

■ معرفی و مقایسه روش‌های استحکام بخشی اسناد کاغذی و پیشنهاد کاربرد نانوالیاف سلولزی به منظور حفاظت از این آثار

مهدی قربانی | کورس سامانیان | مریم افشارپور | علی اصغر ثابت جازاری

■ چکیده

هدف: این مقاله با معرفی، توصیف و سپس مقایسه مهم‌ترین روش‌های معمول استحکام بخشی آثار کاغذی، زمینه و فرصت شناخت بیشتر برای حفاظت گران و آرشیوداران کتابخانه‌ها را فراهم و کاربرد خواص دو نانوماده جدید را در حفاظت از آثار کاغذی پیشنهاد نموده است.

روش/ رویکرد پژوهش: شیوه تحقیق مورد استفاده، توصیفی-تحلیلی است و با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اطلاعات ضروری گردآوری و سپس داده‌های اکتسابی تحلیل شده است.

یافته‌ها و نتایج: مطالعه انجام شده در این مقاله نشان می‌دهد که روش‌های معمول در استحکام بخشی آثار کاغذی، هر یک واجد مزایا و معایبی هستند؛ بنابراین شناخت و آگاهی لازم برای حفاظت گران و آرشیوداران کتابخانه‌ها بسیار ضروری است. نانوالیاف سلولز دارای خواص فیزیکی و مکانیکی ویژه، سازگاری و دوام شیمیایی و ارزان قیمت هستند. کاربرد روش‌های مبتنی بر آهاردهی مجدد از نظر سهولت در انجام و نیاز نداشتن به امکانات خاص، جایگاه ویژه‌ای دارند و به همین سبب، استفاده از پلیمرهای اترسلولزی و به ویژه پلیمر کلوسل‌جی، بیشترین سهم را دارد. با توجه به تمایل حفاظت گران به ارتقای روش‌های سنتی و لزوم انجام تحقیقات نوین، کاربرد نانوالیاف سلولز به عنوان یک پوشش محافظ در ترکیب با پلیمرهای اترسلولزی معرفی و پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها

حفاظت و مرمت، آثار کاغذی، آرشیو و کتابخانه، استحکام بخشی، نانوالیاف سلولز.

مطالعات آرشیوی

فصلنامه گنجینه اسناد: سال بیستم و ششم، دفتر چهارم، (زمستان ۱۳۹۵)، ۱۳۱- ۱۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۵ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۲۴



معرفی و مقایسه روش‌های استحکام بخشی اسناد کاغذی و پیشنهاد کاربرد نانوالیاف سلولزی به منظور حفاظت از این آثار^۱

مهدی قربانی^۲ | کورس سامانیان^۳ | مریم افشارپور^۴ | علی اصغر ثابت جازاری^۵

مقدمه

اسناد و آثار کاغذی، از جمله میراثی محسوب می‌شوند که همواره به دلیل کثرت و اعتبار آنها برای انتقال و حفظ شواهد و مدارک متنوع فرهنگی و تاریخی، بسیار دارای اهمیت بوده و هستند. ایجاد خسارات فیزیکی و آسیب‌های متعدد در این نوع آثار، موجب شده است که تمرکز حفاظت‌گران برای حفظ و مرمت آنها اهمیت زیادی داشته باشد؛ بنابراین امروزه استراتژی‌های علمی و عملی زیادی در این زمینه مطرح شده است که در این میان سازمان‌های دولتی و غیردولتی متعدد جهانی، در این زمینه فعالیت مستمر داشته‌اند.

استحکام بخشی^۶ هم معنی با واژه‌های تقویت، تحکیم، قوام‌دهی و توانمندسازی است و به عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل حفاظت و مرمت آثار کاغذی، شامل فرآیندی با موضوع و هدف بهبود شرایط فیزیکی و مکانیکی و نیز کاهش میزان فرسایش این آثار است. در انتخاب یک ماده برای استحکام بخشی آثار کاغذی، علاوه بر توانایی نسبی این مواد در برقراری مجدد پیوندها و اتصالات فیزیکی آثار، باید برخی از محدودیت‌ها و معیارهای اصلی در حفاظت، مورد نظر باشد؛ بنابراین چنین مسئله‌ای، همواره حفاظت‌گران این حوزه را با چالش مواجه نموده است. (Baglioni and Giorgi, 2006). یکی از مشکلات عمده در رابطه با آثار کاغذی، مربوط به شرایط فیزیکی (کاهش استحکام و زرد شدن کاغذ) آنها است. لذا مسئله دوام و کیفیت مواد مورد استفاده برای درمان این آثار، همواره مورد توجه و تمرکز کتابخانه‌ها و مراکز نگهداری اسناد آرشیوی بوده است. از این روی، برخی

۱. برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی

ارشد مهدی قربانی با عنوان «ارزیابی

و امکان‌سنجی کاربرد خواص فیزیکی-

مکانیکی زیست نانوکامپوزیت الیاف

سلولزی به منظور استحکام بخشی آثار

کاغذی»، رشته حفاظت و مرمت اشیای

تاریخی و فرهنگی.

۲. کارشناس ارشد حفاظت و مرمت اشیای

فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران

(نویسنده مسئول)

ghorbanymahdi@gmail.com

۳. استادیار گروه حفاظت و مرمت اشیای

فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر تهران

samanian_k@yahoo.com

۴. استادیار پژوهشگاه شیمی و مهندسی

شیمی ایران

m_afsharpoor@yahoo.com

۵. کارشناس ارشد حفاظت و مرمت اشیای

فرهنگی و تاریخی، کتابخانه مرکزی آستان

قدس رضوی

sabet8@yahoo.com

6. Consolidation



از حفاظت گران در سرتاسر جهان، برای پاسخگویی به مسئله بهبود و استحکام بخشی آثار کاغذی، گام‌های مهم و قابل توجهی برداشته‌اند و متعاقب آن تا به امروز روش‌های متعددی برای درمان و مهار نمودن آسیب‌های فیزیکی آثار کاغذی، طراحی و تعریف گردیده است که این موضوع، در ادامه این بخش و نیز در متن اصلی، به تفصیل معرفی می‌شود.

پس از بررسی سوابق پژوهشی، مشخص گردید که برخی از محققان موضوع استحکام بخشی آثار کاغذی، به معرفی برخی مواد و روش‌ها و نیز مزایا و معایب آن‌ها پرداخته‌اند (نیکنام، ۱۳۶۳؛ پلندرلیت و ورنر، ۱۹۷۲؛ ریدر، ۱۹۸۹؛ ناردی و وان‌دم، ۱۹۸۹؛ Bansa and Ishii, 1997; Roggia, 1999)، برخی دیگر به گزارش و تعریف معیارهای لازم در کاربرد مواد و روش‌ها (همزه و رستم‌پور هفتخوانی، ۱۳۸۷؛ Baglioni and Giorgi, 2006؛ Wilson and Forshee, 1959; Hummel and barrow, 1956) و تعدادی با طراحی و تعریف روش‌های جدید (در قالب اختراع)، مانند روش‌های استحکام بخشی سیلکینگ (Francis, 1896) و پاریلن در محیط پلاسما (Krapivina et al., 1993) اقدام نموده‌اند. همچنین در بسیاری از منابع عمومی و یا شاید کمتر معتبر (مانند جزوات، گزارش‌های کارگاهی و تعداد بی شماری دیگر از منابع مختلف علمی و نیز برخی از صفحات اینترنتی حقیقی یا حقوقی) در مورد این موضوع شاخص، بحث‌های بسیار گسترده و مفصلی انجام شده است؛ که با وجود این کثرت، امکان سردرگمی‌های بسیاری در مورد شناخت و تشخیص کیفیت مواد و روش‌ها وجود دارد. در مجموع، این اطلاعات نشان می‌دهد که علاوه بر تعدد و تنوع مواد، روش‌های استحکام بخشی نیز هر کدام دارای مزایا و معایب مشخصی هستند.

از آنجایی که موضوع استحکام بخشی آثار کاغذی، نوعی اقدام مداخله گرانه^۱ محسوب می‌شود بنابراین دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در بین حفاظت گران علمی و سنتی همواره تردید و اختلاف نظرهای متعددی برای کاربرد مواد و روش‌ها وجود داشته است و هم‌اکنون هم وجود دارد. این شرایط معمولاً ناشی از دو موضوع است الف. نگرش و باورهای بعضاً نیمه آگاهانه؛ ب. پابندی و پافشاری همراه با تعصب نسبت به کاربرد برخی از مواد و روش‌ها. قابل ذکر است که در مواردی نیز این اختلاف‌ها و تفاوت‌ها، به دلیل سیاست گذاری‌های متفاوت اداری و سازمانی است.

