

# استفاده از روش مدل هندسی برای توضیح رفتار دوگانه انعکاسی نخهای اکریلیک در امتداد طولی و مقطع عرضی

علی شمس ناتری<sup>\*</sup>، سید حسین امیرشاهی<sup>\*\*</sup> و مسعود لطیفی<sup>\*\*</sup>

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دریافت مقاله: ۸۰/۱۰/۴ - دریافت نسخه نهایی: ۸۱/۴/۳)

چکیده - در این مقاله رفتار انعکاسی و ظاهر رنگی نخهای اکریلیکی در امتداد طولی و همچنین در مقطع عرضی به عنوان نخ به کار رفته در خواب فرش و سایر منسوجات سه بعدی بررسی شده است. اختلاف در رفتار انعکاسی نخها در امتداد طولی و مقطع عرضی در تراکمهای مختلف و فامهای متفاوت اندازه گیری شد و با مدل هندسی توضیح داده شد. نتایج آزمایشات انجام شده نشان می دهند که متوسط میزان انعکاس در نخهای با فام یکسان در امتداد طولی بزرگتر از مقطع عرضی است که این امر منجر به کسب روشنایی بیشتر برای آنان می شود. به علاوه مقدار روشنایی در فامهای مشابه در مقطع عرضی با افزایش مقدار تراکم آنان در واحد نگهدارنده که به مفهوم ازدیاد تراکم نخهای خواب در پارچه های سه بعدی می بود افزایش می یافت اگر چه مقدار روشنایی حاصله در این حالت در بالاترین تراکم به کار رفته کمتر از روشنایی کسب شده در امتداد طولی نخ بود. مقدار خلوص مستریک و زاویه فام برای نخهای رنگ شده با مواد رنگزای یکسان در دو حالت مقطع عرضی و امتداد طولی متفاوت بوده و این امر منجر به کسب اختلاف رنگی در محدوده ۳/۳۵ تا ۲۷/۸۴ بین آنان در فضا رنگ CIELAB در هنگام اندازه گیری در شرایط مشاهده کننده استاندارد ۱۹۶۴ و استاندارد روشنایی D<sub>65</sub> شده است. اختلافات مذکور با استفاده از روش مدل هندسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشاهده شد که علت کسب چنین اختلافی به کوچک بودن مقدار نور منتقل شده از لیف به دلیل بزرگتر بودن طول مسیر عبور نور در حالتی که سطح مقطع اندازه گیری می شود برمی گردد.

واژگان کلیدی: رفتار انعکاسی، مدل هندسی، نخهای اکریلیک

## Using the Geometric Model to Explain the Longitudinal and Cross-Sectional Reflection Behaviors of Acrylic yarns

A. Shams Nateri, S. H. Amirshahi and M. Latefi  
Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology

**Abstract:** *In the present work the reflection behavior and the color appearance of acrylic yarns, as pile yarns used in carpet and piled fabrics, are considered along their lengths as well as their cross-sections. Differences between longitudinal and cross-sectional reflection behaviors of yarns are measured in different yarn densities and hues and explained by the geometric model. The results of experimental work show that the average of reflectance and lightness values along yarns' length, with identical hue, are higher than values obtained from their cross-section. Besides, the lightness values of cross-sectional of samples, with identical hue, increase when the density of yarns in holder cell increases. The metric chromas as well as the hue angles of samples, dyed with the same dyestuff are different in two directions and lead to color difference values between 3.35 and 27.84 under D<sub>65</sub> illumination and CIE 1964 standard observer in CIELAB color difference formula. The reflection differences between two directions are analyzed using the geometric model and it is found that they originated from different optical passes through the fibers in the mentioned modes.*

**Keywords:** Reflection behavior, Geometric model, Acrylic yarn

\*\* - دانشیار

\* - دانشجوی دکترا

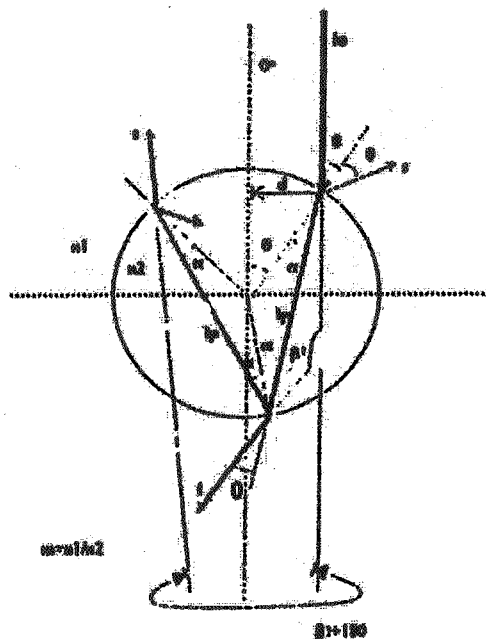
## ۲- استفاده از روش مدل هندسی برای توضیح

### رفتار الیاف در هنگام برخورد نور با آنان

قبل از توضیح روش مدل هندسی<sup>۷</sup> در تحلیل رفتار الیاف در هنگام برخورد نور، ضروری است تا نحوه انتشار - انعکاس و انتقال نور از الیاف بررسی شود. بر اساس مقاله منتشر شده توسط برلون، در هنگام اندازه‌گیری الیاف به صورت ذرات منتشر کننده‌ای در نظر گرفته می‌شوند که به دلیل تعلیق در هوا نیاز به انجام اصلاح ساندرسون ندارند [۳]. بیشترین مقدار انعکاس در سطح تماس بین لیف و هوا و در واقع به صورت انعکاس سطحی اتفاق می‌افتد. از آنجایی که این سطوح در جهات مختلف آرایش یافته‌اند، به طور کاذب چنین به نظر می‌رسد که نور انتشار یافته است در حالی که این انتشار حقیقی نبوده و نوع انتشاری که بر روی پرتو نوری تابیده به لیف اتفاق می‌افتد با هنگامی که نور با یک ذره پیگمنت، کریستال پلیمر، یا ذره منتشر کننده واقعی دیگر برخورد می‌کند، تفاوت دارد [۳]. اگر همه سطوح الیاف بتوانند نور را انتقال بدهند همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، آنچه که نمونه را ترک می‌کند بیشتر شبیه به یک سیستم کیو بلکا - مانک واقعی خواهد بود. واقعیت آن است شبکه‌ای از اجزای منتشر کننده همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است روی خواهد داد و ترکیبی از انتشار کاذب و حقیقی به وقوع می‌پیوندد. برای یک لیف رنگی، سهم انتشار نور در درون لیف در مقایسه با آنچه که از انعکاس سطوح لیف حاصل می‌شود قابل صرف‌نظر کردن است و در واقع عمدتاً انعکاس حقیقی و یا انتشار کاذب است که در الیاف اندازه‌گیری شده و به عنوان انتشار اعلام می‌شود [۳].

