روشی جدید برای تعیین ضریب حفاظتی منسوجات در برابر نور خورشید

A New Technique for Determination of Sun Protection Factor in Textiles

سیدحسین امیرشاهی
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی
دریافت: ۷۵/۵/۶، پذیرش: ۷۵/۱۰/۲۵

چکیده

با توجه به کاهش قطر لایه اوزون در جو و افزایش شدت پرتوهای فرابنفش رسیده به زمین، اندازه‌گیری میزان انتقال این پرتوها از منسوجات اهمیت ویژه‌ای یافته است. منسوجات قابلیت انتقال بسیار متفاوتی در برابر پرتوهای فرابنفش دارند و ازاین‌رو اندازه‌گیری مقدار پرتوهای منتقل شده میزان کدری منسوج را نشان می‌دهد. روش معمول برای اندازه‌گیری ضریب حفاظتی منسوجات استفاده از پرتوهای پراکنده شده فرابنفش و اندازه‌گیری شدت پرتو منتقل شده با استفاده از طیف نورسنجهای ویژه است. در این پژوهش با استفاده از منبع نوری که نور خورشید را شبیه‌سازی می‌کند مقدار امواج منتقل شده از منسوجات، بر اساس تغییر رنگ یک نمونه نورحساس که در زیر منسوج مورد آزمایش قرار می‌گیرد، ارزیابی شده است . از آنجا که تغییر رنگ نمونه نورحساس تابعی از شدت پرتو منتقل شده از منسوج مورد آزمایش است، بنابراین با اندازه‌گیری مختصات رنگی این نمونه رابطه‌ای بین تغییر رنگ و ضریب حفاظتی منسوج بدست می‌آید. قابلیت روش پیشنهادی برای بررسی نمونه‌هایی از پارچه با تراکم بافت و رنگهای مختلف ارزیابی شده است.

واژه‌های کلیدی: ضریب حفاظتی در برابر خورشید، انتقال پرتوهای فرابنفش، کاهش اوزون، منسوجات، شبیه‌سازی خورشید
Key Words: sun protection factor, uv transmission, ozone depletion, textiles, sun simulation

مقدمه

امروزه، بررسی امکان محافظت پوست انسان بوسیله منسوجات در برابر پرتوهای موجود در نور خورشید بویژه در محدوده پرتوهای فرابنفش (UVR) به دلیل کاهش قطر لایه اوزون در اتمسفر زمین مورد توجه قرار گرفته است. اگرچه منبع این پرتوها که خورشید است تغییر چندانی نداشته است، ولی به‌دلیل کاهش مستمر ضخامت لایه اوزون در جو بر مقدار پرتوهای رسیده به زمین، بویژه پرتوهای زیان‌آور، بسیار افزوده شده‌است [۱]. پرتوهای فرابنفش موجود در طیف خورشید را به سه نوار می‌توان تقسیم‌بندی کرد. پرتوهای درمحدوده ۳۲۰ تا ۴۰۰ nm (UVA)، پرتوهای در محدوده ۲۸۰ تا ۳۱۵ nm (UVB) و پرتوهای در محدوده ۲۹۰ تا ۳۲۰ nm (UVC).

پرتوهای پرانرژی UVC را بطور کامل اتمسفر جذب می‌کند و به زمین نمی‌رسند. پرتوهای UVB موجب سوختگی پوست می‌شوند و در شکل حادتر علت سرطان پوست‌اند. اگرچه تابشهای UVA باعث واکنشهای‌محسوسی‌روی‌پوست‌نمی‌شوند،ولی ادعا شده است که قابلیت تدافعی بدن را به‌دلیل تغییر دادن سلولهای پوستی کاهش می‌دهند [۲].

برای جلوگیری از سوختگی و ابتلا به بیماری سرطان پوست، پزشکان پژوهشگر پیشنهاد کرده‌اند که تماس مستقیم با امواج فرابنفش

نور خورشید تا حد امکان کم شود و برای این منظور روشهای زیر توصیه شده است:

- استفاده از محافظ در برابر نور خورشید (sun blocking) مانند کرمهای ضدآفتاب،
- استفاده از لباسهایی که تا حد ممکن پوشش کاملتری را برای بدن فراهم کنند،
- اجتناب از تماس با نور خورشید بویژه در هنگامی که خورشید حداکثر شدت تابش خود را دارد [۳].