نویسنده این مقاله سعی نموده است که با معرفی و مقایسه فنی قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش‌های استحکام بخشی آثار کاغذی در سرتاسر جهان و همچنین در ایران و شرح بعضی از اطلاعات و توضیحات تئوری و نظری در مورد این موضوع از درمان (استحکام بخشی)، زمینه شناخت بیشتر را برای حفاظت گران و آرشیوداران اسناد کاغذی (مخصوصاً در ایران) فراهم نماید و ضمن این موضوع، کاربرد قابلیت‌های دو نوع نانوماده

1. Curative measure: active way

نسبتاً جدید BCN و NFC را با توجه به خواص مطرح شده در برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در مورد این نانومواد و یا سایر نانومواد سلولزی (علی‌نیای لاکانی و افرا، ۱۳۹۰؛ هادی‌لام و دیگران، ۱۳۹۱؛ Lee et al., 2012; Henriksson et al., 2011; Pinto et al., 2012; Moon et al., 2011; Lwamoto et al., 2008; Siqueira et al., 2010)، برای این حوزه (حفاظت از آثار کاغذی) پیشنهاد نماید تا گام جدیدی را به منظور دستیابی به روش‌های مناسب‌تر و باکیفیت‌تر، برای درمان و استحکام‌بخشی اسناد و آثار کاغذی برداشته باشد.

پرسش‌های کلیدی

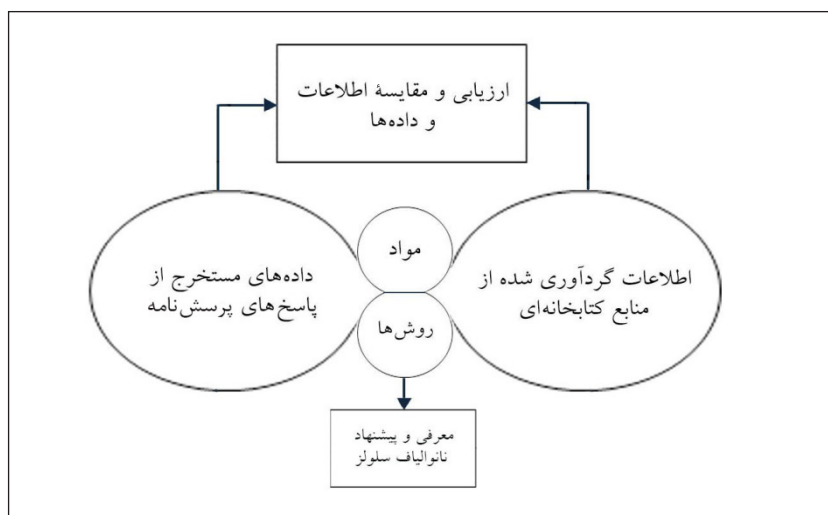
متناسب با مسأله موجود و همچنین به منظور پاسخگویی علمی در مورد هدف این مقاله، سؤالات کلیدی پژوهش به شرح زیر مطرح می‌شوند:

۱. مزایا و معایب شناخته‌شده‌ترین روش‌های استحکام‌بخشی آثار کاغذی در جهان کدام هستند؟
۲. کیفیت و کمیت مواد و روش‌های معمول در استحکام‌بخشی آثار کاغذی در ایران چگونه است؟
۳. وضعیت و شرایط کاربرد نانوالیاف سلولزی در حفاظت از آثار کاغذی چگونه است؟

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و با گردآوری و سپس تحلیل اطلاعات ضروری در مورد موضوع اصلی این پژوهش، ضمن معرفی آن‌ها، به روش توصیفی-تحلیلی هم آنها را مورد مقایسه قرار می‌دهد. روش گردآوری مطالب در این پژوهش، با توجه به پرسش‌های کلیدی مطرح شده به این طریق بود: الف. استفاده از منابع کتابخانه‌ای تخصصی و معتبر (پاسخگویی به پرسش اول)؛ ب. تنظیم پرسش‌نامه تخصصی (به صورت نظرسنجی اینترنتی)، با جامعه‌ای آماری شامل متخصصان حفاظت‌گر و کتابدار، به صورت نمونه‌گیری تصادفی با حجم نمونه ۳۲ نفر (پاسخگویی به پرسش دوم). شایان‌ذکر است که موضوع پرسش‌نامه مذکور، در قالب دو بخش «گزینه‌ای» و «تشریحی» تدوین گردید که در بخش گزینه‌ای، پرسش‌ها طوری تنظیم شد که مخاطب بتواند به نوع مواد و روش‌های مورد استفاده خود اشاره دقیقی نماید و همچنین در بخش تشریحی، از مخاطب درخواست شد که توصیفی تخصصی از آن روش و یا روش‌های مورد استفاده ارائه بدهد. لازم به توضیح است که توصیف داده‌های استخراجی از پاسخ‌نامه بخش تشریحی

پرسش‌نامه، به منظور بسط و تکمیل موضوع کیفی «مقایسه و ارزیابی روش‌ها» به روش استنباطی و با تلفیق اطلاعات گردآوری شده از منابع کتابخانه‌ای مرتبط انجام شده است. همچنین، داده‌های اکتسابی از پاسخ‌نامه بخش گزینه‌ای پرسش‌نامه، به روش مستقیم استفاده شده است. بر این اساس، دو روش استفاده شده با دو محور موضوعی «مواد مورد استفاده» و «روش‌های مورد استفاده» در قالب دو نمودار کمی معرفی شده‌اند (شکل ۱). سرانجام در انتها، پس از تشریح موضوعات فوق به منظور پیشنهاد کاربرد خواص نانومواد مذکور، برخی از اطلاعات ضروری درباره این موضوع نیز معرفی و ارائه گردیده است.



شکل ۱

مدل مفهومی و کلی از روش پژوهشی
 مورد استفاده در مطالعه حاضر (نگارنده)

یافته‌ها

در متن حاضر، تلاش شده است که با تلفیق اطلاعات و داده‌های اکتسابی، محوریت موضوع پژوهش مورد مطالعه قرار بگیرد. بر این اساس، به منظور بررسی و مقایسه مواد و روش‌ها، از اطلاعات موجود در منابع کتابخانه‌ای و همچنین داده‌های مستخرج از پرسش‌نامه استفاده گردید و لذا پس از معرفی مجموع اطلاعات به دست آمده، از دیدگاه نظری و تخصصی، پژوهش انجام شده است. در نتیجه، موضوعات و داده‌ها در این مطالعه به گونه‌ای تدوین و معرفی گردیده است تا خواننده بتواند ضمن کسب شناخت و آگاهی مؤثر، مناسب‌ترین برداشت را در رابطه با موضوع نیز داشته باشد.

الزامات فنی و لازم در استحکام بخشی: مواد و روش‌ها

هدف از استحکام بخشی، کاهش میزان فرسایش و حفاظت در برابر عوامل محیطی است. از دیدگاه فنی و علمی، برخی از ویژگی‌ها و معیارهای مهم در انتخاب و کاربرد مواد و روش‌های استحکام بخشی آثار کاغذی مطرح شده است. خصوصیات مواد مورد استفاده برای درمان: الف. خوانایی؛^۱ مواد نباید مانع مطالعه بصری عناصر نوشتاری شوند؛ ب. دوام؛^۲ مواد باید تا حد امکان، عاری از ناخالصی و به لحاظ شیمیایی خنثی باشند؛ ج. پایداری؛^۳ مواد باید توانایی افزایش استحکام مکانیکی داشته باشند (Hummel and barrow, 1956). همچنین در برخی از موارد، از دیدگاه روش شناختی درمان و متناسب با مواد مورد استفاده این گونه مطرح شده است که: الف. فرآیند درمان باید برگشت پذیر باشد؛ به طوری که در هر زمان بتوان آن اثر را به وضعیت اصلی برگرداند؛ ب. باید اطمینان حاصل نمود که تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده برای درمان اثر، حداکثر دوام و خاصیت بی اثر بودن را دارا باشند؛ ج. مواد شیمیایی مورد استفاده برای درمان باید علاوه بر سازگاری با مواد تشکیل دهنده موجود در اثر و حفظ کیفیت‌های فیزیکی - شیمیایی و مکانیکی آن، شرایط آسیب را بهبود و حتی الامکان معکوس نماید (Baglioni and Giorgi, 2006).

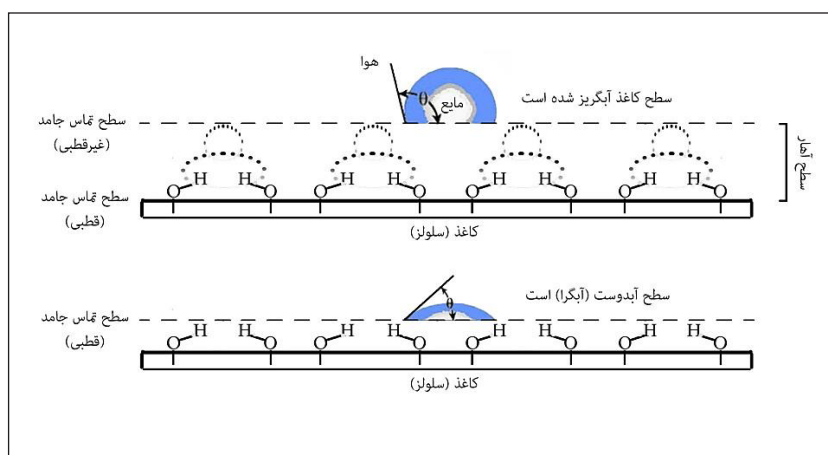
کاربرد مواد به عنوان یک پوشش محافظ (آهار مجدد) بر روی آثار کاغذی باید دارای شرایطی باشد و موارد زیر از آن جمله اند: الف. انعطاف پذیری و مقاومت در برابر نیروهای مکانیکی را افزایش دهد؛ ب. کمترین افزایش یا کاهش طول (کشیدگی و چروک دهی) را داشته باشد؛ ج. پس از اعمال بر روی سطح کاغذ در برابر سایش مقاوم باشد؛ د. خواص نوری و شفافیت لازم را دارا باشد؛ ه. درجه نرم شوندگی (T_p) مناسبی داشته باشد (Wilson and Forshee, 1959). مهم ترین معیارها برای یک عامل آهاردهی مناسب بر روی کاغذها شامل موارد زیر است: الف. ماندگاری (دوام) زیاد بر روی الیاف؛ ب. توزیع یکنواخت در سطح الیاف؛ ج. توانایی در آب گریزی سطح کاغذ؛ د. برقراری پیوند محکم با الیاف؛ ه. بی اثر بودن برای کاغذ (همزه و رستم پور هفتخوانی، ۱۳۸۷).

