

پیشگویی مقادیر انعکاسی الیاف اکریلیک در امتداد طولی و مقطع عرضی با بکارگیری مدل هندسی

سید حسین امیرشاهی
دانشیار

علی شمس ناتری
فارغ التحصیل دکترا

مسعود لطیفی
دانشیار

دانشکده مهندسی نساجی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این تحقیق مقادیر انعکاسی الیاف اکریلیک در دو حالت مقطع عرضی و امتداد طولی با استفاده از یک مدل هندسی و شکل اصلاح شده آن، پیشگویی گردید. مقادیر محاسبه شده با نتایج تجربی مقایسه شد و در خصوص امکان استفاده از مدل مذکور در پیشگویی مقدار انعکاسی این الیاف با ظرافتها و رنگهای مختلف بررسی بعمل آمد. به منظور تأمین نیازهای کارهای تئوری، از یک مدل هندسی موجود که برای تخمین مقدار انعکاسی در امتداد طولی الیاف ارائه شده است، استفاده گردید و به دلیل آرایش هندسی متفاوت الیاف در سطح مقطع آنان، این مدل برای توضیح رفتار نوری سطح مقطع الیاف اصلاح گردید. در مدل هندسی اولیه به دلیل اینکه تنها سه ویژگی انعکاس سطحی، جذب و انتقال در برخورد نور تأیید شده به جسم در نظر گرفته می شود و اثر انتشار در درون الیاف بویژه در هنگام اندازه گیری انعکاس از سطح مقطع در مدل لحاظ نشده است، امکان دستیابی به نتایج غیر واقعی برای مقادیر انعکاسی حاصل از سطح مقطع وجود دارد. نتایج حاصله نشان می دهند که مدل اولیه و شکل اصلاح شده آن در اغلب موارد جوابهای قابل قبولی را عاید می سازند اگرچه با افزایش مقدار ماده منتشرکننده در لیف و در طول موجهایی که انعکاس بالاست هنوز اختلاف قابل توجهی بین مقادیر انعکاسی حاصله از نتایج تجربی و نظری وجود دارد.

کلمات کلیدی

پیشگویی - مقادیر انعکاسی - مدل هندسی - الیاف اکریلیک

Prediction of Reflectance Values of Acrylic Fibers along the Length and Cross Section Using Geometric Model

A.S.Nateri
S.H.Amishahi
M.Latifi

Textile Engineering Department,
Amirkabir University of Technology

Abstract

In the present work, reflectance values of acrylic fibers along their length and cross-section were predicted using a geometric model and its modified shape. Experimental and theoretical results were compared and the possibility of applying the model for predicting the reflectance value of fibers with different fitness and colour was investigated.

To fulfill the requirements of theoretical work, an existed geometric model, which has been presented to predict the reflectance value along fiber length, was employed also, because of different geometric orientation of fibers in cross-section, the model was modified to explain cross-sectional optical behaviour of fibers. Considering only three factors of surface reflectance, absorption and widthwise transmission of light and not including lengthwise light transmission in the preliminary model, may lead to obtaining unreal cross-sectional reflectance values.

The results showed that the output of the model and its modified shape is almost acceptable although the increase of transmitted material in fibers and high reflectance cause a difference between theoretical and experimental results.

Keywords

Prediction – Reflectance Values – Geometric Model – Acrylic Fibers

مقدمه

اگرچه استفاده از نظریه کیوبلکا-مانک به دلیل سادگی کاربردی که دارد همواره مورد استقبال کاربران صنعتی و حتی محققین این رشته قرار گرفته است ولی اغلب افرادی که در زمینه نور و رنگ کار می نمایند به عدم تحقق فرضیاتی که نظریه مذکور بر آن استوار است معترفند [۱]. اگرچه این نکته به نحو غیرقابل باوری از اهمیت کاربردی این نظریه در موارد معمول آن نکاسته است ولی بی تردید موجب کاهش اهمیت بکارگیری آن در مواردی که پیشگویی رفتار انعکاسی و رنگی اجسام نیاز به تحلیل دقیقتر فرایندهای مربوط به برخورد نور با جسم دارد، گردیده است. در واقع نظریه کیوبلکا-مانک با عدم توجه به عوامل اساسی و موثر در رفتار یک جسم در مقابل برخورد پرتوهای نوری مانند ضریب شکست، شکل و اندازه ذره، ارزش خود را در حد یک نظریه پدیده ای حفظ نموده است و لذا با تغییر اینگونه عوامل دیگر قادر به ارائه نتایج قابل قبول نمی باشد.

تلاشهای وسیعی در خصوص ارائه مدل‌های کاملتر جهت مدل ساختن رفتار نوری اجسام نیمه شفاف صورت پذیرفته است [۲]. تئوری انتقال تابشی که توسط چاندراسخار پیشنهاد گردیده است مدل بسیار کاملتری را در این خصوص ارائه می نماید که نظریه کیوبلکا-مانک تنها حالت بسیار خاص و ساده شده ای از آن می باشد [۲]. معهدا این نظریه به دلیل مشکلات محاسباتی هیچگاه بطور جدی مورد توجه کاربران قرار نگرفت و در تنها کار تحقیقاتی ارائه شده در سالهای اخیر بر کسب نتایج یکسان با نتایج حاصله از بکارگیری نظریه کیوبلکا-مانک تاکید شده است [۲]. نظریه دیگری که طی چند مقاله در دهه هفتاد میلادی در خصوص مدل نمودن رفتار نوری اجسام پیشنهاد گردید استفاده از مدل هندسی بود که عمدتاً توسط آلن، گلدفینگر و همکارانشان در طی مقالات مختلف ارائه شد [۱۱-۳]. بر اساس مدل مذکور، وقوع سه پدیده انعکاس سطحی، جذب و انتقال از میان نخهای تشکیل دهنده یک پارچه، با توجه به ضرایب شکست محیط و لیف در زوایای مختلف، مبنای نور منعکس شده از آنرا تشکیل می دهند. به دلیل حجم محاسباتی سنگین و نیاز به انجام عملیات تکرار، این نظریه نیز به مدت سه دهه در سایه نظریه بسیار کاربردی و ساده کیوبلکا-مانک قرار گرفت و کمتر مورد استفاده واقع شد. به دلیل عرضه کامپیوترهایی با قدرت و سرعت محاسباتی بالا در طی سالهای اخیر، استفاده از این مدل در توضیح رفتار نوری اجسام، در جاییکه نظریه کیوبلکا-مانک نمی تواند جوابهای مطلوبی داشته باشد، مورد استقبال قرار گرفته است [۱۲]. توجه کلی این مدل به اختلاف در ضرایب شکست محیط باعث گردیده است تا این مدل بتواند تغییر در رفتار انعکاسی منسوجات در حالت مرطوب را که موجب تغییر در رفتار انعکاسی آنان می گردد به نحو مطلوب توجیه نماید [۱۲]. مولفین مقاله حاضر در اولین تلاش خود در بکارگیری مدل مزبور امکان استفاده از مدل هندسی را برای بیان تفاوت در ویژگیهای رنگی و انعکاسی الیاف در دو حالت عمودی و افقی بدون ورود به توان عملی آن در پیشگویی مقادیر انعکاسی در این دو حالت ارایه نمودند [۱۳].

در این تحقیق رفتار انعکاسی دسته الیاف اکریلیکی در دو حالت امتداد طولی و مقطع عرضی در انواع متفاوتی از حیث مقدار ماده پشت پوش کننده، ظرافت و خصوصیات رنگی با استفاده از روش مدل هندسی محاسبه و با نتایج تجربی مورد مقایسه قرار گرفته است. به دلیل ارایه توضیحات کافی در خصوص اصول ناظر بر روش مدل هندسی در مراجع قبلی [۱۳-۳] از درج مجدد آنها صرف نظر کرده و در این مقاله به توضیح الگوریتم بکار رفته و برنامه رایانه ای مورد استفاده و بحث در خصوص نتایج پرداخته می شود.

۱- اساس تجربی

جهت انجام کارهای تجربی، از الیاف اکریلیک نیمه مات با ظرافت های ۷ و ۱۰ و ۱۵ دنیر و الیاف اکریلیک براق با ظرافت های ۷ و ۱۵ دنیر استفاده گردید. به منظور تهیه الیاف رنگین، چهار ماده رنگزای کاتیونیک با مشخصات مندرج در جدول ۱ به کار گرفته شد. الیاف مذکور بر اساس روشهای رنگزایی کلاسیک با استفاده از دستگاه رنگزایی قابل کنترل توسط رایانه بنام Ahiba Turbomat و بکارگیری مقادیر متفاوتی از هریک از مواد رنگزا رنگزایی گردیدند. سپس الیاف رنگ شده با استفاده از یک دستگاه کاردینگ آزمایشگاهی باز و توسط کاردینگ دستی موازی شدند.

یک قطعه فلزی لولائی جهت نگهداری دسته الیاف بصورت افقی و به منظور اندازه گیری انعکاس در امتداد طولی الیاف مطابق پیشنهاد مراجع ساخته شد [۱۴]. برای اندازه گیری سطح مقطع الیاف از استوانه های پلی پروپیلنی به قطر ۱/۷ سانتیمتر بعنوان واحد نگهدارنده دسته الیاف استفاده گردید.

انعکاس نمونه ها در امتداد طولی و مقطع عرضی با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر Texflash دارای هندسه دستگاهی d/o ساخت شرکت Datacolor اندازه گیری گردید. تجزیه و تحلیل آماری اولیه نشان داد که به منظور کسب نتایج واقعی از اندازه گیریهای انجام شده لازم است میانگین چهار بار اندازه گیری انعکاس از هشت نمونه مختلف تهیه شده از هر نمونه در مقطع عرضی الیاف و همچنین میانگین چهاربار اندازه گیری انعکاس از هر نمونه در امتداد طولی الیاف بعنوان انعکاس واقعی نمونه در نظر گرفته شود.

