



بررسی کارایی روش طیف‌سنجی زیرقرمز نزدیک در شناسایی رنگزای طبیعی روناس از رنگزای مصنوعی، مورد استفاده در خامه فرش دستباف

سعیده گرجی کندی^{۱*}، کمال‌الدین قرنجیگ^۲

۱- استادیار، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳

۲- دانشیار، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۴ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۳/۹/۲۰

چکیده

با توجه به تفاوت قیمت و ارزش رنگزاهای طبیعی در مقابل مصنوعی، شناسایی این دو دسته در فرش دستباف از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق هدف بررسی روش طیف‌سنجی زیر قرمز نزدیک جهت شناسایی رنگزای طبیعی روناس از رنگزاهای مصنوعی مورد استفاده در فرش دستباف می‌باشد. برای انجام این مهم نمونه‌های نخ پشمی با دو نژاد بلوچی و کرمانشاهی با رنگزای طبیعی روناس با دندانه‌های زاج سفید و کلرید قلع و رنگزاهای مصنوعی جهت تهیه فام‌های رنگی متداول قرمز رنگرزی گردید. بدین ترتیب ۶۰ نمونه رنگرزی شده شامل ۲۴ نمونه روناس، ۱۰ نمونه ترکیبی، ۲۶ نمونه مصنوعی، و ۵ نمونه از صنعت، و در مجموع ۶۵ نمونه تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد طیف انعکاسی نمونه‌های رنگرزی شده با روناس در ناحیه NIR همچنان شیب افزایشی دارد درحالی که برای نمونه‌های رنگرزی شده با رنگزاهای مصنوعی افزایش چندانی را نشان نمی‌دهد. با توجه به نتایج این طرح، شناسایی روناس از نمونه‌های مصنوعی با بررسی طیف NIR نمونه‌ها کاملاً امکان‌پذیر بود و برای نمونه‌های مورد بررسی تقریباً بدون هیچ خطایی شناسایی انجام شد. هرچند بررسی بر روی تعداد نمونه‌های بیشتر پیشنهاد می‌شود. البته در مورد نمونه‌هایی که با مخلوط روناس و رنگزای مصنوعی رنگرزی شده بودند شناسایی امکان‌پذیر نشد. این نمونه‌ها جزء یکی از دو گروه مصنوعی یا طبیعی قرار می‌گرفتند.

واژه‌های کلیدی: فرش دستباف، روناس، رنگزای مصنوعی، شناسایی غیر تخریبی، طیف‌سنجی زیر قرمز نزدیک.

Investigating the Performance of NIR Spectrometry for Identifying Madder as a Natural Dye from Synthetic Dyes Used in Handmade Carpet

S. Gorji^{1*}, K. Gharanjig²

¹ Department of polymer engineering and color technology, Amirkabir university of technology, P.O.Box: 15875-4413, Tehran, Iran.

² Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran.

Received: 25-01-2014

Accepted: 14-05-2014

Available online: 11-12-2014

Abstract

Due to the difference between price and value of natural versus synthetic dyes, it has always been very important to distinguish these two categories for handmade carpet. This study aimed to investigate Near-IR spectrometry technique to identify natural madder and synthetic dyes used in handmade carpets. To do this woolen samples with two major races (Baluchi and Kermanshahi) were dyed with madder dye with alum and tin chloride mordant, and also synthetic dyes to provide conventional red-colored shades. The 60 dyed samples including of 24 madder, a set of 10 mixed (combination of Madder and synthetic dyes), 26 synthetic dyes, and 5 cases gotten from carpet, and in total 65 samples were prepared. Results showed that the spectral reflectance of the madder samples has an increasing slope in NIR region while the NIR spectral reflectance of synthetic dyes does not show any noticeable increasing trend. Considering the obtained results of this research, NIR spectrometry can be a feasible method to distinguish between madder and synthetic dyes and it was quiet possible for the test samples with almost no errors. However, investigating on more samples would be suggested. Note that it is not possible to detect samples dyed with a mixture of madder and synthetic dyes. The mixed samples were presented in one of the two groups; synthetic or madder. J. Color Sci. Tech. 8(2014), 187-192©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Handmade carpets, Madder, Synthetic dyes, Non-desructive method, Near IR spectrometry.