با توجه به نکات ذکر شده در خصوص انعکاس - انتشار نور توسط لیف، آلن و گلدفینگر نشان دادند که بهترین مدل برای تحلیل اجسام رنگی دارای ساختار پیچیده مانند منسوجات، با تعیین عوامل اصلی نوری مانند ضرایب خاموشی<sup>۸</sup>، ضرایب شکست الیاف و محیطی که در آن قرار گرفته‌اند و همچنین توجه به ویژگی هندسی الیاف میسر

به طور معمول مقدار انعکاس و به دنبال آن مختصات رنگی و مشخصات ظاهری یک نخ در جهت طولی متفاوت با مقطع عرضی آن است و این نکته در فرش و کفپوشهایی که خواب<sup>۱</sup> آنان از نخهای بریده شده تهیه می‌شوند مشهود است. تجارب روزمره در هنگام استفاده از این کفپوشها حاکی از آن است که این اختلاف با پا گذاشتن بر سطح آنها موجب می‌شود تا اثر حاصله به دلیل خم شدن نخها و پدیدار شدن رنگ در امتداد طولی آنها و اختلافی که بین رنگ این دو سطح وجود دارد به صورت یک اثر سایه - روشن مشاهده گردد. در واقع وجود اختلاف بین مقادیر انعکاسی یک نخ در دو حالت عمودی و مایل به همراه اثر زاویه رویت مشاهده کننده و ویژگیهای سطحی جسم مانند برق<sup>۲</sup> منجر به ایجاد رنگهایی متفاوت با مقدار اختلاف رنگ قابل تشخیص در چنین کفپوشهایی می‌شود. اگر چه به دلیل وجود اختلاف بسیار فاحش در ویژگیهای سطحی نخ مانند برق و جلا<sup>۳</sup> در دو حالت مذکور اثر این قبیل خصوصیات سطحی در چنین کفپوشهایی قبلاً بررسی شده است [۱] ولی مقالات محدودی با حذف اثر برق به بررسی کلی پدیده اختلاف در مقادیر انعکاسی در این دو حالت و مدلسازی جسم به منظور بررسی علل آن پرداخته‌اند [۲]. مشکل مزبور در رنگ همانندی این قبیل نخها نیز به نوعی خود را نشان می‌دهد. به طور معمول قضاوت در مورد همانندی دو نخ در پایان رنگرزی با قرار دادن نمونه هدفی در کنار نمونه مورد آزمایش در راستای طولی آنان صورت می‌پذیرد و در صورتی که از نخ همانند شده برای ایجاد نخ خواب در یک کفپوش استفاده شود هیچ تضمینی بر همانندی استاندارد در مقطع عرضی توسط نمونه رنگ شده وجود ندارد. به نظر می‌رسد مقدار اختلاف بین مقادیر انعکاسی و محرکه‌های رنگی در دو جهت مذکور تابعی از نوع لیف، ویژگی نوری آن (میزان شفافیت<sup>۴</sup> - نیمه شفافیت<sup>۵</sup> - پشت پوشی<sup>۶</sup>)، خصوصیات سطحی، میزان تراکم نخ در سطح واحد کفپوش و خواص فیزیکی لیف مانند ظرافت باشد.



شکل ۲: برخورد نور با سطح جانبی یک لیف ایدئال استوانه‌ای و تغییرات صورت گرفته بر آن [۷]

به نحوی که:

$I_0$  پرتو تابیده شده است.

$\theta$  زاویه نور تابیده شده به سطح است.

$d$  فاصله نقطه برخورد از عمود به صفر درجه است.

$s$  نوری که در جهت رو به بالا حرکت می‌کند.

$t$  نوری که در جهت رو به پایین حرکت می‌کند.

$lp$  طول مسیر نوری که در درون لیف قبل از شکست طی می‌شود.

$n_1$  ضریب شکست لیف

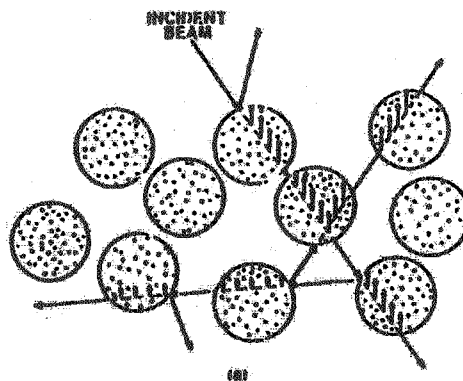
$n_2$  ضریب شکست محیط

$m = \frac{n_1}{n_2}$  نسبت ضرایب شکست

$\alpha, \beta$  زوایای داخلی اند که جهت شکست / انعکاس را

مشخص می‌سازند.

بیر-لامبرت روبرو شود. نوری که در داخل شکست می‌خورد به حرکت خود در درون لیف یعنی در محیطی که در معرض



شکل ۱: انتشار نور توسط لیاف [۳]

است [۴-۶]. این نوع تحلیل امکان مطالعه تاثیر تغییرات صورت گرفته بر جسم رنگی (مانند تغییر شکل آن از یک مایع به لیف ریسیده شده) را بر اساس خواص انعکاسی آن میسر می‌سازد [۷] ساده‌ترین شکل این مدل مورد تحلیل قرار گرفته است. در این شکل فرض شده است که یک منسوج به شکل پارچه، از تعداد زیادی لیاف به شکل استوانه با قطرهای مساوی و دارای ساختاری ایزوتروپیک و رنگی تشکیل شده است به نحوی که قطر این استوانه‌ها در مقایسه با طول موج نور تابیده شده بزرگتر است [۷]. این سیلندرها استوانه‌ای موازی یکدیگر بوده و آنان را می‌توان به شکل یک دسته از بردارها تصور کرد. پرتو نوری به شکل عمودی به سطح جانبی یکی از این سیلندرها برخورد می‌کند و اتفاقات روی داده بر آن در شکل (۲) نشان داده شده است.