۲- نتایج و بحث

انتظار می رود که در هنگام بررسی ویژگی انعکاسی در امتداد طولی الیاف در یک دسته الیاف موازی شده، آنها به نحو مطلوبی بصورت موازی برای ایجاد بردارهای زوج که اساس مدل هندسی را تشکیل می دهند به یکدیگر ملحق گردند. در این روش مجموع پرتوهای منتشر شده به سمت پایین یعنی τ_1 یک فرآیند ازدیاد تدریجی را با توجه به محدودیت نشان داده شده در معادله ۱ ایجاد می نمایند.

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

که در رابطه ۱ مقدار A برابر $A = \frac{(1-\bar{p})}{1-T\bar{p}}$ بوده که در آن \bar{p} انعکاس سطحی متوسط برای نور پلاریزه شده تصادفی می باشد و k نیز مقدار نسبت نور حرکت کرده در جهت بالا به نور در حرکت به سمت پایین یعنی $k = \frac{I}{S}$ است. پرتوهای روبه بالا نیز بصورت نشان داده شده در معادله ۲ با یکدیگر جمع زده می شوند.

$$\sigma_1 = \frac{1-A}{1+k} (1-\tau_1) \quad (2)$$

عمل بعدی بر مبنای دستاورد صفحات میله ای ارائه شده توسط استوک است به نحویکه بردارهای زوج شده به عنوان صفحاتی با مجموع انعکاسی σ_1 و مجموع انتقالی τ_1 در نظر گرفته می شوند. شکل شماره ۱ نحوه ساخته شدن مدل صفحات لایه ای را نشان می دهد.

با توجه به مدل ذکر شده مجموع نوری که در جهت رو به بالا حرکت می نماید برابر $\sigma_n = \sigma_{n-1}(1+\tau_{n-1})$ و مجموع نوری که به سوی پایین حرکت می نماید برابر $\tau_n = \frac{\tau_{n-1}}{1-\sigma_{n-1}^2}$ می باشند. لذا در این مدل می توان نور رو به بالا را در صورتیکه مقدار انتقال یعنی τ_n از میان الیاف صفر گردد، برابر ضریب انعکاس در نظر گرفت.

برنامه رایانه ای بکارگیری مدل هندسی برای تخمین انعکاس سطح جانبی دسته الیاف با استفاده از نرم افزار متلب (Matlab) نوشته شده که الگوریتم مربوطه در شکل ۲ نشان داده شده است. به منظور کنترل صحت الگوریتم بکار گرفته شده در ابتدا اثر چند

پارامتر شامل تغییر فرضی ضریب شکست و قطر الیاف با استفاده از آن بررسی شد. برای انجام این کنترل از یک سری منحنی انعکاسی مصنوعی که در محدوده وسیع ۰ تا ۱۰۰ درصد تغییر می نمودند، استفاده گردید.

همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است تغییرات ضریب جذب مدل هندسی یعنی CK با مقدار انعکاس یعنی R در تمامی طول موجها عکس یکدیگر هستند به نحویکه با افزایش و یا کاهش ضریب جذب، کاهش و یا افزایش مقدار انعکاس صورت می پذیرد. به منظور بررسی تغییرات انعکاس در مقابل تغییرات ظرافت الیاف با استفاده از نظریه مدل هندسی، الگوریتم مزبور مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۴ نشان می دهد که مطابق انتظار مقدار انعکاس با افزایش ظرافت افزایش می یابد. اثر ظرافت روی تعداد لایه های لازم جهت حصول حالت پشت پوشی نیز در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل تاثیر ضریب جذب بر روی تعداد لایه های لازم برای پشت پوشی در سه نوع لیف با ظرافتهای مختلف نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می گردد با کاهش ظرافت (افزایش دنیبر و یا افزایش قطر الیاف) تعداد لایه های لازم برای پشت پوشی کاهش می یابد. بدیهی است که هرگونه کاهش در تعداد لایه های لازم برای پشت پوشی تابع مقدار ضریب شکست می باشد. اثر ضریب شکست در شکل ۶ نشان داده شده است. مطابق انتظار مشاهده می گردد که افزایش ضریب شکست الیاف موجب افزایش مقدار انعکاس گردیده است. همچنین افزایش ضریب شکست الیاف همانگونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، باعث کاهش در تعداد لایه های لازم جهت حصول حالت پشت پوشی می گردد. با توجه به نتایج حاصله و همچنین گزارشات مندرج در جدیدترین مرجع [۱۳] بنظر می رسد که بکارگیری مدل هندسی در محاسبه مقادیر انعکاسی بالا با محدودیت مواجه باشد و مدل مذکور برای پیشگویی و توجیه انعکاس در نمونه های تیره مناسب تر باشد.

پس از کسب اطمینان از صحت الگوریتم مورد استفاده، از نظریه مدل هندسی برای پیشگویی مقدار انعکاس تعدادی نمونه که مقادیر واقعی انعکاس آنان در اختیار بود استفاده گردید. نتایج این بررسی در شکل های ۸ و ۹ برای دو لیف به فامهای آبی و قرمز نشان داده شده است. در هر یک از شکل های مذکور، شکل الف مقادیر انعکاسی واقعی (اندازه گیری شده) سطح جانبی دسته الیاف برای ظرافتهای مختلف و شکل ب مقادیر انعکاسی سطح جانبی محاسبه شده با استفاده از روش هندسی برای همان ظرافتها را نشان می دهند. قابل ذکر است که در محاسبه ضریب جذب از اطلاعات مربوط به الیاف ۱۵ دنیبر استفاده گردیده بود. برای ارزیابی صحت پیشگویی این مدل در مقایسه با مقادیر واقعی از معادله ۳ استفاده گردید.

$$E = \frac{\sum_{i=400}^{700} (R_{\lambda_i, m} - R_{\lambda_i, c})^2}{16} \quad (2)$$

در این معادله $R_{\lambda_i, m}$ مقدار انعکاس واقعی (اندازه گیری شده) و $R_{\lambda_i, c}$ مقدار انعکاس محاسبه شده از طریق مدل هندسی می باشد. نتایج حاصله از بکارگیری معادله ۳ برای تعدادی از نمونه ها در ۱۶ طول موج در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج مندرج در این جدول نشان می دهند که خطای پیشگویی منحنی انعکاسی توسط روش مدل هندسی برای نمونه هائی که دارای عمق رنگی پایینتری هستند یعنی ردیفهای دارای شماره زوج در جدول ۲ نسبت به نمونه هائی که دارای عمق رنگی تیره هستند یعنی ردیفهای فرد جدول بیشتر می باشد. کسب چنین نتیجه ای با توجه به نتایج کارهای تحقیقاتی قبلی ناشی از محدودیت بکارگیری نظریه مدل هندسی در محاسبه مقادیر انعکاسی بالا می باشد [۱۲-۸].

در ادامه این تحقیق تلاش شد از مدل هندسی برای محاسبه انعکاس نخها در سطح مقطع الیاف استفاده شود. اولین مشکل در استفاده از این مدل در محاسبه انعکاس سطح مقطع دسته الیاف این بود که بر خلاف حالت سطح جانبی الیاف، در این حالت امکان فرض نمودن لایه هایی موازی از الیاف به شکل افقی میسر نیست تا در واقع اصولی را که مدل بر آن استوار گردیده است رعایت شود. به بیانی دیگر در این حالت الیاف نسبت به سطح تابش و مشاهده یک صفحه را تشکیل می دهند که از قرار گرفتن آنان در کنار یکدیگر صفحات میله ای موازی مطابق آنچه پیشنهاد شده است، تشکیل نمی گردد [۱۳-۳] و موجب می شود که پدیده برخورد نور به مقطع عرضی دسته الیاف متفاوت از حالتی که امتداد لیف یا سطح پارچه بررسی می گردد باشد.

علاوه بر عدم تحقق حالت صفحه های موازی در چنین وضعیتی از مشاهده، تاثیر غیرقابل گذشت اثر ذرات کدرکننده موجود در داخل الیاف نیز می باید در نظر گرفته شود که در حالت سطح جانبی به دلیل کوچک بودن طول عبور و بزرگ بودن انعکاس سطحی طبق نظریه پیشنهادی توسط برلون قابل اغماض بود [۱۵ و ۱۶]. در تحلیل اتفاقات اصلی که در برخورد نور به مقطع عرضی دسته الیاف صورت می پذیرد چهار پدیده نوری مهم و موثر را می توان در نظر گرفت که انعکاس حاصله بر آیند مجموعه آنها می باشد.

در پدیده اول بخشی از نور تابیده شده پس از برخورد به سطح مقطع الیاف با توجه به ضریب شکست لیف و تحقق قانون فرسnel انعکاس می یابد. مقدار نور منعکس شده در اثر وقوع این پدیده که در شکل ۱۰ نشان داده شده است از رابطه ۴ محاسبه می گردد.

$$R_1 = x \times \rho \quad (۴)$$

که X درصد سطح اشغال شده توسط سطح مقطع دسته الیاف بوده و در واقع تراکم دسته الیاف را نشان می دهد و ρ مقدار نور منعکس شده سطحی از طریق رابطه فرسnel است.