سوابق حفاظتی: روش‌های استحکام بخشی

- در بخش پیش، برخی از مهم ترین الزامات در قالب یک دستورالعمل کلی تعریف شدند. در این بخش نیز با توجه به این دستورالعمل، به معرفی و سپس مقایسه هر یک از مهم ترین و معمول ترین روش‌های استحکام بخشی آثار کاغذی پرداخته می شود.
1. Legibility
 2. Durability
 3. Permanency
 4. Transparency

درمان‌های مبتنی بر آهاردهی مجدد: پوشش دهی سطح^۱

امروزه برای استحکام بخشی سستی آثار کاغذی به روش آهاردهی مجدد، متناسب با موقعیت جغرافیایی و نوع مراکز مربوطه و نیز مبتنی بر نوع تشخیص، از پلیمرهای طبیعی یا سنتزی و به خصوص کاربرد مشتقات سلولزی، به صورت متنوع استفاده می شود (Ardelean et al., 2009). در این روش، ماده استحکام بخش را یا بر روی کاغذ، افشانه^۲ می کنند (در مورد کاغذهای حساس) و یا با قلم مو پوشش (فیلم کشی) می دهند. (ریدرر، ۱۹۸۹). همچنین در برخی موارد، به روش استحمام^۳، کاغذهای مورد نظر در ماده استحکام بخش غوطه ور می شوند (Bansa and Ishii, 1997). یکی از مهم ترین اهداف برای آهاردهی کاغذها این است که با کاهش کشش یا انرژی سطح (شکل ۲)، سطوح کاغذها را آب گریز نمایند. (همزه و رستم پور هفتخواری، ۱۳۸۷).



شکل ۲

نمایش شماتیک از رفتار ترشوندگی سطوح کاغذها با آهاردهی مناسب و نامناسب (نگارنده).

برخی از اطلاعات عمومی و اما مهم در جدول ۱ به صورت کلی گزارش شده است (صرف نظر از روش اجرایی) که برای دستیابی به این اطلاعات، از برخی منابع مرتبط و نیز معتبر (هوری، ۱۹۹۱؛ پلندرلیت و ورنر، ۱۹۷۲؛ ناردی و وان دم، ۱۹۸۹؛ Petrea et al., 2010; Henry et al., 1988; Hanus, 1994; Bansa and Ishii, 1997) همچنین متناسب با برخی از تجربیات حفاظت گران (در قالب یک پرسش نامه تخصصی که در بخش های بعدی معرفی می شود) استفاده گردیده است.

1. Coating of surface
2. Spraying
3. Bathing the sheets

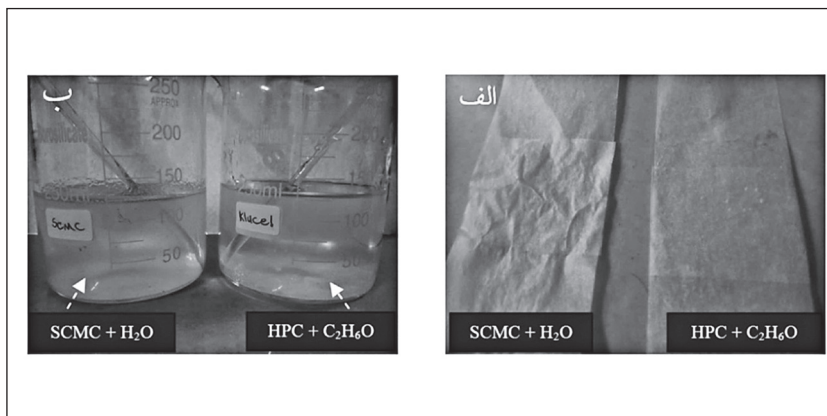
نام پلیمر	ساختار	حلال	توضیحات/نکات مهم
نشاسته و کتیرا	کربوهیدرات	آب	بادوام، ایجاد یک فیلم خشک و تقریباً مات، چروک دار شدن ناشی از حضور آب، برگشت پذیری دشوار ناشی از پیری
صمغ های گیاهی	کربوهیدرات	آب	خشک و پوسته شدن ناشی از پیری، کاربرد محدود در استحکام بخشی کاغذها
ژلاتین (سریشم)	پروتئین	آب گرم	ایجاد سطح خشک و براق، تغییر رنگ ناشی از پیری، مستعد به آسیب بیولوژیکی
سلولز متیل (MC)	اترسلولز	آب	انعطاف پذیری و استحکام بیشتر نسبت به پلیمرهای طبیعی نشاسته و ژلاتین
کلوسل جی (HPC-G)	اترسلولز	آب و الکل	استحکام و انعطاف مناسب، مقاومت به تغییر رنگ به عنوان پوشش بر روی کاغذ
تیلوز (MHEC)	اترسلولز	آب	خواص مشابه با پلیمر کلوسلجی
CMC/SCMC	اترسلولز	آب	خواص مشابه با سلولز متیل، تمایل زیاد به تغییرات رنگی ناشی از پیری، چروک دهی
نیتروسلولز (CN)	نیترات سلولز	استن و الکل	ناپایداری شیمیایی (اسیدی شدن)، تشکیل فیلم خشک، تغییر رنگ ناشی از پیری
نایلون محلول (کالابون CB)	N-متوکسی متیل نایلون	الکل و تیمول	شکننده شدن و احتمال جذب ریزگردها در شرایط پس از پیر شدن، شفاف، پایداری بیولوژیکی، آب گریز شدن سطح کاغذ

جدول ۱

معرفی عمده ترین پلیمرهای
مورد استفاده به عنوان آهار
مجدد در استحکام بخشی و
درمان آثار کاغذی

یکی از آسیب های قابل ملاحظه، چروکیدگی سطح آثار کاغذی ناشی از حضور و کاربرد حلال آب در محلول برخی از پلیمری ها به منظور آهاردهی مجدد است؛ این موضوع در این پژوهش، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳ الف). از دیگر معایب مشترک پلیمرهای اترسلولزی، رطوبت گیری و آب دوست نمودن سطح کاغذها است (کلایدزدیل، ۱۹۸۲) و از طرفی، دو پلیمر از این خانواده یعنی کلوسل^۱ (HPC) و تیلوز (MHEC)، دارای مقاومت بیولوژیکی بالا، چسبندگی مناسب (افشارپور، ۱۳۹۰) و pH تقریباً خنثی هستند و همچنین محلول پلیمری SCMC به صورت طبیعی (ذاتی)، در مقایسه بصری با سایر اترسلولزی، مات و زردتر است (شکل ۳ ب). از عمده ترین خسارات کاربرد پلیمرهای طبیعی (مانند نشاسته و ژلاتین) در مقایسه با انواع سنتزی (نایلون محلول) و نیمه سنتزی (اترسلولزها)، ناپایداری در برابر عوامل بیولوژیکی (قارچ، باکتری و حشرات) است.

۱. در میان انواع پلیمرهای کلوسل، نوع G (کلوسل جی) و پس از آن نوع M (کلوسل ام)، بیشترین کاربرد را در حفاظت از آثار کاغذی (در اینجا استحکام بخشی) دارند. وجه تمایز بین این انواع، با توجه به میزان ویسکوزیته و وزن مولکولی آنها است. سایر انواع این پلیمر با شناسه هایی تجاری H, J, E و I متناسب با مصارف صنعتی (صنایع غذایی، کاغذ و ...) تولید می شوند.