تعداد مقالات پژوهشی منتشر شده درباره عوامل موثر بر قابلیت حفاظتی منسوجات در برابر پرتوهای فرابنفش بسیار محدود بوده است [۳،۴]. در جامعترین مقاله‌ای که در این زمینه به چاپ رسیده فرض شده است که نخهای بکار رفته در یک پارچه موسوم به ایده‌آل در برابر پرتوهای فرابنفش کدرند و به عبارتی این پرتوها را اصلا از خود عبور نمی‌دهند [۳]. در چنین پارچه ایده‌آلی عبور این پرتوها صرفا می‌تواند از میان روزنه‌های بافت که سطح آنها به تراکم پارچه بستگی دارد صورت پذیرد، بنابراین درصد پرتوهای فرابنفش عبوری (T_{UV}) در چنین پارچه‌ای به ضریب پوششی (cover factor، CF) آن مربوط می‌شود که طبق معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\% T_{UV} = ۱۰۰ - CF \qquad (۱)$$

ضریب حفاظتی در برابر خورشید (sun protection factor، SPF) به مقدار نور منتقل شده بستگی دارد و از معادله زیر بدست می‌آید:

$$SPF = \frac{۱۰۰}{\%T_{UV}} \qquad (۲)$$

با تلفیق معادله‌های ۱ و ۲، معادله ۳ بدست می‌آید که ارتباط بین SPF و CF را نشان می‌دهد:

$$SPF = \frac{۱۰۰}{۱۰۰ - CF} \qquad (۳)$$

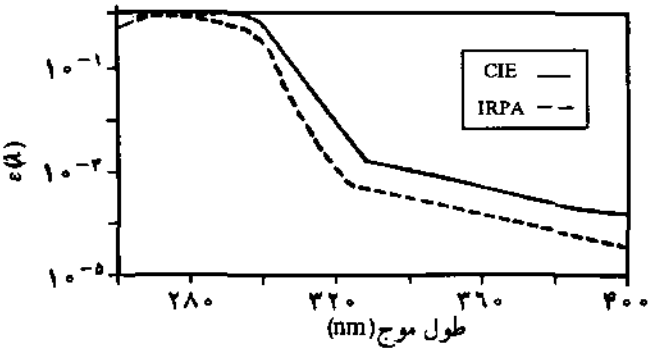
همانگونه که از این معادله پیداست هرچه ضریب پوششی افزایش یابد ضریب حفاظتی آن نیز زیادتر می‌شود. مثلا، در صورتی که پارچه ایده‌آلی با ضریب پوششی ۷۵ درصد درنظر گرفته شود، مقدار SPF آن برابر ۴ می‌شود.

بدیهی است که پارچه‌های واقعی ایده‌آل نبوده و در واقع در برابر پرتوهای فرابنفش کدر نیستند. پارچه‌های واقعی قابلیت انتقال پرتوهای فرابنفش متفاوتی دارند. افزایش تراکم و ضخامت پارچه و هر عمل شیمیایی یا فیزیکی که باعث جمع‌شدگی نخها در پارچه و به عبارتی کاهش روزنه‌ها شود، موجب افزایش ضریب حفاظتی می‌شود. از طرفی، الیاف مختلف قابلیت انتقال متفاوتی دارند و هر عمل تکمیلی و رنگرزی می‌تواند، بدون اینکه تغییری در ضریب پوششی منسوج ایجاد کند، باعث تغییر مقدار پرتوهای فرابنفش منتقل شده گردد. مثلا، موادی مانند مات‌کننده‌ها، سفیدکننده‌ها، رنگها و مواد تکمیلی بدون تاثیر در ضریب پوششی منسوج بر مقدار ضریب حفاظتی آن اثر می‌گذارند. در سالهای اخیر مواد شیمیایی متعددی، که قابلیت جذب پرتوهای فرابنفش را داشته‌اند و از راه پیوندهای کووالانسی به لیف متصل می‌گردند، عرضه شده‌اند [۵-۳]. این مواد می‌توانند با جذب پرتوهای فرابنفش، مقدار پرتوهای منتقل شده را بشدت کاهش دهند. روشهای کمی و کیفی مختلفی برای اندازه‌گیری ضریب حفاظتی اجسام پیشنهاد شده است [۷،۶،۴،۳]. در متداولترین روش با استفاده از طیف نورسنجهایی که می‌توانند پرتوهای فرابنفش را به صورت پراکنده در محدوده ۲۵۰ تا ۴۰۰ nm ایجاد کنند، این بخش از نور خورشید شبیه‌سازی می‌شود. پرتوهای پراکنده شده به پارچه مورد آزمایش تابیده و مقدار پرتوهای انتقال یافته در هر طول موج اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری ضریب حفاظتی منسوجات از روی مقدار نور منتقل شده، دو ضریب طیفی دیگر در نظر گرفته می‌شوند که به قدرت نسبی تابشهای خورشید در طول موجهای مختلف و حساسیت پوست در هر طول موج مربوطند.