در پدیده دوم قسمتی از نور برخورد کرده به سطح مقطع الیاف وارد آنها شده و سپس بخشی از آن در داخل الیاف بر اساس پدیده انتشار ناشی از ذرات کدرکننده به سمت بالا منتشر شده و به این طریق قسمتی از نور منعکس شده از سطح را تشکیل می دهد. بخش دیگری از این نوع نور به دلیل پدیده انتشارهای مکرر می تواند حذف گردد [۱۶]. پدیده مذکور در شکل ۱۱ نشان داده شده است. سهم این بخش در نور منعکس شده اصلی از سطح را می توان بصورت معادله ۵ نشان داد.

$$R_2 = x(1-\rho)TS \quad (۵)$$

که X درصد مساحت اشغال شده توسط سطح مقطع الیاف، ρ مقدار نور منعکس شده سطحی و TS ضریبی است که بیانگر بخشی از نور انتشار یافته به سمت بالا می باشد و از رابطه ۶ بدست می آید.

$$TS = (1-T)(1-S) \quad (۶)$$

که در آن

$$T = 10^{-CK} \quad (۷)$$

$$S = 10^{-CS} \quad (۸)$$

و CK ضریب جذب الیاف می باشد که با استفاده از مدل هندسی بکارگرفته شده در حالت سطح جانبی الیاف محاسبه می گردد و CS ضریب انتشار الیاف است و تعیین کننده سهم انتشار توسط ذرات ماده مات کننده در انعکاس می باشد. این نکته قابل ذکر است که در هنگام استفاده از مدل هندسی برای سطح جانبی الیاف، ضریب جذب یعنی CK در حالتی به دلیل حذف اثر انتشار توسط ذرات منتشرکننده در نظر گرفته نشده بود. بدیهی است که در هنگام وقوع پدیده انتشار نور توسط ذرات کدرکننده، تمامی نور به سمت بالا هدایت نشده و لذا تنها قسمتی که در جهت بالا منتشر گردیده است در مقدار نور منعکس شده تاثیر دارد. در واقع نور جذب شده را می توان محصول جذب واقعی توسط رنگزا و انتشار (انعکاس کلی داخلی) رو به پایین توسط ذرات منتشرکننده دانست، در حالیکه اغلب نور منتشر شده به سوی بالا در انعکاس نهایی اثر مستقیم دارند.

با توجه به دو پدیده فوق بخشی از انتشار که موجب افزایش انعکاس می گردد از رابطه ۶ محاسبه می شود.

پدیده سوم می تواند در برخورد نور به سطح جانبی الیاف اتفاق افتد. در این حالت نیز بخشی از نور برخورد کرده وارد الیاف شده و این نور می تواند در اثر وقوع پدیده انتشار توسط ذرات کدرکننده به سمت بالا انعکاس یابد و موجب افزایش انعکاس گردد. پدیده مذکور در شکل ۱۲ نشان داده شده است و مقدار نور منعکس شده در اثر این پدیده از رابطه ۹ بدست می آید.

$$R_3 = (1-x)(1-PL).TS.e^{-\left(1-\frac{t_0}{r}\right)^y} \quad (۹)$$

که TS مشابه حالت قبل مربوط به سهم انتشار بسمت بالا بوده و PL مقدار نور منعکس شده سطحی حاصل از سطح جانبی الیاف و x درصد سطح اشغال شده توسط مقطع الیاف در سطح واحد نگه دارنده می باشد. عبارت آخر بیانگر اثر افزایش سطح جانبی الیاف در اثر کاهش ظرافت یا قطر می باشد که در آن r_0 شعاع لیفی است که محاسبات بر اساس آن صورت گرفته و r شعاع لیفی می باشد که قرار است انعکاس آن محاسبه گردد و Z مقدار ثابتی است که بیانگر رابطه تغییرات انعکاس سطح مقطع الیاف با تغییر قطر آنان می باشد.

در پدیده چهارم بخشی از نور تابیده شده به سطح مقطع دسته الیاف بدون برخورد با آنان و یا با برخورد به سطوح جانبی که به دلیل انعکاس داخلی کلی امکان بازتاب به سوی بالا را ندارند از فضای بین الیاف خارج شده و در واقع در محدوده اندازه گیری شده حاضر نمی گردد. این پدیده موجب کاهش انعکاس می گردد و در شکل ۱۳ نشان داده شده است. سهم پدیده ذکر شده را می توان از رابطه ۱۰ بدست می آید.

$$R_4 = (1-x) \times c \quad (10)$$

C مقدار ثابتی بوده و x درصد سطح اشغال شده توسط مقطع الیاف می باشد. با در نظر گرفتن چهار پدیده ذکر شده انعکاس نهایی را می توان بصورت معادلات ۱۱ و ۱۲ نشان داد.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (11)$$

$$R = \rho \cdot x + (1-\rho) \cdot x \cdot TS - (1-x)(1-PL) \cdot TS \cdot e^{-\left(1-\frac{r_0}{r}\right)} - (1-x) \cdot c \quad (12)$$

با استفاده از رابطه ۱۲ برنامه کامپیوتری با استفاده از نرم افزار متلب نوشته شد که الگوریتم بکار گرفته شده در شکل ۱۴ نشان داده شده است. آنگاه برای یک سری از نمونه های الیاف که قبلاً با بکارگیری مدل هندسی در سطح جانبی دسته الیاف مقدار ضریب جذب آنها محاسبه گردیده بود مقادیر ضرائب Z و C و CS در سطح مقطع الیاف محاسبه گردیده و آنگاه اثر تغییر ظرافت و تغییر ثابت Z و میزان تراکم یعنی X روی مقدار انعکاس محاسبه شده بررسی گردید و با نتایج تجربی مقایسه شد. نمونه های مورد بررسی سطح مقطع، نمونه هایی بودند که مشخصات آنها در جدول ۳ ارائه گردیده است. نحوه تغییرات ضرائب جذب و انتشار با تغییرات مقدار انعکاس در شکل های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است. استفاده از مدل هندسی برای سطح مقطع الیاف نشان داد که با افزایش انعکاس سطح مقطع دسته الیاف مقدار ضریب جذب کاهش می یابد و مطابق انتظار، با افزایش انعکاس، مقدار ضریب انتشار محاسبه شده افزایش می یابد.

شکل ۱۷ تغییر انعکاس سطح مقطع دسته الیاف بر حسب تغییر مقدار Z را نشان می دهند. همانگونه که مشاهده می گردد با افزایش مقدار Z مقدار انعکاس کاهش می یابد. همانگونه که اشاره گردید فاکتور Z بیانگر میزان تاثیر پذیری انعکاس در اثر تغییر ظرافت الیاف می باشد. لذا مطابق انتظار با افزایش ضخامت یا کاهش ظرافت مقدار انعکاس کاهش می یابد.

شکل های ۱۸ و ۱۹ اثر تغییر ظرافت الیاف بر روی میزان انعکاس سطح مقطع دسته الیاف را نشان می دهند. در هر یک از شکل های فوق، شکل الف مقادیر انعکاس اندازه گیری شده سطح مقطع دسته الیاف (واقعی) را برای ظرافتهای مختلف نشان می دهد در حالیکه شکل ب مقادیر پیشگویی شده توسط مدل است. همانگونه که مشاهده میگردد مطابق انتظار با افزایش ظرافت (کاهش دنیر) مقدار انعکاس افزایش می یابد. برای بررسی بیشتر قابلیت پیشگویی انعکاس سطح مقطع الیاف با ظرافت های مختلف توسط روش مدل هندسی، مقدار خطا برای انعکاس پیشگویی شده با استفاده از مدل هندسی برای نمونه ها با استفاده از معادله ۳ محاسبه گردید که در جدول ۳ ارائه گردیده است. نتایج مندرج در جدول نشان می دهند که قابلیت پیشگویی مدل هندسی در حد خوبی بوده است. مقایسه بین نمونه های زوج و فرد نظیر در جدول ۳ نشان می دهد که مجدداً قابلیت پیشگویی مدل برای نمونه های تیزه تر مناسبتر از نمونه های مشابه روشن است.

شکل های ۲۰ و ۲۱ نحوه تغییر طیف انعکاسی بر حسب درصد سطح اشغال شده توسط سطح مقطع الیاف (تراکم الیاف) را نشان می دهد. در هر یک از شکل های مذکور شکل الف نتایج انعکاسی واقعی (اندازه گیری شده) سطح مقطع دسته الیاف را بر حسب

درصد سطح اشغال شده نشان می دهد که گویای افزایش انعکاس با افزایش تراکم است و شکل ب نتایج حاصل از مقادیر انعکاسی محاسبه شده با استفاده از مدل هندسی برای سطح مقطع دسته الیاف را برای مقادیر متفاوتی از تراکم ها را نشان می دهد. نتایج حاصله از محاسبات نیز مشابه نتایج واقعی نشان می دهند که با افزایش تراکم مقدار انعکاس افزایش می یابد. برای بررسی بیشتر قابلیت پیشگویی انعکاس سطح مقطع الیاف در تراکم های مختلف توسط روش مدل هندسی مقدار خطای پیشگویی با استفاده از معادله ۳ محاسبه گردید که در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می دهند که قابلیت پیشگویی مدل هندسی در حد مناسبی بوده است.

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق رفتار انعکاسی دسته الیاف موازی شده با فامهای مختلف در دو حالت امتداد طولی و مقطع عرضی با استفاده از نظریه مدل هندسی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور روش پیشنهادی برای بکارگیری مدل هندسی بدون هیچگونه تغییری در پیشگویی انعکاس الیاف در امتداد طولی آنان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از تخمین انعکاس توسط این مدل در این حالت به دلیل تبعیت مطلوب الیاف موازی شده با اصول بکارگرفته شده در مدل هندسی بسیار مطلوب بود و تنها برای مقادیر انعکاسی بالا همانگونه که در مراجع نیز اشاره گردیده بود نتیجه مطلوب عاید نگردید. در این حالت از انعکاس حاصل از انتشار نور توسط ذرات کدرکننده در مقایسه با انعکاس ناشی از انعکاس سطحی بر اساس نظریه فرسنتل صرفنظر گردید. به دلیل تفاوت آشکار در نحوه قرارگیری الیاف در نظریه مدل هندسی با شکل آنان در هنگام اندازه گیری انعکاس سطح مقطع، بکارگیری این نظریه در این حالت نیاز به اصلاح مدل مذکور داشت. نتایج حاصل از بکارگیری مدل اصلاح شده هندسی برای پیشگویی مقدار انعکاس الیاف در حالت مقطع عرضی و مقایسه آنان با مقادیر واقعی نشان دهنده قابلیت پیشگویی مطلوب آن است. این روش به خوبی امکان تخمین تغییرات انعکاس در سطح مقطع الیاف با تغییر تراکم و ظرافت آنان را میسر می سازد.