۱- مقدمه

سولفات مس با روناس سبب ایجاد رنگ‌های نخودی، قهوه‌ای روشن و قهوه‌ای سیر می‌شود [۶].

روش‌های بسیاری به منظور بررسی ترکیبات روناس در آثار هنری به کار رفته است که از آن جمله می‌توان به HPLC، طیف‌سنجی فلورومتری، میکروسکوپی، ولتامتری، طیف‌سنجی رامان سطحی بهبود یافته، الکتروفوروسیس لوله موئین و طیف‌سنجی فلورومتری پرتو x اشاره نمود. گرجی و همکارانش مروری جامع بر تحقیقات انجام شده جهت شناسایی روناس انجام داده اند [۷].

یکی از روش‌های غیرتخریبی شناسایی مواد و رنگزاهای استفاده از طیف‌سنجی در ناحیه زیر قرمز است. نوار انرژی برای سادگی به صورت زیر قرمز نزدیک^۱ (۰.۷۸۰ تا ۲.۵۰ میکرون)، زیر قرمز متوسط^۲ (۲.۵۰ تا ۴۰.۰ میکرون) و زیر قرمز دور^۳ (۴۰.۰ تا ۱۰۰۰ میکرون) تعریف شده است [۸، ۹]. کشف زیر قرمز نزدیک به Herschel در قرن نوزدهم نسبت داده می‌شود و اولین کاربرد صنعتی آن به سال ۱۹۸۰ برمی‌گردد. در ابتدای امر، طیف‌سنجی نزدیک زیر قرمز تنها به عنوان یک بخش افزوده شده به وسایل و تجهیزات نوری، مورد استفاده در سایر طول موج‌ها (از قبیل فرابنفش، مرئی، میان زیر قرمز)، به کار گرفته شد. در سال ۱۹۸۰ یک سیستم مستقل طیف‌سنجی نزدیک زیر قرمز ساخته شد و در دسترس قرار گرفت. هرچند کاربردهای طیف‌سنجی نزدیک زیر قرمز در آن زمان بیش‌تر روی آنالیزهای شیمیایی بود [۱۰]. از جمله کاربردهای زیر قرمز نزدیک کنترل کیفیت مواد خام و محصولات، اندازه‌گیری مقدار رطوبت محتوی و مخلوط‌های پودری، تعیین مقدار بلورینگی، ارزیابی کیفیت مخلوط، کنترل کیفیت غذا و محصولات کشاورزی و کنترل رسیده بودن محصول به هنگام برداشت و بعد از آن می‌باشد [۱۱-۱۳]. در زمینه طبقه‌بندی پلیمرها با استفاده از منحنی طیفی آنها مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۳ انجام شده است [۱۴]. هم‌چنین کاربری‌های معدن‌شناسی، زمین‌شناسی و در نهایت متمایزسازی فیروزه طبیعی از مصنوعی، از دیگر کاربردهای زیر قرمز نزدیک می‌باشند [۱۵].

هدف از این تحقیق، بررسی روش طیف‌سنجی زیر قرمز نزدیک برای شناسایی رنگزای طبیعی روناس (فام قرمز) از رنگزاهای مصنوعی به کار رفته در خامه قالی، به عنوان یک روش غیرتخریبی می‌باشد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

پشم‌های دو نژاد بلوچی و کرمانشاهی که مورد استفاده زیادی در خامه قالی دارند با توجه به پیشنهاد مرکز ملی فرش ایران، انتخاب شد.