از آنجا که دسترسی به چنین وسیله‌ای برای اندازه‌گیری میزان انتقال پرتوهای پراکنده در طول موجهای فرابنفش بسادگی میسر نیست، در این پژوهش تلاش شده است تا با استفاده از امکانات معمولتر، ضریب حفاظتی مجموعه‌ای از پارچه‌های ایده‌آل محاسبه و آنگاه ضریب حفاظت منسوجات مورد آزمایش در مقایسه با پارچه‌های ایده‌آل معین شود.

اگرچه در انجام این پژوهش سعی شده است تا اطلاعاتی نیز درباره شدت پرتوهای فرابنفش در ایام و نقاط مختلف کشور از طریق سازمان هواشناسی کسب شود، ولی بر اساس جوابیه سازمان مذکور شدت این پرتوها در کشور اندازه‌گیری نمی‌شود. اطلاعات مندرج در یک مرجع قابل دسترس [۸] حاکی از آن است که مقدار انرژی خورشیدی رسیده به مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی کشورمان به ترتیب ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ کیلوکالری بر سانتی‌متر مربع در سال است که از این حیث ایران پس از مناطقی از کشور استرالیا، که مقدار این انرژی برابر ۲۰۰ کیلوکالری بر سانتی‌متر مربع در سال است، در مرتبه دوم جهانی قرار دارد.

به منظور کسب اطلاع از تعداد مبتلایان به بیماری سرطان پوست در کشور و آگاهی از تغییرات آمار آن در سالهای اخیر نیز مکاتباتی با مراکز بهداشتی و درمانی کشور انجام شده که متاسفانه تاکنون بدون جواب باقی مانده است.



شکل ۱ - طیفهای واکنشی اریتما در طول موجهای ۲۶۰ تا ۴۰۰ nm بر اساس تعریف CIE و IRPA [۳].

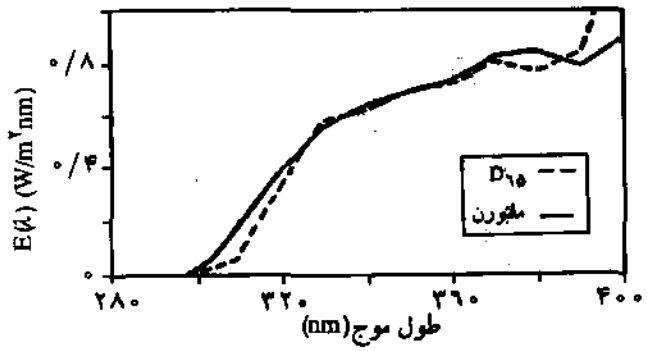
اساس نظری

چنانچه توزیع طیف خورشید با E(λ) و طیف واکنشی اریتما (erythma action spectrum) با ε(λ) نشان داده شود، در صورت مشخص بودن میزان انتقال طیفی توریهای خورشیدی (sun screens) که با T(λ) نمایش داده می‌شود، می‌توان SPF توری را با استفاده از معادله زیر حساب کرد:

$$SPF = \frac{\int_{\lambda=0}^{\infty} E(\lambda)\,\varepsilon(\lambda)\,d(\lambda)}{\int_{\lambda=0}^{\infty} E(\lambda)\,\varepsilon(\lambda)\,T(\lambda)\,d(\lambda)} \qquad (۴)$$

طیف واکنشی اریتما از راه تاباندن پرتوهای تک‌فام فرابنفش در طول موجهای مختلف بر جسم موردنظر بدست می‌آید. مقدار ε(λ) در هر طول موج را کمیسیون بین‌المللی پرتودهی (CIE) و سازمان جهانی حفاظت در برابر پرتو (IRPA) معین کرده‌اند. اگرچه ضریب تعریف شده CIE به عنوان واکنش طیفی مرجع پذیرفته شده است، ولی در بعضی از مراکز تحقیقاتی مانند آزمایشگاه تابش استرالیا ترجیح داده می‌شود که از توزیع تعریف شده IRPA استفاده کنند. طیفهای واکنشی تعریف شده توسط این دو سازمان در شکل ۱ نشان داده شده است [۳]. همان‌گونه که از شکل پیداست پرتو تک‌فام با طول موج ۳۰۰ nm برای ایجاد سوختگی ۱۰۰ برابر موثرتر از پرتو تک‌فام با طول موج ۳۴۰ nm است.

