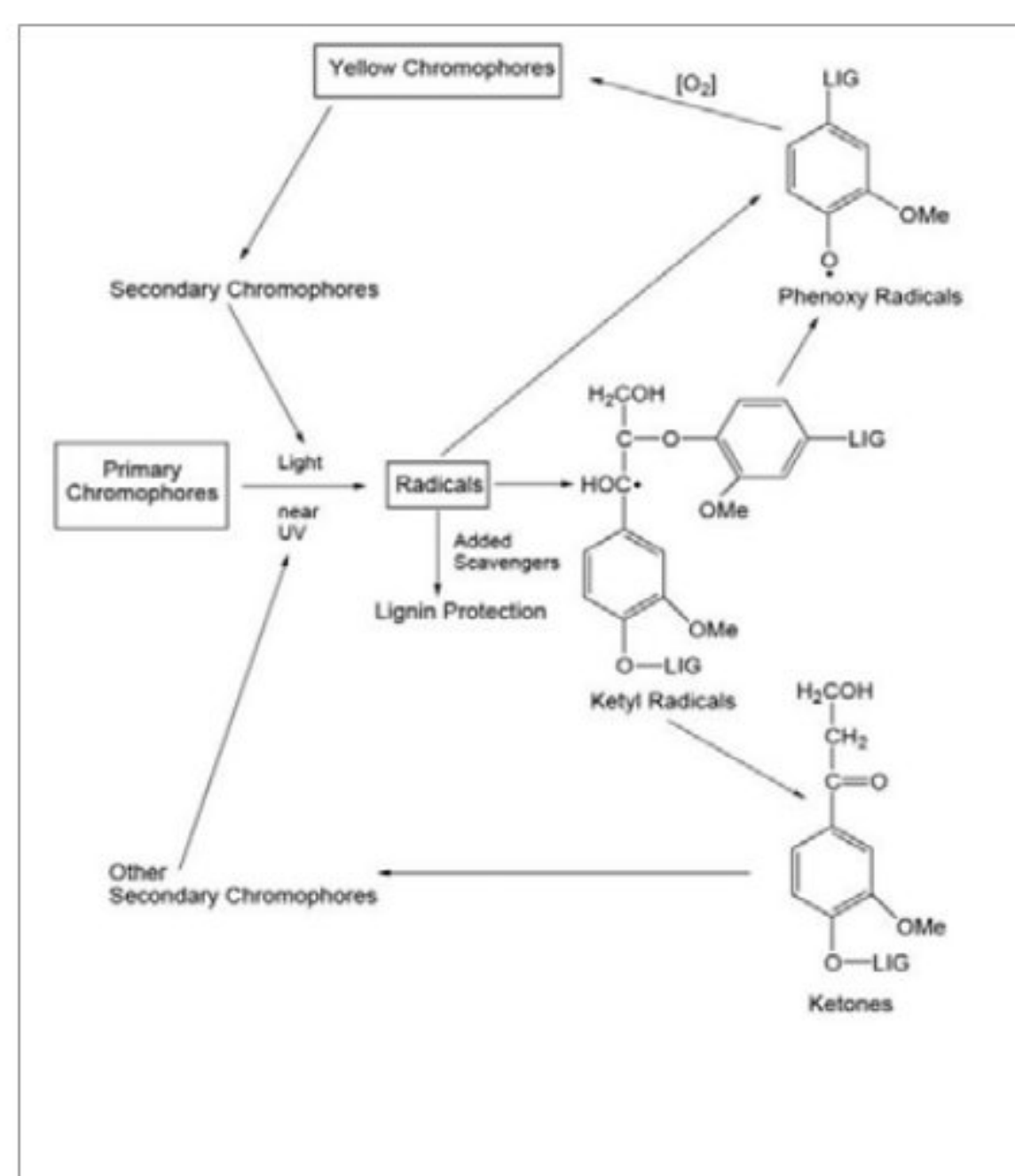
۴- رنگ‌سازهای همی سلولز

همی سلولزها شامل آمیزه‌ای از پلی‌ساکاریدهایی با زنجیره‌های جانبی کوتاه و با درجه پلیمریزاسیون کمتر از مولکول سلولز هستند (2). اکسایش معمولاً در این بخش از ساختارهای سلولزی کاغذها، نسبت به مولکول‌های سلولزی سریع‌تر و به سهولت بیشتری اتفاق می‌افتد لذا کاغذهایی که منابع غنی‌تری از حضور همی سلولز را شامل باشد نیز به مراتب درجه‌ی زرد شوندگی بیشتری را متحمل خواهند شد (16). با اکسید شدن همی سلولزها، حضور گروه‌های آلدهیدی در اتم‌های کربن-۲ و کربن-۳ از واحدهای انیدروگلوکزی منتج شده از فرآیند این اکسایش به عنوان مولکول‌های رنگ‌ساز در زرد شدن کاغذها ایفای نقش می‌کنند (16, 17).

۵- رنگ‌سازهای لیگنین

ساختار لیگنین، پیش از این در سایر منابع نیز توصیف شده است (18, 23). لیگنین به عنوان یک مولکول پلیمری آروماتیک و بسیار پیچیده متشکل از واحدهای فنیل پروپان عمدتاً استخلاف شده از طریق پیوندهای اتری و تا حدودی اما کمتر با پیوندهای کربن-کربن مطرح است (24). این مولکول پیچیده با حضور مولکول‌های رنگ‌ساز با پیوندهای مزدوج آروماتیک و حضور گروه‌های کربونیل که لذا در تعامل با اثرات فوتوشیمیایی نور در حضور اکسیژن، به عنوان عامل اصلی در زرد شدن نوری

کاغذهای مبتنی بر خمیرهای مکانیکی محسوب می‌شود. سهم زرد شدن ناشی از حضور مولکول‌های سلولز و همی سلولز به ترتیب بسیار کمتر از تأثیرات ناشی از حضور مولکول‌های لیگنین در کاغذها است (25)؛ از طرفی نیز شواهدی وجود دارد بر این حقیقت که حضور مولکول‌های لیگنین به عنوان عامل آنتی‌اکسیدانت و چتر محافظ در برابر جذب امواج UV و تشکیل رادیکال‌های آزاد در سلولز و همچنین جلوگیری کننده از اثرات مخرب فوتوشیمیایی بر روی مولکول‌های سلولز معرفی شده می‌شوند (26, 6).



شکل ۱: مکانیزم فرآیند تولید رنگسازها و تجزیه‌ی لیگنین، ناشی از فرآیند تخریب نوری در کاغذهای حاوی لیگنین. LIG: دنباله و مابقی ساختار مولکول لیگنین (Leary, G. J. J. Pulp Paper Sci. 1994, 20(6), J154-J160).

در اکسایش نوری مولکول‌های لیگنین، کتون‌های آروماتیک، کوئینون‌ها، آلدهیدها (مانند کانیفرآلدهید) و اسیدها به عنوان محصولات تخریب نوری در کاغذها مطرح می‌شوند (9). این در حالی است که مکانیسم زرد شدن ناشی از نور در کاغذهای حاوی لیگنین در طول سال‌های زیادی مورد مطالعات پژوهشی قرار گرفته است لذا در مطالعات جدیدتر نیز ترکیبات ساختاری در مولکول‌ها لیگنین برای مثال؛ ترکیب « α -guaiacoxyl acetoveratrone» نیز در تشکیل ترکیبات رنگ‌ساز و ادامه تخریب فوتواکسایشی لیگنین نقش بسزایی دارند (6, 9, 11, 27, 29). مکانیسم زرد شدن کاغذهای حاوی مولکول‌های لیگنین، به طور کلی در شکل ۱ نشان داده شده است؛ همچنین می‌توان این مکانیسم را به صورت خلاصه و به شرح زیر توصیف نمود (6, 9):

۱. رنگ‌سازهای اولیه مولکول لیگنین^۳، نورهای ماورای بنفش نزدیک (۳۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر) را جذب می‌کنند.

۲. جدایش برخی از پیوندهای اتری در مولکول‌های لیگنین ناشی از نور و تشکیل رادیکال‌های آزاد

۳. رادیکال‌های آزاد با سایر مولکول‌های لیگنین واکنش می‌دهند و تولید رادیکال‌های فنوکسی و کتیل می‌کنند.
۴. تجزیه‌ی بیشتر رادیکال‌های کتیل به رادیکال‌های فنوکسی و همچنین کتون‌ها که به عنوان رنگ‌سازهای ثانویه حضور دارند. رادیکال‌های فنوکسی با حضور و واکنش با اکسیژن موجود در اتمسفر، اکسید می‌شوند و به شکل ترکیبات کوئینون زرد رنگ و در قالب سایر رنگ‌سازهای ثانویه عمل می‌کنند.
۵. عوامل رنگ‌ساز ثانویه قادر هستند که نور بیشتری را جذب کنند و لذا در تخریب نوری هرچه بیشتر برای سایر مولکول‌های لیگنین شریک شده و در نتیجه افزایش میزان زرد شدن این نوع کاغذها را به همراه دارند.
۶. پژوهش حاضر پیرامون مسئله جلوگیری و ممانعت از زرد شدن کاغذها با پایه‌ی خمیرهای کاغذ پربازده‌ی مکانیکی (میزان تولید و عرضه‌ی بیشتر خمیر کاغذ با شرایط غنی از لیگنین) از طریق معرفی عوامل مهارکننده برای هر یک از مکانیسم‌های فوق در زرد شدن کاغذها نیز متمرکز است (8, 9, 12, 13, 15, 30-32). برای مثال؛ افزودن آنتی اکسیدانت‌هایی مانند اسید آسکوربیک و تیول‌ها عوامل بازدارنده در فرآیند زرد شدن کاغذها به واسطه‌ی مهار نمودن رادیکال‌های آزاد در ترکیب آن کاغذها محسوب می‌شوند. هر دو گروه اسید آسکوربیک و تیول‌ها از قبیل تیوگلیسرول $\text{HSCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ به سهولت قادرند که اکسیده شوند؛ اعتقاد بر این است که رادیکال‌های تنظیف شده در فرآیند زرد شدن نوری به عنوان هیدروژن‌های دهنده نیز درگیری و نقش دارند (9). به طور کلی، روش‌های بازدارنده‌ی مکانیسم زرد شدن کاغذها، بر اساس این موارد مطرح می‌شوند: اصلاح ترکیبات رنگ‌ساز اولیه در ساختار لیگنین با استفاده از عوامل سفیدکننده شیمیایی، اصلاح ساختار مولکول‌های لیگنین به منظور پیشگیری از تشکیل واسطه‌های مولکولی رادیکال آزاد و سرانجام نیز از میان بردن ساختارهای مولکولی زرد رنگ (رنگ‌سازها)، حاصل از حضور محصولات (مانند 0-کوئینون‌ها) به واسطه‌ی عوامل سفیدکننده است.

۶- سایر عوامل رنگ‌ساز موجود در کاغذ

در اینجا حضور کمپلکس‌های آلی-فلزی یا ترکیبات ارگانومتالیک (شامل فنوکسیدها با کاتیون‌های فلزی واسطه مانند Al^{+3} , Fe^{+3} , Fe^{+2} , Cu^{+2} و Mn^{+2})، مواد استخراجی با ساختارهای پلی‌فنل غیرلیگنین، اسیدهای رزینی با پیوندهای دوگانه‌ی مزدوج، ترکیبات رنگ‌ساز حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌ها (به خصوص قارچ‌ها) بر روی سلولز و نیز رنگ‌سازهای مرتبط با سیستم تغییر رنگ موضعی و موسوم به «فاکسینگ» در کاغذها، مطرح هستند (16). همچنین لازم به ذکر است که سایر اجزای شیمیایی و متغیر موجود در کاغذها شامل رنگینه‌ها، پیگمانت‌ها (رنگدانه‌ها)، یون‌های فلزی و دیگر مواد افزودنی، قادرند که در قالب عوامل فتوسنتز کننده نیز با جذب کوانتومی نور و انتقال انرژی برانگیختگی آن به همراه اکسیژن رفتار کنند و در مقابل نیز اکسیژن و H_2O_2 (حاصل از

فعالیت O_2 و رطوبت)، به صورت فعال می‌تواند تا زنجیره‌های سلولزی را به ترکیبات مولکولی رنگ‌ساز، اکسیده کنند (33, 34).

۷- رنگ‌بری (سفید کردن) حفاظتی

رنگ‌بری شیمیایی نوعی اقدام درمانی به روش شیمیایی برای آثار کاغذی مانند کتب کمیاب، اسناد تاریخی، نقشه‌ها و سایر مواد آرشیوی به منظور حذف و از بین بردن تغییرات رنگی ناخواسته و لکه‌ها در این نوع آثار است. از طرفی هم کاربرد مواد شیمیایی سفیدکننده برای این آثار می‌تواند عامل مخرب محسوب شود؛ در هر حال استفاده از مواد سفیدکننده بایستی به عنوان آخرین راه‌حل برای حذف و تغییر ساختار ترکیبات رنگ‌سازی که عامل تغییر رنگ در کاغذها هستند نیز در نظر گرفته شوند. همچنین این امکان وجود دارد که مواد سفیدکننده بر روی جوهرهای رنگی نیز تأثیرات منفی و مخربی ایجاد نماید. لذا برای استفاده از روش‌های رنگ‌بری، مادامی که از شستشو با آب مقطر صرف نظر شده است نیز توصیه نمی‌شود.

۸- شستشوی کاغذ

شستشو با آب قلیایی شده به واسطه‌ی هیدروکسید کلسیم $Ca(OH)_2$ و تمرکز و ایجاد ذخیره‌ی قلیایی ناشی از حضور یون Ca^{+2} ، امکان اصلاح و حذف بخشی از تغییرات رنگی را به سهولت فراهم می‌سازد (35, 38). نتایج مطالعات با استفاده از ابزار کروماتوگرافی ژل تراوا نشان می‌دهند که با حذف یون‌های Ca^{+2} و Mg^{+2} بر اثر شستشوی کاغذها با آب دیونیزه شده (مقطر)، به تنهایی موجب تسریع و افزایش فرآیند تنزل و تخریب مصنوعات کاغذی خواهند شد (39, 40). کاربرد الکل (پس از بررسی تأثیرات آن بر روی جوهر و رنگ‌های موجود در اثر) به جهت افزایش میزان خواص تر شونده‌ی کاغذها، در شرایط شستشو پیشنهاد شده است (36). طبیعت و ماهیت نوع رنگ، خواص اسیدی و محلولیت در آب محصولات تخریب، بستگی به ترکیب ساختاری و نوع آن کاغذهای مورد درمان دارد. به طور خاص و برای مثال، کاغذهایی با محتوای غنی از لیگنین، با شستشو نیز محلول‌های رنگی قابل توجهی ایجاد می‌کند (37). از آنجا که فقط بخشی از مواد اسیدی قابل حل در آب، امکان خروج و حذف آن‌ها به روش شستشو وجود دارد نیز ضروری است که به دنبال آن، شرایط اسیدزدایی آبی با $Ca(OH)_2$ و $Mg(HCO_3)_2$ در نظر گرفته شوند (36, 41). میزان اثربخشی و جذب یون‌های Ca^{+2} و Mg^{+2} در ساختار کاغذهای مختلف که با محلول‌های $Ca(OH)_2$ ، $Ca(HCO_3)_2$ یا $Mg(HCO_3)_2$ شستشو داده شده‌اند از طریق روش‌های دستگاهی میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (42). نتایج نشان می‌دهند که افزایش میزان نفوذ و جذب یون‌های Ca^{+2} و Mg^{+2} ، به مراتب با افزایش حضور مقادیر لیگنین، pH و غلظت محلول و نیز با میزان اکسایش الیاف سلولزی در کاغذها، متناسب و مرتبط است.

۹- مقدمه‌ای بر شیمی رنگبری

کاربرد رنگبری شیمیایی زمانی جایز خواهد بود که فرآیند شستشو با آب مقطر نیز در کاهش میزان تغییرات رنگی (زردی) موجود در آن اثر کاغذی به حد کافی رضایت‌بخش نیست. روش‌های موجود برای رنگبری حفاظتی به طور مشخص شامل همان روش‌های رنگبری صنعتی که شیمی سفید کردن آن کاملاً مشخص و شناخته شده است (50, 43). از دیدگاه یک حفاظتگر، رنگبری حفاظتی شامل اصلاح ساختار ترکیبات رنگ‌ساز از طریق هر کدام از فرآیندهای اکسایش و یا کاهش، از بین بردن کامل این رنگ‌سازها و یا از بین بردن تأثیرات اکسوکرومی آنها است (16). ارزیابی میزان تأثیرگذاری یک فرآیند رنگبری (حفاظتی و یا صنعتی)، معمولاً به روش اندازه‌گیری کمیت تغییرات در بازتاب و روشنایی کاغذهای تیمار شده (نسبت به نمونه‌های شاهد) در طول موج‌های خاص (اغلب ۴۵۷ نانومتر) و از طریق انجام آزمون‌های دستگاهی ویژه برای رنگ‌سنجی نیز امکان‌پذیر است. از طرفی پس از انجام عمل رنگبری، میزان بازگشت‌پذیری تغییرات رنگی موسوم به روشنایی و تغییر رنگ، واجد اهمیت است و می‌تواند با ایجاد شرایط آسیب اکسایشی برای الیاف کاغذ نیز همراه و مرتبط باشد (51).

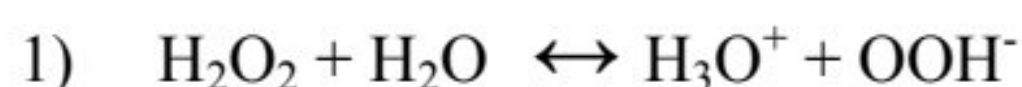
نکته‌ی بسیار مهم اینکه همواره پیش از هر اقدامی بایستی میزان خسارات احتمالی به الیاف سلولزی، مورد نظر حفاظتگر کاغذ قرار گرفته باشد. به طور کلی، سفیدکننده‌های اکسایش (اکسیدکننده) منجر به ایجاد برخی از شرایط اکسایش برای الیاف سلولزی می‌شوند. نتایج برخی آزمایش‌ها بر روی لینترهای پنبه سلولزی و تعدادی از سفیدکننده‌ها نشان می‌دهند که پراکسید هیدروژن تثبیت شده، کمترین خسارات تخریبی و شرایط تجزیه‌پذیر را برای الیاف سلولزی ایجاد می‌کند و این در حالی است که محلول‌های هیپوکلریت (با $\text{pH}=7$ و یا کمتر)، بیشترین آسیب را به همراه دارند (52). از طرفی سفیدکننده‌های کاهشی (کاهش‌دهنده) به ایجاد آسیب‌های کمتر بر روی سلولزها مشکوک هستند (51). مطالعات در زمینه رنگبری حفاظتی، فرآیندهای عملی و آزمون‌های تجربی با جزئیات نیز در منابع مختلف در دسترس است (51-56, 16). مقاله حاضر نیز بر روی شیمی مربوط به رنگبری کاغذ متمرکز است.

۹-۱- رنگ‌برهای اکسایشی

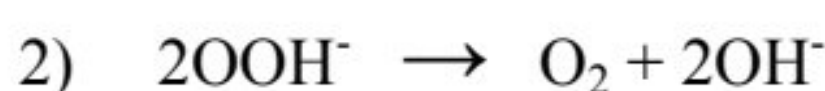
موارد زیادی از گذشته به عنوان سفیدکننده‌های اکسایشی برای امور حفاظتی همواره مورد نظر قرار گرفته است؛ از جمله دی اکسید کلر، هیپوکلرید کلسیم و سدیم، پرکسید هیدروژن، کلرآمین T، پرمنگنات پتاسیم، پربورات سدیم، کلریت سدیم، نور (طبیعی و مصنوعی) هستند (53-56). در این مقاله تنها مواردی از سفیدکننده‌ها مطرح و بررسی می‌شوند که کاربرد معمول در حفاظت آثار کاغذی دارند؛ که شامل؛ پراکسید هیدروژن، هیپوکلریت قلیایی، دی اکسید کلر و نور.