جدول (۱) نام تجاری و مشخصات مواد رنگزای مورد استفاده.

نام تجاری رنگزا	نام ژنریک C.I. Basic	نام شرکت سازنده
200% Maxilon golden yellow GL	Yellow 28	Ciba Special Chemical
Maxilon Red GRL 180%	Red 41	Ciba Special Chemical
Maxilon Blue GRL 300%	Blue 46	Ciba Special Chemical
Maxilon Navy Blue 2RM 200%	-----	Ciba Special Chemical

جدول (۲) خطای پیشگویی انعکاس در سطح جانبی دسته الیاف توسط روش مدل هندسی.

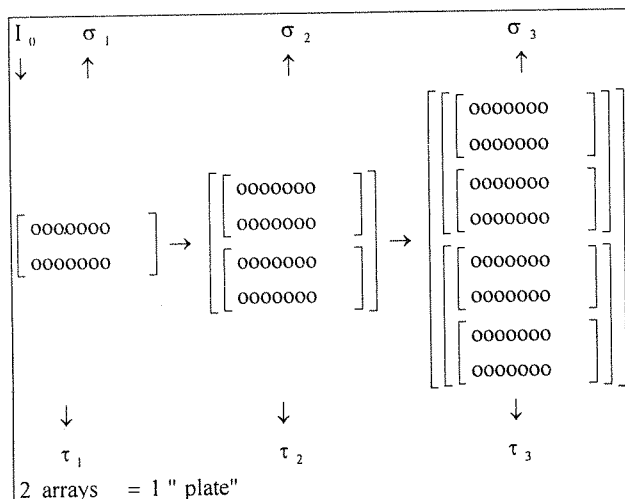
ردیف	ظاهری	فام	مشخصات الیاف		
			مقدار خطا برای الیاف	۱۵ دنیر	۱۰ دنیر
۱	نیمه مات	سرمه ای پر رنگ	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴۳
۲	نیمه مات	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۲۲	۰/۰۰۰۰۴۳
۳	نیمه مات	آبی پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱۵
۴	نیمه مات	آبی کم رنگ	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۷۲	۰/۰۰۰۰۱۶
۵	نیمه مات	قرمز پر رنگ	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۶۸
۶	نیمه مات	قرمز کم رنگ	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۱۲۰۳	۰/۰۰۱۸۹
۷	نیمه مات	زرد پر رنگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۲۵۳
۸	نیمه مات	زرد کم رنگ	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۲۰۳	۰/۰۰۲۵۷
۹	براق	سرمه ای پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰		۰/۰۰۰۰۵۷
۱۰	براق	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۲۸		۰/۰۰۰۳۸۳

جدول (۳) خطای پیشگویی انعکاس در سطح مقطع دسته الیاف برای الیاف با ظرافتهای مختلف توسط روش مدل هندسی.

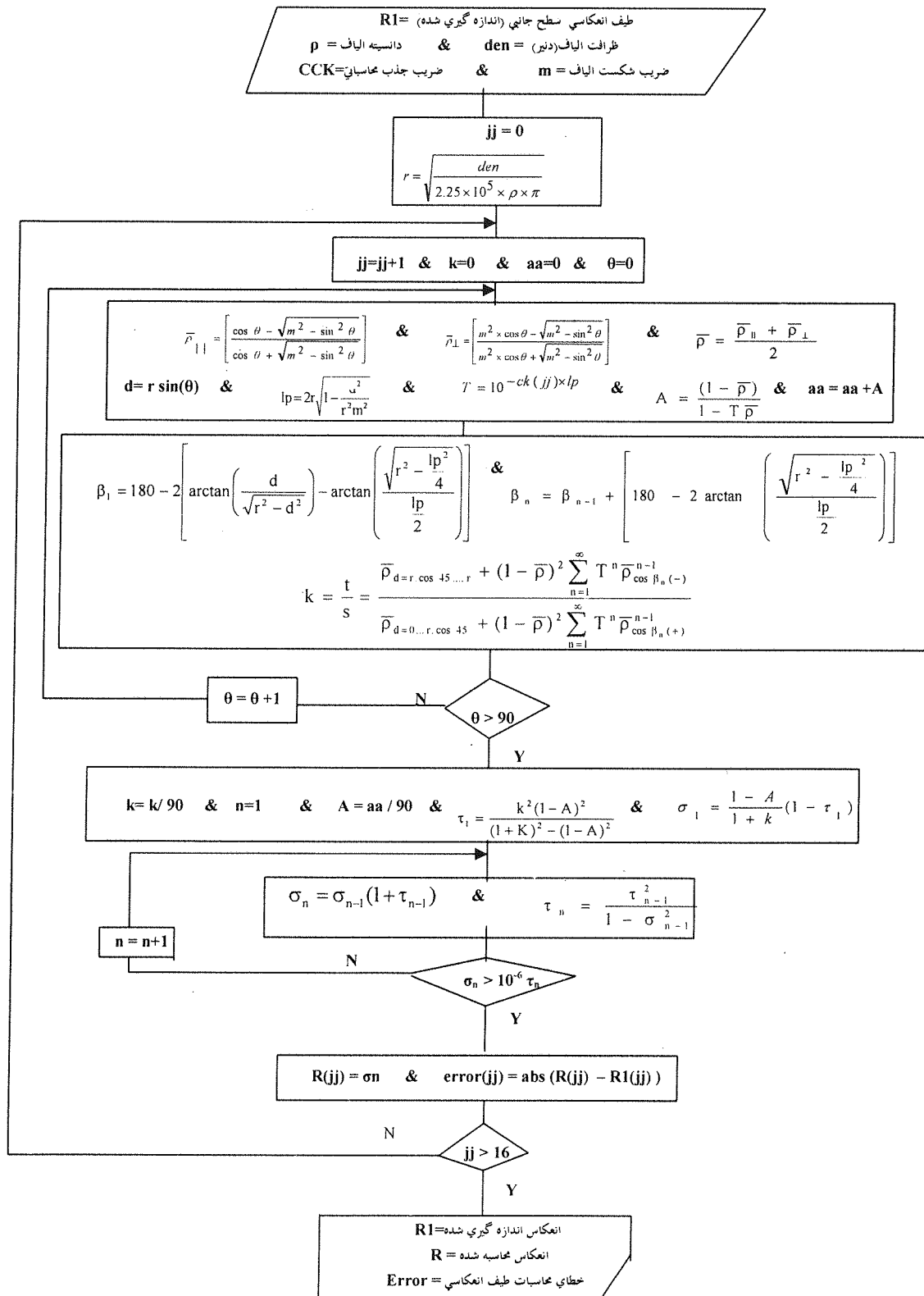
ردیف	مشخصات الیاف		مقدار خطا برای الیاف		
	ظاهری	فام	۱۵ دنیر	۱۰ دنیر	۷ دنیر
۱	نیمه مات	سرمه ای پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۱۱
۲	نیمه مات	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۰۰۱
۳	نیمه مات	آبی پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۱۲
۴	نیمه مات	آبی کم رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۶۳	۰/۰۰۰۰۰۲
۵	نیمه مات	قرمز پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳۶۷	۰/۰۰۰۰۱۷۳
۶	نیمه مات	قرمز کم رنگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲۳۹	۰/۰۰۰۰۶۷۶
۷	نیمه مات	زرد پر رنگ	۰/۰۰۱۰۵	۰/۰۰۰۳۶۵	۰/۰۰۰۱۴۷
۸	نیمه مات	زرد کم رنگ	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۴۴۰۷	۰/۰۰۰۴۰۱
۹	براق	سرمه ای پر رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰		۰/۰۰۰۰۰۲
۱۰	براق	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۰۰		۰/۰۰۰۰۲۹۶

جدول (۴) خطای پیشگویی انعکاس در مقطع عرضی دسته الیاف در تراکم های مختلف توسط روش مدل هندسی.