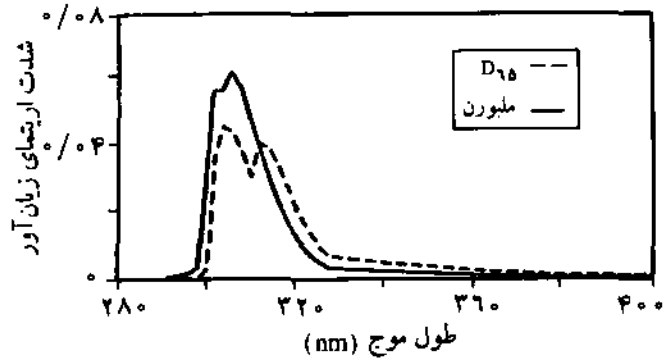
توزیع طیفی نور خورشید در اواسط تابستان در مکانهای مختلف اندازه‌گیری شده و بدیهی است که شکل این توزیعها از محلی به محل دیگر متفاوت است [۳]. منبع نور استاندارد D_{65} که عموما برای اندازه‌گیری رنگ بکار می‌رود، با وجود شباهت زیادی که به نور خورشید دارد، ولی در مقایسه با توزیع طیفی نور خورشید در بعضی از نقاط زمین، بویژه مناطقی که در آن لایه اوزون آسیب دیده است، دارای توزیعات طیفی کمتری مخصوصا در طول موجهای ۲۸۰ تا ۳۱۵ nm است. شکل ۲ توزیع طیفی منبع نور استاندارد D_{65} و نور خورشیدرادر ملبورن استرالیا با عرض جغرافیایی ۳۸° نشان می‌دهد [۳].



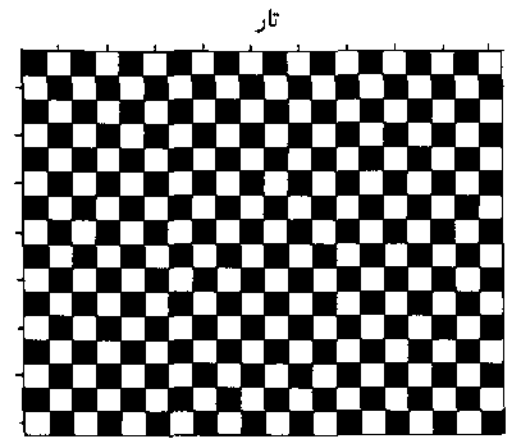
شکل ۲ - توزیع طیفی منبع نور استاندارد D_{65} و نور خورشید در ملبورن استرالیا در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه [۳].

طیف واکنشی اریتمای نور خورشید که نشان دهنده شدت اریتمای زیان‌آور در یک طول موج خاص است از حاصل ضرب ε(λ) و E(λ) در هر طول موج بدست می‌آید. این مقدار به نحوی که سطح زیر منحنی برابر واحد شود بهنجار شده است. در شکل ۳ شدت اریتمای زیان‌آور به صورت تابعی از طول موج نشان داده شده است. در واقع این منحنی، قبل از بهنجار کردن، از حاصلضرب مقدار طیف واکنشی (شکل ۱) در مقدار توزیع طیفی نور منبع موردنظر (منبع نور D_{65} یا نور خورشید در ملبورن که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند) در هر طول موج بدست آمده است. از آنجاکه شدت اریتمای زیان‌آور برای یک توری خورشیدی از راه ضرب کردن مقادیر بدست آمده از منحنی شکل ۳ در مقدار انتقال از توری خورشیدی در هر طول موج بدست می‌آید، همان‌گونه که از شکل ۳ پیداست، یک توری هنگامی می‌تواند بطور موثر مفید واقع شود که مقدار انتقال آن برای تابشهای زیر ۲۱۰ nm کم باشد. درهرحال، همان‌گونه که‌ازمعادله ۴مشخص‌است، محاسبه SPF نیازبه‌دانستن‌مقدارانتقال طیفی جسم در هر طول موج دارد.

پیلتروپ [۳] معادله ۴ را برای پارچه ایده‌آل ساده کرد و به شکل معادله ۲ ارائه داد. بر اساس این معادله مقدار SPF برای یک



شکل ۳ - طیف واکنشی اریتما برای منبع نور استاندارد D_{65} و خورشید درملبورن‌استرالیابااستفاده‌از طیف واکنشی تعریف شده توسط CIE [۳].

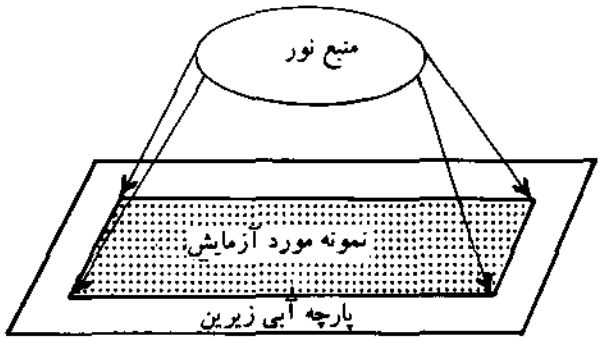


شکل ۴ - پارچه ایده‌آل با ضریب پوششی ۷۵ درصد [۱].