در فرش‌های قدیمی استفاده از مواد رنگزای طبیعی معمول بوده است حال آن‌که امروزه فرش‌های دستباف با استفاده از هر دو دسته مواد رنگزای طبیعی و مصنوعی رنگزای می‌شوند. با توجه به تفاوت قیمت و ارزش رنگزاهای طبیعی در مقابل مصنوعی، همواره تشخیص این دو دسته بسیار حائز اهمیت بوده است. شناسایی مواد رنگزای طبیعی از مصنوعی به‌طور کلی به دو صورت می‌تواند انجام پذیرد، به‌کارگیری روش‌های دستگاهی و استفاده از شخص خبره، که روش دوم خود خطای زیادی را به همراه دارد. روش‌های دستگاهی موجود نیز عمدتاً بر پایه روش‌های شیمیایی می‌باشند که در آن‌ها نیاز به استخراج ماده رنگزا از نمونه است که معمولاً با استفاده از حلال صورت می‌گیرد. این روش‌ها تخریب را در مناطق نمونه‌برداری شده از کالا به همراه دارند ضمن این‌که معمولاً بسیار وقت‌گیر و پرهزینه نیز می‌باشند. لذا بدیهی است جایگزینی روش‌های غیرتخریبی بجای روش‌های شیمیایی تخریب‌پذیر جهت شناسایی ماده رنگی موجود در آثار باستانی و هنری می‌تواند بسیار مورد توجه باشد. سابقه فرش را در جهان می‌توان به آغاز تمدن بشری مربوط دانست یعنی از زمانی که انسان دانست روی زمین سرد و ناهموار نمی‌تواند زندگی کند. بنابراین از پوست حیوانات شکار شده و سپس از پشم و موی حیوانات برای نرم کردن محل زندگی خود بهره گرفت. با این وجود از بافت نخستین قالیچه‌ها و این‌که چه قومی در ابتدا به این کار مبادرت کرده اطلاع موثقی در دست نیست، زیرا قالیچه‌ها به لحاظ ساختار طبیعت‌شان در اثر نفوذ رطوبت و حشرات آسیب می‌بینند و نابود می‌شوند [۱]. در حفاری‌های باستان شناسان، در شهر سوخته در شرق ایران یک تکه پارچه بافته بی‌نظیر متعلق به ۲۴۰۰ سال قبل از میلاد کشف شده است که از لحاظ فنون بافت نشان‌دهنده اوج پیشرفت بافندگی ایرانیان در روزگار کهن می‌باشد که در رنگ‌آمیزی آن، دو رنگ به کار رفته و ساختمان آن دارای بافتی یکنواخت و مواد بافت آن از پشم حیوان است [۲]. یکی از رنگزاهای طبیعی که به وفور در رنگزای خامه قالی به کار می‌رود، روناس است که امروزه بسیاری از رنگرزان صنعت فرش تمایل به جایگزینی آن با رنگزاهای مصنوعی دارند. روناس منشا بسیاری از مواد رنگزای آنتراکینونی در ریشه و ساقه گیاه است [۳، ۴]. مواد رنگزای موجود در روناس می‌توانند با املاح فلزی پیوند کئوردینانسی برقرار کنند. برای این کار معمولاً ابتدا پشم را با املاح فلزی دندانه می‌دهند و سپس با روناس عمل می‌کنند. از آن‌جا که مواد رنگزای موجود در روناس پلی‌ژنتیک هستند بنابراین با املاح فلزی مختلف رنگ‌های متفاوتی را ایجاد می‌کنند. برای مثال اگر از زاج سفید به عنوان دندانه استفاده شود، بیش‌تر رنگ‌های قرمز کم رنگ تا قرمز پررنگ، قهوه‌ای، قرمز مایل به نارنجی و نارنجی به دست خواهند آمد. اگر از سولفات آهن به عنوان دندانه استفاده شود بیش‌تر رنگ‌های شتری و قهوه‌ای مایل به بنفش و قرمز قهوه‌ای به دست خواهند آمد [۵]. دندانه

1 - Near Infrared

2 - Mid Infrared

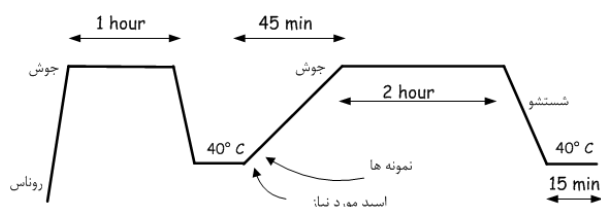
3 - Far Infrared

دندان‌دادن ۷ بوده است.