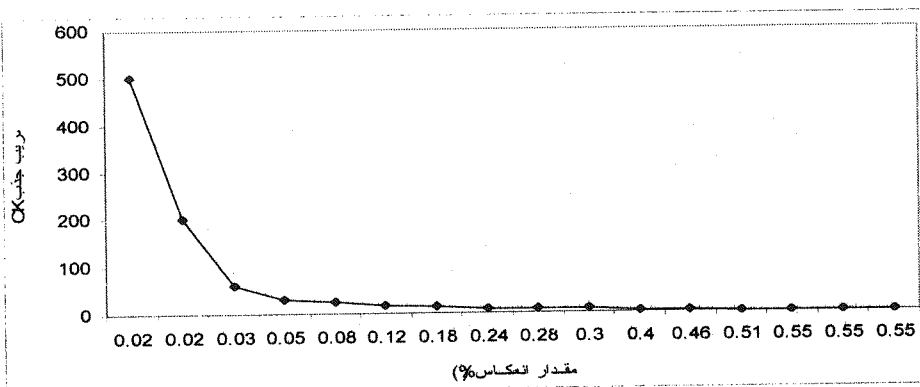
ردیف	مشخصات الیاف		مقدار خطا در تراکمهای			
	ظاهری	فام	۶/۲۶٪	۱۲/۵۱٪	۱۸/۷۷٪	۲۵/۰۲٪
۱	نیمه مات	سرمه ای پررنگ	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۴۵
۲	نیمه مات	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۳۲
۳	نیمه مات	آبی پر رنگ	۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۳۹
۴	نیمه مات	آبی کم رنگ	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲۲
۵	نیمه مات	قرمز پر رنگ	۰/۰۰۰۰۸۴	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۰۶۷
۶	نیمه مات	قرمز کم رنگ	۰/۰۰۱۵۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳۰۶	۰/۰۰۰۳۹۱
۷	نیمه مات	زرد پر رنگ	۰/۰۰۱۱۳۱	۰/۰۰۱۰۵	۰/۰۰۰۳۰۴	۰/۰۰۰۶۱۶
۸	نیمه مات	زرد کم رنگ	۰/۰۰۱۰۱	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۷۹۱	۰/۰۰۱۰۸۸
۹	براق	سرمه ای پررنگ	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۴۳
۱۰	براق	سرمه ای کم رنگ	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۳۹



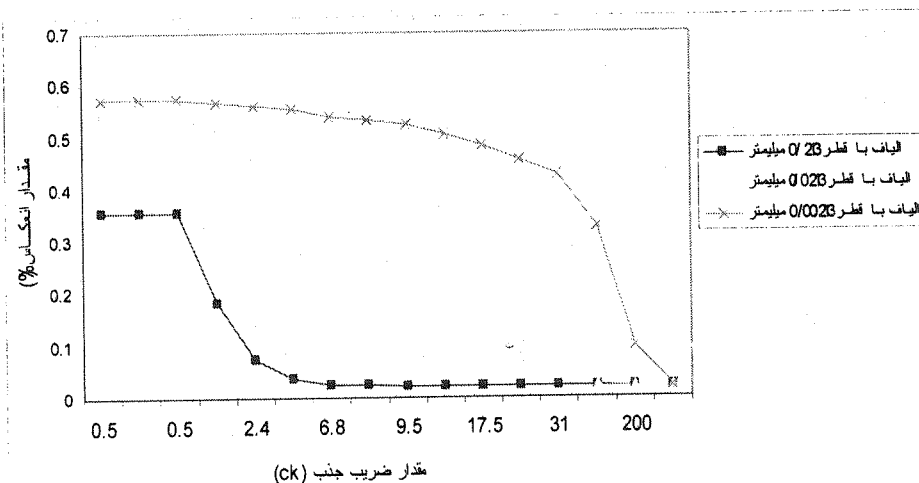
شکل (۱) نحوه تشکیل مدل صفحات میله ای.



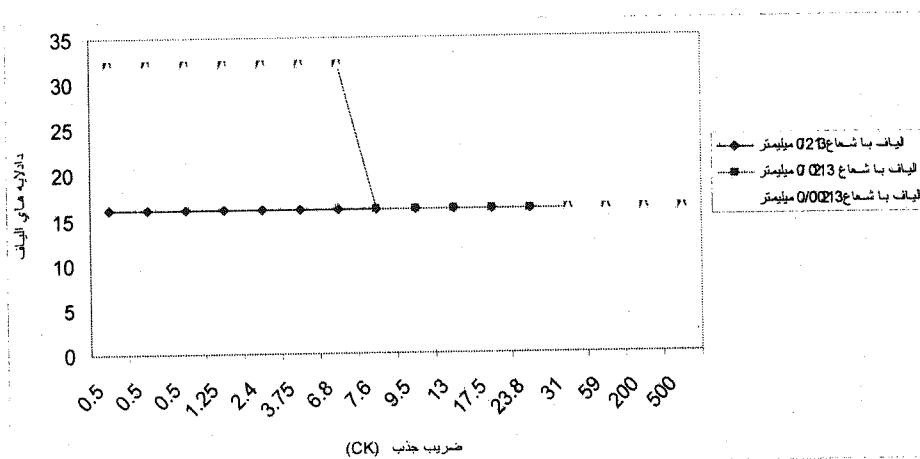
شکل (۲) الگوریتم رایانه ای روش مدل هندسی برای سطح جانبی دسته الیاف.



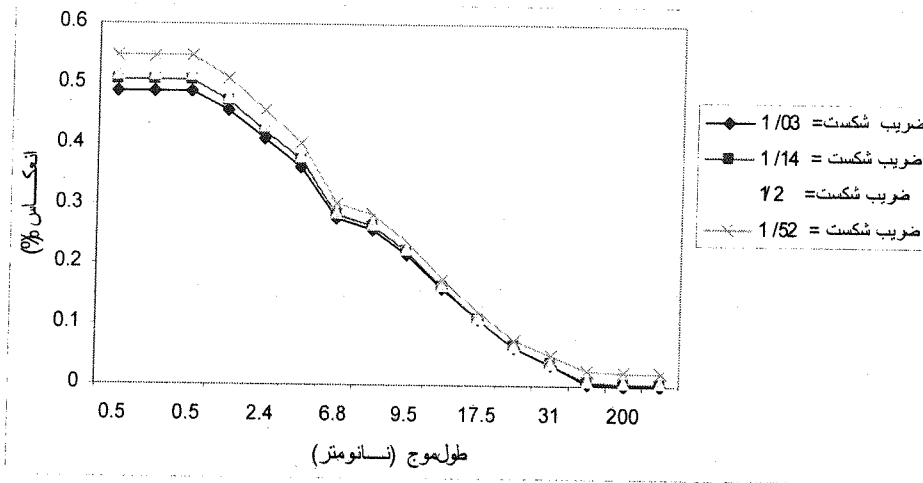
شکل (۳) رابطه بین ضریب جذب در مدل هندسی (CK) و مقدار انعکاس از سطح جانبی دسته الیاف.



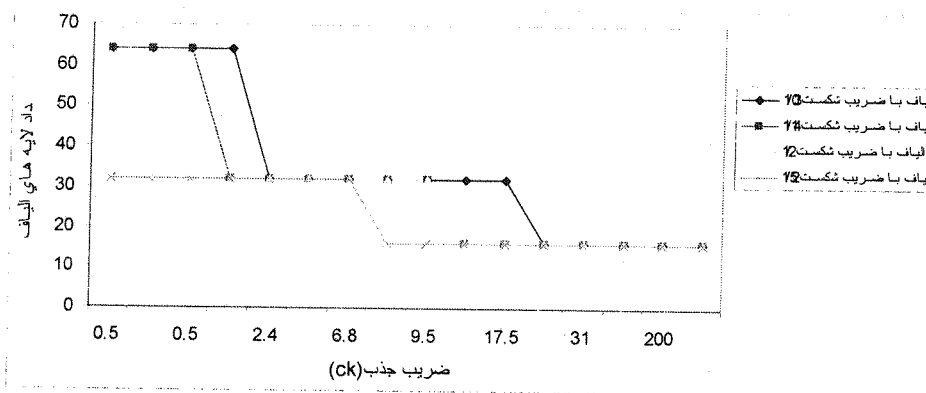
شکل (۴) اثر قطر الیاف روی میزان انعکاس از سطح جانبی دسته الیاف.



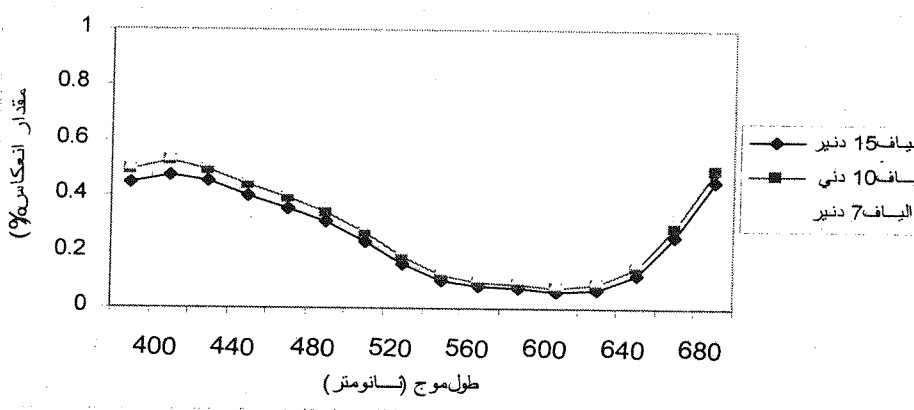
شکل (۵) اثر قطر الیاف روی تعداد لایه های الیاف مورد نیاز جهت حصول پشت پوشی در مدل هندسی.



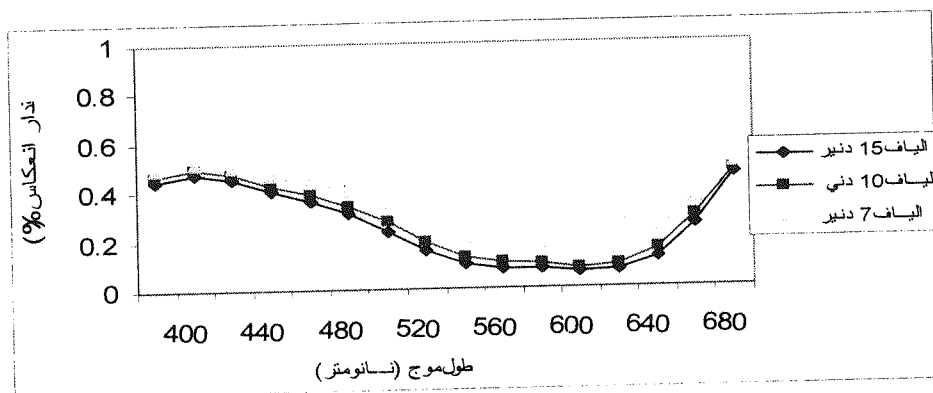
شکل (۶) اثر ضریب شکست الیاف روی میزان انعکاس از سطح جانبی دسته الیاف.