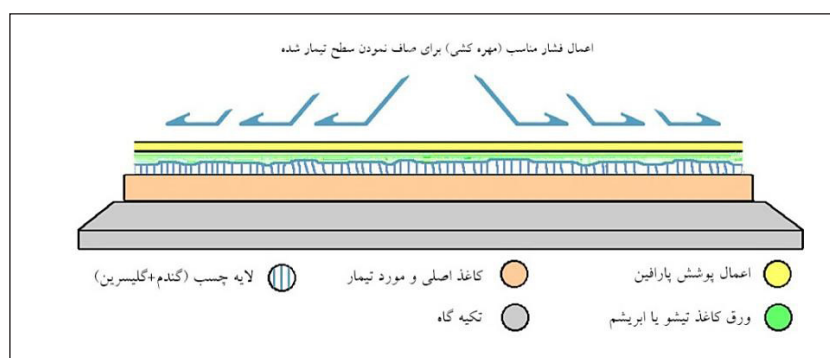


شکل ۳

مقایسه کیفی دو محلول پلیمری
کلوسل جی با حلال اتانول و SCMC
حلال آب (نگارنده).
(الف) وضعیت چروک‌دهی پلیمرهای
مربوطه موقع کاربرد روی سطح کاغذ
(ب) وضعیت رنگی (زردی) محلول‌های
پلیمری مربوطه پس از آماده‌سازی

۱. روش سیلکینگ^۱: کاغذ نازک تیشو یا توری ابریشم

این فن در سال ۱۸۹۶ میلادی، به‌عنوان یکی از روش‌های استحکام‌بخشی مبتنی بر لمینیت^۲، توسط شخصی به نام فرانسیس والکات رید امری^۳ (صحاف کتاب و اهل انگلستان و نیز شهروند ایالات متحده آمریکا) در ایالات ماساچوست ابداع گردید و سپس در قالب یک اختراع به ثبت رسید (Francis, 1896)؛ در این روش موسوم به روش سیلکینگ، آثار کاغذی تضعیف‌شده^۴، از یک طرف روی یک و یا از دو طرف بین دو توری ابریشمی و یا کاغذ تیشو (دارای کیفیت به‌مراتب بهتر نسبت به ابریشم) قرار می‌گیرد و به‌واسطه اعمال چسب بر پایه آب (چسب آرد گندم در ترکیب با نسبت کمی از گلیسرین به جهت نرمی و انعطاف‌بخشی) و با کمی فشار، ساندویچ می‌شود و پس از خشک شدن، با مقداری از موم پارافین چرب (شکل ۴)، سطح کاغذ، مهر و موم می‌شود. سرانجام این روش، در سال ۱۹۳۰ م. توسط حفاظت‌گران علمی نامناسب اعلام گردید (Roggia, 1999)؛ پلندرلیت و دیگران، (۱۹۷۲).



1. Emery silking process

۲. اصطلاحی کلی و معرف
کاربرد لایه‌هایی نازک و شفاف
از مواد مختلف (در اینجا بر روی
کاغذ) و گاهی همراه با اعمال
فشار و حرارت.

3. Francis Walcott Reed
Emery

4. Weakened papers and
inflexible

شکل ۴

شمایی از اجزا و فرآیند کلی در
استحکام‌بخشی کاغذ به روش سیلکینگ
(نگارنده).

۲. استحکام‌بخشی با توری ابریشمی (پارچه شیوفن/کرپلین)^۱

یکی دیگر از تکنیک‌های استحکام‌بخشی آثار کاغذی لایه‌گذاری (لمینیت) با پارچه‌های توری نازک ابریشمی است. واژه «شیوفن» اصطلاحی فرانسوی و معرف نوعی از پارچه‌های توری ابریشمی است که گاهی با عنوان «کرپلین» معرفی می‌شوند. از این پارچه به‌عنوان یک پوشش استحکام‌بخش به همراه نوعی چسب، برای استحکام‌بخشی آثار کاغذی استفاده شده است. چسب مورد استفاده در این روش لمینیت معمولاً نشاسته یا دکسترین است (نیکنام، ۱۳۶۳؛ Roggia, 1999).

۳. آسترگیری با کاغذ تیشو^۲

یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین تکنیک‌ها در استحکام‌بخشی آثار کاغذی به روش لمینیت، پوشش دهی (لایه چسبانی) با کاغذهای ژاپنی آغشته شده به نوعی چسب پلیمری از جمله متیل سلولز، نشاسته (Bansa and Ishii, 1997)، کلوسل جی، تیلوز، پلی‌وینیل الکل (PVAL)، پلی‌وینیل استات (PVAC) (ریدر، ۱۹۸۹) و گاهی نیز پلی‌وینیل کلراید (PVC) در پرس گرم است (هوری، ۱۹۹۱). در دهه ۸۰ م، از سوی محققان، استفاده از ورقه‌های کاغذ ژاپنی آغشته شده به چسب‌های گرمانرم، مانند پلی‌وینیل استات و یا پلی‌آکریلات‌های خشک‌شده و سپس حرارت‌دهی آن‌ها تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد با فشار متوسط، برای درمان آثار کاغذی پیشنهاد شده است (پلندرلیت و دیگران، ۱۹۷۲). تکنیک آسترگیری با کاغذ ژاپنی نسبت به سایر روش‌ها، یکی از معمول‌ترین تکنیک‌های استحکام‌بخشی حال حاضر جهان در حفاظت از آثار کاغذی محسوب می‌شود (Roggia, 1999).

۴. استحکام‌بخشی با اوراق استات سلولز^۳: سلفون‌کشی

این تکنیک در سال ۱۹۳۰ م و توسط ویلیام بارو^۴، از طریق لایه‌چسبانی اسناد کاغذی بین یک یا دو صفحه نازک و شفاف پلاستیکی، با ترکیب استات سلولز و با اعمال فشار و حرارت هم‌زمان استفاده شد. اولین بار از این روش در کتابخانه عمومی نیویورک برای مرمت اوراق سست یک کتاب آسیب‌دیده استفاده شد و بعدها به‌عنوان یک روش حفاظتی متداول گردید. (Roggia, 1999؛ هوری، ۱۹۹۱). این روش، جایگزین مناسبی برای کاربرد نیترات سلولز و پلی‌وینیل استات در استحکام‌بخشی آثار کاغذی محسوب می‌شود (هوری، ۱۹۹۱). دو روش اصلی و مرسوم در این تکنیک شامل: الف. روش خشک یا نیمه‌خودکار (به‌واسطه دو مکانیسم هم‌زمان حرارت یا بخار گرم و فشار با پرس هیدرولیک)؛ روش پیشنهادی بارو در سال ۱۹۳۹ م و آقای موران ب. روش مرطوب؛ نرم کردن با حلال استون؛

1. Tissue paper and silk
cloth or chifffoning

(Chiffon/Crepeline)
lamination

2. Lining with tissue paper

3. Reinforcement whit
Cellulose acetate sheeting

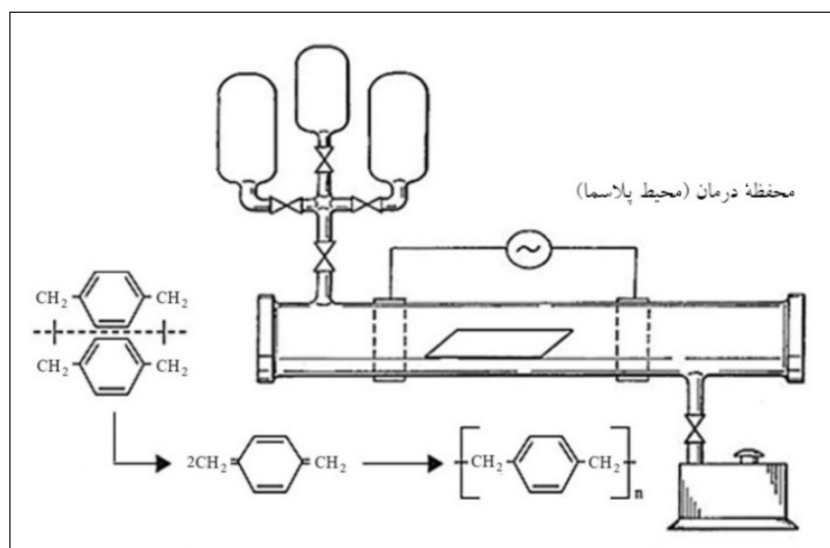
4. William barrow

مانند روش پیشنهادی در مرکز اسناد ملی هندوستان (پلندرلیت و دیگران، ۱۹۷۲) هستند.

روش پاریلن: پوشش دهی در محیط پلاسما

پوشش دهی آثار کاغذی شکننده با یک پلیمر سنتزی پلی (پارا-زایلن)، یک ترکیب آلی از خانواده کربوهیدرات های آروماتیک (شکل ۵) و به صورت تجاری با نام پاریلن (Bansa and Ishii, 1997) روشی است که در سال ۱۹۹۲م در جماهیر شوروی (روسیه امروزی) و توسط یک گروه پژوهشگر، ابداع و سپس ثبت اختراع گردید (Krapivina et al., 1993).