در این مدل پرتوهای نوری موازی شده به سیلندر برخورد کرده و بخشی از آن بر اساس قانون فرسنتل دچار انعکاس سطحی می‌شود و بقیه با شکستی که بر روی آنها رخ می‌دهد به درون لیف وارد می‌شوند. در مدل اصلی ارائه شده، نوری پراکنده نمی‌شود لذا نور وارد شده به درون لیف تا جایی که به طور داخلی شکست بخورد و یا منعکس شود خطی وار به حرکت خود ادامه می‌دهد. بدیهی است که پرتو نوری در طی عبور از درون لیف می‌تواند با پدیده جذب بر اساس قانون

$$\beta_n = \beta_{n-1} + \left[ 180 - 2 \arctan \left( \frac{\sqrt{r^2 - \frac{lp^2}{4}}}{\frac{lp}{2}} \right) \right] \quad (7)$$

نور منعکس و منتقل شده توسط جسم را می‌توان با یک فرایند تکرار بدست آورد. محاسبه با نوری که به طور عمودی به لیف در  $d=0$  برخورد می‌کند آغاز می‌شود. تمامی انتقالهای داخلی و شکستهای صورت گرفته بر روی پرتو نوری، تا هنگامی که به دلیل جذبه‌های مکرر مقدار آن ناچیز باشد و در واقع نور از بین برود در نظر گرفته می‌شود. بخشی از پرتو اولیه که در جهت بالا منعکس می‌شود به عنوان  $s$  شناخته می‌شود در حالی که قسمتی از پرتو که در جهت پایین حرکت می‌کند به عنوان  $t$  شناخته می‌شود. بقیه نور که جذب شده است را می‌توان با معادله (۸) محاسبه کرد.

$$A = \frac{(1-\bar{\rho})}{1-T\bar{\rho}} \quad (8)$$

آن‌گاه نسبت نور حرکت کرده در جهت بالا به نور در حرکت به سوی پایین محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{t}{s} = \frac{\bar{\rho}_{d=r \dots r} + (1-\bar{\rho})^2 \sum_{n=1}^{\infty} T^n \bar{\rho}_{\cos \beta_n(-)}^{n-1}}{\bar{\rho}_{d=0 \dots r} \cos 45 + (1-\bar{\rho})^2 \sum_{n=1}^{\infty} T^n \bar{\rho}_{\cos \beta_n(+)}^{n-1}} \quad (9)$$

سپس با استفاده از فرایند تکرار، مقادیر  $A$  و  $K$  برای یک سری از مقادیر  $d$  در محدوده صفر تا  $r$  به نحوی که تمامی جهات تابش در محاسبات در نظر گرفته شود به دست می‌آیند. سپس نتایج جمع شده و متوسط‌گیری می‌شوند. در یک پارچه که مدل در نظر گرفته شده برای آن را می‌توان با اعمال اصلاحاتی به سادگی به دسته لیاف موازی شده نیز تعمیم داد، لیاف به صورت موازی برای ایجاد بردارهای زوج همان‌گونه که شکل (۳) نشان داده شده است به یکدیگر ملحق می‌شوند. مجموع پرتوهای منتشر شده به سمت پایین  $t_1$  یک فرایند ازدیاد تدریجی را با توجه به محدودیت زیر ایجاد می‌کند.

جذبهای بعدی است ادامه می‌دهد. نور شکست خورده به حرکت خود در محیطی که لیف را در بر گرفته است ادامه داده که این نور تحت عنوان نور منتقل شده ارزیابی می‌شود. با توجه به شکل (۲) و با استفاده از معادلات حاکم بر این مدل، مجموعه اتفاقات روی داده بر روی پرتو نوری در هنگام برخورد با لیف را به طور خلاصه این‌گونه می‌توان تحلیل کرد. به عنوان شروع مقدار انعکاس در سطح لیف برای نورهای پلاریزه شده موازی  $||$  و عمودی  $\perp$  از معادلات (۱) و (۲) محاسبه می‌شوند.

$$\bar{\rho}_{||} = \left[ \frac{n_1 \cos \theta_2 - n_1 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1} \right]^2 \quad (1)$$

$$\bar{\rho}_{\perp} = \left[ \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2} \right]^2 \quad (2)$$

برای نور پلاریزه شده تصادفی، انعکاس سطحی متوسط دو جزء ذکر شده است که در معادله (۳) نشان داده شده است.

$$\bar{\rho} = \frac{\bar{\rho}_{||} + \bar{\rho}_{\perp}}{2} \quad (3)$$

طول عبور نور در درون لیف قبل از هرگونه انعکاس شکست را با توجه به اصول هندسی حاکم بر استوانه می‌توان به شکل معادله (۴) نشان داد.

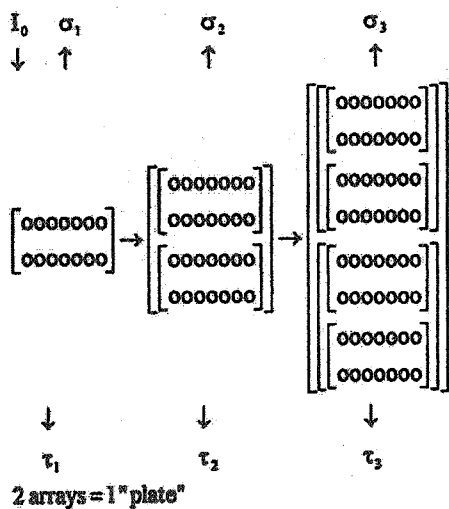
$$lp = 2r \sqrt{1 - \frac{d^2}{r^2 m^2}} \quad (4)$$

بر اساس قانون بیر - لامبرت، نور منتقل شده پس از عبور از مسافت  $lp$  در درون لیف را با معادله (۵) می‌توان نشان داد.

$$T = \frac{\text{Transmitted Light}}{\text{Incident Light}} = 10^{-\varepsilon \cdot c \cdot lp} \quad (5)$$

که در آن  $\varepsilon$  ضریب جذب ماده رنگزا و  $c$  غلظت آن است. زاویه انعکاس یعنی  $\beta_1$  و به دنبال آن زوایای  $\beta_n$  را نیز می‌توان با معادلات شماره (۶) و (۷) محاسبه کرد.

$$\beta_1 = 180 - 2 \left[ \arctan \left( \frac{d}{\sqrt{r^2 - d^2}} \right) - \arctan \left( \frac{\sqrt{r^2 - \frac{lp^2}{4}}}{\frac{lp}{2}} \right) \right] \quad (6)$$

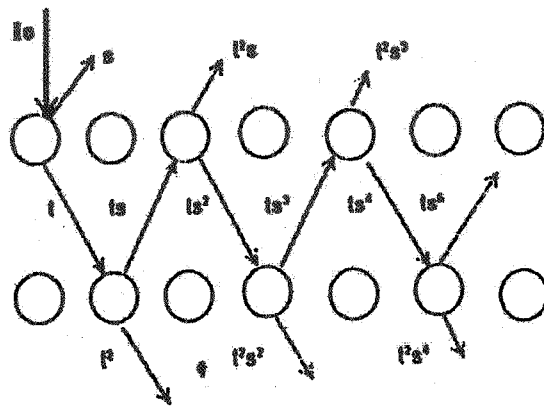


شکل ۴: نحوه تشکیل مدل صفحات میله‌ای [V]

مدل مذکور به تازگی توسط تسوتسوز و نابز با استفاده از محلول حل شده مواد رنگزای محلول در حلال تولوئن در لوله‌های موئین مورد ارزیابی قرار گرفت و توانایی‌های آن در اجسام شفاف مجدداً تایید شد [V]. به علاوه آنان نشان دادند که در صورت به کارگیری این مدل در منسوجات، الیاف شفاف بهتر از انواع نیمه شفاف از این مدل تبعیت می‌کنند.