(۱) پراکسید هیدروژن / H_2O_2 (آب اکسیژنه): موفق‌ترین و مؤثرترین فرآیندهای رنگبری حفاظتی با استفاده از آب اکسیژنه در غلظت‌های ۵/۰-۳/۰ درصد و با pH در محدوده‌ی ۸-۱۰ مطرح

است (51). معیار تعیین غلظت و pH آب اکسیژنه به صورت حقیقی بستگی به طبیعت کاغذ مورد نظر دارد. مطالعات سینتیک اخیر (جنبشی شیمیایی) بر روی محلول‌های پراکسید هیدروژن قلیایی آبی نشان داده است که اکسیژن به صورت مجرد و رادیکال‌های آزاد شامل HO[•]، HOO[•] و O[•] نیز در مکانیسم رنگبری نقش و دخالتی ندارند (57)؛ لذا در عوض نیز عامل اصلی در فرآیند شیمیایی رنگبری، ناشی از حضور فعال و تأثیر متقابل آنیون OOH⁻ حاصل از یونیزاسیون H₂O₂ است:



ثابت یونیزاسیون اسیدی برای پراکسید هیدروژن بسیار پایین است ($K_a = 2 \times 10^{-12}$)؛ در نتیجه محلول H₂O₂ به جهت افزایش غلظت آنیون OOH⁻ نیز بایستی به صورت قلیایی آماده‌سازی شود؛ در غیر این صورت هیچ اقدام رنگبری قابل ملاحظه‌ای به انجام نخواهد رسید (43). در عین حال pH این محلول نبایستی از ۱۱ بالاتر شود چرا که در این شرایط، آنیون پرهیدروکسیل یا OOH⁻ نیز مطابق با فرمول زیر تجزیه خواهد شد:



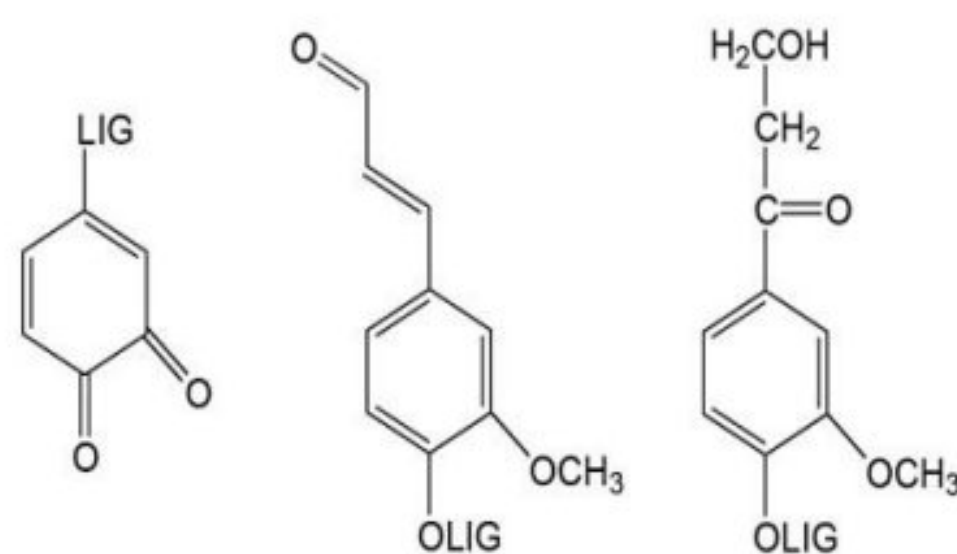
همان‌طور که تجزیه پراکسید توسط فلزات واسطه (به‌خصوص Fe⁺³، Mn⁺² و Cu⁺²) که ممکن است در کاغذ وجود داشته باشند نیز کاتالیز می‌شود؛ در این صورت سولفات منیزیم و سیلیکات سدیم به طور معمول به محلول رنگبری H₂O₂ اضافه می‌شوند؛ لذا با تولید یک ترکیب کلوئیدی Mg(OH)₂ و MgSiO₃ نیز کاتیون‌های فلزی مربوطه جذب این ترکیب می‌شوند (51، 43)؛ همچنین از طرفی هم حضور یون سیلیکات موجب تسهیل در نفوذ یون OOH⁻ در بین الیاف سلولزی کاغذ می‌شود. اگر محلول رنگبری فوق همچنان به طور کامل تثبیت نشده است (به علت حضور زیاد فلزات واسطه)، کاربرد یک عامل کلیت‌ساز (تشکیل کمپلکس فلزی چند قسمتی یا چنددندانه‌ای) همچون EDTA به عنوان تیمار مکمل برای حذف و خارج‌سازی یون‌های باقی‌مانده ضروری است؛ و در نهایت برای دستیابی به یک pH مطلوب، یک سیستم بافر کننده در این شرایط بایستی افزوده شود. تخریب و آسیب‌پذیری برای سلولز، همی سلولز و لیگنین در شرایط رنگبری با پراکسید هیدروژن بسیار محدود و اندک است (51، 43). خاصیت بازگشت رنگی به واسطه این محلول آهسته و اما پیوسته است، در حالی که حتی برای کاغذهای غنی از لیگنین، پراکسید هیدروژن یا همان آب اکسیژنه ویژگی‌های بسیار مطلوب‌تری را نسبت به سفیدکننده‌های کلردار (مورد استفاده در واکنش‌های کلرزی برای لیگنین) نیز دارا است.

پراکسید هیدروژن یکی از معدود سفیدکننده‌هایی است که می‌تواند مورد استفاده برای کاغذهای غنی از لیگنین (مبتنی بر خمیر چوب) قرار بگیرد (51). مطالعات اخیر بر روی رنگبری کاغذهای خمیر پربازدهی مکانیکی با H₂O₂ قلیایی نشان می‌دهد که رنگ‌سازهای مهم لیگنین (نمایش داده شده در شکل ۲) و موجود در کاغذ، در عمل رنگبری می‌شوند. به طور خاص، ترکیبات رنگ‌ساز مزدوج کوئینون و کانیفرآلدئید که در حالت عادی طول موج‌های بین ۳۶۰-۴۶۰ نانومتر را جذب می‌کند نیز تحت این تیمار و متقابلاً با اکسید شدن این رنگ‌سازها در شرایط

رنگبری، توان جذب طول موج‌ها به کمتر از ۳۰۰ نانومتر تغییر پیدا می‌کند (12). علاوه بر این، گروه‌های آروماتیک کربونیل به واسطه‌ی مقادیر زیادی از پراکسید هیدروژن قلیایی اکسیده می‌شوند. مطالعات پیشین بر روی کاغذهای لیگنین‌دار (غنی از لیگنین)، طرح‌های واکنشی را ارائه داده‌اند و نشان‌دهنده این هستند که به موجب اکسایش گروه‌های آلفاکربونیل و سیستم‌های مزدوج شده به واسطه‌ی واکنش با H_2O_2 نیز گروه‌های کربوکسیل تولید می‌شود (16). از آنجایی که رنگ‌سازهای ثانویه پس از تیمار با پراکسید هیدروژن، احتمال بازگشت به حالات اولیه‌ی تغییر رنگ در آن‌ها وجود دارد نیز متعاقب این تیمار، شرایط رنگبری با یک عامل کاهنده توصیه می‌شود (58, 16).

لازم به ذکر است که بازده مطلوب برای رنگبری متناسب با میزان pH و غلظت آنیون OOH^- نیز متغیر است. با توجه به غلظت و میزان pH محلول پراکسید هیدروژن، بایستی یک حد تعادل و تناسب بین این دو به جهت حذف ترکیبات رنگ‌ساز ناخواسته و از طرفی اجتناب از هرگونه تخریب شیمیایی در ساختار آثار کاغذی نیز تعریف نمود. برگس در

مقاله‌ی خود توصیه می‌کند که ایجاد pH برابر با ۹ و غلظت ۱-۲ درصد برای H_2O_2 مناسب‌ترین وضعیت است و یک قاعده‌ی کلی برای اکثریت آثار کاغذی محسوب می‌شود (51).

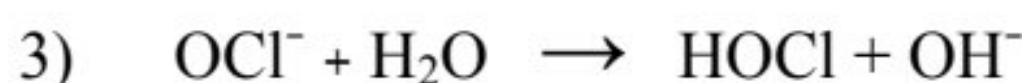


شکل ۲: رنگ‌سازهای لیگنین که تصور می‌شود در زرد شدن کاغذهای لیگنین‌دار نیز مشارکت اصلی را ایفا می‌نمایند. A: اورتوکوئینون B: کانفرآلدئید C: کتون آروماتیک LIG: دنباله و مابقی ساختار مولکول لیگنین.

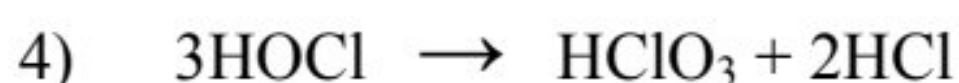
۲) هیپوکلریت قلیایی: محلول‌های سفیدکننده

قلیایی و آماده‌سازی شده با هر یک از $NaOCl$ یا $Ca(OCl)_2$ نیز بایستی به عنوان آخرین راهکار درمانی برای رنگبری کاغذهایی که به شدت رنگ‌دار شده (تغییرات رنگی) در نظر گرفته شود. در حالی که رنگبری با هیپوکلریت‌ها باعث از میان رفتن لکه‌های

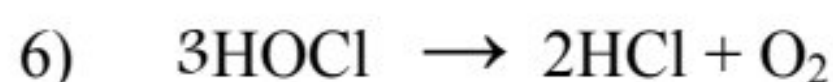
شدیدتر و غیر قابل اغماض مانند لکه‌های قارچ و فاکسینگ بسیار مؤثر است نیز از طرفی هم در جریان این روش رنگبری، تخریب ساختار سلولزی را به همراه خواهد داشت (51-56). واکنش بین هیپوکلریت‌ها و سلولز شامل اکسایش گروه‌های هیدروکسیل موجود بر روی واحدهای انیدروگلوکوز و با تولید گروه‌های آلدئید، کتون و یا کربوکسیل و همچنین از طرفی بریدگی پیوندهای ۱→۴ β -گلیکوزیدی در زنجیره‌های سلولزی نیز است (53-16). برای جلوگیری از چنین آسیب‌هایی برای الیاف سلولزی کاغذ، نبایستی غلظت محلول هیپوکلریت به بیش از ۰/۵ درصد و مدت زمان رنگبری به بیش از ۵ دقیقه فراتر در نظر گرفته شوند (51). علاوه بر این، استفاده از محلول‌های هیپوکلریت برای رنگبری کردن کاغذهای لیگنین‌دار، به جهت تشکیل مشتقات زرد رنگ کلرولیگنین هرگز توصیه نمی‌شود. محلول هیپوکلریت سدیم بایستی به صورت قلیایی شده و در حدود $pH=9$ به جهت ممانعت از آبکافت (هیدرولیز) OCl^- و در مقابل نیز پیشگیری از تشکیل حالت ناپایدار $HOCl$ در نظر گرفته شود:



در محلول‌های اسیدی، فرم‌های HOCl و به صورت تجزیه‌شده‌ی آن به شرح زیر است:



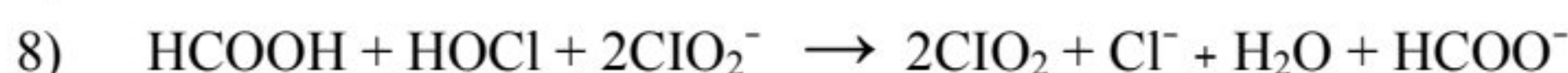
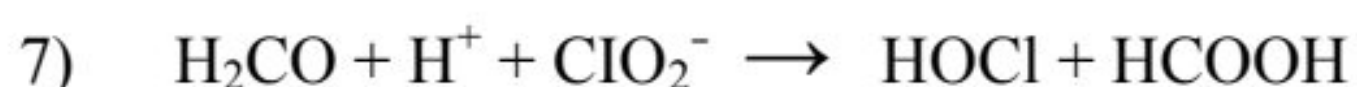
در حضور مقادیر اندکی از کاتیون‌های فلزی، HOCl می‌تواند به اکسیژن آزاد تجزیه شود:



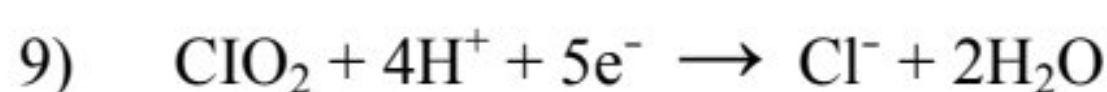
واضح است که اجزای فعال در سفیدکننده‌های هیپوکلریتی، به نسبت میزان pH نیز متغییر و متفاوت است (16, 50): در pH=2 جزء Cl₂ بر محلول غالب است؛ در pH=4-6 جزء HOCl و همچنین در pH < 9، تنها جزء فعال در محلول، OCI⁻ خواهد بود.

برای اکسایش سلولز در محلول‌های قلیایی، گروه‌های کربوکسیل که به سرعت خنثی می‌شوند نیز تولید می‌کند. برای محلول‌های خنثی یا اسیدی، گروه‌های کربونیل تولید می‌شوند که وجود این شرایط موجب مستعد شدن و بازگشت حالات رنگی برای کاغذ تیمار شده خواهد شد (51, 53, 59). برای به حداقل رساندن این بازگشت، فرآیند رنگبری هیپوکلریتی باید به دنبال یک عامل کاهنده مانند NaBH₄ (سدیم تترا هیدروبورات) دنبال شود (58).

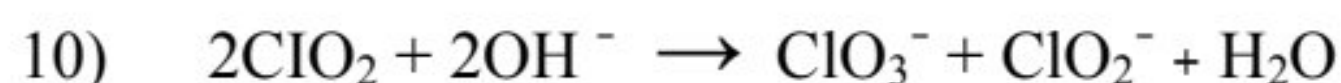
۳) دی اکسید کلر (ClO₂) : از این به دو روش فاز گازی و محلول آبی (۱/۰-۲/۰٪) به عنوان عامل رنگبری استفاده شده است. اغلب این توانایی را دارد که لکه‌های مستحکم‌تر را حذف کند (16, 51, 53-56). این ماده به صورت بدون هشدار انفجار بخصوص در فاز گازی نیز شناخته شده است که در هر صورت بایستی توسط حفاظتگر مربوطه جانب احتیاط کامل برای استفاده در نظر گرفته شود. یک روش نسبتاً بی‌خطر، آماده‌سازی ClO₂ به صورت درجا هست (51, 53, 56)؛ شامل واکنش میان کلریت سدیم و فرمالدهید به شرح زیر مطرح است:



برای اینکه در رنگبری کاغذ pH کمتر از ۷ باقی بماند نیز نبایستی فرآیند اسیدزدایی هرگز قبل از آن انجام شود. همچنین محصولات حاصل از واکنش انجام شده و مطابق با معادله‌ی شماره‌ی ۷، pH محلول در قالب اسیدفرمیک تولید می‌شود؛ نتیجه‌ی افزایش اسیدیته نیز موجب تشکیل ClO₂ مطابق با معادله‌ی شماره‌ی ۸ است. رفتار دی‌اکسید کلر در قالب یک عامل اکسیدکننده در محلول اسیدی و فرآیند کاهش کامل ClO₂ در معادله‌ی شماره‌ی ۹ نشان داده شده است:



نخستین مرحله از تولید در این واکنش کاهش کلی نیز HClO₂، HClO و Cl₂ به عنوان عوامل اکسیدکننده رفتار می‌کنند (62). در محلول‌های قلیایی، ClO₂ نیز مطابق با معادله‌ی نامتناسب شماره‌ی ۱۰، یکی دیگر از دلایل است که روشن می‌کند که چرا نبایستی کاغذها را قبل از مرحله‌ی رنگبری، اسیدزدایی نمود.



دی اکسید کلر در روش‌های مختلف به راحتی و به سرعت با لیگنین واکنش نشان می‌دهد. یک نتیجه مشابه با واکنش کلرزنی (کلریناسیون) مانند تشکیل اورتو و پارا-کوئینون‌های رنگی است (16, 49). از آنجاکه ترکیبات کلردار نمی‌توانند به غیر از قلیای قوی شستشو داده شوند نیز کاغذهای لیگنین‌دار نبایستی با ClO_2 درمان شوند (51, 56). امکان این وجود دارد که تخریب و فرسایش زنجیره‌ی سلولزی رخ بدهد؛ که برای به حداقل رساندن این اتفاق نیز غلظت ClO_2 را می‌توان کمتر از ۲٪ در نظر گرفت (51).

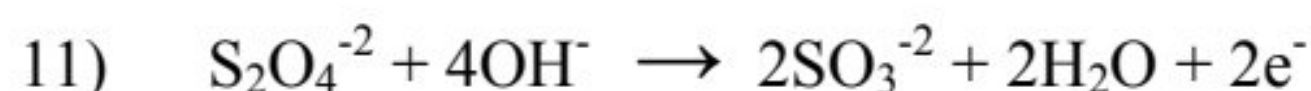
۹-۲- نور: امواج الکترومغناطیس

انجام رنگبری نوری با استفاده از دو روش: با منبع نور طبیعی (نور خورشید) و یا منبع نور مصنوعی در وضعیتی که کاغذ مورد نظر در یکی از محلول‌های قلیایی Ca(OH)_2 و $\text{Mg(HCO}_3)_2$ غوطه‌ور شده باشد نیز مورد نظر قرار می‌گیرد (53, 55, 56). در این روش برای جلوگیری و حذف تأثیرات مضر و مخرب امواج ماورای بنفش از فیلترهای جاذب UV مانند مایلار استفاده می‌شود (63). پلکس گلاس یا لکسان طول موج‌های نوری بین ۴۰۰ تا ۵۵۰ نانومتر را حذف می‌کنند. محلول‌های فوق نیز اکسیژن محلول شده مورد نیاز و ضروری برای ایجاد شرایط فوتواکسیداسیون ترکیبات رنگ‌ساز موجود فراهم و همچنین می‌تواند محصولات اکسیده موجود را در طی این فرآیند رنگبری نوری نیز حذف نمایند. مدت زمان مورد نیاز و مناسب برای رنگبری با نور طبیعی حدود بین ۲ الی ۴ ساعت و برای نورهای مصنوعی بین ۸ الی ۱۰ ساعت توصیه شده است. رنگبری با نور یک روش بسیار ساده که برای حذف بخش زیادی از لکه‌های موجود را مفید در نظر گرفته می‌شود. در هر حال این روش با تمام سادگی بایستی برای درمان کاغذهای لیگنین‌دار اجتناب شود (56).

۹-۳- رنگ‌برهای کاهشی

حفاظت‌گران کاغذ همواره تنها دو نوع ماده‌ی رنگ‌بر کاهشی را در نظر می‌گیرند (51, 56). این دو شامل سدیم دی‌تیونیت (هیدروسولفیت یا هیپوسولفیت، $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) و دیگری نمک‌های بروهیدرید (BH_4) است:

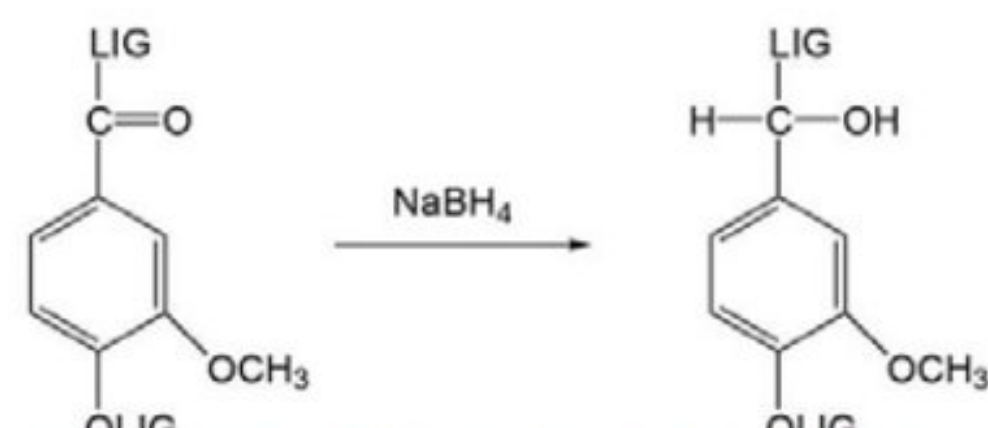
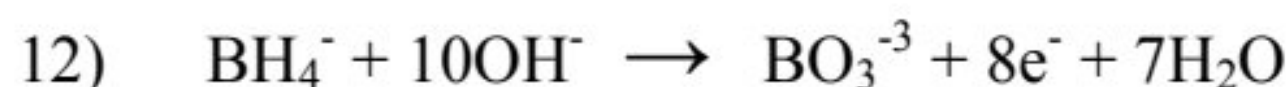
۱) سدیم دی‌تیونیت: روی و سدیم دی‌تیونیت نیز هر یک در عملیات رنگبری خمیرهای کاغذ، جایگاه ویژه‌ی استفاده پیدا نموده‌اند؛ این در حالی است که حفاظت‌گران کاغذ نیز از نمک سدیم دی‌تیونیت به منظور رنگبری حفاظتی کاغذها بهره می‌گیرند (16, 43, 44, 46, 51, 56). یون دی-تیونیت $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ به عنوان یک عامل کاهنده قوی در محلول‌های قلیایی عمل می‌کند (16, 43).



مؤثرترین قدرت کاهندگی یون دی تیونیت در هر دو حالت کاربرد صنعتی خمیر کاغذ چوب و یا رنگبری حفاظتی آثار کاغذی نیز در pH محدوده بین ۶ تا ۷/۵ قرار دارد (56, 44). در ارتباط با موضوع تخریب و فرسایش الیاف سلولزی کاغذ در طول فرآیند رنگبری با حضور یون دی تیونیت گزارش نشده است (64).

عمل رنگبری با $S_2O_4^{2-}$ در مورد خمیرهای چوب عمدتاً شامل کاهش کوئینون‌ها به فنول‌ها است که در نتیجه موجب ایجاد روشنایی و درخشندگی آن خمیر تیمار شده خواهد شد (44). این ترکیبات رنگ‌ساز کاهش یافته پس از مدتی تمایل به بازگشت و زرد شدن مجدد دارند لذا این اتفاق از سوی حفاظت گران در درمان کاغذهای لیگنین‌دار نیز کاملاً به صورت تجربی رؤیت شده است. در نتیجه ایشان کاربرد یون دی تیونیت را تنها در حذف لکه‌های اکسید آهن محدود نمود (56, 51). اخیراً حفاظت گران از محلول‌های خنثی‌شده سیترات با فرمول $Na_2S_2O_4$ برای حذف محصولات خوردگی آهن مربوط به آثار جمع‌آوری شده از تایتانیک استفاده کرده‌اند (65).