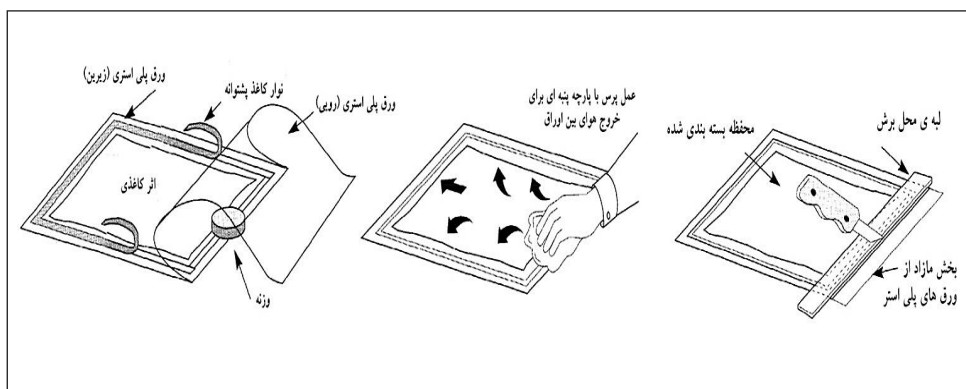
در این روش نظام مند، کاغذهای شکننده در یک محیط پلاسما و به واسطه حضور یک تک گاز (متان یا آرگون) یا چند گاز و سپس پلیمریزه شدن و رسوب بخار مونومر مذکور، استحکام بخشی می شوند. در این محیط که به روش های مختلف و پس از قرارگیری کاغذ مورد نظر در محفظه تعیین شده با انرژی و مدت زمان مشخص، دما و فشار کم، یک پوشش محافظ از پلیمر مربوطه در سطح کاغذ (شکل ۵) تشکیل می شود (شکل ۵)؛ بنابراین مطابق با ادعای این روش، کاغذ در برابر رطوبت و خواص آب گریز، پرتوهای نوری مضر UV و خسارات ناشی از عوامل میکروارگانیسم ایمن خواهد بود.



روش پوشینه گذاری^۱: محفظه سازی

روش پوشینه گذاری برای کاغذهای کم استحکام، از طریق ساندویچ نمودن با دو ورق نازک و شفاف پلی اتیلن ترفتالات مانند مایلار نوع D و یا ملینکس، از طریق چسباندن و یا به روش جوشکاری لبه‌های دو ورق، بدون تماس مستقیم بر روی کاغذ امکان پذیر است (شکل ۶)؛ لذا امکان جابه جایی هم زمان از طریق کلاسوره کردن و نمایش برای آثار فراهم خواهد شد. این روش، با ایجاد دو لایه نازک پلاستیکی از پلی استر (با ضخامت حدود ۱۰۰ میکرون)، در دو طرف آثار کاغذی انجام می شود.

این روش استحکام بخشی بیش از آن که متوجه وجوه فیزیکی اثر باشد، به منظور محافظت محیطی تعریف می شود؛ لذا شاید مناسب ترین عنوان فارسی برای این لایه‌های شفاف پلی استری، همان اصطلاح «پوشینه»^۲ باشد. جاذبه الکترواستاتیک ایجاد شده بین اوراق پوشینه و ورق کاغذ، منجر به اتصال موقت این دو باهم می شود؛ لذا این تنها عامل اتصال مستقیم ورق با کاغذ است که به صورت ناخواسته برقرار می شود (Crespo and Vinas, 1985; Canadian Conservation Insti- tute, 1995؛ طیبی، ۱۳۸۶؛ روحی عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۶

شمای کلی از اجزاء، ابزار و نحوه آماده سازی در روش پوشینه گذاری (مونرو^۳، ۱۹۹۳)

روش ترکیبی در استحکام بخشی مبتنی بر اسیدزدایی

در این روش، اسناد در یک مرحله درمانی، هم زمان اسیدزدایی و استحکام بخشی می شوند. از جمله مراکز مهم مانند کتابخانه وین در روشی ترکیبی، اسناد کاغذی را در شرایط اسیدزدایی با هیدروکسید کلسیم یا بی کربنات منیزیم به همراه متیل سلولز درمان نمودند و سپس به واسطه انجام خشک کردند. همچنین در کتابخانه بریتانیا، روشی تجربی با محلول دی متیل آمینو اتیل متاکریلات و در معرض اشعه، مورد آزمایش قرار گرفته است. یکی دیگر از روش های مشابه با این تکنیک، در کتابخانه لایپزیک آلمان مورد مطالعه قرار گرفته است (ناردی و وان دم، ۱۹۸۹؛ Bansa and Ishii, 1997).

1. Encapsulate technique
2. Enclosure
3. Munro



مقایسه کیفی روش‌های معمول در استحکام بخشی کاغذ

با توجه به اطلاعات معرفی شده در بخش‌های پیشین (سوابق حفاظتی: روش‌ها)، در این بخش تلاش شده است که مهم‌ترین نکات در مورد این موضوع، به صورت موجز و در قالبی منسجم و گویا (جدول ۲) بیان شوند. لازم به توضیح است که برای دستیابی به اطلاعات لازم، علاوه بر بهره‌مندی از اطلاعات منابع مورد استفاده در این مقاله، از تجربیات عملی تعدادی از حفاظت‌گران فعال در زمینه حفاظت از آثار کاغذی هم (در قالب پرسش‌نامه) استفاده شده است.

وضعیت ظاهری	پایداری فیزیکی	دوام شیمیایی	برگشت پذیری
روش سیلکینگ با موم+ ابریشم یا تیشو	اختلال در خوانایی عناصر نوشتاری روی کاغذ	افزایش وزن و حجم نهایی کاغذ	مقاومت بیولوژیکی (به دلیل وجود پارافین/موم)
عدم برگشت پذیری یا برگشت پذیری با آسیب	افزایش وزن و حجم نهایی کاغذ	تجمع ذرات و محیط رشد برای عوامل بیولوژیکی	شرایط برگشت پذیری همراه با آسیب است
روش شیفون/کرپلین با توری ابریشمی	کدورت سطح و اختلال در خوانایی نوشتار	افزایش حجم، اندازه و وزن کاغذ	برای برگشت پذیری
آسترگیری یا لایه گذاری با کاغذ نازک تیشو	کاهش خوانایی بصری عناصر نوشتاری	چین و چروک احتمالی، خشک شدن کاغذ	عامل تأثیرگذار در میزان اسیدی شدن کاغذ
اوراق اسنات سلولز به روش سلفون کشی	طبیعت شفاف دارد، براقیت نامتعارف سطح	احتمال چین و چروک و سخت شدن پوشش	تا حدود زیادی مقاومت بیولوژیکی دارد
روش محیط پلاستما با بخار پارلین	شفافیت و براقیت زیاد، رنگین کمائی شدن سطح	ناهمواری در سطح کاغذ	مقاومت بیولوژیکی مقاوم به تغییر رنگ دشوار و تقریباً غیرممکن
پوشینه گذاری با اوراق شفاف پلی استری	-	افزایش ابعاد و ضخامت نهایی کاغذها	مقاوم در برابر عوامل بیولوژیک، مقاوم به تغییرات رنگی، عدم نفوذ گاز و آب
کاملاً برگشت پذیر بدون دخالت مستقیم	احتمال مخدوش شدن برخی عناصر نوشتاری	استعمال و نفوذ بیشتر ماده استحکام بخش	وابسته به خواص ماده استحکام بخش است
روش ترکیبی و هم زمان مثبتی بر اسیدزدایی			

جدول ۲

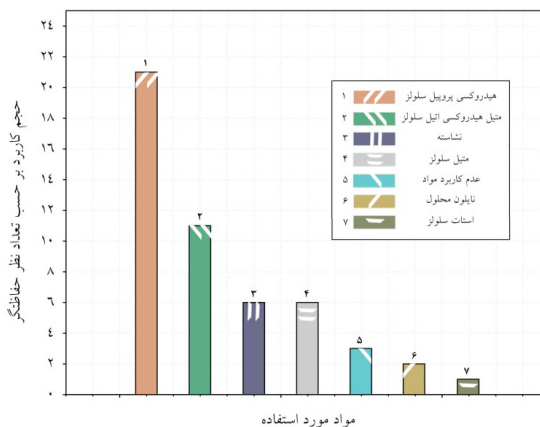
مقایسه اجمالی مهم‌ترین روش‌های معمول در استحکام بخشی کاغذها، بر اساس الزامات حفاظتی

رویکردهای حفاظتی حاضر در ایران: استحکام‌بخشی آثار کاغذی

از آنجایی که موضوع استحکام‌بخشی آثار کاغذی، اهمیت زیادی را شامل می‌شود؛ لذا در بین متخصصان حفاظت گر (سنتی و علمی)، اختلاف نظرات متعددی وجود دارد. از این رو، به‌واسطه اطلاعات اکتسابی حاصل از مصاحبه کتبی با برخی متخصصان فعال و باتجربه داخلی (ایران)، پاسخ‌هایی به فراخور موضوع این مقاله و در قالب پرسش‌نامه‌ای با مضمون «کاربرد مواد و روش‌های استحکام‌بخشی» تدوین گردید^۱. هدف از این بررسی، آگاهی از نوع رویکردها (در ایران) با موضوع استحکام‌بخشی آثار کاغذی در نظر گرفته شد و در نهایت، یافته‌های کلی منتج شده از این بررسی، در نمودارهای ۱ و ۲ گزارش گردید. شایان‌ذکر است که اطلاعات ارائه‌شده در دو نمودار، حاصل جمع‌آوری مستقیم داده‌های اکتسابی از «بخش گزینه‌ای» پاسخنامه منتج از پرسشنامه مذکور است.