### ۳- تجربیات مواد و وسایل

از دو نوع نخ اکریلیکی در این تحقیق استفاده شده است. در تهیه نخ اکریلیکی نوع اول که دارای نمره ۱۰/۵ دولا متریک بود از الیاف نیمه مات استفاده شد در حالی که در تهیه نخ اکریلیکی دیگر که دارای نمره ۱۰/۵ دولا متریک بود از مخلوط الیاف نیمه مات و براق استفاده شده بود. نخهای تهیه شده از الیاف نیمه مات شامل فامهای مختلف قرمز، آبی و سبز و نخهای تهیه



شکل ۳: بردارهای لیف

$$\tau_1 = \frac{k^2(1-A)^2}{(1+K)^2 - (1-A)^2} \quad (10)$$

پرتوهای رو به بالا نیز به صورت نشان داده شده در معادله (۱۱) با یکدیگر جمع زده می‌شوند.

$$\sigma_1 = \frac{1-A}{1+k}(1-\tau_1) \quad (11)$$

عمل بعدی بر مبنای دستاورد صفحات میله‌ای<sup>۹</sup> ارائه شده توسط استوک است به نحوی که بردارهای زوج شده به عنوان صفحاتی با مجموع انعکاسی  $\sigma_1$  و مجموع انتقالی  $\tau_1$  در نظر گرفته می‌شوند. شکل (۴) نحوه ساخته شدن مدل صفحات لایسه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به مدل ذکر شده مجموع نوری که در جهت رو به بالا حرکت می‌کند برابر  $\sigma_n = \sigma_{n-1}(1+\tau_{n-1})$  و مجموع نوری که در جهت پایین حرکت می‌کند برابر  $\tau_n = \frac{\tau_{n-1}^2}{1-\sigma_{n-1}^2}$  هستند. در این مدل نور بالایی در صورتی که الیاف به نحوی که مقدار انتقال یعنی  $\tau_n$  آنها برابر صفر شود آرایش یابند برابر ضریب انعکاس در نظر گرفته می‌شود. ذکر این نکته الزامی است که کاربرد مدل هندسی بسیار پیچیده‌تر از به کارگیری معادله ساده شده کیوبلکا - مانک بوده و مشخص است که به کارگیری آن نیاز به توان محاسباتی بسالایی دارد. به نظر می‌رسد این نکته اصلی‌ترین دلیل برای عدم استقبال زیاد از آن هنگام ارائه مدل اولیه بوده است.

شده از مخلوط الیاف نیمه مات و براق دارای فامهای سرمه‌ای، قرمز، آبی و زرد بودند. مشخصات فیزیکی الیاف مورد استفاده در تهیه نخهای مزبور در جدول (۱) نشان داده شده است. به منظور اندازه‌گیری انعکاس و محرکه‌های رنگی این نخها در برش عرضی آنها؛ از یک استوانه پلی پروپیلنی به قطر ۱/۷ سانتیمتر به عنوان واحد نگهدارنده استفاده شد. انعکاس نمونه‌ها در امتداد طولی و مقطع عرضی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Texflash ساخت شرکت Datacolor اندازه‌گیری شد که مهمترین ویژگی اسپکتروفتومتر مذکور برخوردار از هندسه دستگامی d/0 است.

### روش انجام آزمایشات

انعکاس در امتداد طولی نمونه‌ها با پیچیدن نخها به صورت منظم بر روی یک قطعه مقوای سفید به ابعاد  $50 \times 4$  سانتیمتر اندازه‌گیری شد [۸]. برای اندازه‌گیری انعکاس در مقطع عرضی نمونه‌ها تعداد معینی سر نخ (۹۰ و ۱۸۰ و ۲۷۰ سر نخ در سانتیمتر مربع) از استوانه (واحد) نگهدارنده آنان عبور داده شد. آن‌گاه به منظور فراهم کردن یک سطح مناسب از مقطع عرضی نخها، برش آنان به ارتفاع ۲ سانتیمتر توسط دستگاه برش ویژه‌ای که تهیه شده بود صورت گرفت. سپس به منظور کسب نتایج واقعیت میانگین چهار بار اندازه‌گیری انعکاس در مقطع عرضی و همچنین امتداد طولی نخها به عنوان انعکاس واقعی نمونه در نظر گرفته شد.

### ۴- نتایج و بحث

شکل‌های (۵) تا (۱۱) مقادیر انعکاس نخهای به کار رفته در دو گروه نخهای نیمه مات و مخلوط نیمه‌مات براق در امتداد طولی و مقطع عرضی نخها را با تراکمهای متفاوت نشان می‌دهند. مشخصات رنگی کلیه نمونه‌ها در زیر استاندارد روشنایی D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه اندازه‌گیری و سپس سه پارامتر مقدار روشنایی ( $L^*$ )، خلوص متریک ( $C^*$ ) و زاویه فام ( $H^\circ$ ) محاسبه شدند. به علاوه مقدار