۲) بروهیدرید (تتراهیدریدوبورات‌ها): سدیم بروهیدرید، $NaBH_4$ نیز در رنگبری صنعتی خمیرهای مکانیکی (44, 43) و همچنین در سفید کردن (رنگبری) حفاظتی کاغذها استفاده شده است (68-66, 53-56, 51, 16). یون BH_4^- یک عامل قوی کاهنده در محلول‌های قلیایی است:

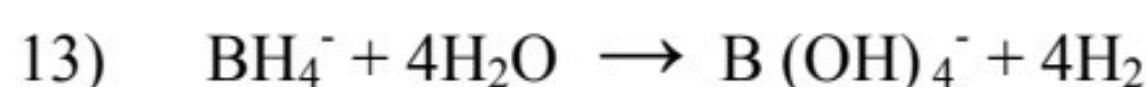


شکل ۳: کاهش گروه‌های کرونیل آروماتیک در مولکول

لیگنین به گروه‌های هیدروکسیل توسط $NaBH_4$.

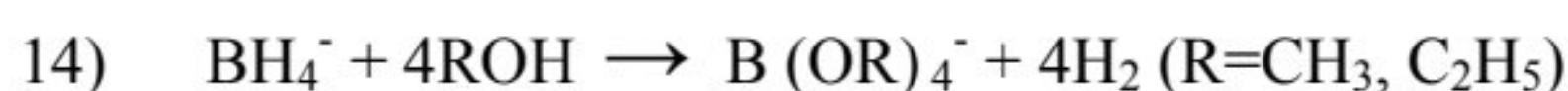
LIG: دنباله و مابقی ساختار مولکول لیگنین.

محلول‌های آبی بروهیدرید را می‌توان در محدوده‌ی ۰/۲-۰/۱ و بافر آن‌ها را در محدوده‌ی pH=9 مورد استفاده قرار داد (51). تجزیه آهسته BH_4^- در محلول نیز می‌تواند یک مشکل و عیب محسوب شود (66):



گاز هیدروژن تکامل یافته در واکنش معادله‌ی شماره‌ی

۱۳ قادر است در الیاف سلولزی نفوذ کرده و موجب آسیب فیزیکی در آن آثار کاغذی مورد درمان شود. بنابراین بسیار واجد اهمیت است که فرصت داده شود تا تکامل هیدروژن پیش از غوطه‌ور نمودن اثر کاغذی کاملاً فروکش کند؛ همچنین معادل آن نیز کاربرد نمک‌های تترا متیل آمونیوم $(CH_3)_4NBH_4$ و تترا اتیل آمونیوم $(C_2H_5)_4NBH_4$ در کار حفاظت است؛ درحالی‌که میزان کمتری از عمل تجزیه در این روش مشاهده شده است (51). علاوه بر این، نمک‌های BH_4^- ممکن است در CH_3OH و یا نوع کمتر سمی C_2H_5OH حل شوند. تجزیه‌ی یون BH_4^- در الکل‌ها به میزان آهسته-تری اتفاق می‌افتد:



غیراسیدی بودن اثر کاغذی قبل از انجام رنگبری حفاظتی، به جهت حذف اسید در آن و نیز میزان سرعت تجزیه یون BH_4^- بسیار حائز اهمیت است (66):



در نهایت اینکه چنین محلولی همواره بایستی از هرگونه یون‌های فلزی عاری شود که بنابراین، سرعت تجزیه یون بروهیدرید افزایش یابد (66).

مکانیسم رنگبری بروهیدریدها بر روی سلولز شامل کاهش گروه‌های کربونیل به گروه‌های هیدروکسیل است (67, 16)؛ این عمل منجر به افزایش درخشندگی کاغذ تیمار شده خواهد شد. یون BH_4^- با حذف گروه‌های کربونیل موجب تثبیت زنجیرهای سلولزی می‌شود؛ حضور این گروه‌های کربونیل، شرایط پیشرو فرسایش و شکست زنجیرهای سلولزی را فراهم می‌نمایند (67). لذا این بسیار مهم است که کاغذهای تیمار شده تحت عمل رنگبری با بروهیدرید به جهت حذف رسوبات برجای بورات سدیم نیز به طور کامل شسته شوند چرا که این رسوبات در گذر زمان موجب فرسایش قلیایی کاغذها خواهند شد (68).

تأثیر درمانی بروهیدرید بر روی لیگنین، کاهش کوئینون و کتون‌های آروماتیک و در نتیجه افزایش روشنایی در کاغذهای لیگنین‌دار است (43, 16, 15). یک مثال از فرآیند کاهش یک گروه آلفا-کربونیل از مولکول لیگنین در شکل ۳ نمایش داده شده است.

به طور کلی $NaBH_4$ یک عامل سفیدکننده و به عبارتی رنگبر مؤثر برای خمیرهای کاغذ گراندوود (45) و همچنین رنگبری حفاظتی کاغذهای لیگنین‌دار و غیرلیگنین‌دار است (68). از طرفی بخصوص برای حذف و تمیزکاری لکه‌های باقی‌مانده از چسب و نواری چسب در کتب و اسناد قدیمی کاربرد مناسبی دارد (67). با این حال، در استفاده از سفیدکننده بروهیدرید بایستی زمانی که رنگ‌ها و جوهرهای تحریر حضور دارند نیز جانب احتیاط را رعایت کرد؛ تأثیرات pH بالای محلول‌ها، احتمال و امکان جابه‌جایی یا حل شدن ترکیبات رنگی موجود در کاغذهای قدیمی را به همراه خواهد داشت. رنگدانه‌ها قادرند که تجزیه ی محلول‌های $NaBH_4$ و H_2O_2 را سرعت ببخشند و با گسترش میزان تکامل گاز نیز امکان ایجاد آسیب به آثار به وجود آید (69).

۱۰- نتیجه‌گیری

ترکیبات رنگ‌سازی که در زرد شدن کاغذها نقش عمده دارند، شناخته شده هستند. به ویژه کاغذهای لیگنین‌دار که در حضور نور به دلیل ایجاد مکانیسم اکسایش نوری و حضور رادیکال‌های آزاد به آسانی زرد می‌شوند. پژوهش حاضر توسط مؤسسات مرتبط با مراکز خمیر و کاغذ که پیرامون موضوع مهار نمودن رادیکال‌های آزاد و وقفه انداختن در مراحل طی آن زردشدن نوری در کاغذهای لیگنین‌دار اتفاق می‌افتد، در نظر گرفته شده است.

شیمی زرد شدن کاغذ موضوع مورد علاقه‌ی حفاظت‌گرانی است که موظف به انتخاب یک روش مناسب برای رنگبری آثار کاغذی هستند. میزان اثربخشی عوامل رنگبری ترکیبات ساختاری

رنگ‌ساز موجود در آثار کاغذی، امکان ایجاد تخریب‌های فیزیکی و شیمیایی بر ساختار کاغذها منتج از کاربرد رنگ‌برها و نیز معضل برگشت‌پذیری مجدد زردی به کاغذهای تیمار شده نیز از جمله نگرانی‌ها و دغدغه‌های حفاظت‌گران کاغذ است.

در هر حال، دیدگاه کلی در رابطه با رنگبری حفاظتی این است که این اقدام همواره باید به عنوان آخرین راهکار و علاج باقی‌مانده برای حذف ترکیبات رنگ‌ساز به ویژه آن کاهش‌دهنده‌های گروه‌های کربونیل به گروه‌های هیدروکسیل که قادرند گاهی اثرات تثبیت‌کننده بر روی کاغذ داشته باشند نیز در نظر گرفته شود. این در حالی است که انتخاب یک عامل رنگ‌بر بستگی به ماهیت و طبیعت ساختاری کاغذ مورد تیمار دارد. نمک‌های پراکسید هیدروژن و بروهیدرید معمولاً گزینه‌های توصیه شده و ارجح‌تر به ویژه برای کاغذهای لیگنین‌دار هستند.

برای خوانندگان علاقه‌مند به این موضوع نیز دستورالعملی برای سفید کردن روزنامه‌های قدیمی در سایر بخش‌ها (مقالات) از این نشریه در نظر گرفته شده است (70).

سپاسگزاری

نویسنده از همکاری و لطف آقای گوردون لیری (مؤسسه کانادایی پژوهش خمیر و کاغذ^۵) و نیز از خانم کترین فیندلای (مجله علم خمیر و کاغذ^۶) برای استفاده از شکل ۱ در این مقاله بسیار تشکر می‌نماید.

پی‌نوشت‌ها

۱. در این مقاله، واژه انگلیسی "Chromophore"، به معادل فارسی «رنگ‌ساز» ترجمه شده است. همچنین به منظور بهبود انتقال مطلب، سایر معادل‌ها استفاده شده‌اند و شامل: ترکیبات رنگ‌ساز، ساختارهای رنگ‌ساز، ساختارهای مولکولی رنگ‌ساز، مولکول‌های رنگ‌ساز.

2. Damage

۳. زرد-قهوای بودن مولکول‌های لیگنین، ناشی از حضور عوامل رنگی و به عبارتی، ترکیبات رنگ‌ساز اولیه در ساختار شیمیایی است.

۴. اکسوکروم معرف آن گروه‌های استخلاف شده که شدت جذب طول موج‌های تابش نوری را تغییر و افزایش می‌دهند.

5. Paprican

6. J. Pulp Paper Sci.

منابع

1. Carter, H. A. J. Chem. Educ. (1989). 66, 883-886.
2. Daniels, V. Paper Conserv. (1988). 12, 93-100.
3. Carlton, A. M. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York; Chapter 9-6.
4. Gurnagul, N.; Howard, R. C.; Zou, X.; Uesaka, T.; Page, D. H. J. (1993). Pulp Paper Sci. 19(4), J160-J166.
5. Page, D. H. (1994). Pulp Paper Can., 95(2), 10-12.
6. Leary, G. J.; Zou, X. (1994). Proceedings ASTM Institute for Standards Research: Workshop on the Effects of Aging on Printing and Writing Papers, 2nd ed.; ASTM Headquarters: Philadelphia, PA; pp 86-101.
7. Page, D. H. (1994). Proceedings ASTM Institute for Standards Research: Workshop on the Effects of Aging on Printing and Writing Papers, 2nd ed.; ASTM Headquarters: Philadelphia, PA; pp 41-49.
8. Williamson, P. N. Can. (1993). Chem. News, 45(9), 13-16.
9. Leary, G. J. J. (1994). Pulp Paper Sci., 20(6), J154-J160.
10. Heitner, C. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 1.
11. Schmidt, J. A.; Goldszmidt, E.; Heitner, C.; Scaiano, J. C.; Berinstain, A. B.; Johnston, L. J. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 9.
12. Holah, D. G.; Heitner, C. J. (1992). Pulp Paper Sci., 18(5), J161-J165.
13. Schmidt, J. A.; Berinstain, A. B.; de Rege, F.; Heitner, C.; Johnston, L. J.; Scaiano, J. C. (1991). Can. J. Chem., 69, 104-107.
14. Berinstain, A. B.; Whittlesey, M. K.; Scaiano, J. C. Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds. (1993). American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 8.
15. Schmidt, J. A.; Heitner, C. (1991). J. Wood Chem. Technol., 11, 397-418.
16. D'urovič, M.; Zelinger, J. (1993). Restaurator, 14, 78-101.
17. Hon D. N.-S. (1981). Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value; Williams, J. C., Ed.; American Chemical Society: Washington, DC; Vol.2, Chapter 10.
18. Wilson, J. D.; Hamilton, J. K. (1986). J. Chem. Educ., 63, 49-53.
19. Campbell, J. A. (1986). J. Chem. Educ., 63, 420-421.
20. Albeck, M.; Ben-Bassat, A.; Lewin, M. (1965). Textile Res. J., 35, 935-942.
21. Lewin, M. (1965). Textile Res. J., 35, 979-986.
22. Janes, R. L. (1969). The Pulping of Wood, 2nd ed.; MacDonald, R. G.; Franklin, J. N., Eds.; McGraw-Hill: New York; Chapter 2.
23. Carraher, C. E.; Seymour, R. B. (1988). J. Chem. Educ., 65, 314-318.
24. Sarkanen, K. V. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York; Chapter 1-4.
25. Agarwal, U. P.; Atalla, R. H. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 2.
26. Heitner, C. (1994). Proceedings ASTM Institute for Standards Research: Workshop on the Effects of Aging on Printing and Writing Papers, 2nd ed.; ASTM Headquarters: Philadelphia, PA; pp 72-85.
27. Wan, J. K. S.; Shkrob, I. A.; Depew, M. C. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 7.
28. Scaiano, J. C.; Berinstain, A. B.; Whittlesey, M. K.; Malenfant, P. R. L.; Bensimon, C. (1993). Chem. Mater. 5, 700-704.
29. Schmidt, J. A.; Berinstain, A. B.; de Rege, F.; Heitner, C.; Johnston, L. J.; Scaiano, J. C. (1991). Can. J. Chem. 69, 104-107.

30. Heitner, C. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, Chapter 15.
31. Cole, B. J. W.; Huth, S. P.; Runnels, P. S. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, Chapter 16.
32. Scaiano, J. C.; Whittlesey, M. K.; Berinstein, A. B.; Malenfant, P. R. L.; Schuler, R. H. (1994). Chem. Mater. 6. 836-843.
33. Buschle-Diller, G.; Zeronian, S. H. (1993). Photochemistry of Lignocellulosic Materials; Heitner, C.; Scaiano, J. C., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, Chapter 14.
34. Atalla, R. H. (1994). Proceedings ASTM Institute for Standards Research: Workshop on the Effects of Aging on Printing and Writing Papers, 2nd ed.; ASTM Headquarters: Philadelphia, PA, pp 50-58.
35. Tang, L. C. (1981). Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value; Williams, J. C., Ed.; American Chemical Society: Washington, DC, Vol. 2, Chapter 7.
36. Hey, M. (1979). Paper Conserv., 4, 66-79.
37. Lienardy, A.; van Damme, P. (1990). Paper Conserv. 14, 23-30.
38. Tang, L. C.; Jones, N. M. J. (1979). Am. Inst. Conserv. 18(2), 61-81.
39. Burgess, H. D. (1982). Preprints of the 9th International Congress of the International Institute of Conservation; International Institute of Conservation: Washington, DC. pp 85-88.
40. Burgess, H. D. (1986). Historic Textiles and Paper Materials: Conservation and Characterization; Needles, H. L.; Zeronian, S. H., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC. Chapter 20.
41. Wilson, W. K.; Golding, R. A.; McClaren, R. H.; Gear, J. L. (1981). Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value; Williams, J. C., Ed.; American Chemical Society: Washington, DC, Vol. 2, Chapter 8.
42. Burgess, H. D.; Boronyak-Szaplonczay, A. (1992). The Institute of Paper Conservation Conference Papers; Fairbrass, S., Ed.; Institute of Paper Conservation: Manchester. 264-272.
43. Kraft, F. (1969). The Pulping of Wood, 2nd ed.; MacDonald, R. G.; Franklin, J. N., Eds.; McGraw-Hill: New York. Chapter 11.
44. Armstrong, A. D. (1969). The Pulping of Wood, 2nd ed.; MacDonald, R. G.; Franklin, J. N., Eds.; McGraw-Hill: New York, Chapter 5.
45. Fennell, F. L. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York, Chapter 4-7.
46. Kise, M. A.; Barton, R. W. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York. Chapter 4-6.
47. Singh, R. P. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York. Chapter 4-1.
48. Meller, A.; Britt, K. W.; Singh, R. P. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York, Chapter 4-2.
49. Rapson, W. H. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York, Chapter 4-4.
50. Larsen, L. E. (1970). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2nd ed.; Britt, K. W., Ed.; Van Nostrand Reinhold: New York. Chapter 4-3.
51. Burgess, H. D. J. (1988). Int. Inst. Conserv.- CG 13, 11-26.
52. Burgess, H. D.; Hanlan, J. F. J. (1979). Int. Inst. Conserv.- CG 4(2), 15-22.
53. Lienardy, A.; van Damme, P. (1988). Restaurator 9, 178-198.
54. Hey, M. (1977). Paper Conserv. 2, 10-23.
55. Hofmann, C.; van der Reyden, D.; Baker, M. (1991). The 1991 Book and Paper Group Annual; American Institute for Conservation: Washington, DC. pp 109-127.
56. Burgess, H. D.; van der Reyden, D.; Keyes, K. (1989). Paper Conservation Catalogue; American Institute of Conservation: Washington, DC. Chapter 19.

57. Thompson, K. M.; Griffith, W. P.; Spiro, M. (1992). *J. Chem. Soc. Chem.* 1600-1601.
58. Burgess, H. D. (1987). *Proceedings of International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*; Petherbridge, G., Ed.; Butterworths: London,; pp 57-70.
59. Rapson, W. H.; Anderson, C. B.; Magued, A. (1990). *Paper Preservation: Current Issues and Recent Developments*; Luner, P., Ed.; TAPPI: Washington, DC. pp 58-62.
60. Carter, H. A. (1970). Ph.D. Thesis, University of British Columbia.
61. Gordon, G.; Kieffer, R. G.; Rosenblatt, D. H. (1972). *Progress in Inorganic Chemistry*; Lippard, S. J., Ed.; Wiley: New York. Vol. 15, pp 201-286.
62. Shriver, D. E.; Atkins, P. W.; Langford, C. H. (1994). *Inorganic Chemistry*, 2nd ed.; Freeman: New York. pp B10-B11.
63. Carter, H. A. (1990). *J. Chem. Educ.*, 67, 3-7.
64. Voelker, M. H. (1979). *The Bleaching of Pulp*; Singh, R. P., Ed.; TAPPI: Atlanta. 337-356.
65. Freemantle, M. (1994). *Chem. Eng. News* 72(42), 49-52.
66. Burgess, H. D. (1981). *ICOM Committee for Conservation, 6th Triennial Meeting, Ottawa*; ICOM: Paris,; No. 81 14/12, pp 1-15.
67. Burgess, H. D. (1980). *Preprints of the 1980 International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*; Institute of Paper Conservation: Cambridge,; pp 447-452.
68. Tang, L. C. (1986). *Historic Textile and Paper Materials: Conservation & Characteristics*; Needles, H. L.; Zeronian, S. H., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC,; Chapter 24.
69. Pascoe, M. W.; Skinner, C. (1994). *Conservation of Historic and Artistic Works on Paper*; Burgess, H. D., Ed.; Canadian Conservation Institute: Ottawa, Canada,; pp 209-213.
70. Carter, H. A. (1995). *J. Chem. Educ.* Pp 72, 651.



فرهنگ اصطلاحات عکاسی و فنی تصویربرداری واریختگی بازتابشی^۱

بهروز جلوداریان بیدگلی^۱، مهدی رازانی^۲

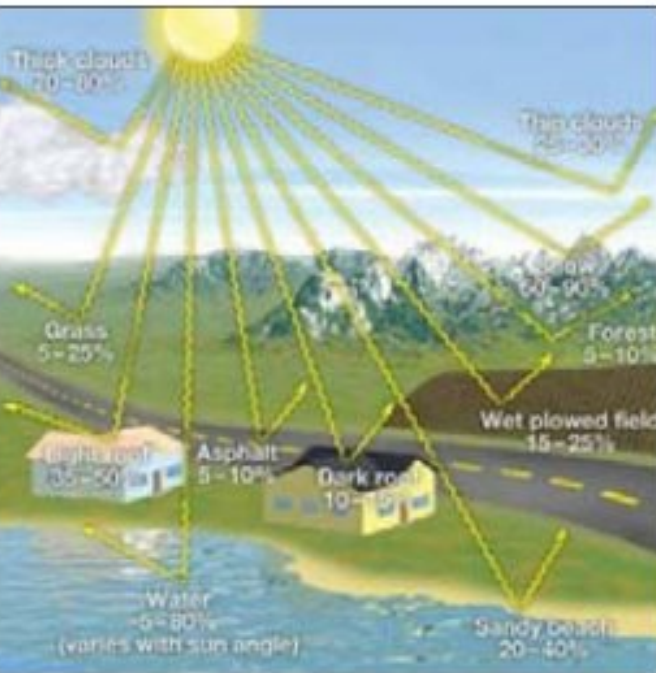
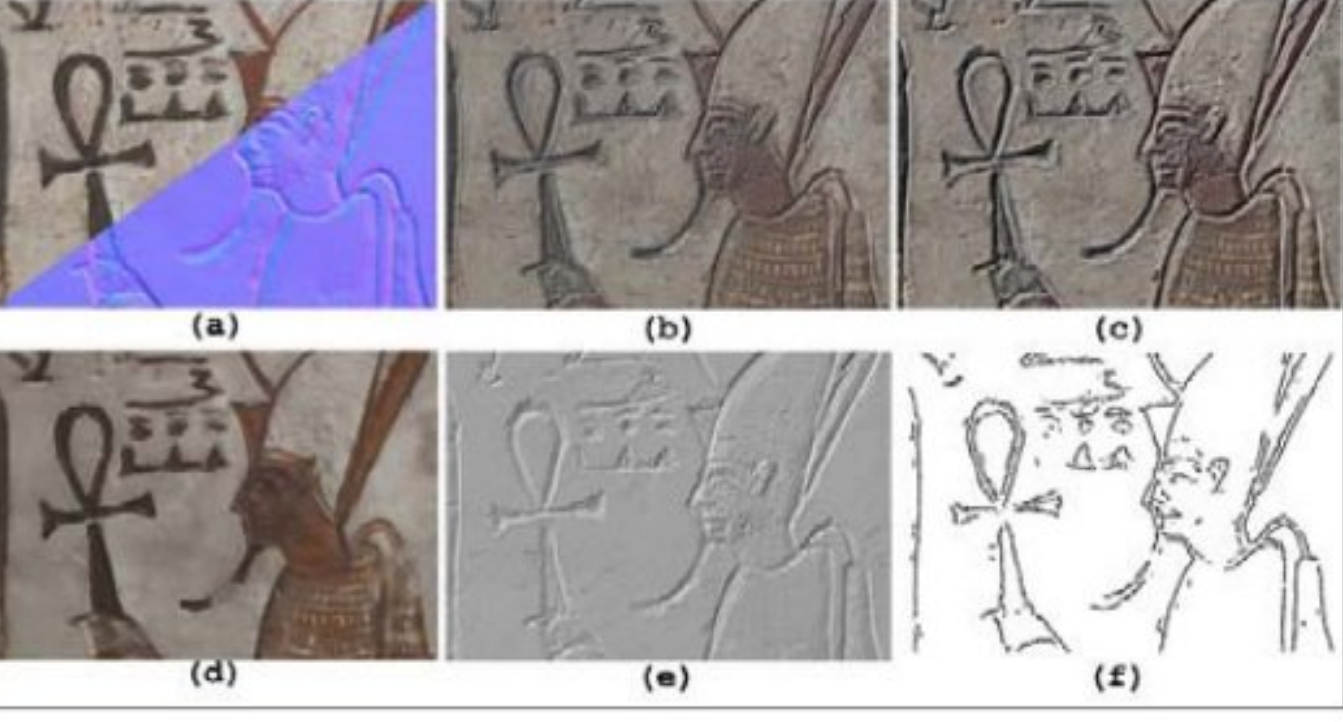
^۱ کارشناس مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