۲-۲-۲- رنگرزی با روناس

برای رنگرزی با رنگزای طبیعی، از روناس یزد و همچنین تبریز استفاده گردید. برای رنگرزی نیاز به آماده‌سازی روناس بود. برای این منظور، روناس لازم با نصف آب مورد نیاز حمام رنگرزی به مدت یک ساعت جوشانده می‌شد تا روناس تقریباً در حمام حل شود. سپس اجازه داده می‌شد تا حمام خنک شده و به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد برسد و شرایط برای رنگرزی آماده شود. آنگاه نمونه پشمی و اسید مورد نظر به حمام اضافه و حرارت طوری تنظیم می‌شد تا حمام رنگرزی در مدت زمان ۴۵ دقیقه به دمای جوش برسد و به مدت ۲ ساعت در دمای جوش باقی بماند. در هنگام رنگرزی همواره باید نمونه‌ها هم زده شوند تا عملیات رنگرزی و نشستن رنگزا به روی الیاف به صورت یکنواخت صورت پذیرد. همچنین باید توجه نمود، حجم حمام با تبخیر آب کاهش پیدا نکند و در صورت نیاز، به حمام آب اضافه شود. سپس نمونه‌ها با آب شسته شدند و بعد از آن به مدت ۱۵ دقیقه با محلول شوینده و آب در دمای ۴۰ °C و حجم حمام برابر ۱:۴۰ L:R شستشو شدند. نمودار رنگرزی نمونه‌های پشمی با رنگزای روناس در شکل ۱ آورده شده است.

از دیرباز در صنعت رنگرزی برای رسیدن به فام‌های مورد نظر، بعد از رنگرزی تکمیل‌هایی را روی کالای مورد نظر انجام می‌دادند. این تکمیل‌ها استفاده از آمونیاک و آب آهک بر روی کالای پشمی بود. محیط بازی باعث می‌شد که فام‌های قرمز به سمت فام بنفش تغییر رنگ دهند. بنابراین بعد از رنگرزی با روناس، هر یک از نمونه‌های پشمی (نمونه‌های ۱۰ گرمی) رنگرزی شده به سه قسمت مساوی تقسیم شدند، سپس یکی از این نمونه‌ها با آمونیاک و یکی دیگر از نمونه‌ها با کربنات کلسیم تکمیل شدند. قسمت سوم از نمونه‌ی پشمی رنگرزی شده به همان شکل و بدون تکمیل باقی ماند. برای تکمیل آمونیاک و کربنات کلسیم، pH حمام بین ۹-۸ و حجم حمام معادل ۱:۵۰ L:R انتخاب شد. نمونه‌های مورد نظر برای تکمیل، به مدت ۱۲ ساعت در دمای محیط در حمام مذکور نگهداری می‌شدند.



شکل ۱: نمودار رنگرزی نمونه‌های پشمی با روناس.

رنگرزی با رنگزای طبیعی روناس (روناس یزد و روناس تبریز) با دندان‌ه زاج سفید و کلرید قلع و رنگزای مصنوعی (اسیدی، متال کمپلکس و راکتیو) جهت تهیه فام‌های متداول قرمز (قرمز، لاک، صورتی، روناسی، دوغی، گل بهی) به شرح زیر انجام شد. نام رنگزاهای مصنوعی مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: نام رنگزاهای مصنوعی مورد استفاده.