اختلاف رنگ در فضا رنگ CIELAB برای تمامی نمونه‌ها با در نظر گرفتن مختصات رنگی نخ در امتداد طولی به عنوان استاندارد در زیر استاندارد روشنایی D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۹۶۴ محاسبه شد که نتایج در جدول (۲) نشان داده شده‌اند. توجه به شکل‌های (۵) تا (۱۱) نشان می‌دهد که مقدار انعکاس اندازه‌گیری شده در جهت طولی بیشتر از مقطع عرضی است که این امر همان‌گونه که در جدول (۲) نشان داده شده است موجب شده است تا مقدار روشنایی در امتداد طولی بیشتر از مقطع عرضی نخها شود. بعلاوه جدول (۲) نشان می‌دهد که مقادیر خلوص متریک اندازه‌گیری شده در جهت طولی و مقطع عرضی از نظم خاصی پیروی نکرده و به نحوی که در بعضی نمونه‌ها مقدار خلوص در جهت طولی بیشتر از مقطع عرضی است و در بعضی دیگر نتایج کاملاً معکوسی کسب شده است. زاویه فام محاسبه شده نیز برای مقاطع عرضی و امتداد طولی نخها متفاوت بوده که این امر منجر به حصول فامهایی با ته رنگهای متفاوت می‌شود. در هر حال همان‌گونه که اطلاعات مندرج در جدول (۲) نشان می‌دهند پیدایش مقادیر اختلاف رنگ بسیار بزرگ در حدود ۲۰ و یا حتی بیشتر مبین این نکته است که اختلاف فاحش رنگی در رنگ یک نخ در دو حالت سطح مقطع و امتداد طولی وجود دارد. بعلاوه شکل‌های (۵) تا (۱۱) و نتایج مندرج در جدول (۲) نشان می‌دهند که با تغییر تراکم و افزایش تعداد سر نخها در واحد سطح مقدار انعکاس و روشنایی هر نمونه به نحو محسوسی افزایش می‌یابد. برای ارائه یک توضیح کاملتر در برخورد نور به چنین سطوحی و با توجه به نکات ذکر شده در بخشهای قبلی مقاله در خصوص استفاده از مدل هندسی برای بررسی تغییرات در نور برخورد کرده به الیاف، به نظر می‌رسد تا بتوان با استفاده از این مدل اختلاف بین رفتار انعکاسی الیاف در دو جهت سطح مقطع و امتداد طولی آن را توضیح داد. شکل (۱۲) برخورد یک پرتو نور به سطح مقطع یک لیف با توجه به حضور الیافی به موازات آن را نشان می‌دهد. مقایسه شکل (۱۲) با شکل (۲) نشان می‌دهد که مساحت سطحی که نور به آن برخورد می‌کند و طول مسیری

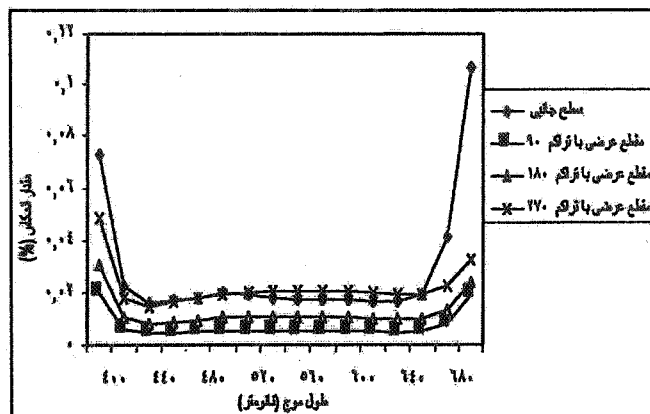
جدول ۱- مشخصات نخهای مورد استفاده

خصوصیات الیاف مورد استفاده				فام نخ و ویژگی نوری الیاف	شماره نمونه
درصد الیاف	قطر (mm)	ظرافت (den)	ویژگی نوری		
۴۰ درصد	۰/۰۴۲۶	۱۵	براق	نخ سرمه‌ای تیره (مخلوط الیاف براق و نیمه مات)	۱
۱۰ درصد	۰/۰۲۴۶	۵	براق		
۲۰ درصد	۰/۰۲۴۶	۵	نیمه مات		
۳۰ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۵۰ درصد	۰/۰۴۲۶	۱۵	براق	نخ آبی (مخلوط الیاف براق و نیمه مات)	۲
۲۵ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۲۵ درصد	۰/۰۳۱۱	۸	نیمه مات		
۴۰ درصد	۰/۰۴۵۳	۱۷	براق	نخ زرد (مخلوط الیاف براق و نیمه مات)	۳
۳۰ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۳۰ درصد	۰/۰۲۴۶	۵	نیمه مات		
۵۰ درصد	۰/۰۴۲۰	۱۵	براق	نخ قرمز (مخلوط الیاف براق و نیمه مات)	۴
۲۵ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۲۵ درصد	۰/۰۲۹۱	۷	نیمه مات		
۵۰ درصد	۰/۰۴۵۳	۱۷	نیمه مات	نخ قرمز (الیاف نیمه مات)	۵
۲۵ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۲۵ درصد	۰/۰۲۹۱	۷	نیمه مات		
۵۰ درصد	۰/۰۴۵۳	۱۷	نیمه مات	نخ سبز (الیاف نیمه مات)	۶
۲۵ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۲۵ درصد	۰/۰۲۹۱	۷	نیمه مات		
۵۰ درصد	۰/۰۴۵۳	۱۷	نیمه مات	نخ آبی (الیاف نیمه مات)	۷
۲۵ درصد	۰/۰۳۵۶	۱۰/۵	نیمه مات		
۲۵ درصد	۰/۰۲۹۱	۷	نیمه مات		

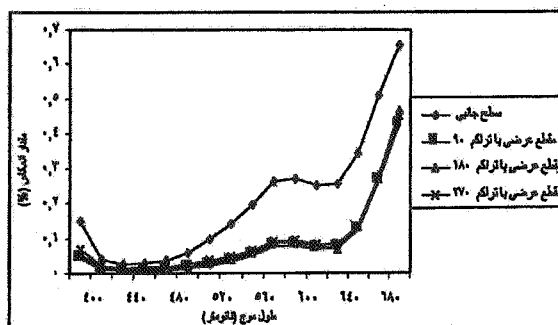
جدول ۲ - مشخصات کالریمتری نمونه‌ها در دو جهت طولی و مقطع عرضی با تراکمهای مختلف

شماره نمونه	نوع اندازه‌گیری	L°	C°	h°	ΔE
۱	طولی	۱۴/۴۴	۰/۸۰۱۲	۲۵۵/۹۲	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۴/۸۷	۰/۲۸۹	۱۷۲/۱۱	۹/۶
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۸/۹۴۸	۱/۲۹	۱۲۱/۶۵	۵/۸۳
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۱۵/۱۷۲	۲/۵۵۳	۱۰۵/۲۵	۳۳/۵
۲	طولی	۳۸/۱۰۵	۹/۹۸۳	۱۹۰/۴۴	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۱۵/۷۴	۶/۹۱	۲۱۴/۴۹	۲۲/۸۸
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۱۸/۳۸	۶/۰۱	۲۱۲/۷۲	۲۰/۳۴
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۲۱/۷۲	۴/۸۳	۲۰۳/۲	۱۷/۲۵
۳	طولی	۴۸/۴۶	۴۷/۰۱	۷۰/۸۲	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۲۵/۸	۳۳/۶۲	۶۵/۰۸	۲۶/۹۳
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۲۷/۹۴	۳۰/۹۵	۶۴/۷۵	۲۶/۷۳
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۲۹/۵۸	۲۷/۴۷	۶۴/۹۷	۲۷/۸۴
۴	طولی	۲۸/۳۹	۵۰/۷۱	۲۹/۰۴	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۱۲/۶۵	۳۳/۶۸	۲۷/۲۱	۲۳/۲۲
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۱۶/۵۲	۲۹/۳۴	۲۸/۸۹	۲۴/۴۴
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۱۹/۵۶	۲۴/۷۳	۲۹/۳	۲۷/۴۴
۵	طولی	۴۴/۶۷	۳۰/۷۷	۴۱/۸۸	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۲۷/۳۴	۲۷/۲۸	۴۶/۱۴۵	۱۷/۹۲
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۲۹/۳۲۶	۲۶/۷۷	۳۵/۷۱	۱۶/۱۶
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۳۱/۲۴	۲۴/۷۳	۳۵/۶۹	۱۵/۰۳
۶	طولی	۴۲/۱۴۹	۱۶/۵۷	۱۳۶/۱۲	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۲۴/۸۳	۱۳/۰۵	۱۴۸/۴۲	۱۸/۵
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۲۶/۷۳	۱۳/۰۱۶	۱۴۹/۴۹	۱۶/۷۳
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۲۹/۳۱	۱۲/۱۳	۱۴۷/۸۴	۱۴/۴
۷	طولی	۴۵/۷۷	۷/۶۷۷	۱۶۵/۱	۰
	عرضی (تراکم ۹۰)	۲۷/۲۳	۷/۳۸۶	۲۰۶/۵۳	۱۹/۲۸
	عرضی (تراکم ۱۸۰)	۲۹/۰۸	۷/۴۵	۲۰۷/۲۳	۱۷/۵۶
	عرضی (تراکم ۲۷۰)	۳۱/۱۴	۷/۰۶۷	۲۰۵/۵۹	۲۵/۵۱