پارچه ایده‌آل که همه نخهای تشکیل دهنده آن در برابر پرتوهای فرابنفش کدرند با مقدار انتقال نور آن که به ضریب پوششی پارچه برمی‌گردد ارتباط دارد. در این پژوهش از مجموعه‌ای پارچه یا به عبارتی توری فرضی ایده‌آل استفاده شده است. ضریب پوششی این توریهای ایده‌آل از صفر تا صد در صد متفاوت بوده است. در شکل ۴ یک نوع از این توریها با ضریب پوششی ۷۵ درصد نشان داده شده است.

جدول ۱ - مقدار SPF و نور منتقل شده برای پارچه‌های فرضی با ضریب پوششی مختلف.

درصد ضریب پوششی (CF)	مقدار SPF	میزان نور منتقل شده (T%)
۰	۱	۱۰۰
۱۰	۱/۱	۹۰
۲۰	۱/۲۵	۸۰
۳۰	۱/۴۳	۷۰
۴۰	۱/۶۷	۶۰
۵۰	۲	۵۰
۶۰	۲/۵	۴۰
۷۰	۳/۳۳	۳۰
۸۰	۵	۲۰
۹۰	۱۰	۱۰
۹۳/۳	۱۵	۶/۶
۹۵	۲۰	۵
۹۷/۵	۴۰	۲/۵
۹۸	۵۰	۲
۹۹	۱۰۰	۱
۱۰۰	۲۰۰	۰/۵



شکل ۵ - نحوه قرار گرفتن نمونه‌ها روی نمونه آبی زیرین.

بر اساس معادله ۳ مقدار SPF این توریهای فرضی حساب شده است. مقدار نور منتقل شده نیز با استفاده از معادله ۲ قابل محاسبه است. در جدول ۱ مقدار نور منتقل شده و SPF محاسبه شده برای تعدادی از این توریها ارائه شده است.

برای اینکه بتوان با استفاده از این توریها نتایج کمی بدست آورد، آنها را روی یک نمونه که نسبت به تابش نور خورشید حساس است مستقر و در معرض منبع نور D_{65} قرار می‌دهند. مقدار تغییر رنگ لایه زیرین این توریها، مطابق با روشی که شرح آن خواهد آمد، نسبت به لایه نور ندیده اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود. روشن است که هر چه مقدار ضریب پوششی توری کاهش یابد مقدار رنگ‌پریدگی نمونه زیرین افزایش می‌یابد.

اساس تجربی

مواد

سه نوع پارچه صد در صد پنبه‌ای با تراکمهای متفاوت که مشخصات آنان در جدول ۲ آمده است، بکار برده شدند. سایر مواد عبارتند از: پارچه صد در صد پشمی، آب اکسیژنه با خلوص ۳۵ درصد، سدیم سیلیکات با خلوص ۴۰ درجه بومه، سدیم هیدروکسید با خلوص ۶۰ درصد، سدیم کلرید از نوع تجاری، رنگهای بازی و مستقیم نوع تجاری که مشخصات و مقدار مصرف هر یک از آنها در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲ - تراکم پارچه‌های مورد استفاده در آزمایشها.

شماره نمونه	تراکم تاری	تراکم پودی
۱	۲۸	۱۶
۲	۲۲	۱۹
۳	۹	۷

جدول ۳- نام عمومی و مقدار مصرف رنگها.

مشخصات رنگها	مقدار مصرف (%)
آبی بازی ۹	۰/۵
زرد مستقیم ۱۲	۱/۵
نارنجی مستقیم ۲۶	۱/۵
قرمز مستقیم ۲۳	۰/۱
آبی مستقیم ۱۵	۰/۱
سبز مستقیم ۶	۱/۵،۰/۱
سیاه مستقیم ۱۹	۳،۱

دستگاهها

دستگاههای مورد استفاده عبارتند از: دستگاه زنوتست S ۱۵۰ ساخت شرکت‌هروس برای‌ایجاد منبع‌نور D_{65}، طیف نورسنج انعکاسی تکس فلش ساخت شرکت دیتا کالر.

روش

برای بررسی اثر رنگ بر مقدار SPF، ابتدا هر یک از نمونه‌های پنبه‌ای با استفاده از آب اکسیژنه و سدیم سیلیکات در محیط قلیایی به روش معمول سفیدگری شده [۹] و سپس با رنگهای مستقیم با فامها و غلظتهای مختلف، همان گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، رنگرزی شدند. مقدار و نحوه افزایش نمک و تنظیم دمای رنگرزی مطابق روش پیشنهادی در مرجع ۱۰ صورت گرفت. به عنوان نمونه زیرین از یک پارچه صد در صد پشمی که با ۰/۵ درصد از رنگ آبی متیلن رنگرزی شده است، استفاده شد. ثبات نوری این رنگ در مقدار بکار رفته روی پشم بین ۱ و ۲ معین شد. به منظور شبیه‌سازی نور خورشید از منبع نور D_{65} که با دستگاه زنوتست ایجاد می‌شد به مدت ۴۰ ساعت استفاده شد. نحوه قرار دادن پارچه‌های پنبه‌ای بر روی نمونه نورحساس آبی و نور دیدن این مجموعه در شکل ۵ نشان داده شده است [۱۰].