رنگزا	نوع
Lanacron Red S-G (C.I. Acid Red 315)	متال کمپلکس / اسیدی
Lanacron Bordeaux S-B (C.I. Acid red 405)	متال کمپلکس / اسیدی
Lanacron yellow S-2G (C.I. Acid yellow 220)	متال کمپلکس / اسیدی
Lanasol Red 6G	راکتیو
Lanasol Red 5B	راکتیو
C.I. Acid Red 14 (Acid Carmosine)	اسیدی
C.I. Acid Red 361 (Tectilon Red 2B)	اسیدی
C.I. Acid Red 119 (Acid Red Brown (V))	اسیدی
C.I. Acid red 131 (Acid Red 3BN)	اسیدی
C.I. Acid yellow 246 (Acid Tectilon Yellow 3R [*])	اسیدی

* در مورد نام دقیق این رنگزا (پسوند 3R) با توجه به اینکه از صنعت فرش تهیه شد کمی جای شک است.

۲-۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- آماده‌سازی پشم

ابتدا پشم مورد نیاز از دو نژاد بلوچی و کرمانشاهی برای رنگرزی تهیه شد. نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در حجم حمام ۱:۴۰ L:R با ماده شوینده غیریونی شستشو داده شدند. سپس نمونه‌ها آب‌کشی و خشک شدند. بخشی از نمونه‌ها بعد از شستشو، دندان‌دار شدند. دندان‌دادن برای افزایش ثبات رنگی و رسیدن به فام مورد نظر می‌باشد. در این پژوهش از دو دندان‌دار معروف زاج سفید (سولفات مضاعف آلومینیم و پتاسیم یا املاح سولفات آلومینیم) و کلرید قلع (که دارای اهمیت زیادی در صنعت فرش جهت رنگرزی پشم با روناس می‌باشند) استفاده شد. برای دندان‌دار کردن پشم، روش دندان‌دار کردن قبل از رنگرزی به کار برده شد، به‌صورتی که ابتدا پشم‌ها در حمام جداگانه‌ای دندان‌دار داده و سپس رنگرزی می‌شوند. برای دندان‌دادن نمونه‌ها با زاج سفید، ۵ درصد نسبت به وزن پشم از زاج سفید استفاده شد و برای دندان‌دادن نمونه‌ها با کلرید قلع، ۳ درصد نسبت به وزن پشم از کلرید قلع استفاده شد. pH حمام

داده‌ها در فواصل ۱۰ نانومتری اندازه‌گیری شدند. منبع نوری به کار رفته، یک لامپ هالوژن برای ناحیه ۳۲۰ نانومتر به بعد و یک لامپ دوتریوم برای محدوده ۲۵۰ تا ۳۲۰ نانومتر می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مربوط به ناحیه NIR از فاصله ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر بوده است.

۳- نتایج و بحث

اندازه‌گیری طیفی در ناحیه NIR برای ۶۵ نمونه شامل ۲۶ نمونه روناس، ۱۱ نمونه مخلوط و ۲۸ نمونه مصنوعی انجام شد. لازم به ذکر است از این ۶۵ نمونه ۵ نمونه شامل ۲ نمونه رنگریزی شده با روناس، ۱ نمونه رنگریزی شده با مخلوط روناس و رنگزای مصنوعی و ۲ نمونه رنگریزی شده با رنگزای مصنوعی از کارگاه‌های فرش بافی تهیه شد. رفتار طیفی مجموعه داده‌ها در ناحیه زیر قرمز نزدیک در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل منحنی‌های سه مجموعه نمونه رنگریزی شده توسط رنگزای مصنوعی، رنگریزی شده توسط روناس و نمونه‌های مخلوط به ترتیب با سه رنگ سبز (دایره)، آبی (مربع) و قرمز رنگ (لوزی) از یکدیگر مشخص شده‌اند. چنانچه از منحنی‌های انعکاس طیفی ناحیه زیر قرمز نزدیک مشاهده می‌شود، در ناحیه ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر شیب طیف‌های نمونه‌های رنگریزی شده با مواد رنگزای مصنوعی در مقایسه با نمونه‌های رنگریزی شده با روناس کم است. نمونه‌های مخلوط نیز مابین این دو حالت قرار می‌گیرند. با این توضیحات چنین به نظر می‌رسد که از شیب منحنی انعکاس طیفی در ناحیه NIR بتوان حداقل برای جداسازی نمونه‌های مصنوعی از روناس استفاده نمود. بدین منظور با استفاده از تابع polyfit نرم‌افزار متلب بهترین خط از بین داده‌های طیفی ناحیه NIR گذرانده شد و شیب این خط به عنوان معیار شناسایی مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۲ مقادیر آماری را برای شیب‌های محاسبه شده نشان می‌دهد.