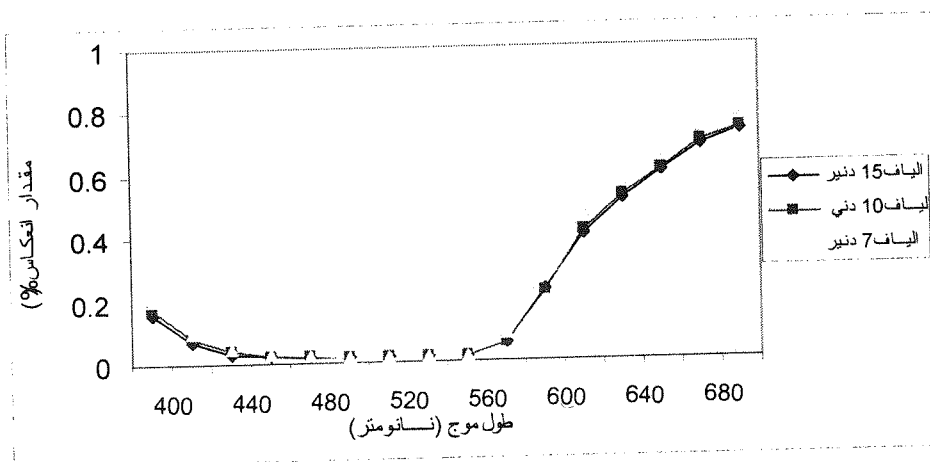
شکل (۷) اثر ضریب شکست الیاف روی تعداد لایه های الیاف مورد نیاز جهت حصول پشت پوشی در مدل هندسی.



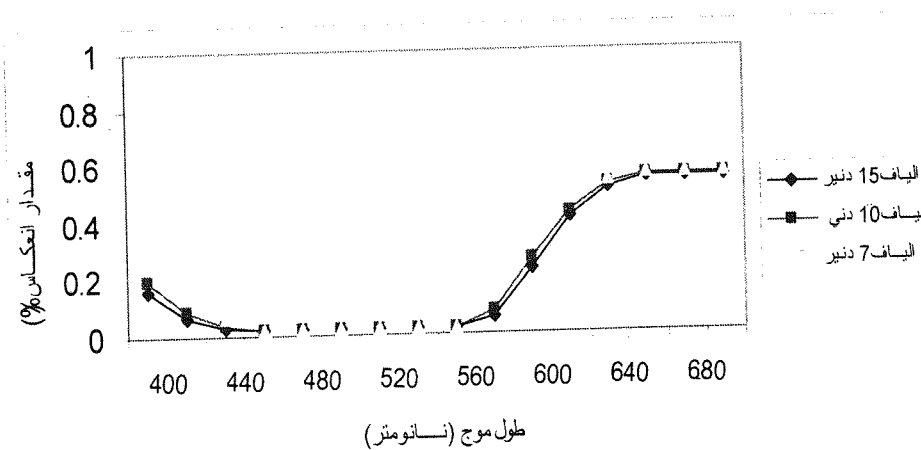
شکل (۸-الف) تغییرات مقدار انعکاس سطح جانبی دسته الیاف برای ظرفیتهای مختلف از الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات آبی کم رنگ، اندازه گیری شده)



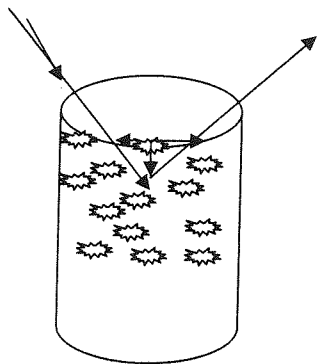
شکل (۸-ب) تغییرات مقدار انعکاس سطح جانبی دسته الیاف برای ظرافتهای مختلف از الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات آبی کم رنگ، محاسبه شده)



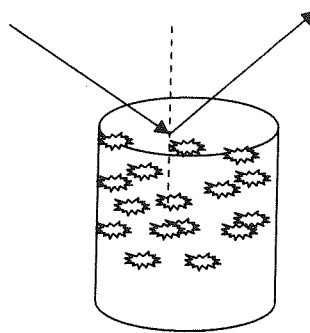
شکل (۹-الف) تغییرات منحنی انعکاس سطح جانبی دسته الیاف برای ظرافتهای مختلف الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، اندازه گیری شده)



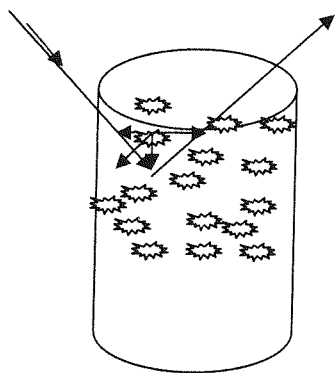
شکل (۹-ب) تغییرات منحنی انعکاس سطح جانبی دسته الیاف برای ظرافتهای مختلف الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، محاسبه شده)



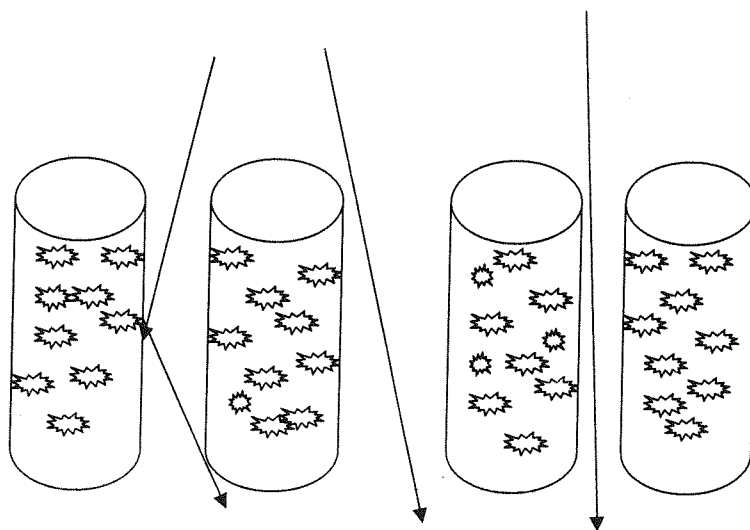
شکل (۱۱) انتشار نور از درون لیف در اثر ورود پرتو از سطح مقطع.



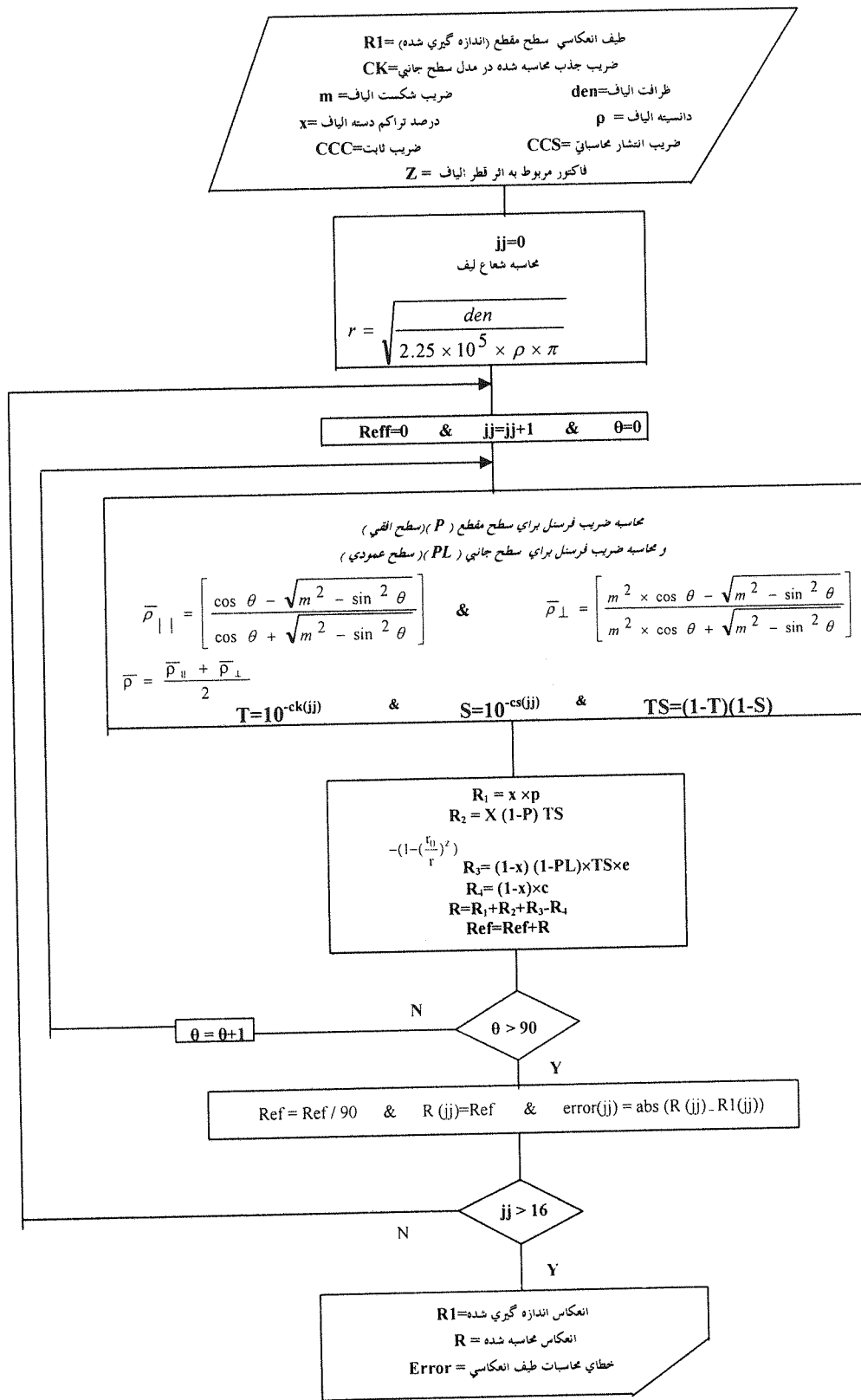
شکل (۱۰) انعکاس نور از سطح مقطع الیاف.