این نمونه‌ها به همراه دو نمونه دیگر، که یکی پارچه پشمی رنگ شده با رنگ آبی بدون پوشش و دیگری پارچه آبی کاملا پوشانیده شده با یک جسم کدر نوری بود، به مدت ۴۰ ساعت در دستگاه زنوتست در معرض تابش منبع نور D_{65} قرار داده شدند.

مقادیر انعکاس نور از پارچه‌های پشمی زیرین پس از خروج از دستگاه با طیف نورسنج اندازه‌گیری شد. طبیعی است که هرچه پارچه قابلیت انتقال نور بیشتری داشته باشد نمونه آبی زیرین بیشتر دچار رنگ پریدگی می‌شود.

نتایج و بحث

برای اندازه‌گیری مقدار SPF نمونه‌ها، دو نمونه آبی زیرین که دارای پوشش صددرصد و صفر درصد بودند در نظر گرفته شد. بدیهی است که تغییر رنگ نمونه با پوشش صددرصد برابر صفر و تغییر رنگ نمونه بدون پوشش بسیار زیاد بود. چنانچه یک توری ایده‌آل خورشیدی، مثلا با پوشش ۵۰ درصد، درنظر گرفته شود و بطور فرضی روی نمونه پشمی رنگ شده با رنگ بازی آبی قرار گیرد، مقدار انعکاس نمونه آبی زیرین برای این توری چنین خواهد بود که در مکانهای دارای روزنه، مقدار انعکاس برابر انعکاس نمونه بدون پوشش و در نقاط دارای پوشش، به دلیل ایده‌آل و کدر بودن آن، مقدار انعکاس برابر انعکاس نمونه با پوشش کامل خواهد بود. از این رو، مقدار انعکاس لایه آبی زیرین برای توریهای فرضی ایده‌آل، که SPF آنها در جدول ۱ نشان داده شده است، با استفاده از اختلاط بخشی رنگ (partitive color mixing) در هر طول موج، از روی اطلاعات انعکاسی نمونه‌های آبی بدون پوشش و با صددرصد پوشش قابل محاسبه است [۱۱]. به موجب‌قانون‌اختلاط‌بخشی، مقدارانعکاس درهر طول موج برابر است با:

$$R(\lambda)_{\text{مخلوط}} = P\,R_1(\lambda) + (1-P)\,R_2(\lambda) \qquad (۵)$$

که P احتمال وجود هر رنگ، $R(\lambda)$ تابع انعکاسی و ۱ و ۲ نشان‌دهنده شماره رنگهای بکار رفته در مخلوط است. معادله ۵ را برای

جدول ۴- مقادیر انعکاس لایه‌های زیرین توریهای ایده‌آل و SPF آنها.

درصد ضریب پوششی (CF)	مقدار SPF	میزان انعکاس (R%)
۰	۱	۸/۶۸
۱۰	۱/۱	۸/۰۶
۲۰	۱/۲۵	۷/۴۵
۳۰	۱/۴۳	۶/۸۳
۴۰	۱/۶۷	۶/۲۱
۵۰	۲	۵/۶۰
۶۰	۲/۵	۴/۹۸
۷۰	۳/۳۳	۴/۳۶
۸۰	۵	۳/۷۴
۹۰	۱۰	۳/۱۳
۹۳/۳	۱۵	۲/۹۲
۹۵	۲۰	۲/۸۲
۹۷/۵	۴۰	۲/۶۶
۹۸	۵۰	۲/۶۳
۹۹	۱۰۰	۲/۵۷
۱۰۰	۲۰۰	۲/۵۱

توریهای ایده‌آل می‌توان به صورت زیر اصلاح کرد:

$$R(\lambda)_s = \frac{CF}{100} R(\lambda)_c + \left(\frac{100 - CF}{100}\right) R(\lambda)_{UC} \qquad (6)$$

که در آن $R(\lambda)_s$ مشخص کننده انعکاس لایه زیرین توری ایده‌آل و CF نشان دهنده ضریب پوششی این توری و $R(\lambda)_c$ و $R(\lambda)_{UC}$ به ترتیب مقادیرانعکاس لایه‌آبی‌زیرین با پوشش صددرصد و بدون پوشش است.