جدول ۲: معیارهای مورد بررسی برای مقایسه شیب نمودارهای شکل ۳.

مجموعه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
روناس	۰.۵۱۳۱	۰.۱۵۹۱	۰.۲۵۱۷	۰.۸۱۲۹
مخلوط	۰.۴۳۵۵	۰.۱۶۹۸	۰.۱۴۴۵	۰.۶۹۰۱
مصنوعی	۰.۱۱۲۸	۰.۰۷۵۷	-۰.۰۱۰۹	۰.۲۴۵۶

چنانچه ملاحظه می‌شود مقدار کمینه به دست آمده برای روناس از بیشینه حاصل برای مصنوعی بیش‌تر می‌باشد و با توجه به دیگر مقادیر نظیر میانگین به نظر می‌رسد با در نظر داشتن حد رواداری ۰.۲۵ برای شیب خط گذرانده از داده‌های طیفی در ناحیه ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر طیف، می‌توان روناس را از نمونه‌های رنگریزی شده با رنگزاهای مصنوعی جدا کرد هر چند احتمال مخلوط بودن را نمی‌توان منتفی دانست.

۳-۲-۲- رنگریزی الیاف پشمی با مخلوط رنگزای روناس و

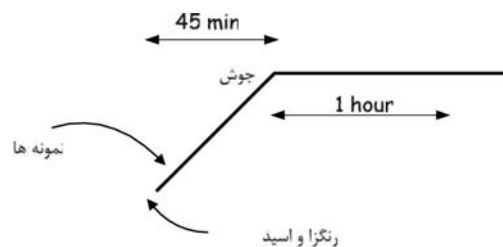
مصنوعی

نمودار رنگریزی مخلوط نیز همانند نمودار رنگریزی طبیعی بود با این تفاوت که در رنگریزی مخلوط، رنگزای مصنوعی همراه با اسید مورد نیاز اضافه می‌گردد. در رنگریزی مخلوط از دو رنگزای تجاری متال کمپلکس ۱:۲ (Lanacron Red S-G و Lanacron Bordeaux S-B) مورد استفاده در رنگریزی خامه قالی برای فام قرمز استفاده شد.