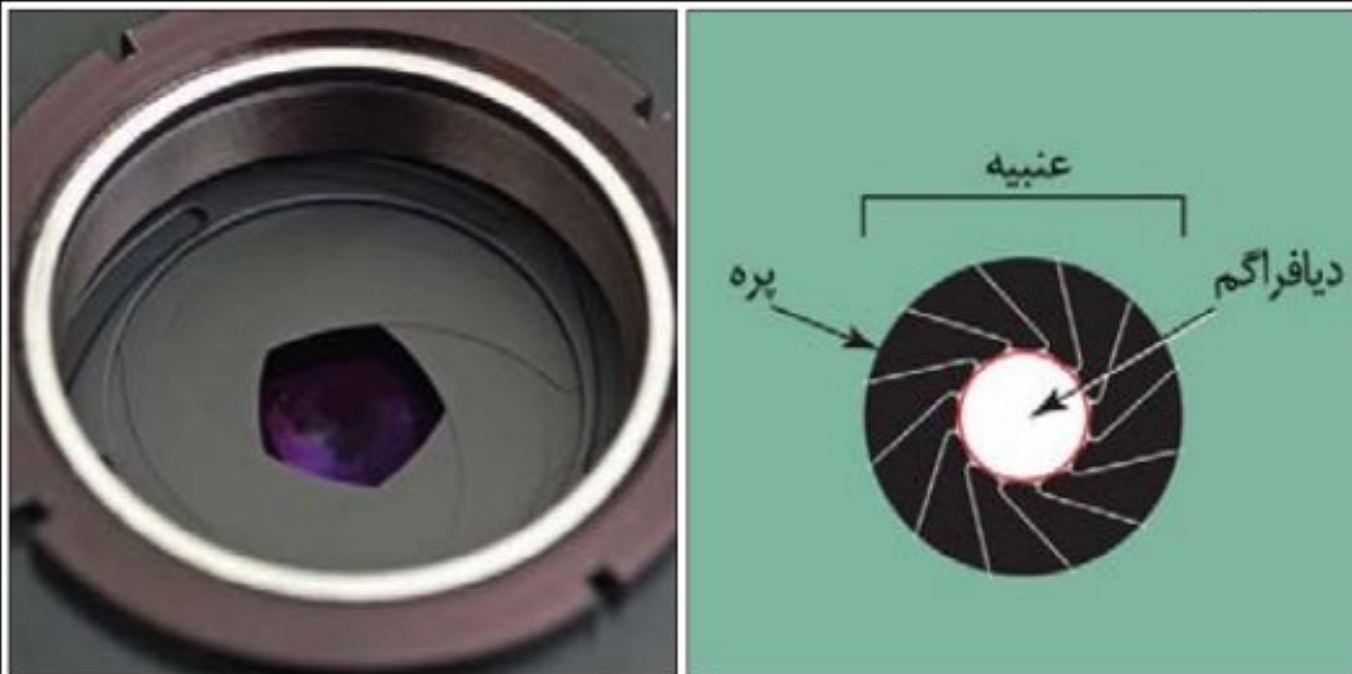
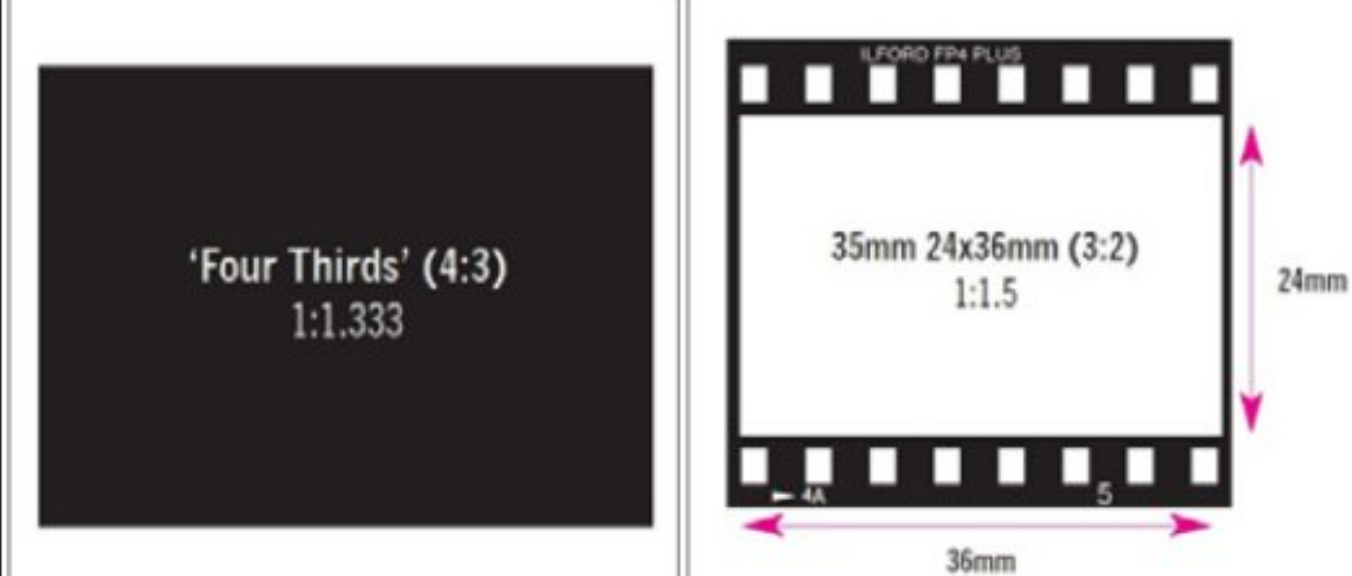
^۲ عضو هیئت علمی گروه مرمت آثار تاریخی و فرهنگی، مرکز تحقیقات مرمت بناها و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز
(ارتباط با مسئول مکاتبات: Jelodarian.b@gmail.com)

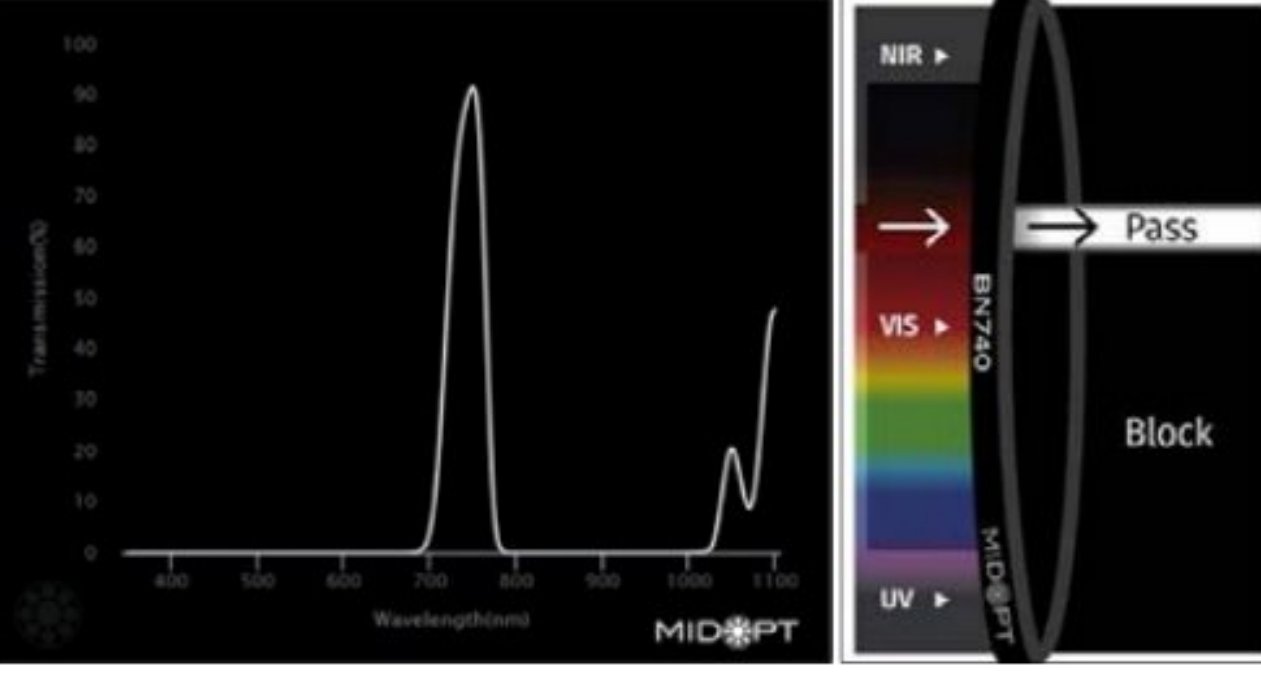
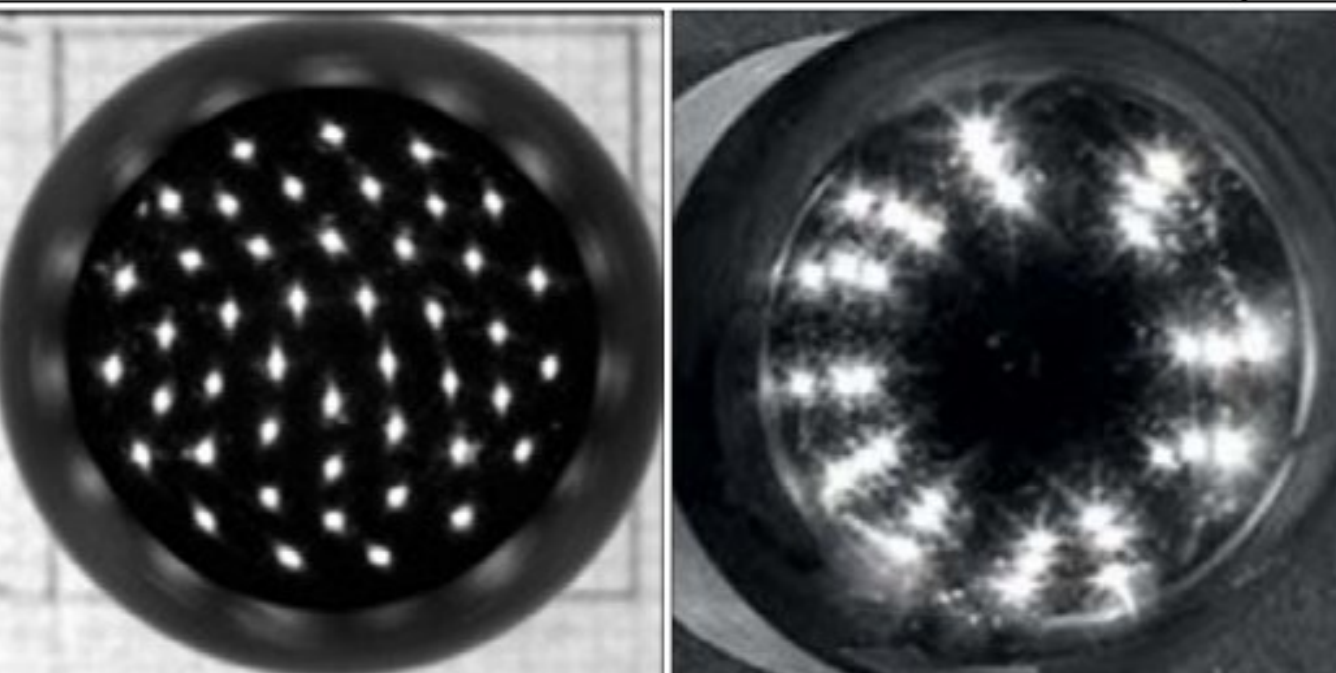
پیش‌درآمد

تصویربرداری واریختگی بازتابشی با شکل جدیدی از نمود داده‌ی تصویری به کمک داده‌های ریاضی و گرافیک رایانه‌ای منجر به بازنمایی بافت و رنگ تمام پیکسل‌ها می‌شود و داده‌ی دوبعدی را تولید می‌کند که حاوی داده‌های سه‌بعدی است. کارکرد این روش بدین گونه است که دوربین با وضعیت ثابت و عمود بر سوژه قرار گرفته و تصاویری با نورهای مایل و زوایای مشخص، گرفته می‌شود. داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار آر تی آی بیلدر (RTIBuilder) با اعمال الگوریتم‌های تعریف شده خروجی را حاصل می‌شود که با نرم‌افزار آر تی آی ویوئر (RTIViewer) قابل مشاهده بوده و به شکل پویا می‌توان حالت‌های پرداختی را برای آن تعریف کرد تا بهترین نتیجه در بازنمود داده حاصل گردد. نسخه‌ی اولیه روش تصویربرداری واریختگی بازتابشی (RTI) با نام نقشه‌برداری چندفرای بازتاب (PTM) توسط مالزبندر (Malzbender)، گلب (Gelb) و ولترز (Wolters) در آزمایشگاه هیولت-پاکارد (Hewlett-Packard) ابداع شد و در کنفرانس سیگراف (Siggraph) سال ۲۰۰۱ ارائه شد. نخستین بار برای خوانش کتیبه‌های نئو سومری ۴۰۰۰ ساله و تندیس آیینی ۳۰۰۰ ساله مصری از این روش کمک گرفته شد. در سال‌های اخیر بهبود عملکرد و ترکیب این روش خود به تنهایی و یا ترکیب با دیگر روش‌های تصویربرداری در شناسایی آسیب‌ها، فن‌شناسی و شناخت آثار هنری مؤثر بوده است. این روش با توجه به امکانات سخت‌افزاری محدود و در دسترس مورد نیاز و همچنین امکانات نرم‌افزاری رایگان و با دسترسی آزاد در تکمیل فرآیند مستندنگاری آثار تاریخی-فرهنگی ضمن آشکارسازی قسمت‌هایی که در زیر بررسی تجربی قابل مشاهده نیست درک از بافت سطح شی را نیز بالاتر می‌برد. مقاله حاضر تلاش موسسه خصوصی تصویربرداری میراث فرهنگی (CHI) در جمع‌آوری واژگان تخصصی این روش برای درک مفاهیم کاربردی در استفاده از آن است. به واسطه شناخت محدود این روش در جهت درک بهتر واژگان، تصاویری در متن و توضیحاتی در پی‌نوشت اضافه شده است.

واژگان کلیدی: تصویربرداری واریختگی بازتابشی (RTI)، عکاسی، فرهنگ اصطلاحات، مستندنگاری، اشیای تاریخی-فرهنگی

A	
Absolute Resolution	وضوح / قدرت تفکیک مطلق
 6000 pixel × 4000 pixel = 24 MP	وضوح / قدرت تفکیک تصویر یک حسگر که به شکل پیکسل‌های افقی بر عمودی نشان داده می‌شود. برای مثال ۱۶۰۰ در ۱۲۰۰ پیکسل. وضوح مطلق همچنین به شکل وضوح ۲.۱ مگاپیکسلی نیز می‌تواند نمایش داده شود که نشان‌گر وجود بیش از ۲ میلیون پیکسل روی حسگر است.
Adobe Camera Raw (ACR)	افزونه شرکت ادوبی برای فایل‌های خام‌دوربین
	ابزاری جهت پردازش فایل‌های تصاویر خام (RAW) و به صورت مشخص تبدیل آن‌ها به <u>فرمت دیجیتال نگاتیو (DNG)</u>. فرمت دی ان جی (DNG) یک فرمت آرشیوی است که توسط موسسه تصویربرداری میراث فرهنگی (CHI)^۲ توصیه می‌گردد. این ابزار در نرم‌افزار فتوشاپ و دیگر تولیدات شرکت ادوبی سیستمز^۳ موجود است. 👉 بنگرید به <u>فایل خام‌دوربین</u>.
Albedo	بازتابندگی نسبی / سپیدایی / آلبادو
	عددی که بازتاب پذیری یک سطح در قالب نسبیتی از نور تابیده شده به میزان نور بازتابشی را مشخص می‌کند. مقادیر آن از صفر، برای سطح تاریک مطلق، تا ۱ برای سطح بازتابنده مطلق، یعنی سفید متغیر است. این اصطلاح همچنین به صورت درصدی نیز بیان می‌شود. برای مثال سپیدایی زمین ۳۰-۳۵٪ است. این بدین معناست که ۳۰-۳۵٪ تشعشعات خورشیدی به فضا بازتابیده شده و باقی آن جذب می‌شود.
Algorithmic rendering	پردازش الگوریتمی
	پردازشی محاسباتی از داده‌ی تصویر منبع که منتج به تک عکسی می‌شود که ویژگی‌ها و وجهه‌های خاص در هر عکس را قوت بخشیده یا از بین می‌برد. به همان شکلی که فیلترهای فتوشاپ تغییر شکل‌های سیستماتیک را روی داده‌های رنگ اجرا می‌کنند در پردازش الگوریتمی، یک الگوریتم می‌تواند هم‌زمان تغییر را در رنگ و داده‌های قائم به سطح در یک مجموعه داده‌ی آر تی آی (RTI)^۴ اعمال کرده تا معادل دیجیتالی از ترسیم فنی یا روتوش عکسی

را تهیه کند.	
Aperture	دیفراگم
	از تنظیمات دوربین برای میزان باز ماندن شاتر است که همچنین درجه/ضریب اف نیز به آن گفته می‌شود. دیافراگم کوچک‌تر (عدد ضریب اف بیشتر) اجازه می‌دهد نور کمتری وارد شود که نیازمند زمان نوردهی بیشتر و در نتیجه عمق میدان گسترده‌تر است. موسسه تصویربرداری میراث فرهنگی، تنظیمات دیافراگم ۵.۶ تا ۱۱ را برای ثبت تصاویر با وضوح بالا توصیه می‌کند. همچنین بنگرید به پراش و وضوح تصویر.
Aspect Ratio	نسبت ابعادی
	شکل یا فرمت یک تصویر تولید شده توسط یک دوربین که با نسبت عرض به ارتفاع بیان می‌شود. نسبت ابعادی تصویر در قطع ۳۵ میلی‌متری ۳:۲ (۳ به ۲) است. بیشتر نمایشگرهای رایانه‌ها و دوربین‌های دیجیتال نسبت ابعادی ۴:۳ دارند. همچنین بسیاری از دوربین‌های دیجیتال امکان انتخاب نسبت ابعادی بین ۴:۳، ۲:۳ یا ۱۶:۹ را عرضه می‌کنند.
Automatic Mode	حالت خودکار
	یکی از حالت‌های دوربین است که تنظیمات دوربین به صورت خودکار برای هر نوع عکاسی انجام می‌شود. برای ثبت تصاویر در تصویربرداری واریختگی بازتابشی، بایستی دوربین در حالت دستی قرار داده شود و تنظیمات را شخصاً انجام داد.

B	
Band Pass Filter	فلتر میان گذر
	فیلتری که طیف مشخصی از نور با مقدار طول موج معین را از خود عبور می‌دهد. برای مثال یک فیلتر میان گذر ۵۰ نانومتر در ۸۳۰ نانومتر، ۵۰ نانومتر از نور ۸۰۵ تا ۸۵۵ نانومتر را از خود عبور می‌دهد. این نوع فیلتر در تصویربرداری چند طیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
Blend Map	نقشه ترکیبی
	تصویری ترکیبی که توسط نرم افزار آر تی آی بیلدر موقع استفاده از روش نوربالای تصویربرداری واریختگی بازتابی تولید می‌شود. تصویری که تمام نوربالاهای هر تصویر در مجموعه تصاویر آر تی آی را به صورت ترکیبی بر روی یک کره نشان می‌دهد. نقشه ترکیبی امکان مشاهده پراکندگی نور تابانده شده در یک مجموعه تصاویر آر تی آی را فراهم می‌آورد.
BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function)	تابع توزیع انعکاس نور در دو جهت
تابعی که چگونگی بازتابش نور از سطح مات را شرح می‌دهد. تابعی نردکی (تابعی عددی) از چهار متغیری که به تابع وارد می‌شوند تشکیل شده است. متغیرهای ورودی شامل دو زاویه نور تابشی و دو زاویه نور گسیلی با جهت مشخص هستند. اساس آر تی آی و پی تی ام به میزان تغییر در دو زاویه اول، ثابت بودن دو زاویه بعدی وابسته است که با جهت دید تعیین می‌شوند. «اولین بار ارائه شده در (Standards & Nicodemus, 1977)»^۵.	
BSSRDF (Bidirectional Scattering-Surface Reflectance Distribution Function)	تابع توزیع انعکاسی سطح پراکنشی در دو جهت
مشخصه‌هایی که چگونگی برهمکنش‌های نور بر یک سطح منعکس کننده را بیان می‌کند. برخلاف تابع توزیع انعکاس نور در دو جهت، مشخصه‌های پراکندگی زیرسطحی توسط دو دسته دیگر از متغیرهای مستقل (افزون بر چهار متغیر به کار برده شده در BRDF) بیان می‌شوند. پراکنش زیرسطح در مواد نیمه شفاف چون مرمر، جایی که نور قبل از خروج از ماده از داخل پراکنش می‌شود، رایج است. به نحوی که دو جفت متغیر اضافی، بر موقعیت نور ورودی و همچنین خروجی سطح منطبق می‌شوند، «اولین بار ارائه شده در (Standards & Nicodemus, 1977)».	