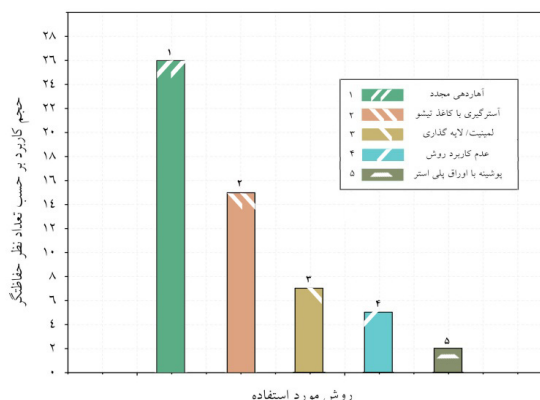
نمودار ۱

گزارش یافته‌های منتج از
نظرسنجی، بین ۳۲ نفر از
متخصصان با موضوع
کاربرد مواد



نمودار ۲

گزارش یافته‌های منتج از
نظرسنجی، بین ۳۲ نفر از
متخصصان با موضوع
کاربرد روش‌ها



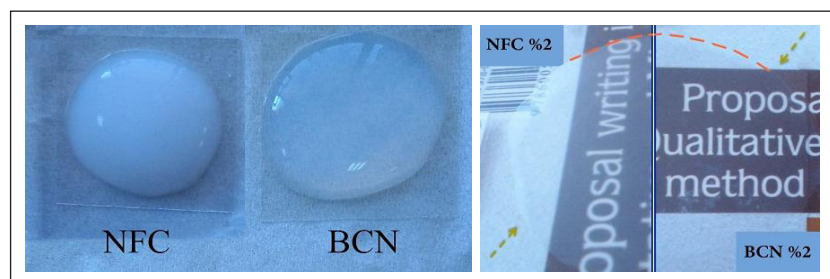
۱. نظرسنجی، به روش اینترنتی و در قالب
یک نرم‌افزار نظرسنجی
(survey by webpage)، انجام شد.



قابلیت کاربردی خواص نانوالیاف NFC و BCN در حفاظت از آثار کاغذی

بهره‌مندی از ویژگی‌ها و خواص نانوالیاف سلولزی صرف‌نظر از انواع متنوع آن (Moon et al., 2011)، در حوزه‌های مختلف علوم (از جمله صنایع کاغذسازی و پلیمر) مورد توجه و ارزیابی قرار گرفته است (علی‌نیا لاکانی و افرا، ۱۳۹۰؛ هادیلام و دیگران، ۱۳۹۱ الف، ب، هادیلام و دیگران، ۱۳۹۱؛ Siqueira et al., 2008; Lwamoto et al., 2011; Henriksson et al., 2011; Lee et al., 2012). و از این‌روی، قابلیت کاربردی این نوع نانومواد مورد تأیید اکثریت این محققان واقع شده است. در این میان، دو نوع ویژه از این نانوالیاف با عناوین نانوالیاف سلولز فیبریل‌شده (NFC) و نانوالیاف سلولز باکتریایی (BCN) با فرمول تجربی $(C_5H_{10}O_5)_n$ ، بیشترین توجه را تا به امروز به خود اختصاص داده‌اند (Pinto et al., 2012; Klemm et al., 2011). با توجه به پژوهش‌های علمی مذکور، ویژگی‌های مهم این دو نوع نانومواد شامل موارد زیر است: خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار قابل توجه؛ شفافیت بالا (شکل ۷)؛ خلوص شیمیایی و سازگاری زیستی^۳ (ایمنی سلامت)؛ پایداری شیمیایی و دوام خواص. تا به امروز، یکی از قابلیت‌های کاربردی این نانومواد سلولز، در قالب ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری بوده است. کاربرد نانوذرات سلولز به‌عنوان یک عامل استحکام‌بخش در قالب نانوکامپوزیت‌ها، یک زمینه نسبتاً جدید پژوهشی محسوب می‌شود و تقریباً از ۲۰ سال پیش، اولین تجارب در این رابطه، مورد عمل واقع شده است. (Favier et al., 1995).

(a & b)



شکل ۷

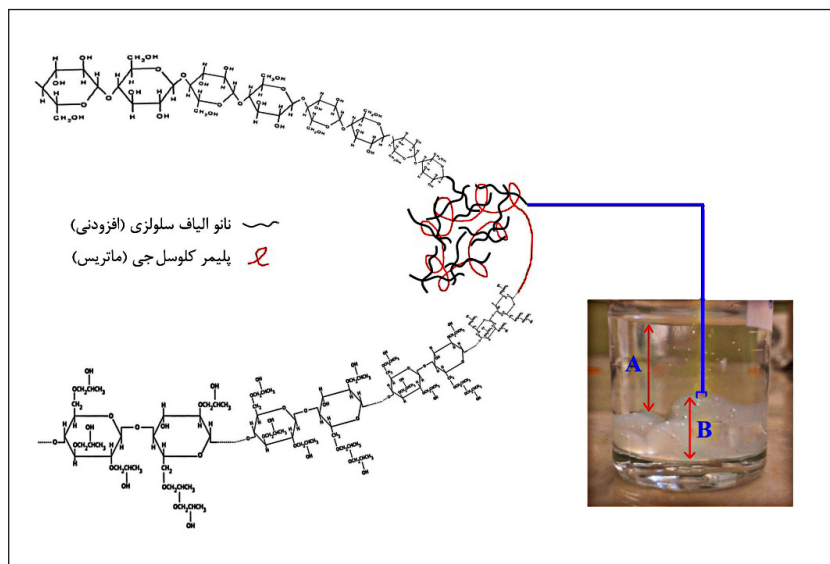
راست) مقایسه کیفی میزان شفافیت
فیلم‌های متشکل از ترکیب نانوالیاف
سلولزی + کلوسل‌جی؛
چپ) سوسپانسیون اولیه از نانوالیاف
سلولزی BCN و NFC با گرانروی یکسان
(نگارنده).

طرح پیشنهادی در مورد کاربرد نانوالیاف NFC و BCN

متناسب با نمودارهای ۱ و ۲، گویا مشخص است که بیشترین توجه برای کاربرد مواد و روش‌ها در استحکام‌بخشی آثار کاغذی (در ایران)، استفاده از پلیمرهای اترسلولزی به روش آهاردهی مجدد است. با توجه به تمایل تعداد قابل توجهی از حفاظت‌گران علمی کاغذ در مورد ارتقای کیفی مواد و روش‌های درمانی و از طرفی، آگاهی از خواص مذکور برای این نانوالیاف سلولزی، توانمندی و قابلیت‌های کاربردی این نانومواد در قالب یک پوشش نانوکامپوزیت در ماتریس‌های پلیمری اترسلولزی بر روی آثار کاغذی، به‌منظور

1. Fibrillated cellulose nanofibers
2. Bacterial cellulose nanofibers
3. Bio-compatibility (safety for conservators)

دستیابی به قابلیت‌های ویژه و ارتقای خواص، قابل پیش‌بینی بود و بنابراین برای ارزیابی (انجام پژوهش) نیز پیشنهاد می‌شوند. وضعیت اختلاط فیزیکی نانوافزودنی الیاف سلولزی در ماتریس پلیمری کلوسل جی، در شکل ۸ به صورت شماتیک نمایش داده شده است.^۱



شکل ۸

نمایش از وضعیت ترکیبی نانوالیاف
سلولزی در محلول کلوسل جی (نگارنده).
A: فاز ماتریس (پلیمر کلوسل جی) به
همراه نانوالیاف سلولزی
B: فاز نانوافزودنی (نانوالیاف سلولزی)
به همراه کلوسل جی

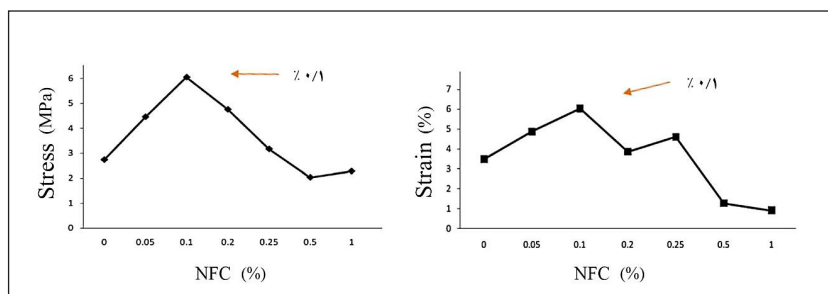
مطالعه کاربرد نانوالیاف NFC و BCN

همان‌طور که از توضیحات بخش فوق مشخص است، قابلیت کاربرد نانوالیاف مذکور در حفاظت از آثار کاغذی امکان‌پذیر و قابل دسترس است. با این وجود، رعایت برخی از الزامات و محدودیت‌ها کاملاً بدیهی است و به این منظور، مطالعه سوابق پژوهشی در این رابطه بسیار سودمند خواهد بود. برای مثال؛ یک موضوع بسیار ارزشمندی که توسط توریف (Turaif, 2013) مورد مطالعه قرار گرفته است، حاکی از این است که افزایش غلظت‌های بیشتر از ۰/۱ درصد وزن خشک برای NFC در ماتریس‌های پلیمری، منجر به کاهش خواص مکانیکی نانوکامپوزیت تهیه شده خواهد شد و این موضوع تا غلظت نزدیک به ۰/۵ درصد، تأثیر منفی در خواص مکانیکی پلیمر (بدون افزودنی) خواهد گذاشت (نمودار ۳)؛ نتایج به دست آمده از پژوهش دیگری هم که قبلاً توسط محققان این مقاله صورت گرفته است (قربانی، ۱۳۹۴)، این موضوع را تأیید می‌کند (نمودار ۴الف). همچنین، نتیجه جالب توجه دیگری نیز که از این مطالعه منتج گردیده است حاکی از افزایش مقاومت به زردشدن^۲ این پلیمر (بدون افزودنی) در برابر کهنگی (پیری) ناشی از کاربرد این دو نانوالیاف است (نمودار ۴ب).