۴-۲-۲- رنگریزی الیاف پشمی با رنگزاهای مصنوعی

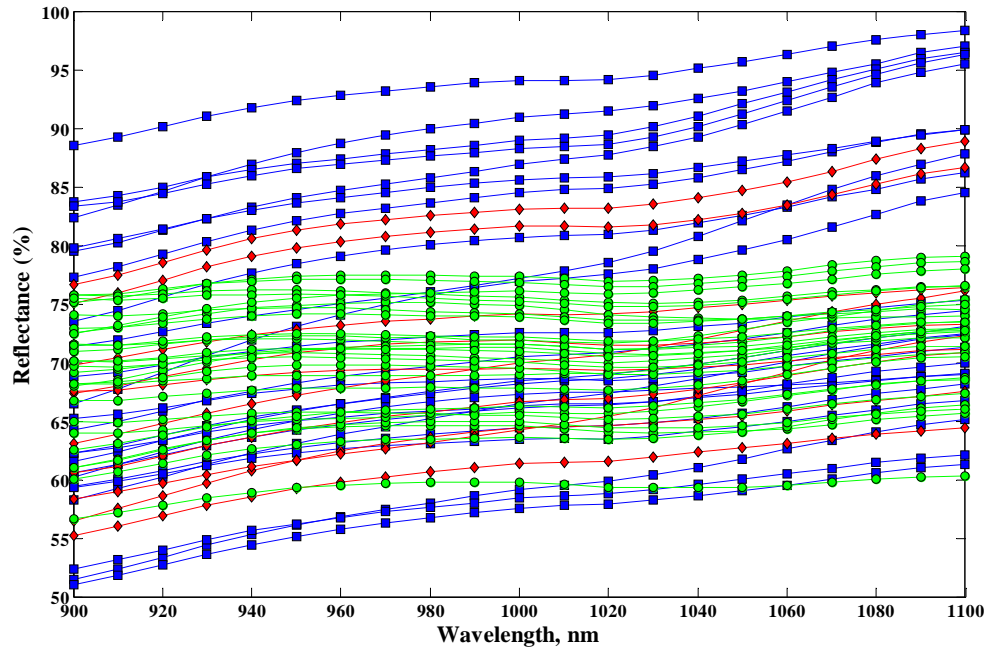
برای رنگریزی پشم نیاز به رنگزاهای مناسبی بود. در این پژوهش از رنگزاهای متال کمپلکس، راکتیو و اسیدی استفاده گردید. این رنگزاهای ثبات نسبتاً خوبی را بر روی پشم دارا می‌باشند و استفاده بیش‌تری از آنها در صنعت فرش می‌شود. به دلیل رسیدن به فام‌های حاصل از نمونه‌های رنگریزی شده با روناس، از غلظت‌های متفاوتی از رنگزاهای مصنوعی استفاده گردید. در بعضی موارد برای رسیدن به فامی خاص، نیاز به استفاده هم‌زمان از ۳ رنگزای مصنوعی (۳ اولیه) بود چون فام تک رنگزا، روناسی مطلوب نبوده و به عنوان مثال به نارنجی یا ارغوانی شبیه بود. لازم به ذکر است اولیه‌هایی که هم‌زمان با هم مورد استفاده قرار می‌گرفتند از یک گروه رنگزا بوده‌اند. نمودار رنگریزی مصنوعی بدین صورت بود که ابتدا رنگزا به میزان مورد نیاز به حمام اضافه شده و سپس pH حمام به ۵ رسانده می‌شد.

تنظیم pH با استفاده از اسید استیک انجام شده و سپس کالای پشمی به حمام اضافه می‌شد. تنظیم حرارت طوری بود تا حمام رنگریزی در مدت زمان ۴۵ دقیقه به دمای جوش برسد و به مدت ۱ ساعت در دمای جوش باقی بماند. هم‌چنین حجم حمام رنگریزی ۴۰:۱ L:R بود. نمودار رنگریزی با رنگزاهای مصنوعی در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: نمودار رنگریزی با رنگزاهای مصنوعی.

طیف‌سنج مورد استفاده UV VIS Spectrophotometer SPECORD 250 بوده است. این دستگاه طیف انعکاسی نمونه را از ناحیه ۲۵۰ تا حدود ۱۱۰۰ نانومتر در اختیار ما قرار داده و قابلیت اندازه‌گیری طیف انعکاسی در فواصل ۴ نانومتری را دارا است. برای انجام این پژوهش،



شکل ۳: مقایسه رفتار طیفی مجموعه داده‌ها در ناحیه زیر قرمز نزدیک، منحنی‌های سبز رنگ (دایره) بیانگر رفتار طیفی نمونه‌های رنگریزی شده توسط رنگزای مصنوعی، منحنی‌های آبی رنگ (مربع) بیانگر رفتار طیفی نمونه‌های رنگریزی شده توسط روناس و منحنی‌های قرمز رنگ (لوزی) بیانگر رفتار طیفی نمونه‌های مخلوط می‌باشند.

مصنوعی با روناس منتفی نیست و شناسایی رنگریزی‌های مخلوط، از طبیعی و مصنوعی امکان‌پذیر نبود. این دسته می‌تواند جزء یکی از دو گروه مصنوعی یا طبیعی قرار بگیرد و بررسی دیگر روش‌های تکمیلی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در راستای انجام طرح پژوهشی "امکان بررسی بکارگیری روش‌های غیرمخرب دستگاهی تشخیص رنگ‌های طبیعی از رنگ‌های مصنوعی بر روی فرش دستباف (فاز اول: فام قرمز)" مصوب مرکز ملی فرش وابسته به وزارت صنعت، معدن و تجارت و تحت حمایت مالی سازمان مذکور انجام شده است که نویسندگان بدین وسیله کمال تشکر خود را از سازمان مذکور اعلام می‌دارند.