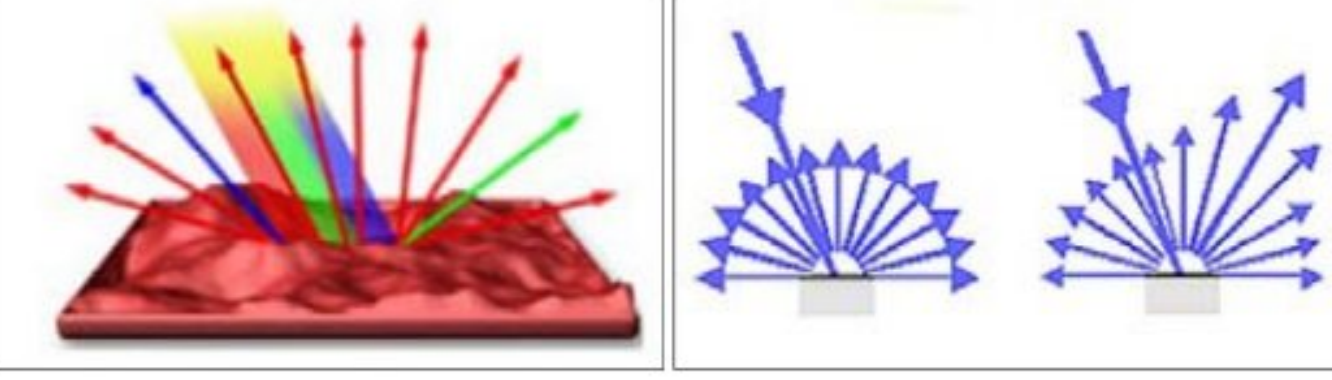
BTF (Bidirectional Texture Function)	تابع دو جهته بافت
تابعی عددی و ۶ متغیره است که مشخصه‌ی تغییرات فضایی از بازتابندگی مواد غیر یکنواخت را با اضافه کردن دو متغیر مستقل به تابع توزیع انعکاسی نور در دو جهت (BRDF) نشان می‌دهد. همچنین می‌توان به این تابع متغیر مستقل طول موج نور که در اندازه‌گیری مورد استفاده است نیز لحاظ شود. «اولین بار ارائه شده در (Dana, van Ginneken, Nayar, & Koenderink, 1999)».	
C	
Camera Raw File	فایل خام دوربین
	فایل خام اختصاصی به‌عنوان یکی از گزینه‌های فایل‌های خروجی در دوربین‌های دیجیتال تولید می‌شود. این فایل شامل اطلاعات تمام پیکسل‌هایی است که توسط حسگر دوربین ثبت شده و هیچ‌گونه پردازش یا فشرده‌سازی بر روی آن انجام نشده است. بایستی برای ثبت بیشتر اطلاعات جهت در اختیار داشتن کنترل کامل بر پردازش، از فایل‌های خام استفاده شود. در هر حال از آنجایی که این فایل‌ها برای هر دوربین اختصاصی هستند^۷ نباید برای آرشیو کردن از آن‌ها استفاده کرد و بایستی به یک فرمت آرشیوی همچون فرمت دیجیتال نگاتیو تبدیل گردد. همچنین بنگرید به افزونه شرکت ادوبی برای فایل‌های خام دوربین.
Camera Positioning for RTI	حالت قرارگیری دوربین برای آر تی آی
	وقتی از روش نوربالا برای ثبت تصاویر در تصویربرداری واریختگی انعکاسی استفاده شود بایستی دوربین همیشه در موقعیت عمود بر شیء/سوژه باشد. موقعیت دوربین به سوژه بستگی دارد؛ اگر سوژه افقی باشد برای مثال دوربین روی میز قرار می‌گیرد و اگر عمودی باشد، روی دیوار بوده یا در حالت ایستاده قرار داده می‌شود. برای یک سوژه‌ی عمودی موقعیت ساده بوده و دوربین بر روی یک سه‌پایه روبروی سوژه قرار می‌گیرد. حال آنکه برای یک سوژه افقی بهتر است یک سر سه‌پایه تویی روی سه‌پایه تعبیه کرده که لنز به سمت پایین نشانه رود. این موضوع باعث ایجاد کمترین سایه شده و تثبیت موقعیت دوربین را ساده‌تر می‌سازد. پایه دوربین و پایه کپی‌ها برای سوژه‌های افقی بسیار کارآمد هستند.

تنظیمات دوربین	Camera Settings
تنظیمات اصلی دوربین شامل <u>دیفراگم</u> لنز و زمان <u>نوردهی</u> است که هر دوی آنها تعیین کننده <u>عمق میدان</u> هستند. دیگر تنظیمات مهم تأثیرگذار بر کیفیت تصویر <u>تراز سفیدی</u> و <u>حساسیت</u> هستند. موقعی که برای آر تی آی تصاویر ثبت می‌شوند بایستی دوربین را در <u>حالت دستی</u> گذاشته و تنظیمات را شخصاً یک‌به‌یک انجام داد.	
پردازشگر ثبت تصویر	Capture Client
نرم‌افزاری که برای <u>ثبت تصویر</u> در روش تصویربرداری واریختگی بازتابشی در عملکرد یک <u>چینش نوری</u> استفاده می‌شود.	
سیداک	CIDOC
 بنگرید به <u>ایکوم-سیداک</u> .	
کارت رنگی	Color Card
 بنگرید به <u>کارت خاکستری</u> .	
دمای رنگ	Color Temperature
مقیاسی خطی برای اندازه‌گیری نور محیط که برای نور گرم (زرد) عدد کم‌تر و برای نور سرد (آبی) عدد بیشتر محاسبه شده است. همچنین بنگرید به <u>تراز سفیدی</u>. واحد آن به درجه کلونین محاسبه شده است؛ به شکلی که برای نور روز (وسط روز) تقریباً ۵۶۰۰ درجه کلونین، برای نور شمع تقریباً ۸۰۰ درجه، لامپ رشته‌ای تقریباً ۲۸۰۰ درجه، لامپ فلاش ۳۲۰۰ تا ۳۴۰۰ درجه و برای آسمان آبی وسط روز تقریباً ۶۰۰۰ درجه کلونین است. (واحد کلونین به احترام فیزیکدان و مهندس لرد کلونین (ویلیام تامسون)^۸ کسی از مقیاس دمایی ترمودینامیکی در سال ۱۸۴۸ سخن به میان آورد، گذاشته شده است).	

منبع نور بر اساس کلونین



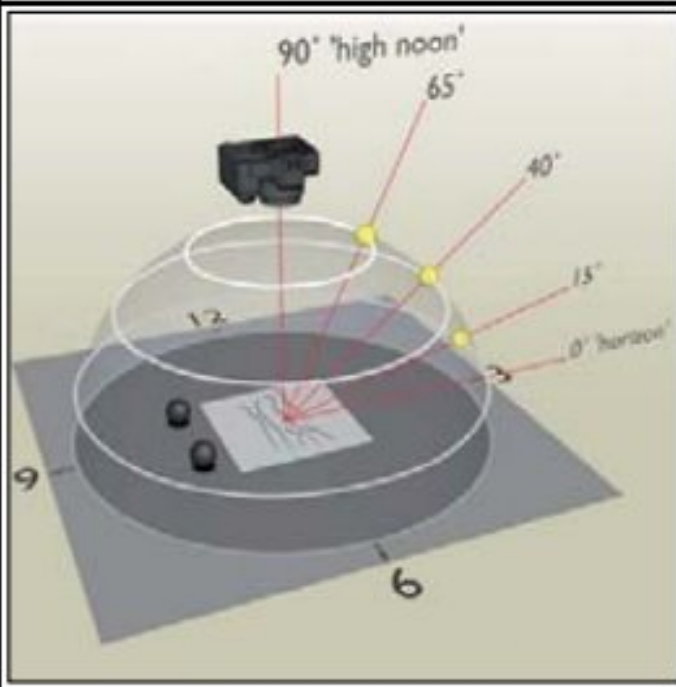
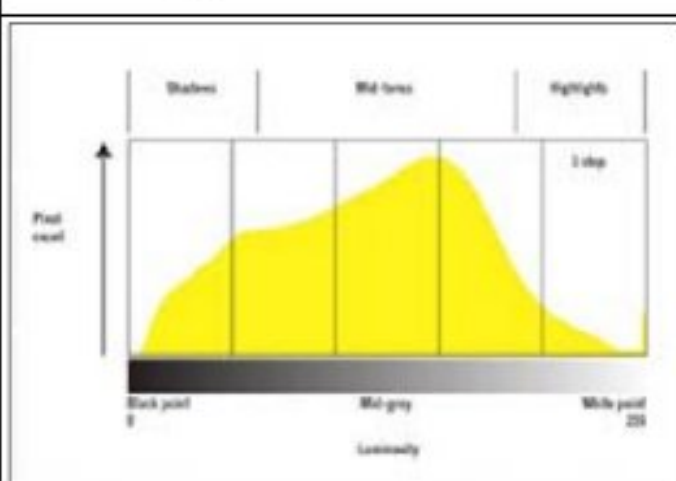
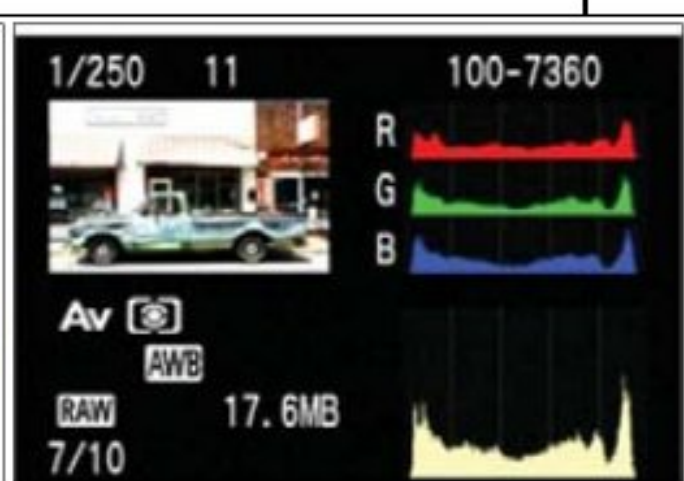
Compression	فشرده سازی ^۹
	روشی برای کاهش حجم یک فایل تصویر دیجیتال، به منظور آزاد کردن ظرفیت ذخیره سازی کارت های حافظه و درایورهای سخت است. روش های فشرده سازی به واسطه پاک کردن جزئیات و رنگ عکس از یکدیگر جدا می شوند. روش های بدون اتلاف داده (Lossless)، داده ی تصویر را بدون پاک کردن جزئیات فشرده می کنند در حالی که روش های با اتلاف (Lossy) تصویر را با پاک کردن برخی جزئیات فشرده می سازند.
Computational photography	عکاسی محاسباتی
	استخراج محاسباتی اطلاعات از یک رشته عکس های دیجیتالی را گویند به نحوی که موارد استخراج شده در بازنمایی دیجیتالی جدید دارای اطلاعات غنی ای هستند که در تصویر اصلی یا یک تک عکس یافت نمی شود، آر تی آی یکی از اشکال مختلف عکاسی محاسباتی است.^{۱۰} برای مطالعه دقیق تر در این باره به این آدرس مراجعه کنید. http://culturalheritageimaging.org/Technologies/
Conceptual Reference Model (CRM)	مدل مفهومی مرجع ^{۱۱}
	<u>ایکوم سیداک</u> این مدل را تعریف کرده است که بیان گر یک <u>هستی شناسی معناشناختی</u> بست پذیر و قاعده مند برای اطلاعات میراث فرهنگی است. این مدل در حال حاضر به عنوان یک استاندارد بین المللی ایزو به شماره (ISO 21127)^{۱۲} به ثبت رسیده است. از آنجایی که این مدل تأیید شده است یک نمودار گرافیکی قابل جست و جو ست که می تواند روابط را در داده ها نشان دهد. برای مثال جست و جویی برای یک نقاشی خاص تنها دستیابی به نقاشی نیست بلکه تفسیرهایی درباره نقاشی، اطلاعات در مورد هنرمند، صاحبان نقاشی و دیگر اطلاعات مرتبط است.
Continuous Light	نور ثابت/پیوسته
	نورپردازی در <u>ثبت تصویر برای تصویربرداری واریختگی بازتابی</u> باید ثابت بوده و از نورپردازی با چراغ چشمک زن یا فلاش استفاده نشود.^{۱۳} نورهای ثابت می تواند به صورت دقیق و سریع به وسط سوژه تابانده شود به شکلی که اگر نوردهی بیشتری نیاز بود احتیاجی به هماهنگ شدن با شاتر نباشد. در فضای داخل ساختمان به علت کنترل مناسب، شرایط کار کردن با نور ثابت راحت تر است. استفاده از این روش چنانکه در فضایی که ژنراتور برق یا پاور بانک همراه خود نداشته باشید باتری هایتان تمام شده کارساز نخواهد بود.

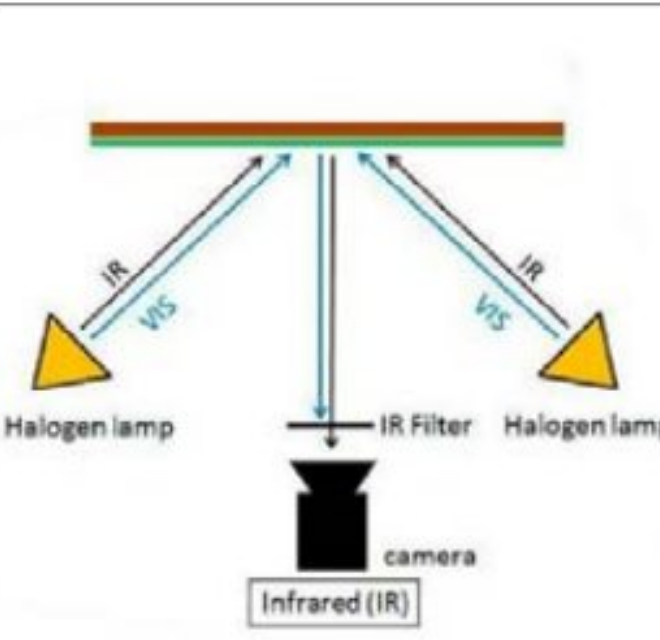
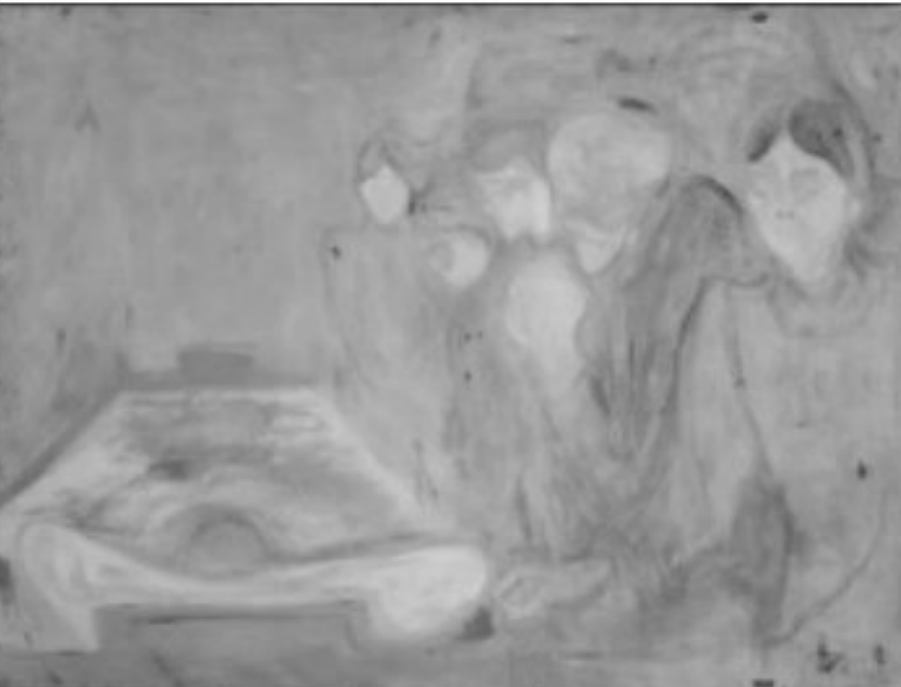
Cut-off Filter	فیلتر مسدودکننده
فیلتری که از عبور نور در یک طول موج خاص جلوگیری کرده و به تمام طول موج‌های پایین‌تر یا بالاتر از آن اجازه عبور می‌دهد. برای مثال یک فیلتر مسدودکننده ۹۰۰ نانومتر تمام طول موج‌های بالاتر از ۹۰۰ نانومتر را از خود عبور داده و طول موج‌های زیر ۹۰۰ نانومتر را سد می‌کند.	
D	
Depth of Field (DoF)	عمق میدان
	فاصله بین نزدیک‌ترین و دورترین سوژه در یک عکس که به‌طور واضح دیده می‌شود. اغلب به عمق میدان وسیع، عمق میدان عمیق یا بالا (Deep focus)، و به عمق میدان محدود، عمق میدان کم (Shallow focus) می‌گویند. یک عمق میدان عمیق حاصل یک <u>دیافراگم</u> کوچک و زمان <u>نوردهی</u> طولانی است که به‌نوعی برای <u>ثبت تصاویر در آرتی‌آی</u> مناسب است.
Diffraction and Image Resolution	پراش و وضوح تصویر
چنانچه <u>دیافراگم</u> کوچک‌تر شود در نتیجه‌ی پراش نور در لنز، وضوح از دست خواهد رفت. هنگامی که دیافراگم کوچکی چون f-22 عمق میدان وسیع‌تری فراهم ساخت، در نتیجه وضوح و توانایی قدرت تفکیک (با واحد جفت خط بر واحد طول (میلیمتر)) از دست می‌رود. به همین دلیل، بستن دیافراگم برای افزایش عمق میدان باید در مقایسه با شفافیت تصویر سنجیده شود.	
Diffuse Gain	[حالت پرداخت] نور پخش‌ی بهبودیافته
	روش بهبود بخشی‌ای که کمک می‌کند جزئیات سطح را با شکل مشخصی ببینیم. در این روش از تصاویر ورودی قائم به سطح را برای هر پیکسل در ارزش محاسبه شده آن به شکل ریاضی نگه داشته، از سوی دیگر به کاربر این اجازه را می‌دهد که کنترلی قراردادی از مشتقات ثانویه تابع بازتابندگی به شکل همکنشی بین کاربر و نرم افزار داشته باشد. این واریختگی باعث می‌شود سطح نسبت به تغییرات جهت-های نورپردازی حساس‌تر باشد. «ارائه شده در (Malzbender, Gelb, & Wolters, 2001)»^{۱۴}.
Diffuse Reflectance	بازتاب پخش‌ی
	هر بازتابی از سطح نسبتاً ناهموار که به شکل قابل‌ملاحظه‌ای نور را در جهات زیادی منکسر می‌کند. بازتابگر پخشنده ایده‌آلی به نام لامبرتی (Lambertian) نور را به‌طور یکنواخت، بدون در

نظر گرفتن جهت نور تابشی گسیل می‌کند. تقریباً از همین نوع سطح می‌توان به کاغذ اشاره کرد. این نوع بازتاب مقابل بازتاب منظم/آینه‌ای است که یک بخش درخشان را در یک جهت برگشت داده و باعث ایجاد نقاط درخشان بازتاب شده (Specular Highlight) می‌شود. بسیاری از مواد دارای هر دو مؤلفه‌ی بازتاب پراکنده و منظم هستند.  همچنین بنگرید به بازتاب منظم/آینه‌ای.	
دفترچه دیجیتال آزمایشگاه	Digital Lab Notebook
اِبر داده ای که باز نمود دیجیتال (همچون یک فایل آر تی آی) را از مبدأ و تاریخچه‌ی کامل پردازش داده را ثبت می‌کند. این سرویس همان کاربرد دفترچه یادداشت آزمایشگاه دانشمندان قبل از عصر دیجیتال را دارد و اجازه می‌دهد پژوهشگران ارزیابی قابل اعتمادی از داده داشته و برای اهداف پژوهش بی‌پروایانه به آن اطمینان داشته باشند. برای کنکاش دقیق‌تر در این باره به این آدرس مراجعه کنید. http://culturalheritageimaging.org/Technologies/Digital_Lab_Notebook	
ساختار مدیریتی برای آر تی آی	Directory Structure for RTI
نرم‌افزار آر تی آی بیلدر یک ساختار پوشه‌ای مشخص همراه با نام‌گذاری قراردادی برای فایل‌های تصویری که برای ساخت یک فایل آر تی آی استفاده می‌شود را لازم دارد. به‌منظور پردازش سلسله تصاویر منتج شده از ثبت تصاویر برای آر تی آی، یک پوشه پروژه باید ساخته شود تصاویر خام دوربین به فرمت دیجیتال نگاتیو تبدیل شده و در یک زیرپوشه به نام "original-capture" ذخیره شوند سپس نسخه جیپگ (JPEG) آن‌ها استخراج شده و در یک زیرپوشه دیگر به نام "jpeg-exports" ذخیره گردند.	
گنبد [نوری]	Dome
 بنگرید به چینش نوری.	
فرمت دیجیتال نگاتیو	Digital Negative (DNG) format
یک فرمت خام تصویر، متن‌باز و با الگوریتم فشرده‌سازی بدون اتلاف داده که توسط شرکت ادوبی بر اساس استاندارد فرمت تیف ساخته شده است. استفاده از این فرمت وضعیت تصویر را حفظ نموده و اسناد ایکس ام پی (پایگاه ابر داده گسترش‌پذیر) از تمام تغییرات (از همان ابتدای تبدیل فرمت خام دوربین به DNG) را فراهم می‌سازد. این فرمت، فرمتی توصیه شده در مراحل کار برای تولید آر تی آی از ثبت تصویر و تبدیل فایل‌های خام به فرمت دیجیتال نگاتیو (DNG) سپس تهیه نسخه کپی با فرمت جیپگ (JPEG) است.	