۱. این اطلاعات به صورت کلی و به جهت یک معرفی اجمالی از توانمندی‌های قابل توجه این نانوالیاف سلولزی گزارش شده‌اند؛ بنابراین خوانندگان برای آگاهی بیشتر می‌توانند به مآخذ حاضر و یا سایر پژوهش‌های انجام شده در این رابطه نیز مراجعه نمایند.

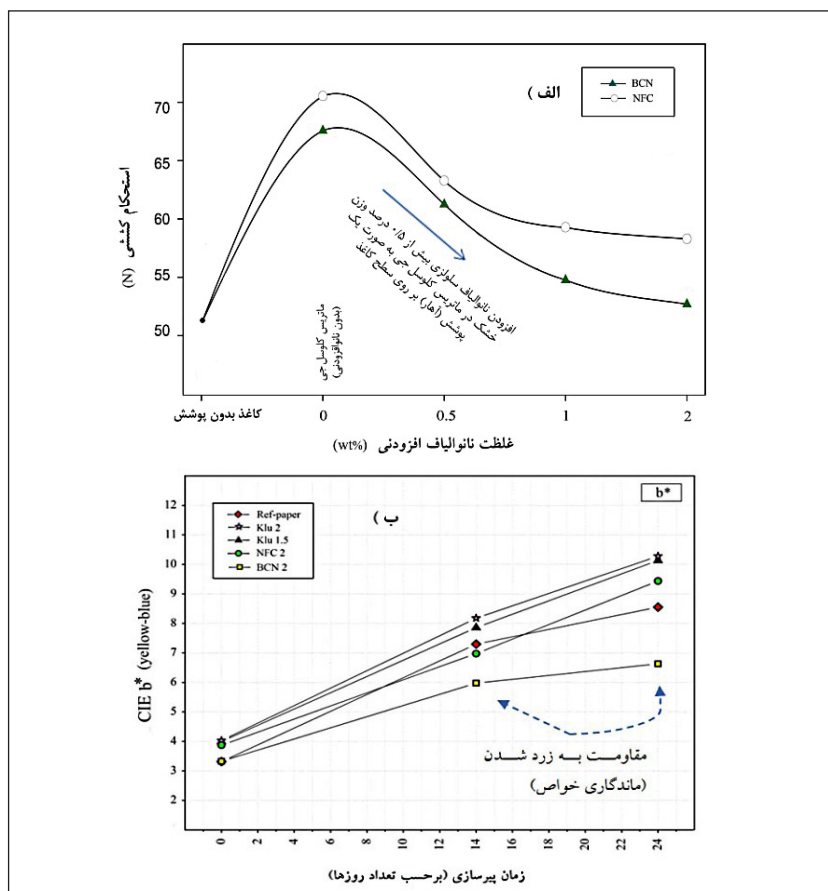
2. Yellowing

شایان ذکر است که نتایج جامع این پژوهش به منظور انتشار دستاوردهای آن برای عموم محققان با موضوع «مطالعه خواص نانوالیاف مذکور در پلیمر اترسلولزی کلوسل جی»، قابل دسترس خواهد بود. لذا مطالعه خواص این نانومواد در مورد سایر پلیمرها (به ویژه اترسلولزها) پیشنهاد می گردد.



نمودار ۳

تنش و کرنش غلظت های وزنی نانوالیاف
NFC در ماتریس پلیمری اپوکسی
(Turaif, 2013)



نمودار ۴

الف) تأثیر مقاومت های مکانیکی ناشی از افزایش غلظت نانوالیاف سلولزی در ماتریس کلوسل جی؛
ب) مقایسه تأثیر بازدارندگی از زرد شدن پلیمر کلوسل جی، ناشی از حضور نانوالیاف سلولزی مذکور (نگارنده).

نتیجه‌گیری

تعدد و تنوع روش‌های معمول در استحکام بخشی آثار کاغذی (صرف نظر از مزایا و معایب هر یک)، موجب شده است که بسیاری از حفاظت‌گران این آثار، فرصت تجربه و کسب شناخت کافی از آن‌ها را نداشته باشند؛ لذا علاوه بر معرفی آن‌ها مقایسه این روش‌ها نیز برای ایشان، لازم و بسیار دارای اهمیت خواهد بود. با توجه به مطالعه اجمالی صورت گرفته در این پژوهش، مشخص گردید که تعداد زیادی از متخصصان، درصدد یافتن روش‌های مناسب برای استحکام بخشی آثار کاغذی هستند و در این میان، هر یک از این روش‌ها واجد مزایا و معایبی هستند که منجر به مقبول و یا مطرود شدن آن‌ها می‌شود و لذا آگاهی صحیح از آن‌ها برای هر یک از متخصصان امروزی، در زمینه آثار کاغذی، لازم و ضروری است. در این راستا، معیارهایی در رابطه با انتخاب و استفاده از مواد و روش‌های استحکام بخشی آثار کاغذی، از سوی صاحب نظران باتجربه در این حوزه تدوین گردیده که از این روی، موجب سهولت در سنجش میزان کیفیت و در نتیجه گزینش مناسب‌ترین روش‌ها و مواد شده است؛ که به صورت کلی، مهم‌ترین این معیارها شامل حداکثر میزان برگشت پذیری، سازگاری و دوام شیمیایی، خوانایی (شفافیت) و خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب مواد و روش‌های مورد استفاده برای این منظور هستند.

امروزه یکی از روش‌های پذیرفته شده برای استحکام بخشی آثار کاغذی و البته بسیار معمول (به خصوص در ایران)، کاربرد روش‌های مبتنی بر آهاردهی مجدد است. با توجه به بررسی صورت گرفته در ایران (پرسش نامه تخصصی)، استفاده از پلیمرهای اترسلولزی به ترتیب کثرت، از جمله شامل استفاده از کلوسل (نوع جی)، متیل هیدروکسی اتیل سلولز موسوم به تیلوز (MHEC) و متیل سلولز (MC) و همچنین در بین مواد طبیعی و در برخی موارد نیز استفاده از چسب گیاهی نشاسته، بیشترین سهم را در این زمینه به خود اختصاص داده‌اند. برخی از حفاظت‌گران، روش آسترگیری با کاغذ تیشو (ژاپنی) را با چسب‌های یاد شده، همواره به عنوان یک روش مکمل و مؤثر مورد استفاده قرار می‌دهند. از مزایای مهم برای این پلیمرهای اترسلولزی، برگشت پذیری مناسب، سازگاری و دوام شیمیایی، مقاومت بیولوژیکی بالا و نیز انعطاف پذیری و شفافیت زیاد آن‌ها مطرح هستند. از طرفی، کاربرد پلیمر نشاسته با وجود دارا بودن اکثریت این خواص، مقاومت بیولوژیکی و انعطاف پذیری (تردی) و شفافیت کمتری دارد. استفاده از روش آسترگیری با کاغذ تیشو، منجر به کاهش میزان خوانایی بصری (شفافیت) می‌شود و همچنین در مرحله برگشت پذیری، احتمال آسیب رسانی فیزیکی به کاغذ بسیار زیاد خواهد بود.

از دهه اخیر تا به امروز، پژوهش‌های علمی زیادی در زمینه ارتقای روش‌های

سستی استحکام بخشی آثار کاغذی طراحی شده است که در این میان، کاربرد و ارزیابی فناوری نانومواد بیشترین حجم توجه را در بین پژوهشگران و حفاظت گران علمی داشته است. خواص مطلوب نانوالیاف سلولز (در اینجا نانوالیاف سلولزی نوع BCN و NFC بیشتر مورد نظر است) در پژوهش های سایر علوم از جمله صنایع کاغذسازی و پلیمر، مورد ارزیابی قرار گرفته و لذا خواص فیزیکی و مکانیکی آنها در قالب نانوکامپوزیت های پلیمری بسیار مطلوب و شناخته شده است. از دیگر مزایای مهم برای این نانومواد می توان به سازگاری زیستی (ایمنی در سلامت)، دوام شیمیایی، شفافیت زیاد، دسترسی آسان و ارزان قیمت بودن آنها اشاره نمود. از این روی، پس از رعایت میزان کاربرد غلظت این نانومواد در محدوده ۰/۱ درصد (وزن خشک در ماتریس پلیمری)، پیش بینی می شود که این قابلیت های ارزیابی شده، در قالب یک زیست نانوپوشش کامپوزیت شده در پلیمرهای اترسلولزی بر روی آثار کاغذی، قابل کاربرد باشد و لذا در راستای بهبود و ارتقای روش های استحکام بخشی نیز می تواند مؤثر واقع گردد.