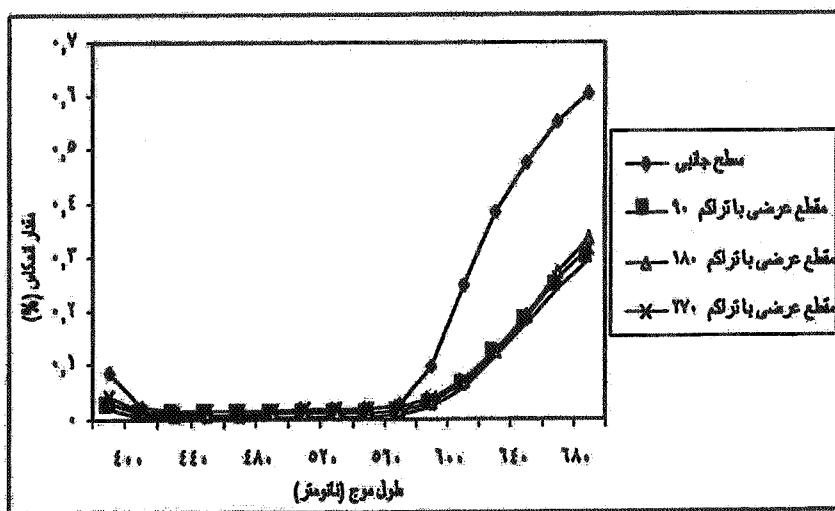




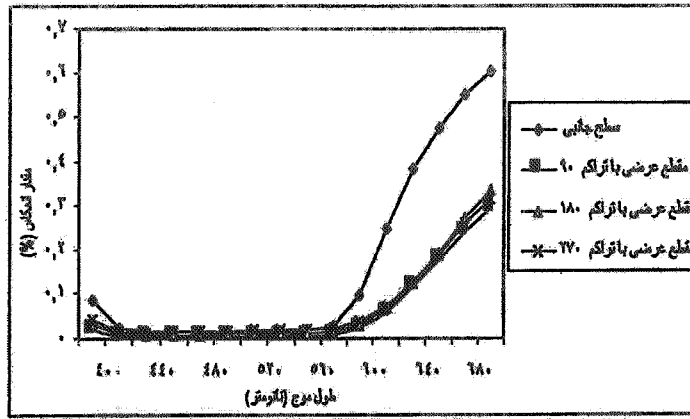
شکل ۵- منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۱ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکمهای مختلف



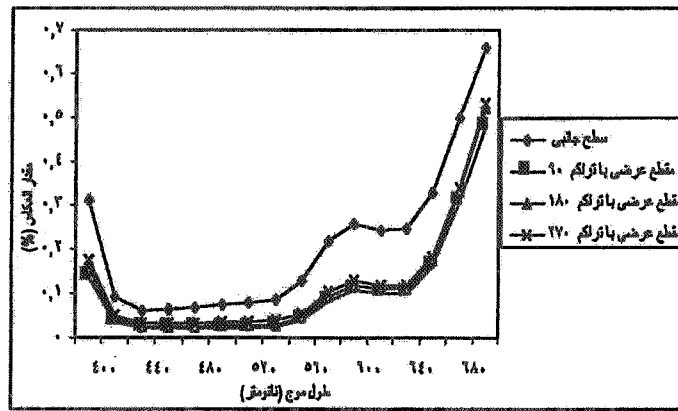
شکل ۶- منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۲ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکمهای مختلف



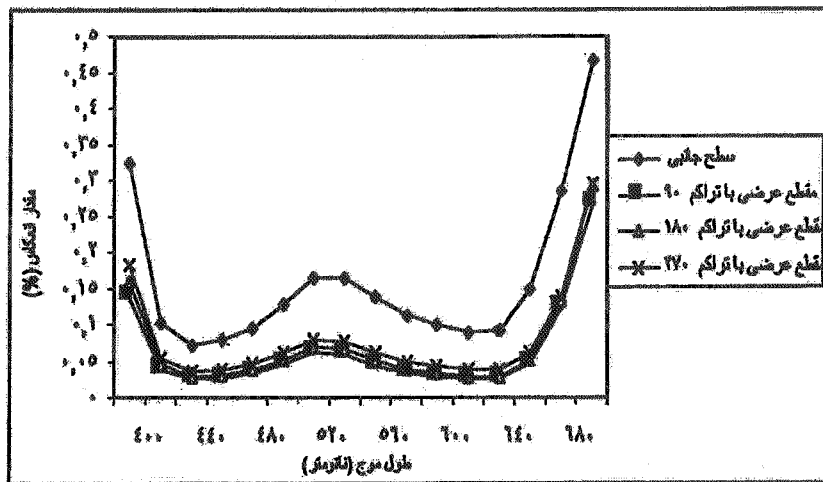
شکل ۷- منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۳ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکمهای مختلف