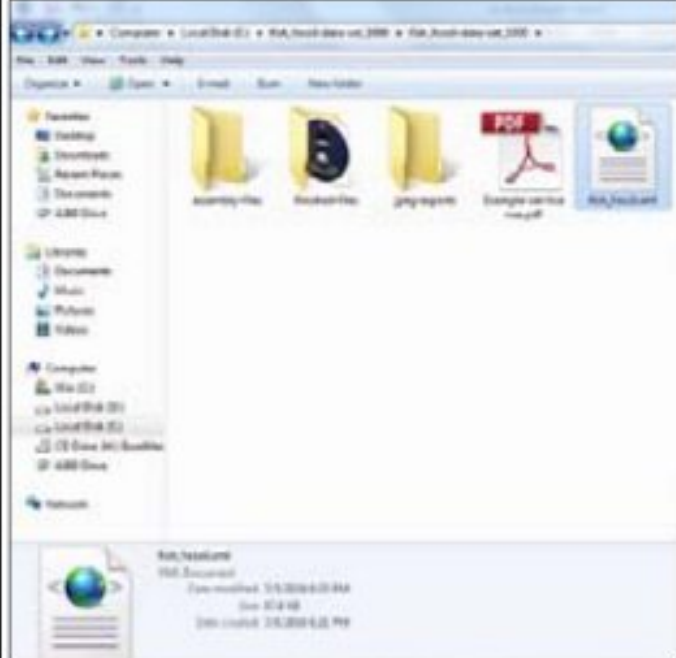
دامنه دینامیک ^{۱۵}	Dynamic Range (DR)
دامنه‌ای روشنایی و تونالیته مجسم شده در یک تصویر عکاسی دیجیتال (یا آنالوگ). محدوده‌ی دینامیکی وسیع بدین معناست که ارزش‌های درجه رنگی/ سایه روشن (و همچنین جزئیات) بیشتر بین تاریک‌ترین و روشن‌ترین نواحی وجود داشته باشد.	
خاستگاه یا اصالت تجربی	Empirical Provenance
تاریخچه پردازش داده‌ی بر پایه تصویر از تصاویر اصلی تا محصول نهایی است. اصطلاحی که توسط کارلا شروئر (Carla Schroer) و مارک ماج (Mark Mudge) از موسسه تصویربرداری میراث فرهنگی برای رفع نگرانی‌های اصالت محققانی که از داده‌ی بر پایه تصویر استفاده می‌کنند، ساخته شد. بنگرید به دفترچه دیجیتال آزمایشگاه .	
نرم‌افزار کاربردی شرکت کانن ^{۱۶}	EOS Utility
 برنامه کنترل دوربین برای دوربین‌های کانن که می‌توان در طول یک ثبت تصویر برای آر تی آی در جهت تنظیم تنظیمات دوربین، ثبت تصویر از طریق رایانه و ذخیره آن در محل ذخیره اقدام نمود	
اگزیف-فایل تصویری مبادله‌پذیر	EXIF (Exchangeable Image File)
 فرمت ایر داده رایج برای اطلاعات مربوط به تصاویر دیجیتال^{۱۷}؛ همچون دوربین، لنز، اطلاعات نوردهی، تاریخ/ زمان و اطلاعات از این قبلی است. به‌طور معمول، دوربین به‌صورت خودکار این داده‌ها جمع کرده و در فایل تصویر می‌گنجاند.	
نوردهی ^{۱۸}	Exposure
 تمامی مقدار نوری که بر روی حسگر دوربین تابیده شده و توسط تنظیمات دوربین کنترل می‌شود. تصاویر کم نور دیده (Under-exposed) و بیش نور دیده (Over-exposed) به‌طور قابل‌اعتمادی نور و جزئیات سوژه را ضبط نمی‌کنند و نباید برای ساخت یک فایل آر تی آی از آن استفاده کرد. برای اطمینان از صحیح بودن تنظیمات بایست از هیستوگرام استفاده گردد تا از تصاویر بیش/ کم نور دیده جلوگیری شود.	

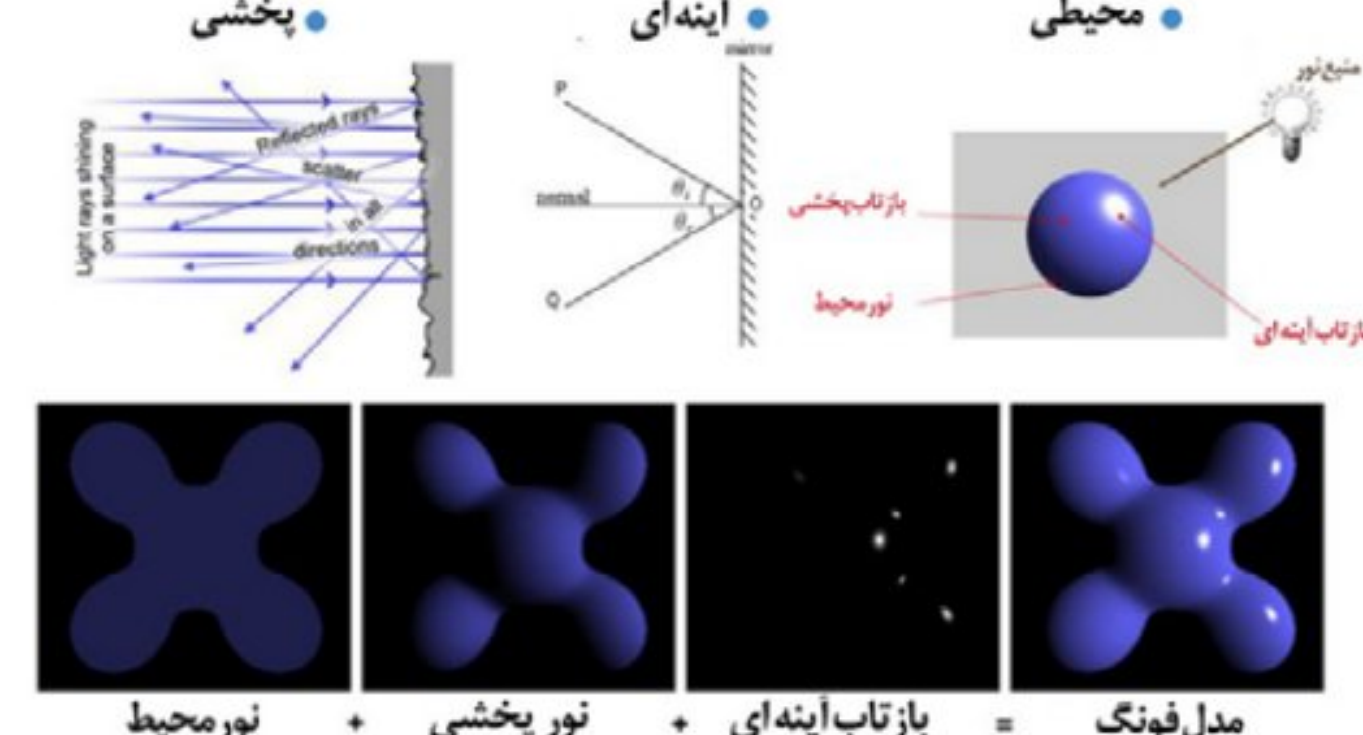
F	
فُرمت فایل	File format
شکلی که یک تصویر در یک حافظه دوربین دیجیتال یا یک رایانه ذخیره شده است. رایج‌ترین فُرمت‌های فایل برای دوربین‌های دیجیتال عبارتند از جیپگ (JPEG)، تیف (TIFF) و راو (RAW) (DNG) یا دیگر فرمت‌های فایل اختصاصی).	
الگوریتم برازش	Fitting algorithm
پردازشی ریاضی در جهت یافتن یک تابع کم پیچیده که بهترین مجموعه مقادیر حساب شده را ارائه نماید. معمولاً به‌منظور برازش تابع (به طور مثال مقدار ۶ برای پی تی ام ها) لازم است کمتر یا مساوی مقادیر حساب شده باشد در غیر این صورت تحت اجبار ارجاع داده شده و بدون ارائه مفروضات بیشتر نمی‌تواند قابل حل باشد. الگوریتم‌های برازش حاضر برای <u>آر تی آر بیلدر</u> شامل الگوریتم <u>نقشه‌برداری چندفرای بافت</u> (ptmfitter) و الگوریتم <u>همانگ‌های نیم‌کروی</u> (hshfitter) است.	
تصویربرداری فلورسانس	Fluorescence Imaging
 بنگرید به عکاسی فرابنفش/انگیخته فلورسانس مرئی.	
درجه/ضریب اف	F-Stop
 بنگرید به دیافراگم.	
G	
کارت خاکستری	Gray Card
 خاکستری درجه متوسط مرجع است که برای اطمینان از صحیح بودن <u>تراز سفیدی</u> در توالی عکس‌ها استفاده می‌شود.	
H	
نقشه نوربالا	Highlight Map
 بنگرید به نقشه ترکیبی.	

Highlight Method	روش نوربالا
 	یک تکنیک ثبت تصویر برای <u>تصویربرداری واریختگی بازتابشی</u> است که در هر تصویر از حداقل دو <u>گوی بازتابشی</u> استفاده می‌شود. بازتاب منبع نور بر روی گوی‌ها، نرم‌افزار پردازش را قادر می‌سازد که زاویه نور هر تصویر را محاسبه کند. این اطلاعات منبع نور در طول ایجاد یک آر تی آی یا تصویر <u>پرداخت شده الگوریتمی</u> مورد استفاده قرار می‌گیرد.
روش نوربالا اجازه می‌دهد شما انعطاف‌پذیری زیادی در اندازه سوژه و موقعیت آن داشته باشید. برای مطالعه دقیق‌تر در این باره به این آدرس مراجعه کنید. http://culturalheritageimaging.org/Downloads	
Histogram	هیستوگرام
 	تجسمی تصویری از مقادیر نوردهی یک تصویر دیجیتال است که به طول معمول به شکل نموداری شامل مناطق پر نور (Highlights)، رنگ‌های متوسط (Midtones) و سایه‌ها (Shadows) به‌عنوان پیک‌هایی عمودی و فرورفتگی‌هایی در امتداد صفحه افقی است. سایه‌ها در بخش سمت چپ، مناطق پر نور در سمت راست و رنگ‌های متوسط قسمت وسط نمودار نشان داده می‌شود.
Hemispherical Harmonics (HSH)	هماهنگ‌های نیم‌کروی
	مدلی از توزیع در سراسر نیم‌کره از جهات مختلف است که در مقابل هماهنگ‌های کروی، مدلی از یک توزیع سراسری در کل جهات ممکن کره قرار دارد. این مدل بازنمایی طبیعی در بررسی قابلیت بازتابندگی سطح مات است که تنها در یک نیم‌کره رخ می‌دهد. در گرافیک رایانه‌ای سه‌بعدی، هماهنگ‌های کروی نقش نورپردازی غیرمستقیم و تشخیص اشیای سه‌بعدی را دارند.
Horizontal capture setup	ثبت افقی
	بنگرید به <u>موقعیت/ حالت دوربین</u>.

I	
ICOM-CIDOC	کمیته‌ی مستندسازی شورای بین‌المللی موزه‌ها - (ایکوم-سیداک)
 	کمیته‌ی مستندسازی شورای بین‌المللی موزه‌ها که روی لازمه‌های مستندسازی و استانداردهای موزه، آرشیوها و ارگان‌های مشابه تمرکز دارد.
Image Capture for RTI	ثبت تصویر برای آر تی آی
	روند ایجاد مجموعه اولیه از تصاویر دیجیتال که به یک فایل آر تی آی منجر می‌شود. باید سلسله‌ای تصویر از سوژه با یک مجموعه زوایای نوری خاص تهیه شود که می‌توان از روش نوربالا و یا یک چینش نوری برای تولید این سلسله تصاویر بهره برد.
Infrared (IR)	مادون قرمز
ناحیه‌ای از طیف الکترومغناطیسی با طول موج طولانی‌تر از نور مرئی است. طیف نور مادون قرمز نامرئی بعد از طیفی که به رنگ قرمز (تقریباً ۷۰۰ نانومتر) دیده می‌شود آغاز شده و تا طول موج ۱ میلی‌متر (که به صورت گرما احساس می‌شود) ادامه می‌یابد.	
Infrared Reflected Photography	عکاسی مادون قرمز انعکاسی
	 روشی که چگونگی جذب، انعکاس یا عبور اشعه مادون قرمز توسط سوژه تصویر را ثبت می‌کند. همچنین بنگرید به تصویربرداری چند طیفی.
ISO	حساسیت / ایزو
از تنظیمات دوربین که حساسیت نور را کنترل می‌کند. ایزو بالا به دوربین این اجازه را می‌دهد تا برای پردازش تصویر از نور کمتری استفاده کند اما با کیفیت کاهش یافته. برای عکاسی آر تی آی حساسیت پایین پیشنهاد می‌شود. همچنین بنگرید به تنظیمات دوربین .	

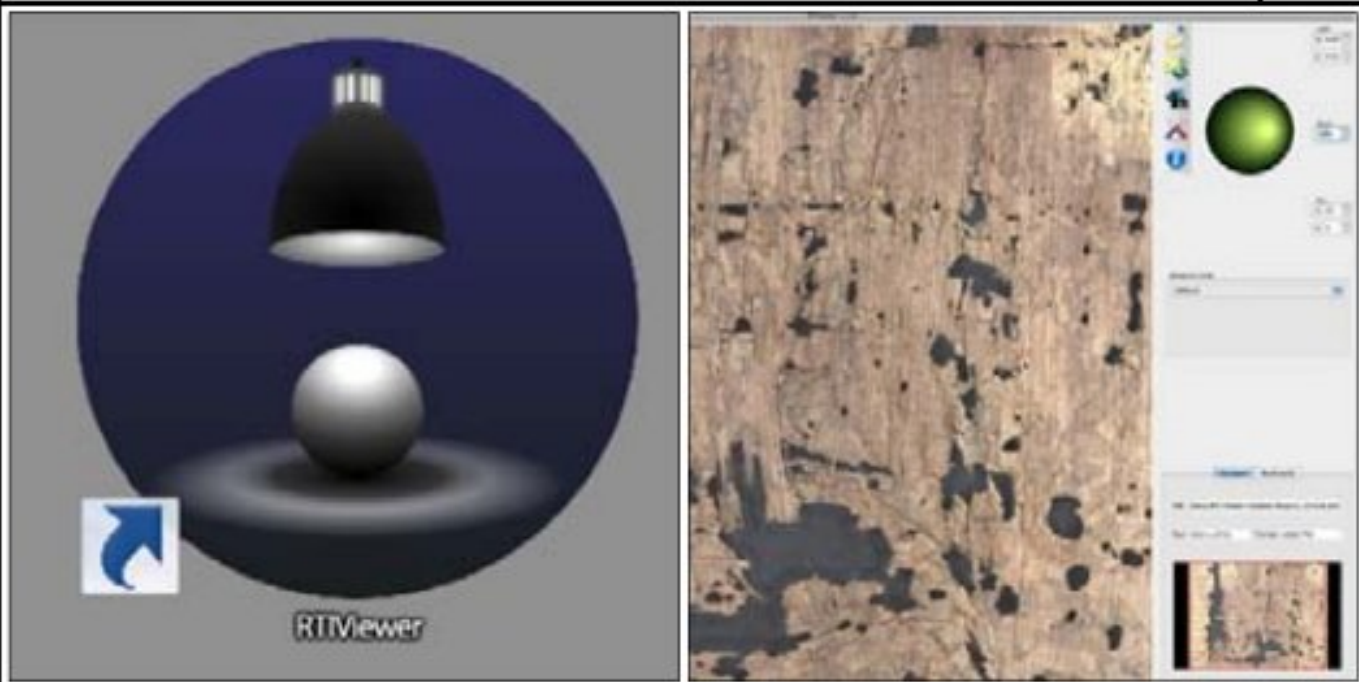
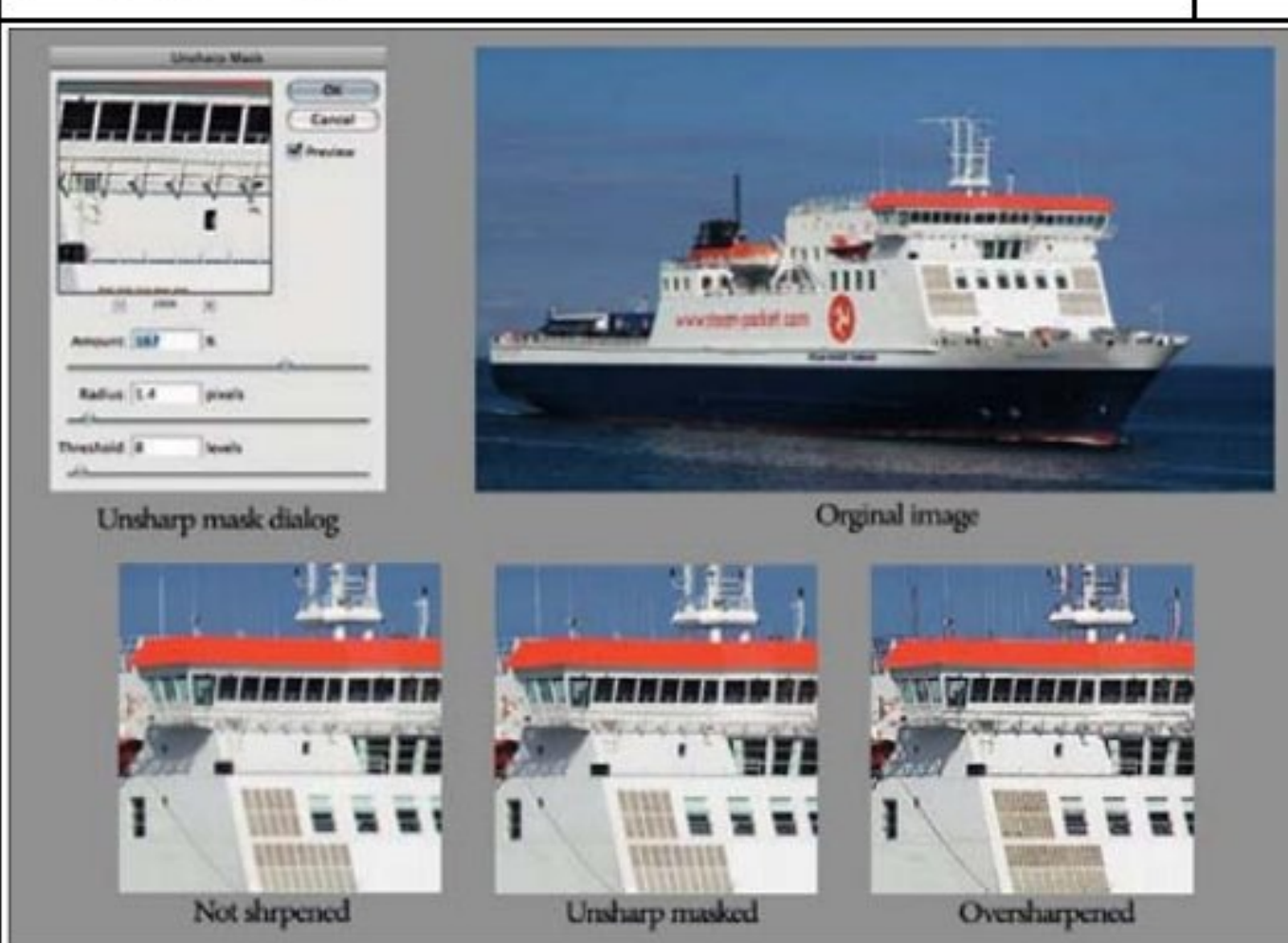
J	
جاوا	Java
زبان رایانه‌ای که برنامه آر تی آی بیلدر بر اساس آن نوشته شده است.	
فُرمَت جِپیگ	JPEG format
فُرمَت با حالت فشرده‌سازی با اتلاف داده که قادر است فایل‌های تصاویر دیجیتال را تا حدود ۵٪ اندازه عادی‌شان کاهش دهد. جِپیگ (JPEG) مخفف کلمات گروه مشترک کارشناسان عکاسی (Joint Photographic Experts Group) است. وافشاری فایل‌های جِپیگ می‌تواند موجب پیکسلی شدن (Pixelization) (قطعه مجزا/ بلوکی شدن Blockiness) یا دنداندار شدن (Jaggies) تصویر شود. در سطوح فشرده‌سازی بالاتر عمل پیکسلی شدن بیشتر اتفاق می‌افتد. یک قدرت تفکیک مطلق بیشتر در تصویر اصلی شانس پیکسلی شدن را کاهش می‌دهد.	
L	
چینش نوری	Light array
 سازافزاری (معمولاً گنبدی شکل) که دسته‌ای از نورهای ثابت شده در موقعیت و زاویه مورد نظر را دارا است. نرم‌افزار کنترل، هر نور را در یک تسلسل ثابت شده به‌منظور تولید سلسله تصاویر لازمه برای تولید یک فایل آر تی آی روشن می‌کند. به دلیل این که هر نور در موقعیت و زاویه‌ی مشخصی قرار دارد، نرم‌افزار می‌تواند از یک نقشه نوری به‌منظور همخوانی هر تصویر به همراه زاویه‌ی نورپردازی اعمال شده برای آن، استفاده کند.	
برونیابی جهت نور	Light Direction Extrapolation
 تکنیک بهبود بخشی‌ای که اجازه می‌دهد نور تیزتر از درک فیزیکی آن باشد. هرگاه توابع بازتابندگی بر اساس تصاویر ورودی مدل شود، می‌توان از مقادیر مؤلفه‌ی جهت نوردهی که به‌صورت فیزیکی در خارج از دامنه‌ی (۱- تا ۱+) درک می‌شوند برای تولید یک برون‌یابی از تابع بازتابی ثبت شده، استفاده کرد. «ارائه شده در (Malzbender, Gelb, & Wolters, 2001)».	
نقشه نوری	Light map
یک فایل رایانه‌ای که زاویه‌ی یک نور در یک چینش نوری که عکس با آن نور گرفته شده را نقشه می‌کند.	