در این آزمایش مقدار انعکاس در طول موج ۶۲۰nm، که طول موج حداکثر جذب (حداقل انعکاس) برای نمونه آبی است، به منظور تعیین مقدار نور عبور کرده از توریهای فرضی اندازه‌گیری شد. در جدول ۴ مقادیر انعکاس لایه زیرین برای هر توری همراه با مقادیر SPF آنها داده شده است. همان‌گونه که از این جدول پیداست، هرچه درصد ضریب پوششی توری کاهش می‌یابد، پارچه زیرین دچار رنگ پریدگی بیشتری شده و به بیان دیگر بر مقدار انعکاس این پارچه افزوده می‌شود. برای تعیین SPF پارچه‌های مورد آزمایش لازم است که رابطه‌ای بین مقدار انعکاس لایه آبی زیرین آنها و SPF پیدا شود. برای این منظور از معادله ۶ مقدار ضریب پوششی (CF) محاسبه و در معادله ۳ قرار می‌گیرد. معادله حاصل پس از ساده شدن به صورت زیر درمی‌آید:

$$SPF = \frac{R(\lambda)_c - R(\lambda)_{UC}}{R(\lambda)_c - R(\lambda)_s} \qquad (7)$$

با استفاده از این معادله مقدار SPF پارچه‌های با تراکم و رنگهای مختلف حساب شد. مقادیر انعکاس لایه آبی زیرین پارچه‌های مورد آزمایش، پس از اینکه به مدت ۴۰ ساعت در معرض نور قرار گرفتند با طیف نورسنج اندازه‌گیری شده و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

نکته قابل بحث زمان لازم برای نوردهی به نمونه‌هاست. از آنجا که اساس روش یاد شده بر مبنای اختلاف لایه زیرین نور دیده و نور ندیده و مقایسه لایه زیرین پارچه با SPF مجهول با این اختلاف است، بنابراین نتایج حاصل از زمان نوردهی مستقل است و تنها برای کسب جوابهای دقیقتر مناسب است تا زمان در معرض نور قراردادن نمونه‌ها در حدی باشد که اختلاف محسوسی بین نمونه‌های آبی پوشیده شده و پوشیده نشده ایجاد گردد.

همان‌گونه که از نتایج مندرج در جدول ۵ پیداست، SPF پارچه‌های پنبه‌ای با بافت مختلف با یکدیگر متفاوت است که این امر ناشی از انتقال کمتر پرتوها از پارچه‌های متراکمتر است. از سوی دیگر، مقادیر SPF پارچه‌های با بافت یکسان، ولی با رنگهای متفاوت، با یکدیگر اختلاف دارند که علت آن به قابلیت جذب پرتوهای فرابنفش بوسیله رنگ برمی‌گردد و در واقع، خاصیت ویژه هر رنگ برای جذب

جدول ۵ - مقادیر انعکاس لایه زیرین و SPF پارچه‌های مورد آزمایش.

شماره نمونه	میزان رنگ (%)	شاخص رنگ	درصد انعکاس لایه زیرین	مقدار SPF
۱	-	-	۴/۲۲	۳/۶۱
۲	-	-	۴/۸۴	۲/۶۵
۳	-	-	۷/۸۲	۱/۱۶
۱	۱/۵	زرد ۱۲	۳/۸۹	۴/۴۷
۲	۱/۵	زرد ۱۲	۴/۰۴	۴/۰۳
۳	۱/۵	زرد ۱۲	۷/۵۷	۱/۲۲
۱	۱/۵	نارنجی ۲۶	۴/۱۷	۳/۷۲
۲	۱/۵	نارنجی ۲۶	۴/۳۷	۳/۳۲
۳	۱/۵	نارنجی ۲۶	۶/۵۳	۱/۵۳
۱	۰/۱	قرمز ۲۳	۳/۴۹	۶/۳۰
۲	۰/۱	قرمز ۲۳	۴/۷۲	۲/۷۹
۳	۰/۱	قرمز ۲۳	۷/۱۵	۱/۳۳
۱	۰/۱	آبی ۱۵	۳/۵۹	۵/۷۱
۲	۰/۱	آبی ۱۵	۵/۶۵	۱/۹۷
۳	۰/۱	آبی ۱۵	۷/۲۳	۱/۳۱
۱	۰/۱	سبز ۶	۲/۹۳	۱۴/۶۹
۱	۱/۵	سبز ۶	۲/۸۸	۱۶/۶۸
۲	۰/۱	سبز ۶	۵/۴۷	۲/۰۸
۲	۱/۵	سبز ۶	۳/۲۶	۸/۲۳
۳	۰/۱	سبز ۶	۷/۳۵	۱/۲۷
۳	۱/۵	سبز ۶	۷/۲۳	۱/۳۱
۱	۱	مشکی ۱۹	۲/۷۱	۳۰/۸۵
۱	۳	مشکی ۱۹	۲/۶۵	۴۴/۰۷
۲	۱	مشکی ۱۹	۲/۸۱	۲۰/۵۷
۲	۳	مشکی ۱۹	۲/۶۶	۴۱/۱۳
۳	۱	مشکی ۱۹	۷	۱/۳۷
۳	۳	مشکی ۱۹	۶/۶۸	۱/۴۸