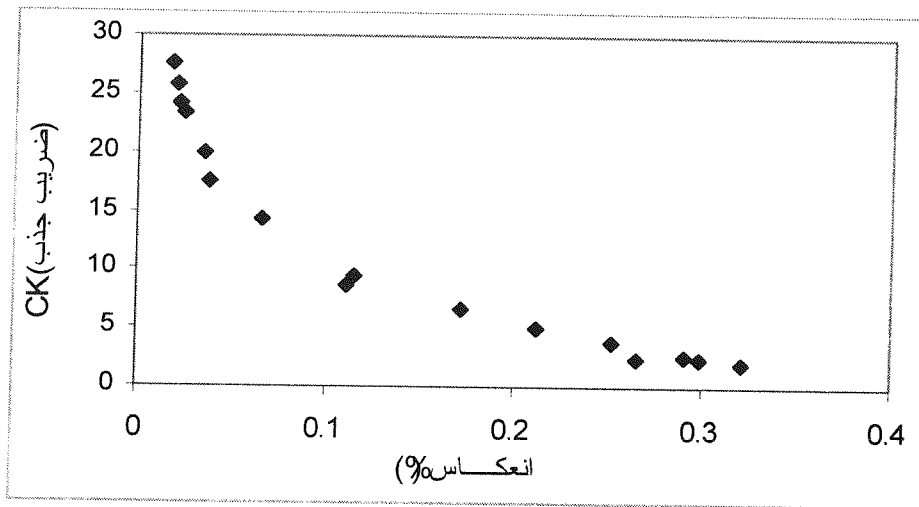
شکل (۱۲) انتشار نور از درون لیف در اثر ورود پرتو سطح جانبی.



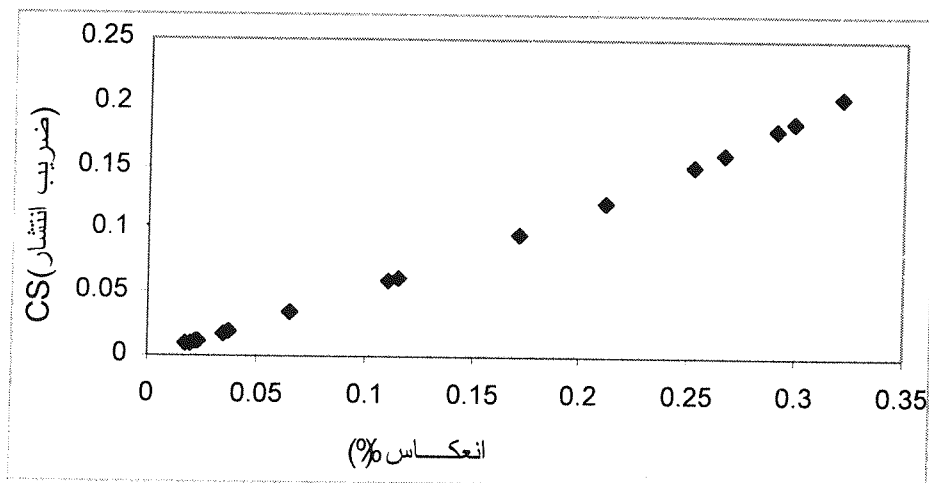
شکل (۱۳) عبور نور از میان سطح مقطع الیاف موازی شده.



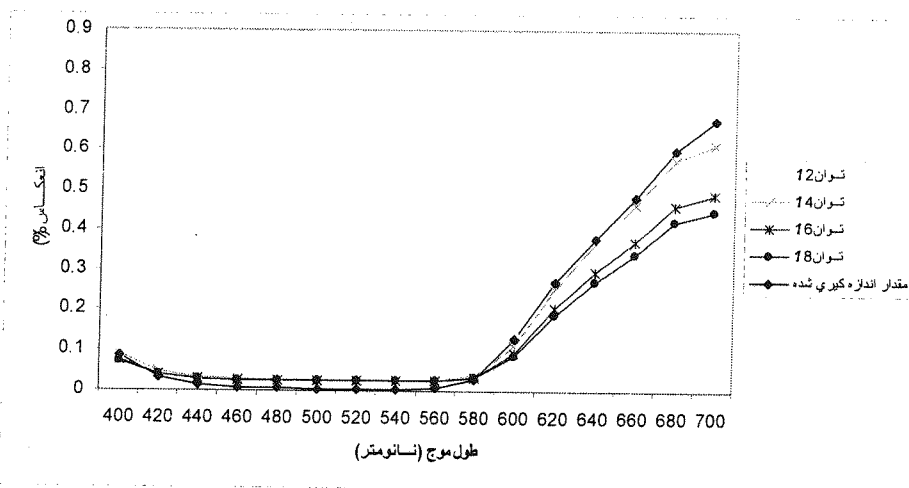
شکل (۱۴) الگوریتم رایانه ای روش مدل هندسی برای سطح مقطع عرضی.



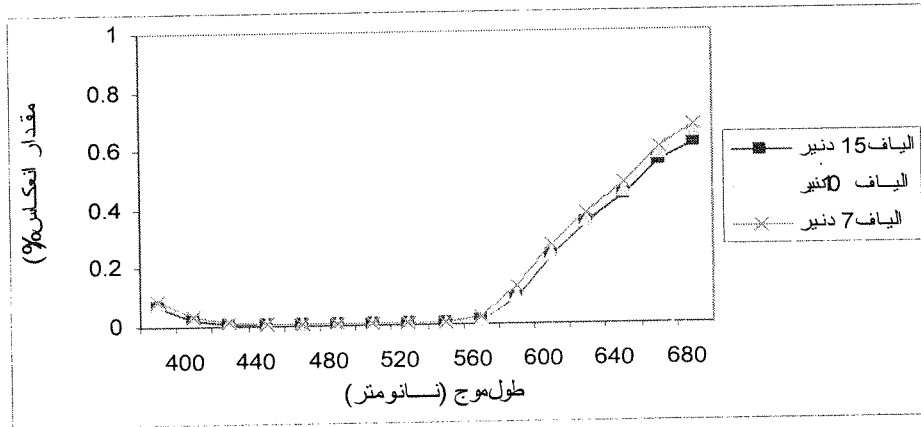
شکل (۱۵) تغییرات ضریب جذب بر حسب میزان انعکاس نمونه سطح مقطع.



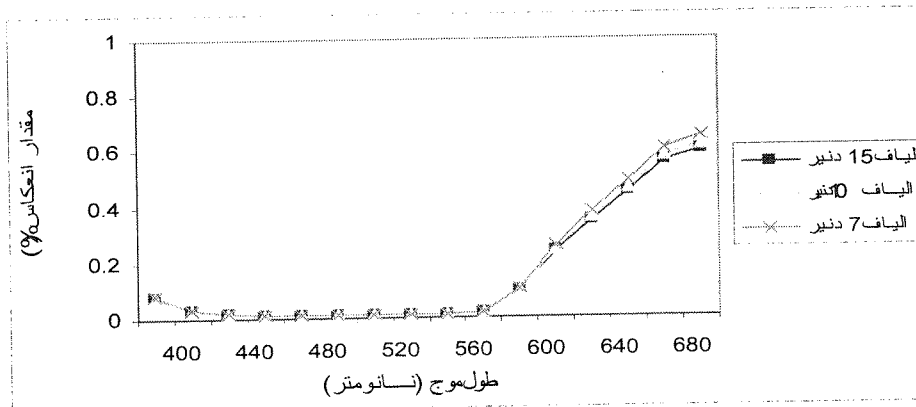
شکل (۱۶) تغییرات ضریب انتشار محاسبه شده بر حسب میزان انعکاس نمونه سطح مقطع.



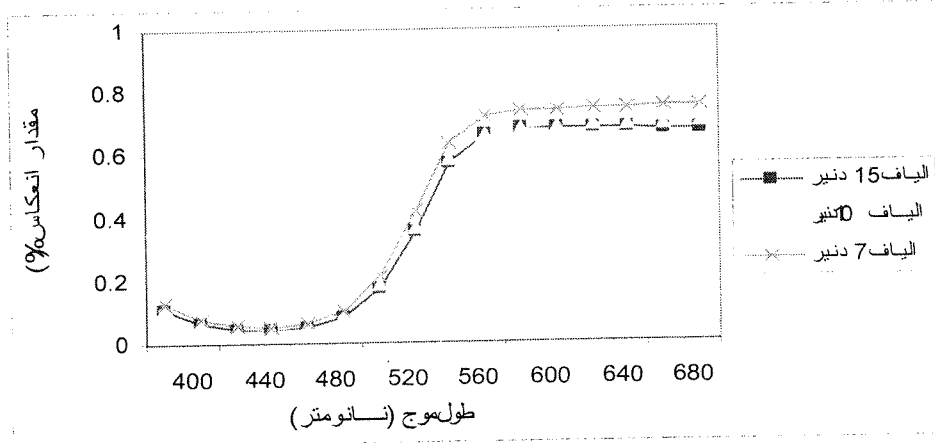
شکل (۱۷) تغییر انعکاس سطح مقطع دسته الیاف بر حسب تغییر مقدار z (الیاف ۱۵ دنیر نیمه مات قرمز پررنگ).