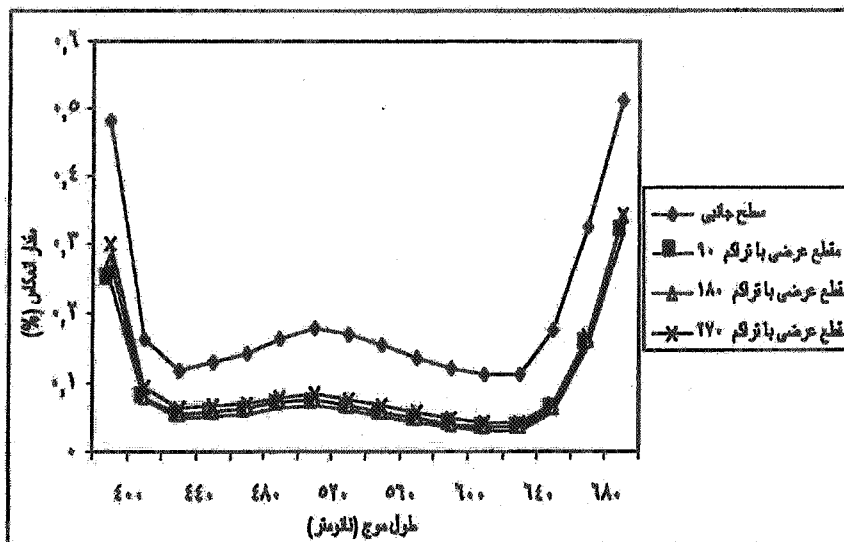
شکل ۸- منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۴ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکم‌های مختلف



شکل ۹ - منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۵ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکم‌های مختلف



شکل ۱۰ - منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۶ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکم‌های مختلف



شکل ۱۱ - منحنی انعکاس طیفی نمونه شماره ۷ در امتداد طولی و مقطع عرضی با تراکم های مختلف

$$D = \sqrt{\frac{4den}{9 \times 10^5 \pi}} \quad (12)$$

که در این معادله،  $D$  قطر (حداکثر مسیری که نور در هنگام عبور از لیف طی می کند)،  $den$  ظرافت لیف به دینیر و  $p$  وزن مخصوص لیف است. از سوی دیگر حداکثر مسیر طی شده توسط نور در هنگام تابش نور به سطح مقطع آن با توجه به شکل (۱۲) و با استفاده از معادله (۱۳) محاسبه می شود.

$$l = \sqrt{D^2 + h^2} \quad (13)$$

که در این معادله،  $l$  حداکثر طول عبور نور،  $D$  قطر و  $h$  ارتفاع لیف است. در صورتی که مقدار  $D$  از معادله (۱۲) در معادله (۱۳) جاگذاری شود معادله (۱۴) حاصل خواهد شد.

$$l = \sqrt{\frac{4den}{9 \times 10^5 \pi} + h^2} \quad (14)$$

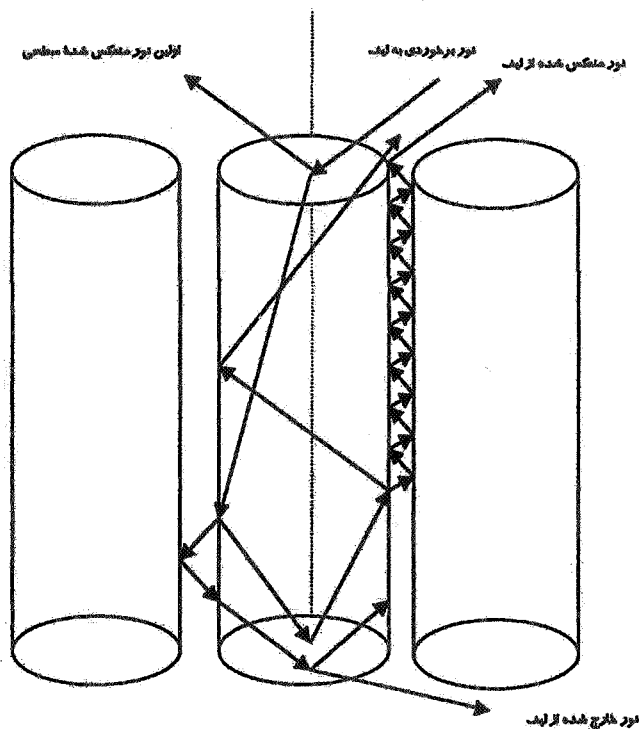
با توجه به طول الیاف به کار برده شده که بیش از ۱۰ سانتیمتر بود و در صورتی که فرض شود که در هنگام قرار دادن الیاف در درون ظرف نگهدارنده و برش آنها الیافی با طول کوچکتر از ارتفاع واحد نگهدارنده ایجاد نمی شود، آن گاه مقدار  $h$  لااقل برابر ارتفاع ظرف نگهدارنده یعنی ۲ سانتیمتر می شود. مقایسه  $D$  یعنی حداکثر طول عبور نور در امتداد طولی و  $l$  یعنی حداکثر

که نور طی می کند در دو حالت اندازه گیری در مقطع عرضی و امتداد طولی بسیار متفاوت اند. در این تحلیل توجه به نکات زیر الزامی است:

• با توجه به یکسان بودن نوع الیاف در دو حالت، قابلیت انتشار واقعی نور توسط لیف که از درون الیاف و با توجه به خصوصیت نوری لیف توسط نخها صورت می پذیرد یکسان است.

• ضریب جذب رنگزا به دلیل یکسان بودن نوع و مقدار ماده رنگزا در نخهای یکسان در دو حالت مساوی اند.

با توجه به شکل های (۲) و (۵) که به ترتیب مدل اصلی به کار رفته توسط گلدفینگر - آلن برای بیان رفتار نوری الیاف در امتداد طولی و مقطع عرضی (مدل به کار گرفته شده در این پژوهش) را نشان می دهند به نظر می رسد عامل اصلی اختلاف در این دو حالت اندازه گیری، اختلاف در طول عبور نور و سطح مخصوص تماس باشند. در صورتی که به منظور سادگی الیاف اندازه گیری شده استوانه ای فرض شوند [۹] مقدار حداکثر طول مسیری که نور در هنگام اندازه گیری امتداد طولی طی می کند برابر قطر لیف مورد آزمایش است که از معادله (۱۲) با توجه به ظرافت آن قابل اندازه گیری است.



شکل ۱۲ - برخورد نور به سطح مقطع یک لیف و تاثیر الیاف همسایه در انعکاس و انتقال حاصله

همان گونه که شکل (۱۲) نشان می‌دهد، با توجه به شکستی که روی می‌دهد بعضی از نورها شانس عبور از مسیرهای کوتاهتر را داشته و لذا به دلیل انتقالی که رخ می‌دهد بردارهای کناری بر روی نتایج حاصله موثرند. از سوی دیگر برخورداری از سطح مخصوص تماس کاملاً متفاوت منجر به مقدار نور منعکس شده سطحی متفاوتی در دو حالت اندازه‌گیری شده است. همان گونه که ذکر شد اهمیت انعکاس سطحی در الیاف قبلاً توسط محققان مورد تاکید قرار گرفته است [۳]. به علاوه زاویه برخورد نور با لیف، طبق معادلات (۱) تا (۳) بسیار حائز اهمیت بوده و به دلیل برخورد نور به یک سطح استوانه‌ای در هنگام بررسی امتداد طولی در مقایسه با برخورد آن به یک سطح صفحه‌ای در هنگام مطالعه وضعیت عمودی امکان انعکاس سطحی بسیار متفاوتی وجود خواهد داشت. این امر منجر می‌شود تا انعکاس سطحی در حالت برخورد نور به سطح استوانه (لیف) بیشتر شود.