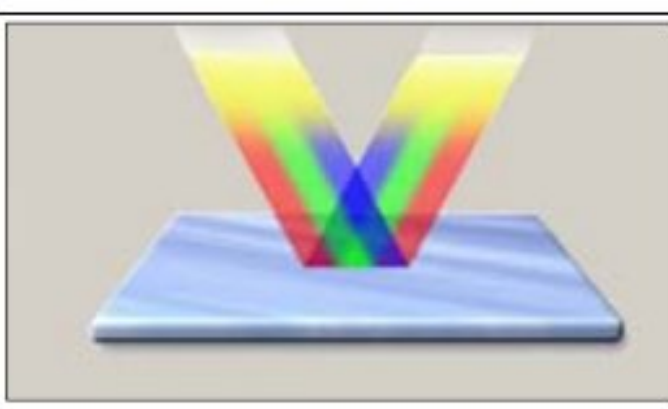
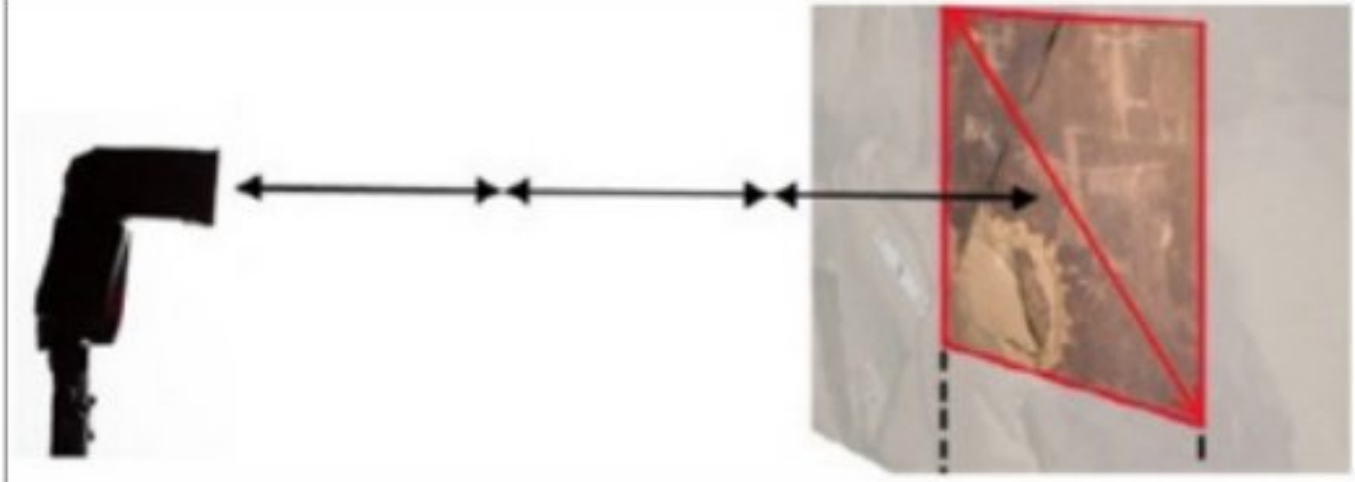
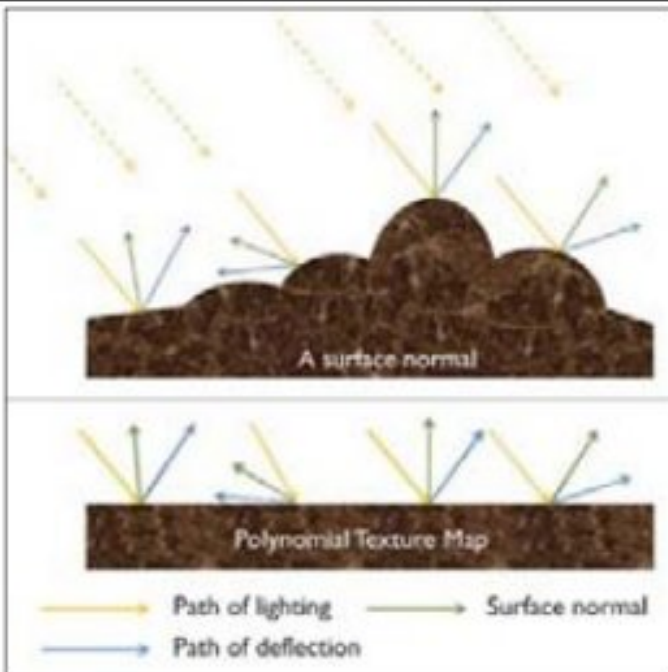
فایل گزارش	Log file
زمانی که از آر تی آی بیلدر برای ساختن فایل آر تی آبی استفاده شود، نرم افزار مراحل پردازش و خوانش آن ها را در فایل گزارشی به نام <i>xml</i> نام پروژه در پوشه اصلی پروژه ذخیره می کند.	 
حالت دستی	Manual mode
حالتی در دوربین که تمام تنظیمات دوربین شخصاً انجام می گردد. بسیاری از دوربین های دیجیتال به صورت پیش فرض به حالت خودکار قرار دارند که هرگز نباید به منظور ثبت تصویر برای آر تی آی از آن استفاده کرد.	
ابرداده	Metadata
برچسب های اطلاعاتی است که به برخی اشکال داده ی دیجیتال پیوست شده و به شرح آن داده می پردازد. این نوع داده ها برای دفترچه دیجیتال آزمایشگاه در جهت ایجاد اصالت تجربی داده ی آر تی آی استفاده می شود. فرمت های رایج ابرداده برای داده ی تصویری شامل اگزیف (EXIF)، تیف (TIFF)، ایکس ام پی (XMP) است. همچنین بنگرید به دفترچه دیجیتال آزمایشگاه.	
تغییر مکان یافته ها	Movers
سلسله تصاویر در آر تی آی یا پرداخت الگوریتمی آنجایی که برخی اتفاقات در مدت ثبت تصویر در تصاویر منحرف شده خود را نشان می دهد^{۱۹}. ابزار تنظیم تصویر جدیدی به نام "Imalign" در دست ساخت است که این تصاویر را تصحیح خواهد نمود.	

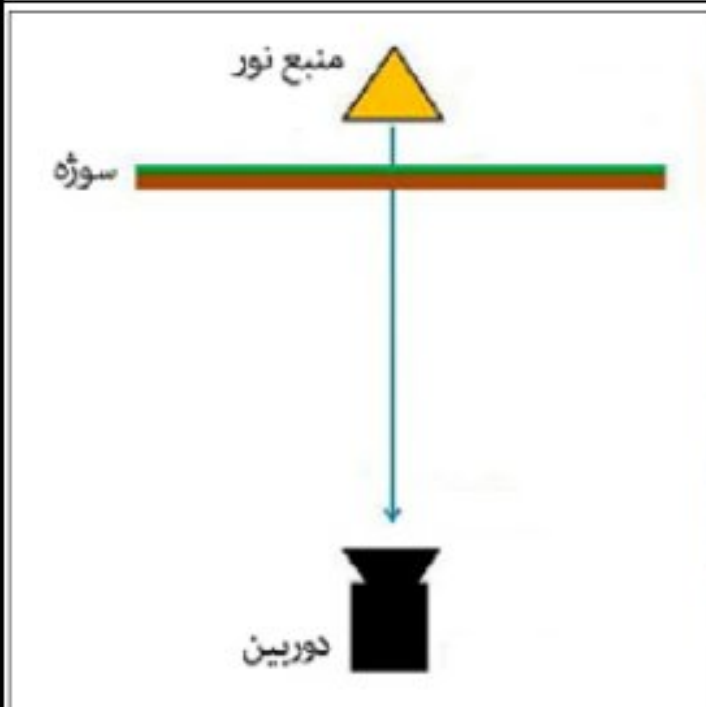
Multi-spectral imaging (MSI)	تصویربرداری چند طیفی
	ثبت تصاویر در نوارهای مختلف طیف‌های الکترومغناطیس شامل <u>فرابنفش</u>، مرئی و <u>مادون قرمز</u> است. لازمه‌ی این تکنیک، حسگر دوربینی است که در طیف‌های مورد نظر توانایی ثبت تصویر در آن طیف بوده و یک منبع نوری که در قسمت‌های مورد نظر طیف الکترومغناطیس را از خود ساطع نماید.
N	
Normal	[بردار] قائم
 بنگرید به <u>قائم به سطح</u>.	
P	
Phong lighting model	مدل نورپردازی فونگ
 پخش‌ی آینه‌ای محیطی Light rays hitting on a surface reflect (REF) scatter directions normal θ_i θ_r θ منبع نور بازتاب پخش‌ی بازتاب آینه‌ای نور محیط مدل فونگ = بازتاب آینه‌ای + نور پخش‌ی + نور محیط	یکی از اولین مدل‌های نورپردازی که در گرافیک‌های رایانه‌ای استفاده شده است. این مدل در نتیجه‌ی پرداخت نور هر سوژه از مجموع بازتابندگی‌های آینه‌ای و بازتاب پخش‌ی یک جهت ساخته می‌شود.^{۲۰}
Photogrammetry	تصویرسنجی/فوتوگرامتری
	تکنیک برداشت اندازه‌ها و بافت که به صورت سه‌بعدی از ۲ یا چندین عکس نقشه‌برداری شده است. در پنج سال گذشته، سهولت استفاده و قدرت تصویرسنجی و پردازش‌های مرتبط به طور چشمگیری افزایش یافته است. برای مطالعه عمیق‌تر در این باره به این آدرس مراجعه کنید.
http://culturalheritageimaging.org/Technologies/	
Polynomial Texture Map (PTM)	نقشه‌برداری چندفرای بافت
اولین نوع تصویربرداری آر تی آی که توسط تام مالزبندر در آزمایشگاه هیولت پاکارد در سال ۲۰۰۱ ابداع شد. برای مشاهده جزئیات به این نشانی مراجعه کنید: http://www.hpl.hp.com/research/ptm/ در حال حاضر یک <u>الگوریتم برازش</u> پی تی ام برای تولید یک <u>فایل آر تی آی</u> در دسترس است.^{۲۱}	

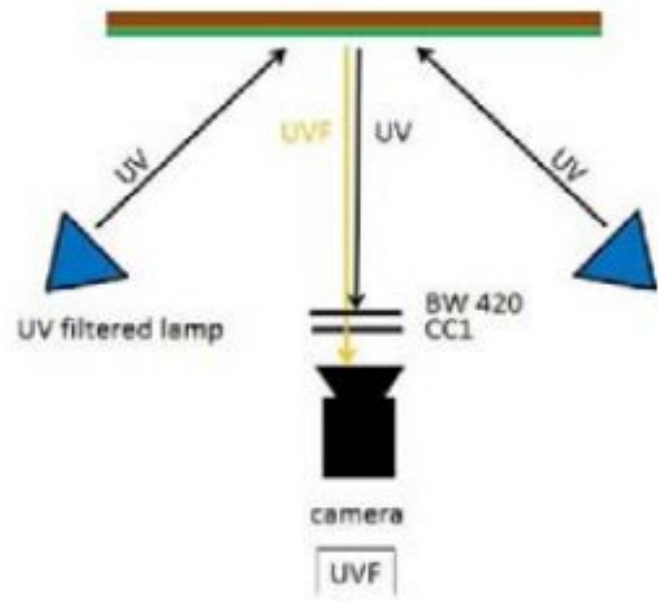
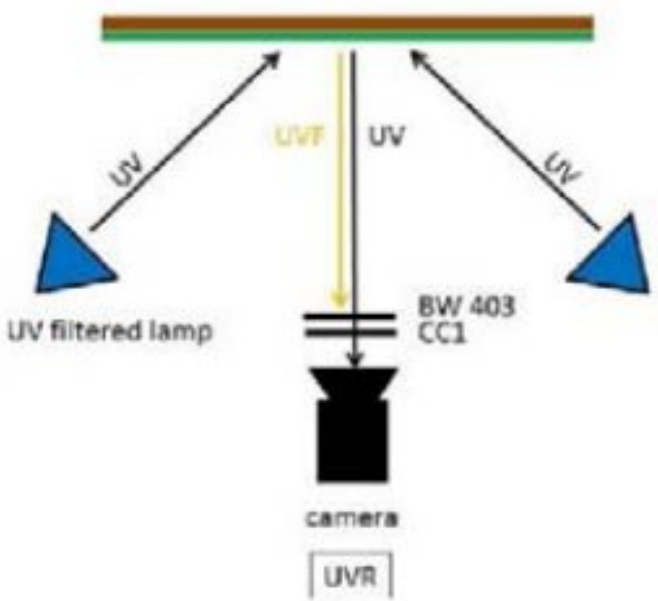
لنز ثابت	Prime Lens
لنز با فاصله کانونی ثابت است. برای تصویربرداری واریختگی بازتابشی نظر به اینکه این نوع لنز معمولاً اعوجاج کمتری نسبت به لنزهای زوم دارند به طور کلی این نوع لنزها ترجیح داده می شود.	
R	
نور مایل (با شیب کم)	Raking illumination
استفاده از نور در زاویه کم از سطح یک سوژه در جهت ایجاد سایه هایی که بر فرورفتگی یا برجستگی ها تأکید داشته باشد. این تکنیک نورپردازی به ثبت عارضه نگاری/ توپوگرافی و بافت یک سوژه کمک می کند.	
فایل خام/ راو	Raw file
 بنگرید به فایل خام دوربین .	
گوی بازتابشی	Reflective Sphere
دو یا چند گوی سیاه براق به کار گرفته شده در تصاویر منبع است که به منظور سود جستن نرم افزار آر تی آی برای تشخیص نوربالاهای بازتابی از نور منبع در هر تصویر و استفاده از آن داده برای محاسبه زاویه ی دقیق نور به کار برده می شود. برای پرداخت الگوریتمی حداقل ۲ گوی لازم است. این فناوری پایه برای روش نور بالا است که اجازه می دهد تصاویر آر تی آی بدون چینش نوری ثابت شده ای تولید گردند.	
میدان/ دامنه بازتابندگی	Reflectance field
برابر است با (تابع توزیع انعکاس سطح پراکنشی در دو جهت) ، کمیتی ۸ بعدی که جهات نور ورودی و وضعیت را نسبت به جهت نوردهی بازتابشی و محل آن، با در نظر گرفتن پراکندگی زیر سطحی نقشه می کند «معرفی شده در (Debevec et al., 2000) ^{۲۲} ».	
تابع بازتابندگی	Reflectance function
میزان نور بازتابشی از یک نقطه سطح در نتیجه تابعی از دو زاویه ی جهات نوردهی یک منبع نور جهت دار. واحدی که در یک آر تی آی یا پی تی ام برای هر نقطه سطح بیان شده است. مفروض است که نقطه دید برای به دست	

آوردن تابع بازتابندگی ثابت باشد. «معرفی شده در (Debevec et al., 2000)».	
تصویربرداری واریختگی بازتابشی	Reflectance Transformation Image (RTI)
روش عکاسی محاسباتی‌ای که شکل سطح و رنگ یک سوژه را ثبت می‌کند و همکنش/ تأثیر متقابل چند نورپردازی از جهات مختلف فراهم می‌سازد. آر تی آی همچنین بهبودپذیری ریاضی شکل سطح و ویژگی‌های رنگ یک سوژه را نیز ممکن می‌سازد. توابع بهبودپذیری آر تی آی اطلاعات سطحی که در بررسی تجربی و مستقیم از جسم فیزیکی قابل شناسایی نیست را آشکار می‌کند. برای مطالعه عمیق‌تر به آدرس زیر مراجعه کنید. http://culturalheritageimaging.org/Technologies/	
حالت‌های پرداخت	Rendering modes
واریختگی‌های ریاضی (همچنین فیلترهای پردازش سیگنال نیز نامیده می‌شود) که به <u>آر تی آی ویوئر</u> اجازه می‌دهد تا نسخه‌های بهبودیافته‌ی یک آر تی آی که بر ویژگی‌های خاصی از قمست‌هایی از سوژه که در زیر بررسی تجربی مشاهده آن‌ها سخت یا ناممکن است تأکید کرده و آن‌ها را آشکار نماید.	
قرمز، سبز، آبی، قائم	RGBN
مخفیفی برای نشان دادن کمیت‌های سه رنگ قرمز (R)، سبز (G) و آبی (B) در کنار قائم به سطح (N) (نوعاً ارائه دهنده بردار طول واحدی برای نشان دادن جهت‌داری سطح) در هر پیکسل است.	
سازنده/ آر تی آی بیلدر	RTIBuilder
رابطی با یک مجموعه ابزاری که تصاویر منبع را در جهت تولید یک فایل آر تی آی پردازش می‌کند. این برنامه در زبان برنامه‌نویسی <u>جاوا</u> نوشته شده است. این برنامه از <u>الگوریتم برازش</u> انتخاب شده توسط کاربر برای تبدیل داده‌ی منبع به فرمت پی تی ام (<i>.ptm</i>) یا آر تی آی (<i>.rti</i>) استفاده می‌کند.	

RTIViewer	نمایشگر / آر تی آی ویوئر
	بسته نرم‌افزاری ست که اجازه می‌دهد تصاویر ساخته شده با تکنیک واریختگی بازتابشی بارگذاری و بررسی شود. آر تی آی ویوئر پرداخت‌های تعاملی از تصاویر ارائه داده و این اجازه را می‌دهد که نقطه دید و جهت نور توسط کاربر تغییر داده شود. به علاوه تعدادی حالت‌های بهبودبخشی‌ای را ارائه می‌نماید که واریختگی‌های ریاضی را به داده‌ی تصویر در جهت بهبود یا تأکید بر خصوصیات خاصی از سوژه مورد نظر اعمال کند. همچنین بنگرید به حالت‌های بیننده.
RTI file	فایل آر تی آی
	یک فایل رایانه‌ای با پسوند <i>.rti</i> یا <i>.ptm</i> که با استفاده از تکنولوژی تصویربرداری واریختگی بازتابشی تولید شده است. می‌توان فایل‌های آر تی آی را با استفاده از برنامه آر تی آی بیلدر ساخت و با استفاده از برنامه آر تی آی ویوئر مشاهده کرد.
S	
Semantic ontology	هستی‌شناسی معنایی
	چهارچوبی که وقایع هستی و همچنین دانش بشری را به صورت ساختاری که دانش روابط بین قسمت‌های جداناپذیر داده را حفظ کرده، سازمان‌دهی می‌کند. مثالی از هستی‌شناسی معنایی مدل مفهومی مرجع است.
Sharpening	وضوح
	روشی از تنظیم سطوح کنتراست میان پیکسل‌های هم‌جوار در جهت ایجاد تصویری واضح‌تر است. پوشش ناواضحی (Un-sharp mask) رایج‌ترین فیلتر وضوح تصویر در نرم‌افزار فوتوشاپ بدین منظور است. برای تصاویر تهیه شده برای آر تی آی نبایست از وضوح تصویر استفاده کرد.
Shutter speed	سرعت شاتر
	مدت زمانی که شاتر باز می‌ماند و نور روی فیلم عکاسی (در دوربین‌های غیر دیجیتالی) یا حسگرهای الکترونیکی (در دوربین‌های دیجیتالی) اثر می‌کند که با کسری از ثانیه یا چند ثانیه بیان می‌شود.