این پرتوهاست. همان گونه که انتظار می‌رود با افزایش غلظت رنگ، به دلیل احتمال جذب بیشتر، مقدار انتقال پرتوها کاهش می‌یابد و در نتیجه SPF نمونه‌ها افزایش پیدا می‌کند. از آنجاکه به علت تراکم بافت بسیار کم پارچه شماره ۳ اندازه روزنه‌ها بسیار بزرگتر از دو پارچه دیگر است (همان گونه که از نتایج مندرج در جدول پیداست) تغییر نوع رنگ و مقدار آن اثر چندانی بر SPF این پارچه‌ها نداشته است و محدوده تغییرات آن برای این نوع پارچه تنها بین ۱/۱۶ برای نمونه بدون رنگ و ۱/۴۸ برای نمونه رنگ شده با ۳ درصد رنگ مشکی است.

همان‌طور که از نتایج جدول ۵ پیداست، محدوده این تغییرات برای پارچه‌های نوع ۱ و ۲، که از بافت متراکمتری نسبت به نمونه ۳ برخوردارند، بسیار وسیعتر بوده است.

نکته دیگری که از مزایای روش مورد استفاده است، ضرورت اندازه‌گیری SPF نمونه‌ها در یک محدوده زمانی طولانی است. در روشهای معمول، شدت پرتوهای منتقل شده از پارچه صرفا در چند لحظه صورت می‌پذیرد، در حالی که مقدار SPF منسوجات به دلایل متعدد (از جمله تخریب و تجزیه رنگ بکار رفته بوسیله پرتوهای پرانرژی فرابنفش، تغییر تراکم بافت به دلیل احتمال نورتجزیه الیاف) تابعی از زمان نوردهی است [۳].

نتیجه‌گیری

تعیین ضریب حفاظتی منسوجات در برابر پرتوهای خورشیدی به دلیل افزایش مقدار پرتوهای مضر حائز اهمیت است. در روش متداول برای اندازه‌گیری این ضریب، طیف نورسنجهای ویژه‌ای لازم است که به آسانی در دسترس نیست. در روش پیشنهادی، نمونه‌ها بطور واقعی در معرض یک منبع نور قرار می‌گیرند که پرتوهای خورشید را شبیه‌سازی می‌کند. مقدار نور منتقل شده از هر نمونه پارچه با اندازه‌گیری تغییر رنگ نمونه نورحساسی که در زیر آن قرار گرفته است و در مقایسه با یک مجموعه توری ایده‌آل معین می‌شود. از آنجا که روشهای معمول بر اساس انتقال لحظه‌ای پرتوهای فرابنفش از نمونه است، در نتیجه روش پیشنهادی که مقدار پرتوهای منتقل شده را در زمان بسیار طولانی‌تری ارزیابی می‌کند به شرایط واقعی نزدیکتر است.

قدردانی

از مسئولان دانشگاه صنعتی اصفهان به دلیل حمایت مالی در اجرای این طرح پژوهشی و خانمها مهندس هاله خلیلی و مهندس فرشته معمارزاده به خاطر همکاری در انجام آزمایشها قدردانی می‌شود.

مراجع

1 Gies P. and Roy C.; Proceeding of the Textiles and Sun Protection Mini - Conference; 6, 1993.

2 Capjck L., Davis S., Kerr N. and Fedosejevs R.; *Canad. Text. J.*; **5**, 14, 1994.

3 As The Same of Ref 1, 32, 1993.

4 Hilfiker R., Kaufmann W., Reinert G. and Schmidt E.; *Text. Res. J.*; **66**, 61, 1996.

5 Reinert G., Schimidt E. and Hilfiker R.; *Melliand Textilbericte*; **75**, E151, 1994.

6 CIE Technical Report, Sunscreen Testing, Pub. No. CIE90, 1991.

7 Diffey B. L. and Robson J.; *J. Cosmetic Chem.*; **40**, 127, 1989.

۸ـ علیجانی بهلول، کاویانی محمدرضا، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، چاپ اول، ۱۳۷۱.

9 Hickman W. S.; *Cellulosic Dyeing*; Shore J. (Ed.), Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1995.

10 Colour Index, The Society of Dyers and Colourists, 1980.

11 Simon F. T.; *Optical Radiation Measurement*; **2**, Grum F. and Bartleson C. J. (Eds.), Academic, New York, 1980.