طول عبور نور در حالت عمودی، با توجه به ضخامت الیاف که در جدول (۱) درج شده است نشان دهنده این است که  $l$  بسیار بزرگتر از  $D$  است.

با توجه به مراتب توضیح داده شده و با در نظر گرفتن شکل (۳) در هنگامی که پرتو نوری به امتداد طولی لیف برخورد کند به دلیل کوتاه بودن طول مسیر عبور، مقادیری از آن با توجه به قابلیت انتقال آن به بردار زیری برخورد کرده و این فرایند تا هنگامی که مقدار نور منتقل شده به صفر نزدیک شود ادامه می‌یابد. از این رو مقدار نور منعکس شده که با استفاده از معادله (۱۱) به دست می‌آید به شدت تحت تاثیر خواص انتقالی لیف قرار می‌گیرد. در هنگامی که پرتو نوری به مقطع لیف برخورد کند همان گونه که ذکر شد لازم است مسیرهای بسیار طولانی‌تری را برای خروج از لیف طی کند که این امر منجر به جذب بیشتر پرتو نوری می‌شود و لذا انعکاس محاسبه شده کمتر تحت تاثیر بردارهای زیرین قرار خواهد گرفت اگرچه

## ۵- نتیجه گیری

در این تحقیق رفتار انعکاسی الیافی با فامهای مختلف در دو حالت امتداد طولی و مقطع عرضی بررسی شده است. نتایج حاصله نشان دادند که انعکاس و مقدار روشنایی الیاف در امتداد طولی نخها بدون توجه به ویژگیهای نوری الیاف تشکیل دهنده آنان؛ بزرگتر از مقطع عرضی نخهاست. در حالی که اختلاف غیر منظمی در بین مقادیر خلوص و فام نمونه‌ها در دو حالت مذکور اندازه‌گیری شد. افزایش تراکم نخها در واحد نگهدارنده در هنگام اندازه‌گیری آنان، موجب افزایش انعکاس حاصله شد. به منظور تحلیل نتایج با توضیحاتی که در خصوص نظریه مدل هندسی ارائه شد از این روش استفاده و مشاهده شد که مهمترین عواملی که بر اساس این نظریه اختلاف حاصله در دو حالت را ایجاد می‌کنند بزرگتر بودن طول مسیر عبور پرتو در هنگام برخورد نور به سطح مقطع لیف و کوچک بودن مقدار نور منعکس شده سطحی در این حالت در مقایسه با هنگامی که نور به بدنه لیف برخورد می‌کند.

در خصوص تغییرات حاصله در مقدار انعکاس اندازه‌گیری شده از سطح مقطع بر اثر تغییر تراکم لازم است به نکات زیر توجه شود:

- مطابق نظریه ارائه شده توسط بولون در بررسی ویژگی نوری الیاف آنچه اندازه‌گیری می‌شود انعکاس سطحی است که به عنوان انتشار کاذب اندازه‌گیری می‌شود و لذا با افزایش تراکم تعداد سطوح منتشر کننده افزایش یافته و میزان انتشار و در نتیجه روشنایی افزایش می‌یابد.
- در هنگام اندازه‌گیری خواص انعکاسی پیگمنتها نیز پدیده مشابهی که تحت نام اثر غلظت حجمی پیگمنت<sup>۱</sup> شناخته می‌شود مشاهده می‌شود. در خصوص علت وقوع این پدیده که به افزایش دانسیته حجمی اجزا منتشر کننده نور (که در تحقیق فعلی الیاف بوده‌اند) مرتبط می‌شود در مراجع مختلف بحث شده است [۱۰ و ۱۱].

## واژه‌نامه

- |                 |                           |                                  |
|-----------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1. pile         | 5. translucency           | 9. pile of plates                |
| 2. gloss        | 6. opacity                | 10. pigment volume concentration |
| 3- luster       | 7- geometric model        |                                  |
| 4- transparency | 8- extinction coefficient |                                  |

## مراجع

1. Pourdeyhimi, B., Nayernouri, A., and Xu, B., "Evaluation Carpet Appearance Loss: Pile Lay Orientation and Shading", *Text. Res. J.*, Vol. 60, pp.130-135, 1994.
2. Bernard, P., Vanderheughen, K., and Kiekens, P., "Color Measurement of Pile Fabric," *Text. Res. J.*, Vol. 69, pp. 552-558, 1999.
3. Burlone, D.A., "Theoretical and Practical Aspect of Selected Fiber Blend Color Formulation Function," *Color Res. & Appl. J.*, Vol. 9, pp. 213-219, 1994.
4. Allen, E.H., and Goldfinger, G., "The Color Absorbing Scattering Substrates". I. The Color of Fabrics," *J. Appl Pol. Sci.*, Vol. 16, pp. 2973-2982, 1972.
5. Goldfinger, G., Lau, K.C., and McGregor, R., "The Effect of the Distribution of Colorant on the Color of Fibers," *J. Pol. Sci., Pol. Let.*, Vol. 11, pp. 481-483, 1973.
6. Goldfinger, G., "The Color of Absorbing Scattering Substrates. II. The Prediction of the Color of a Fiber Bundle," *J. Pol. Sci., Pol. Let.*, Vol. 11, pp. 701-704, 1973.
7. Tsoutseos, A.A., and Nobbs, J.H., "An Alternative Approach to the Color Appearance of Textile Materials with an Application to the Wet / Dry Reflectance Prediction," *Text Chem & Col.*, Vol. 36, No. 6, pp. 38-43, 2000.

8. Hunter, R.S., Techniques for Preparing and Handling Specimens for Color Measurement, *Col Eng.*, Vol.4, pp. 35-37, 1966.
9. Goldfinger., and Paige, K.T., Predicting the Colour of Dyed Textiles , *Colourage*, vol . 9, pp . 23-27, 1975.
10. Allen , E., *Optical Radiation Measurements*, (F.Grumb and C.J. Barteson, Eds.), Vol . 2, Chapter 7, Academic Press, New York, 1980.
11. Yang, H., Film Thickness and PVC Effects on Color Properties, *Col . Res & Appl.*, Vol . 20 , No . 4,1995.