چنانچه ذکر شد از ۶۵ نمونه مورد بررسی، ۵ مورد از مجموعه تهیه شده از صنعت بود؛ ۲ نمونه روناس، ۲ نمونه مصنوعی و ۱ نمونه مخلوط. به عبارتی تحلیل صورت گرفته در ناحیه NIR برای نمونه‌های صنعتی نیز صادق بوده است.

۴- نتیجه‌گیری

روش طیف‌سنجی ناحیه NIR با توجه به نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش بسیار قابل اطمینان بود و برای ۶۵ نمونه مورد بررسی در این طرح تقریباً بدون هیچ خطایی جداسازی نمونه روناس از مصنوعی امکان‌پذیر بود، البته بررسی روی نمونه‌های بیش‌تر می‌تواند مفید باشد. هم‌چنین احتمال می‌رود چنان‌چه دستگاه طیف‌سنج قادر به اندازه‌گیری نواحی دورتری از طیف (بعد از ۱۱۰۰ nm) باشد نتایج بهتری حاصل شود. نکته دیگر این‌که امکان مخلوط بودن رنگزای

۵- مراجع

1. M.A. BehAzin, Iran Rug, Iran: Ebnesina, 1967.
2. A. Vakili, Iran Carpet Workshop, Iran: Honar, 2001.
3. C. Clementi, W. Nowikb, A. Romani, F. Cibin, G. Favaro, A spectrometric and chromatographic approach to the study of ageing of Madder (*Rubia tinctorum* L.) dyestuff on wool. *Anal. Chem. Acta.* 596 (2007), 46-54.
4. G. Derksen, G. Lelyveld, T. Beek, A. Capelle, A. Groot, Two validated HPLC methods for the quantification of alizarin and other anthraquinones in *Rubia tinctorum*

- cultivars. *Phytochem Anal.* 15 (2004), 397-406.
5. Carpet and rug dyeing in Iran; dyeing history, Madder, Weld. Research and scientific site of Iran carpet, 2006.
 6. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Standard No. 1897, Guide for carpet dyeing with natural dye madder, 1971, 1-13.
 7. S. Gorji Kandi, K. Gharanjig, A. Mahmoudi Nahavandi, Review on identification methods of madder and its components for textile and arts samples. *J. Stud. Color World.* 2(2011), 19-28.
 8. H. Martens, T. Naes, Multivariate calibration. 1st Ed., John Wiley & Sons, 1992.
 9. H. Mark, J. Workman, Statistics in spectroscopy, 2nd Ed., Academic Press, 2003.
 10. M. Schlessinger, Infrared technology fundamentals, 2nd Ed., New York: Marcel Dekker, 1995.
 11. J. Fontaine, B. Schirmer, J. Horr, Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents. 2. Results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran/middlings, rice bran, and sorghum. *J. Agric Food Chem.* 50(2002), 3902-3911.
 12. L. Curda, O. Kukackova, NIR spectroscopy: A useful tool for rapid monitoring of processed cheeses manufacture. *J. Food Eng.* 61(2004) 557-560.
 13. C. Miralbes, Prediction chemical composition and alveograph parameters on wheat by near-infrared transmittance spectroscopy. *J. Agric Food Chem.* 51(2003), 6335-6339.
 14. R. Leitner, H. Mairer, A. Kercek, Real-time classification of polymers with NIR spectral imaging and blob analysis. *Real-Time Imaging - Special issue on spectral imaging.* 9(2003), 245-251.
 15. R. L. Brashear, D. R. Flanagan, P. E. Luner, J. J. Seyer, M. S. Kemper, Diffuse reflectance near-infrared spectroscopy as a nondestructive analytical technique for polymer implants. *J. Pharm. Sci.* 88(1999), 1348-1353.