همچنین بنگرید به تنظیمات دوربین .	
Specular enhancement	[حالت پرداخت] بهبود آینه‌ای
	روش بهبود بخشی تصویر که درک بهتری از شکل سطح از طریق توابع بازتابشی حاصله از عکاسی آن قسمت سطح (با استخراج قائم‌های بر سطح در واحد پیکسل) ارائه داده و سپس سطح حاصله را به همراه بازتاب های پرنور آینه‌ای محاسبه شده از قائم بر سطح‌ها با استفاده از یک مدل نورپردازی فونگ پرداخت می‌کند. «ارائه شده در (Malzbender, Gelb, & Wolters, 2001)».
Specular reflectance	بازتاب منظم / آینه‌ای
	بازتاب آینه‌ای نور یا بخش پرنور براق (shiny highlight). جهت بازتابندگی نسبت به قائم به سطح در نقطه بازتابندگی سطح معادل جهت تابش است. همچنین بنگرید به بازتاب بخشی .
Spheres	گوی‌ها
بنگرید به گوی بازتابشی .	
String length	طول ریسمان
	زمانی که از روش هایلایت/ نوربالا در جهت ثابت تصاویر برای آر تی آی استفاده می‌کنید فاصله منبع نور از سوژه باید تقریباً ثابت باشد. بهترین راه دست یافتن به این مهم استفاده از ریسمانی با طول مشخصی ^{۲۳} از نور به سطح سوژه است. فاصله سفارش شده از نور به سوژه، سه برابر قطر سوژه است. در صورت لزوم این فاصله می‌تواند تا به حداقل دو برابر قطر کاهش یابد. کاهش این مقدار به نسبت کمتر از ۲ برابر منجر به کاهش نسبی ماتریس بندی مساحت سوژه‌ی در موقع پردازش می‌شود. نسبت بزرگ‌تر از ۳ برابر مناسب بوده و بهبود جزئی در دقت داده‌های قائم به سطح را فراهم می‌آورد.
Surface Normal	[بردار] قائم به سطح
	اصطلاحی ریاضی برای بردارهای جهت‌داری که به سطح سوژه در یک قسمتی مشخص عمود است. نرم‌افزار تصویربرداری واریختگی بازتابشی قائم به سطح را در هر نقطه با استفاده از اطلاعات منتج شده از زاویه نوری در هر پیکسل سوژه محاسبه می‌کند. اطلاعات قائم در قالب شکل سطح به همراه اطلاعات رنگ برای هر پیکسل در تصاویر نهایی آر

تی آی را شامل می شود. این ویژگی نرم افزار نمایشگر را قادر می سازد اشکال سطحی سوژه را با جزئیات عالی نمایان سازد.	
سیم هماهنگ کننده	Sync cable
سیمی که منبع نوری را به دوربین متصل کرده آنگاه که شاتر باز باشد فلاش بزند. این سیم می تواند نور را مستقیماً به دوربین یا به یک کنترل بی سیم متصل کند. بنگرید به کنترل نور بی سیم.	
	
T	
تیف-فُرمِت فایل تصویری ضمیمه دار ^{۲۴}	TIFF (Tagged Image File Format)
فُرمِتی برای فایل های عکس نقشه بیتی (bitmap) انعطاف پذیر. این فُرمِت تقریباً توسط تمامی رنگ ها، برنامه های صفحه آرایی و ویرایش تصویر پشتیبانی شده و عمدتاً توسط تمامی اسکرین های رومیزی تولید می شود. فُرمِت تیف حالت های رنگی LAB, RGB, CMYK, خاکستری (grayscale) با کانال های آلفا و فایل های نقشه بیتی بدون کانال های آلفا را پشتیبانی می کند. همچنین از فُرمِت فشرده سازی ال زد دابلو (LZW) نیز پشتیبانی می کند.	
نور عبوری	Transmitted illumination
تکنیک نورپردازی که در تصویربرداری سوژه، پشت سمت دید نوردهی^{۲۵} شده به طوری که نور از سوژه عبور کرده و به بیننده/ دوربین برسد. این تکنیک برای ثبت مناطقی از سوژه که مفقود بوده یا قسمت نازکی که نیم شفاف هستند کمک می کند.	
 	
U	
فرا بنفش	Ultraviolet (UV)
ناحیه ای از طیف الکترومغناطیس با طول موج کوتاه تر از نور مرئی و بلندتر از اشعه ایکس است. طیف نور فرا بنفش نامرئی به رنگ بنفش، که کوتاه ترین طول موج در طیف نور مرئی را دارد، ختم می شود.	

Ultraviolet-induced visible fluorescence photography (UVF)	عکاسی فرابنفش انگیخته فلورسانس مرئی
	
روشی که با استفاده از نور فرابنفش برای انگیختگی گسیل فلورسانس مرئی در مواد که پس از آن قابل مشاهده بوده و عکس برداری می‌شوند، بدون اینکه آن‌ها در معرض نور با طول موج‌های بالقوه مخرب قرار داده شوند. در فرآیند فلورسانس، انرژی فرابنفش موقتاً توسط یک ماده جذب شده و سپس به‌عنوان اشعه کم انرژی ای در منطقه نور مرئی باز نشر می‌شود.	
Ultraviolet reflected photography (UVR)	عکاسی ماورای بنفش انعکاسی
	
تکنیکی که چگونگی جذب، بازتاب یا گسیل اشعه/نور فرابنفش توسط سوژه تصویر را ثبت می‌کند. همچنین بنگرید به تصویربرداری چند طیفی.	
V	
Viewer modes	حالت‌های بیننده
بنگرید به حالت‌های پرداخت.	
Visible light photography	عکاسی با نور مرئی
	استفاده از نور تابشی یا انعکاسی مرئی در جهت تولید ضبط تصویری از نمود یک شیء به‌طوری که در شرایط دید استاندارد دیده شود.

W	
تراز سفیدی	White balance (WB)
توانایی یک دوربین برای تصحیح فام یا سایه رنگ در شرایط نوری متفاوت همچون نور روز، نور اتاق، نور فلورسانس و فلاش‌های الکترونیک. برای مجموعه عکس‌های آر تی آی توصیه می‌شود ترجیحاً برای تصحیح تراز سفیدی از یک کارت خاکستری یا کارت رنگی استفاده شود تا از ابزارهای تصحیح موجود در دوربین. همچنین بنگرید به دمای رنگ.	
کنترل نور بی‌سیم	Wireless light control
فرستنده/ گیرنده بی‌سیم که می‌تواند به‌عنوان گیرنده سیگنال از دوربین چنانکه فلاش زده می‌شود و شاتر باز است، استفاده شود. این وسیله سیم‌های مورد استفاده در طول یک پروژه ثبت تصاویر برای آر تی آی به حداقل می‌رساند. از جمله این کنترل‌ها می‌توان به رابط رادیویی فلاش مدل ST-E2 برای فلاش‌های کانون و پاکت ویزارد که به یک نور به‌وسیله سیم هماهنگ‌کننده متصل می‌شود، اشاره کرد.	
X	
ایکس ام ال-زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر	XML (Extensible Markup Language)
زبان نشانه‌گذاری مبتنی بر متن است که می‌تواند در ضمیمه کردن اطلاعات و ساده‌سازی آن برای رایانه جهت اسکن نمودن و پردازش‌های گوناگون خودکار مورد استفاده قرار گیرد. در روند کار آر تی آی، آر تی آی بیلدر از این فرمت برای تولید فایل گزارش استفاده می‌کند.	
ایکس ام پی-پایگاه ابر داده گسترش‌پذیر	XMP (Extensible Metadata Platform)
الگوی ایکس ام ال معینی برای ذخیره‌سازی ایر داده که در فایل‌های تصویری استفاده می‌شود. مزیت بی‌همتای ایکس ام پی (XMP) این است که اجازه ساخت ابر داده‌ی سفارشی را در کنار استانداردهای مشخصی چون آی پی تی سی (IPTC) و اگزیف (EXIF) فراهم می‌سازد.	
Z	
تنظیمات اولیه	Zeroed out settings
تنظیم از پیش تعیین شده سفارشی و توصیه شده‌ای در افزونه شرکت ادوبی برای فایل‌های خام دوربین که اجازه می‌دهد خودتان تراز سفیدی و نورسنجی (در صورت نیاز) را در تصاویر منبع ثبت شده قبل از استفاده‌ی آن‌ها برای ساخت یک فایل آر تی آی تنظیم کنید. این قالب پیش فرض اطمینان می‌دهد تا موقعی که به سلیقه مصرف‌کننده درنیاید داده‌های شما پردازش، تبدیل یا سبکی شده، نمی‌شود. برای ساخت آن، هر عکسی را در نرم‌افزار ویرایش کرده، تمام تنظیمات ممکن را به صفر تغییر دهید سپس	



تنظیمات حاضر را با نام پیش تنظیم ذخیره کرده و آن را به تنظیم پیش فرض خود قرار دهید.	
لنز زوم	Zoom lens
لنزی است که فاصله کانونی اش به طور ممتد می تواند در دامنه فاصله کانونی اش به یک لنز ثابت تنظیم گردد. همچنین بنگرید به <u>لنز ثابت</u>.	
	

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی رشته مرمت آثار تاریخی و فرهنگی بهروز جلوداریان بیدگلی با عنوان «استفاده از روش تصویربرداری واریختگی بازتابشی (RTI) در حفاظت از چهار شیء کلریتی حوزه تمدنی جنوب شرق ایران متعلق به موزه آذربایجان» به راهنمایی مهدی رازانی در دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز است. از این رو از آن دانشگاه سپاسگزاری می گردد.

پی نوشت ها

¹. Cultural Heritage Imaging. (n.d.). Capture (RTI Glossary of Photographic and Technical Terms). Retrieved June 24, 2016, from http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Capture/index.html

دسترسی مستقیم به فایل

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Capture/CHI-RTI-Glossary_v1.pdf

². Cultural Heritage Imaging

³. نرم افزارهای مجزایی نیز همچون DNG Converter و Adobe DNG Converter به منظور تبدیل فایل های خام دوربین به فرمت دیجیتال نگاتیو توسط شرکت ادوبی به صورت رایگان ارائه شده است.

⁴. Reflectance Transformation Imaging

⁵. United States. National Bureau of Standards, & Nicodemus, F. E. (1977). *Geometrical considerations and nomenclature for reflectance* (Vol. 160). US Department of Commerce, National Bureau of Standards.

⁶. Dana, K. J., van Ginneken, B., Nayar, S. K., & Koenderink, J. J. (1999). Reflectance and Texture of Real-world Surfaces. *ACM Trans. Graph.*, 18(1), 1-34. <http://doi.org/10.1145/300776.300778>

⁷. فایل های خام دوربین اغلب در یک فرمت اختصاصی ضبط می شوند که به این معناست که سازنده دوربین به طور رسمی چگونگی تبدیل این فایل ها را افشا نکرده است. شرکت هایی مثل ادوبی نیز به این اجازه احتیاج دارند تا بتوانند فایل های خام دوربین را رمزگشایی کنند. همچنین فایل های خام هر شرکت با دیگری فرق می کند و هر فرمت با نرم افزار همان شرکت قابل اجراست.

فرمت فایل خام	شرکت دوربین	فرمت فایل خام	شرکت دوربین
SRW	سامسونگ	ARW	سونی
X3F	سیگما	CR2, CRW	کانن
ERF	اپسون	NEF, NRW	نیکون
BAY	کاسیو	ORF	المپیوس
CAP, IIQ, EIP	فیز وان	PEF, PTX	پنتاکس
DCS, DCR, DRF, K25, KDC	کداک	RAF	فوجی فیلم

^۸ William Thomson, The Lord Kelvin

^۹ در فشرده سازی تصاویر فرمت های PNG، GIF و JPEG از روش Lossy استفاده کرده در صورتی که فرمت BMP یا TIFF از روش Lossless برای فشرده سازی استفاده می کنند.

^{۱۰} از دیگر عکاسی های محاسباتی که در سخت افزار برخی دوربین ها تعبیه شده است می توان به تصویربرداری دامنه دینامیک بالا (HDR) و تصاویر سراسرنما یا پانوراما (Panorama) اشاره کرد.

^{۱۱} تارنمای در دسترس این مدل <http://83.212.168.219/CIDOC-CRM/>

^{۱۲} نشانی دسترسی به ویرایش دوم استاندارد مربوط به سال ۲۰۱۴

http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=57832

^{۱۳} به دلیل بسیار پایین بودن اندیس نمود رنگ (Color Rendering Index-CRI) -اندیسی برای مشخص کردن میزان کافی بودن نور موجود برای تشخیص رنگ ها- در نورهای فلاش، این نورها مناسب نیست. نورهای هالوژن همچون نور خورشید اندیس نمود رنگ ۱۰۰ داشته و توانایی مشاهده تمام رنگ ها را فراهم می سازد.

^{۱۴} Malzbender, T., Gelb, D., & Wolters, H. (2001, August). Polynomial texture maps. In *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 519-528). ACM. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=383320>

^{۱۵} عکس های دارای محدوده دینامیکی بیشتری در آن نواحی بیشتری در قسمت های تاریک و روشن دارای جزئیات قابل تشخیص هستند. واحد سنجش دامنه دینامیکی، رنج نوردهی (EV یا Exposure Value) است. این مقدار محدوده دینامیکی در وسایل و مدیاهای مختلف، متفاوت است. مثلاً دوربین های عکاسی دیجیتال SLR حدود ۸-۶ و چشم انسان EV۱۴ است. این چنین مشخص می شود که در بسیاری موارد دوربین قادر نیست عکسی بگیرد که کل نواحی عکس، چه نواحی تاریک و چه نواحی روشن، دارای جزئیات باشند و قابل دیدن شوند. از این رو روش های تصویربرداری محاسباتی چون تصویربرداری دامنه دینامیک بالا (High dynamic range imaging-HDR) اهمیت پیدا می کنند.

^{۱۶} دو نرم افزار هم راستای دیگری که برای دوربین های نیکون استفاده می شود Nikon Camera Control Pro و ControlMyNikon هستند که قابلیت های مشابهی را برای کاربر ایجاد نموده اند. همچنین نرم افزار محبوب دیگری که بسیاری از عکاسان حرفه ای از آن استفاده می کنند به نام Smart Shooter که توسط Hart Codeworks برای دوربین های کانن و نیکون ارائه شده و امکانات بی نظیری را داراست.

^{۱۷} این ویژگی در فرمت های تصویری چون تیف و جیپگ استفاده شده و در فرمت های پی ان جی و گیف پشتیبانی نمی شود.

^{۱۸} نوردهی مسئله بسیار حساسی است و حتی وقتی نیز به صورت RAW تصویربرداری انجام می شود نواحی Under-Exposed و Over-Exposed قابل اصلاح نیستند. چون اصلاً حسگر دوربین نتوانسته اطلاعاتی از نواحی به اصلاح Over و Under را ثبت کند. یکی از فواید هیستوگرام حل مشکل Over/ Under Exposed است.

^{۱۹} این اتفاق ممکن است بر اثر مشکلات هیچ ثبت تصویر بواسطه عدم ثابت بودن سه پایه بر روی سطح زمین اطراف سوژه یا بر اثر مشکلات در لرزشگیر لنز در موقع بالا رفتن آینه ی جلوی سنسور رخ دهد.

^{۲۰} نور محیط: نوری است که در محیط پخش است و به عنوان نور زمینه که در تمام محیط و همه جا وجود داشته و به همه سطح به یک اندازه می تابد.

نور پخشی: نوری است که از یک جهت می تابد و به یک سطح برخورد می کند و به همه جهات پخش می شود.

بازتاب آینه ای: زاویه برخورد نور با بردار قائم بر سطح، برابر زاویه انعکاس نور با همان بردار می باشد. بیشتر سطوح درخشنده شبیه به آینه عمل نمی کنند و بلکه به صورت مخروطی نور را باز می گردانند.

^{۲۱} از این نشانی می توانید این برازش را دریافت کنید.

<http://www.hpl.hp.com/research/ptm/downloads/agreement.html>

^{۲۲} Debevec, P., Hawkins, T., Tchou, C., Duiker, H. P., Sarokin, W., & Sagar, M. (2000, July). Acquiring the reflectance field of a human face. In *Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 145-156). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co..

^{۲۳} برای سهولت کار می توان از مترهای نوری با دقت بالا نیز استفاده کرد.

^{۲۴} LZW الگوریتم مورد استفاده در بسیاری از نرم افزارهای عمومی فشرده سازی اطلاعات مانند pkzip و gzip است این الگوریتم بدین منظور طراحی شده که تعداد بیت هایی که به دیسک فرستاده می شود یا از دیسک خوانده می شود کمتر کند. همچنین از این الگوریتم در بسیاری از زمینه ها مانند برنامه های فشرده سازی GIF برای تصاویر استفاده می شود که به طور میانگین حجم تصویر را به یک سوم کاهش می دهد. الگوریتم LZW یک الگوریتم برگشت پذیر است، بدین معنی که الگوریتم هیچ اطلاعاتی را از دست نمی دهد و رمزگشا قادر خواهد بود داده اولیه را عیناً بازسازی نماید.

^{۲۵} در این نوع نورپردازی می توان از هر کدام از طیف های مرئی، مادون قرمز و ماورای بنفش استفاده کرده و در هر کدام داده های مفیدی را در اختیار می گذارند.

منابع مورد استفاده برای برخی معادل های فنی و تصاویر

پرکل، دیوید. (۲۰۱۰). فرهنگ مصور عکاسی. ترجمه ی کریم متقی، سونیا حکمتی و رضا شکری، ۱۳۹۲. تهران: طیف نگار.

پایگاه اینترنتی عکاسی. (n.d.). همه چیز درباره نگاتیو دیجیتال (Digital Negative/ DNG). دریافت شده در July 12 2016

from <http://www.akkasee.com/articles/7244>

سازمان فضائی ایران. (n.d.). واژه نامه. دریافت شده در July 12, 2016

from <http://www.isa.ir/page=sanjeshpages/research-fa-to-eng>

لنگفورد، مایکل. (۲۰۰۰). عکاسی پایه. ترجمه ی رضا نبوی، ۱۳۸۸. تهران: دانشگاه هنر.

AIC. (n.d.). UV Workshop 2015: Examination and Documentation with Ultraviolet Radiation. Retrieved July 7, 2026, from <http://www.conservation-us.org/courses/professional-development-courses/past-courses/uv-workshop-2015-examination-and-documentation-with-ultraviolet-radiation#.V36YTHp3Few>

Artal-Isbrand, P., & Klausmeyer, P. (2013). Evaluation of the relief line and the contour line on Greek red-figure vases using reflectance transformation imaging and three-dimensional laser scanning confocal microscopy. *Studies in Conservation*, 58(4), 338–359.

Blocher-Smith, E. (2012). CSI: Conservation Science Indianapolis – Part Two. Retrieved

- June 7, 2016, from <http://www.imamuseum.org/blog/2012/11/27/csi-conservation-science-indianapolis-part-two/>
- Cosentino, A. (2012). RTI Reflectance Transformation Imaging: tips and tricks. Retrieved July 15, 2016, from <http://chsopensource.org/2012/12/02/rti-reflectance-transformation-imaging-tips-and-tricks/>
- Cosentino, A. (2015). Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*, 21, 54.
- Cosentino, A. (2016). Infrared Technical Photography for art examination. *E-PRESERVATIONScience*, 13, 1–6.
- Cosentino, A. (n.d.). Multispectral Imaging (MSI) Documentation and Training. Retrieved July 7, 2016, from <http://www.antoninocosentino.it/Scientific-Imaging-Documentation.html>
- Cultural Heritage Imaging. (n.d.). Algorithmic Rendering. Retrieved July 7, 2016, from http://culturalheritageimaging.org/Technologies/Algorithmic_Rendering/
- Debevec, P., Hawkins, T., Tchou, C., Duiker, H.-P., Sarokin, W., & Sagar, M. (2000). Acquiring the reflectance field of a human face. In *Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 145–156). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- Digimarc. (n.d.). Lossy Compression. Retrieved July 7, 2016, from <https://www.digimarc.com/support/digimarc-discover/printing/lossy-compression>
- Drew gray Photography. (2014). Prime vs Zoom Lenses. Retrieved July 15, 2016, from <http://www.drewgrayphoto.com/learn/prime-vs-zoom-lenses>
- Elmore, J. (n.d.). Photogrammetry. Retrieved July 7, 2016, from <http://www.joshelmore.com/photogrammetry/>
- Gigahertz-Optik. (n.d.). Calculation of radiometric quantities. Retrieved July 7, 2016, from <http://light-measurement.com/calculation-of-radiometric-quantities/>
- Illinois Central College. (n.d.). Temperature Phenomena. Retrieved July 7, 2016, from http://faculty.icc.edu/easc111lab/labs/labi/prelab_i.html
- Long, B. (2011). *Complete digital photography*. Nelson Education.
- Lukac, R. (2010). *Computational photography: methods and applications*. CRC Press.
- Malzbender, T., Gelb, D., & Wolters, H. (2001). Polynomial texture maps. *Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 519–528.
- MidOpt. (n.d.). BN740 Narrow Near-IR Bandpass Filter. Retrieved June 25, 2016, from <http://midopt.com/filters/bn740/>
- Mudge, M., Malzbender, T., Chalmers, A., & Scopigno, R., ...Barbosa, J. (2008). Image-based empirical information acquisition, scientific reliability, and long-term digital preservation for the natural sciences and cultural heritage. *Homepages.inf.ed.ac.uk*. Retrieved from http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/MUDGE/EG-mudge-tutorial-notes-final.pdf
- Payne, E. (2013). Imaging techniques in conservation. *Journal of Conservation and Museum Studies*, 10(2).
- Prakel, D. (2009). *The visual dictionary of photography*. Ava Publishing.
- Wagensonner, K. (2015). On an alternative way of capturing RTI images with the camera dome. Retrieved July 15, 2016, from <http://cdli.ucla.edu/pubs/cdln/php/single.php?id=54>