تشکر و قدردانی:

از همکاری کتابخانه مرکزی و اداره حفاظت و مرمت آثار آستان قدس رضوی و نیز حمایت و پشتیبانی دانشگاه هنر تهران، سپاسگزاری و قدردانی می گردد.

منابع

کتابها

- پلندرلیت هارولد، جیمز؛ ورنر، آنتونی؛ امیل، آلفرد. (۱۹۷۲). *حفاظت، نگهداری و مرمت آثار هنری و تاریخی*. (چ ۲). (رسول وطن دوست، مترجم، ۱۳۹۲). تهران: دانشگاه هنر.
- ریدر، ژوزف. (۱۹۸۹). *روش های جدید مرمت و نگهداری اموال فرهنگی*. (ابوالفضل سمنانی و حمید فرهمند بروجنی، مترجمان، ۱۳۷۶). تهران: دانشگاه هنر.
- کلایندیل، آماندا. (۱۹۸۲). *مواد شیمیایی مورد استفاده در مرمت*. (مریم باباشاهی، مترجم، ۱۳۷۹). تهران: هنر.
- ناردی، آن لیه؛ وان دم، فیلیپ. (۱۹۸۹). *راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ*. (ابوالحسن سرومقدم، مترجم). مشهد: مؤسسه چاپ آستان قدس رضوی.
- نیکنام، مهرداد. (۱۳۶۳). *آفت ها و آسیب های کتاب*. تهران: مرکز اسناد و مدارک علمی.
- همزه، یحیی؛ رستم پور هفتخوانی، اکبر. (۱۳۸۷). *اصول شیمی کاغذ*. تهران: دانشگاه تهران.
- هوری، چارلز ولسون. (۱۹۹۱). *مواد مورد استفاده در مرمت: حلال های آلی و چسب ها و جلاها*. (ابوالفضل سمنانی و حمید فرهمند بروجنی، مترجمان، ۱۳۷۸). تهران: دانشگاه هنر.



مقاله‌ها

- افشارپور، مریم. (۱۳۹۰). «روش‌های نوین شیمیایی و فیزیکی حفاظت و مرمت اسناد و کتب خطی در کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران». نشریه کلیات کتاب ماه. ۵(۱۴)، صص ۷۲-۷۷.
- روحی عزیزی، مزده؛ وطن دوست، عبدالرسول؛ ملکیان، حمید. (۱۳۹۴). «شرحی بر مرمت سنتی آثار کاغذی در ایران». گنجینه اسناد. ۳(۲۵)، صص ۱۱۴-۱۲۷.
- علی نیای لاکانی، صهبا؛ افرا، الیاس. (۱۳۹۰). «نانوفیبر سلولز و بررسی کاربرد آن در بهبود ویژگی‌های کاغذ». اولین همایش ملی نانومواد و نانو تکنولوژی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.
- هادیلام، محمدمهدی؛ افرا، الیاس؛ قاسمیان، علی؛ یوسفی، حسین. (۱۳۹۲ الف). «تهیه و ارزیابی خواص نانوفیبر سلولز تهیه شده با روش آسیاب». نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۰(۲)، صص ۱۳۹-۱۴۹.
- هادیلام، محمدمهدی؛ افرا، الیاس؛ یوسفی، حسین. (۱۳۹۲ ب). «اثر استفاده از نانوفیبرهای سلولزی بر خواص کاغذ باگاس». نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران. ۶۶(۲)، صص ۳۵۱-۳۶۶.
- هادیلام، محمدمهدی؛ افرا، الیاس؛ یوسفی، حسین؛ قاسمیان، علی. (۱۳۹۱). «بررسی رفتارهای مقاومتی و ممانعتی نانو کاغذهای نانوفیبر سلولز در مقابل رطوبت». اولین کنفرانس ملی نانوفناوری و کاربرد آن در کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه تهران- کرج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

مجموعه مقالات

- طیعی، ماندانا. (۱۳۸۶). «بررسی روش پوشینه گذاری در حفاظت از اسناد کاغذی» در مجموعه مقالات هشتمین همایش حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی- فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری (آذر): تهران. صص ۲۲۷-۲۳۱.

پایان نامه

- قربانی، مهدی. (۱۳۹۴). «ارزیابی و امکان سنجی کاربرد خواص فیزیکی و مکانیکی زیست نانوکامپوزیت الیاف سلولز به منظور استحکام بخشی آثار کاغذی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر.

منابع لاتین

- Ardelean, Elena; Raluca Nicu; Doina Asandei and Elena Bobu. (2009). "Carboxy-methyl-chitosan as consolidation agent for old documents on paper support". *European Journal of Science and Theology*, 5 (4), pp67-75.

- Baglioni, Piero and Rodorico Giorgi. (2006). "Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage". *Soft Matter*, 2, pp293–303.
- Bansa, Helmut and Ritsuko Ishii. (1997). "The Effect of Different Strengthening Methods on Different Kinds of Paper". *Restaurator*, 18 (2), pp51-72.
- Canadian conservation institute: CCI Notes 11/10. (1995). *Encapsulation*. Canadian heritage. Government of Canada. 4 pages.
- Crespo, Carmen and Vicente Vinas. (1985). *The preservation and Restoration of paper records and books: A ramp study with guidelines*. General Information Programme and Unisist. UNESCO: Paris.
- Favier, V. et al. (1995a). "Polymer nanocomposites reinforced by cellulose whiskers". *Macromolecules*, 28 (18), pp6365-6367.
- Favier, V. et al. (1995b). "Nanocomposite materials from latex and cellulose whiskers". *Polymers for Advanced Technologies*, 6 (5), pp351-355.
- Francis W. R. (1896). *Process of preserving records*. U.S. Patent, No. 561503. June 2.
- Henriksson, Marielle et al. (2011). "Novel nanocomposite concept based on cross-linking of hyperbranched polymers in reactive cellulose nanopaper templates". *Composites Science and Technology*, 71, pp13–17.
- Henry, Walter et al. (1988). *Consolidation/Fixing/Facing*. Chap. 23 in Paper Conservation Catalog. Washington D.C.: American Institute for Conservation Book and Paper Group.
- Hummel, R. O. Jr. and W. J. Barrow. (1956). "Lamination and other methods of restoration". *Library Trends*, 4, pp259-268.
- Hanus, Jozef (1994). Changes in brittle paper during conservation treatment. *Restaurator*, 15. 46-54.
- Klemm, Dieter, et al. (2011). "Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials". *Angewandte chemie international edition*, 50, pp5438-5466.
- Krapivina, Svetlana A.; Paskalov, Georgy Z.; Filippov, Alexander K. (1993). *Gas plasma treatment for archival preservation of manuscripts and the like*. U.S. Patent, No. 5262208. November 16.
- Lee, K. et al. (2012). "High performance cellulose nanocomposites: comparing the reinforcing ability of bacterial cellulose and nanofibrillated cellulose". *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4 (8), pp4078-4086.



- Lwamoto, Shinichiro; Kentaro, Abe and Hiroyuki Yano. (2008). "The Effect of Hemicelluloses on Wood Pulp Nanofibrillation and Nanofiber Network Characteristics". *Biomacromolecules*, 9(3), pp1022–1026.
- Moon, Robert J.; Ashlie Martini; John Nairn; John Simonsen and Jeff Youngblood. (2011). "Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites". *Chem. Soc. Rev.* 40, pp3941–3994.
- Munro, Susan Nash. (1993). *Polyester Encapsulation*. National Park Service Conserve O Gram, No. Number 13/3. Washington DC.
- Petrea Puiu; Florin Ciolacu and Sorin Ciovica. (2010). "The evaluation of some consolidation agents applied in the conservation of graphical documents". *European Journal of Science and Theology*, 6 (1), pp67-75.
- Pinto, Ricardo J. B. et al. (2012). *Composites of Cellulose and Metal Nanoparticles, Nanocomposites - New Trends and Developments. Chapter 4: Composites of Cellulose and Metal Nanoparticles*. Book edited: Dr. Farzad Ebrahimi (Ed.), 73-96.
- Roggia, Sally. (1999). *William James Barrow: A Biographical Study of His Formative Years and His Role in the History of Library and Archives Conservation from 1931 to 1941*. A Final Project Report for the Degree of Doctor of Library Science. Graduate School of Library Service in Columbia University: Columbia.
- Shiah, tsangchi; Lan-Sheng Kuo; Hong-Lin Lee; Ming-Hong Duh; Han Chien Lin. (2006). "Application of a Polyparaxylylene Coating Film for Strengthening Weak and Brittle Paper-based Cultural Relics". *Taiwan J for Sci*, 21 (1), pp75-85.
- Siqueira, G., J. Bras and A. Dufresne. (2010). "Cellulosic Bionanocomposites: A Review of Preparation, Properties and Applications". *Polymer Science Journal*, 2(4), pp728-765.
- Turaif, Hamad A. (2013). "Relationship between tensile properties and film formation kinetics of epoxy resin reinforced with nanofibrillated cellulose". *Progress in Organic Coatings*, 76, pp477–481.
- Wilson, William K. and B. W. Forshee. (1959). *Preservation of Documents by Lamination*. Washington: Department of commerce, National bureau of standards.