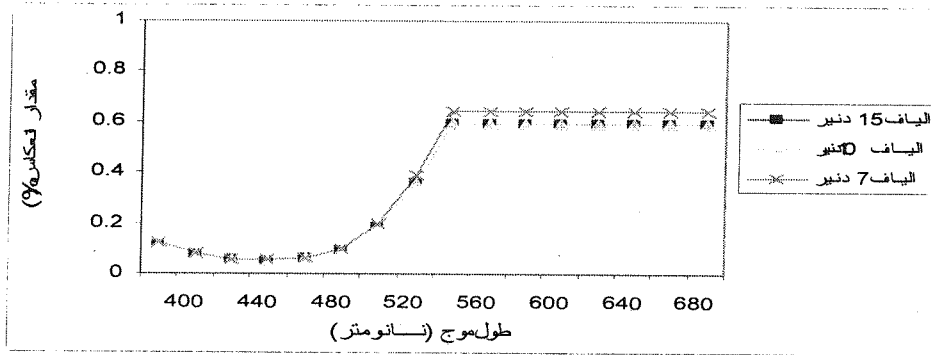
شکل (۱۸-الف) تغییرات انعکاس مقطع عرضی دسته الیاف برحسب ظرافت الیاف.
(الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، اندازه گیری شده)



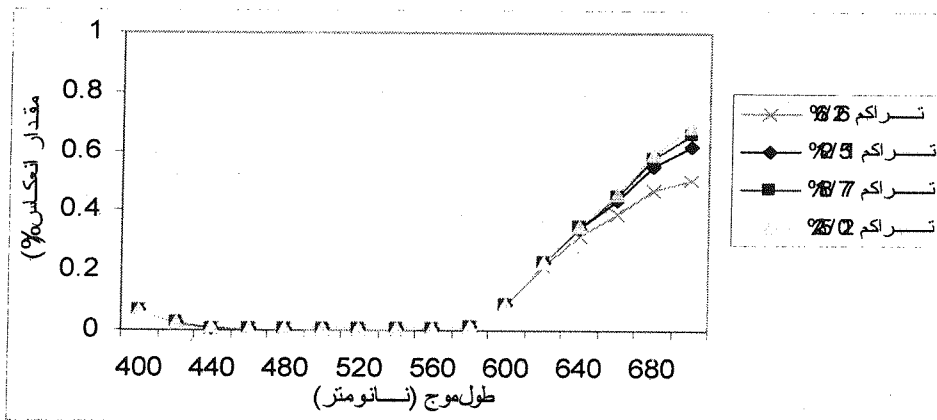
شکل (۱۸-ب) تغییرات انعکاس مقطع عرضی دسته الیاف برحسب ظرافت الیاف.
(الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، محاسبه شده)



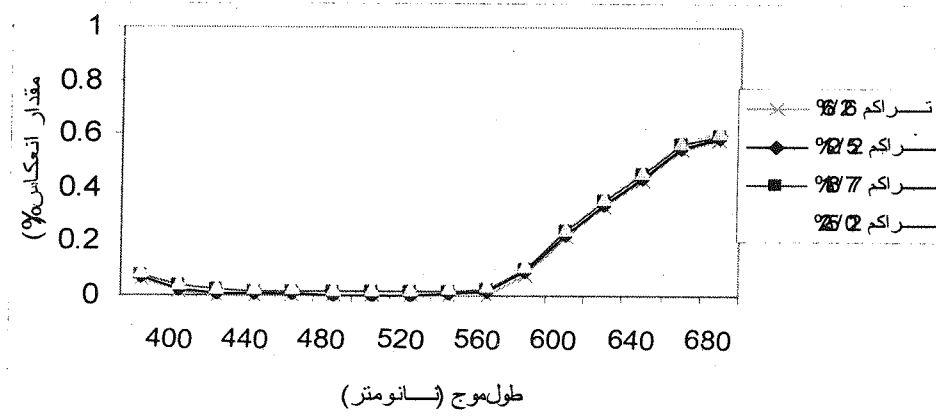
شکل (۱۹-الف) تغییرات انعکاس مقطع عرضی دسته الیاف برحسب ظرافت الیاف.
(الیاف اکریلیک نیمه مات زرد کم رنگ، اندازه گیری شده)



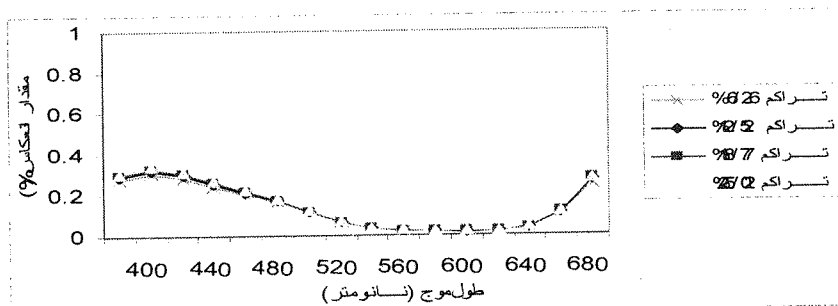
شکل (۱۹-ب) تغییرات انعکاس مقطع عرضی دسته الیاف برحسب ظرافت الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات زرد کم رنگ، محاسبه شده)



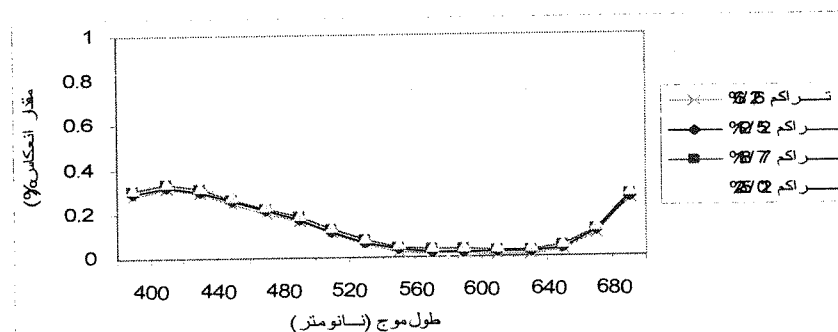
شکل (۲۰-الف) تغییرات انعکاس سطح مقطع عرضی دسته الیاف برحسب تراکم الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، اندازه گیری شده)



شکل (۲۰-ب) تغییرات انعکاس سطح مقطع عرضی دسته الیاف برحسب تراکم الیاف. (الیاف اکریلیک نیمه مات قرمز پررنگ، محاسبه شده)



شکل (۲۱-الف) تغییرات انعکاس سطح مقطع عرضی دسته الیاف برحسب توکم الیاف.
(الیاف اکریلیک نیمه مات آبی کم رنگ، اندازه گیری شده)



شکل (۲۱-ب) تغییرات انعکاس سطح مقطع عرضی دسته الیاف برحسب توکم الیاف.
(الیاف اکریلیک نیمه مات آبی کم رنگ، محاسبه شده)

مراجع

- [1] D. A. Burlone , "Theoretical and Practical Aspect of Selected Fiber Blend Color-Formulation Function", Color Res. and Appl., Vol. 9, No. 4, PP. 213-219, 1984.
- [2] P. Epierce and R. T. Marcus, "Radiative Transfer Theory Solid Color-Matching Calculations", Color Res. And Appl., Vol. 22, No. 2, PP. 72-87, 1997.
- [3] E. H. Allen and G. Goldfinger, "The Color Absorbing Scattering Substrates. I. The Color of Fabrics", J. Appl. Pol. Sci., Vol. 16, pp. 2973-2982, 1972.
- [4] G. Goldfinger, K. C. Lau and R. McGregor, "The Effect of the Distribution of Colorant on the Color of Fibers", J. Pol. Sci., Pol. Let., Vol. 11, pp. 481-483, 1973.
- [5] G. Goldfinger, "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.
- [6] G. Goldfinger and H. Wiggs, "The Effect of Internal Scattering on the Color of Fabrics", J. Appl. Poly. Sci., Vol. 22, PP. 3459-3468, 1978.
- [7] G. Goldfinger, K. C. Lau and R. Mcgregor, "The Effect of the Distribution of Colorant on the Color of Fibers", J. Appl. Poly. Sci., Vol. 18, PP. 1741-1751, 1974.
- [8] E. H. Allen, D. L. Faulknert, G. Goldfinger and R. Mcgregor, "Effect of tht Continuous Medium on the Color of Discontinuous Substrates, IV. The effect of the Refractive Index of the Continuous Medium", J. Appl. Poly. Sci., Vol. 17, PP. 873-884, 1973.
- [9] E. H. Allen and G. Goldfinger, "The Change in Color of Textile Samples upon Immersion in Water", Text. Chem. Col., Vol. 3, No. 12, Dec. 1971.
- [10] G. Goldfinger and K. A. Paige, "Predicting the Colour of Dyed Textile", Colourage, Vol. 9, 1975.
- [11] G. Goldfinger, "Predicting the Colour of Fabric", Colourage, Vol. 19, PP. 25-32, Sept. 1974.
- [12] A. A. Tsoutseos and J. H. Nobbs, "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, 2000.
- [13] شمس ناتری ع، امیرشاهی س ح و لطیفی م، "استفاده از روش مدل هندسی جهت توضیح رفتار دوگانه انعکاس نخهای اکریلیک در امتداد طولی و مقطع عرضی"، استقلال، (زیر چاپ).
- [14] R. S. Hunter, "The Measurement of Appearance", Wiley Int., New York, 1975.
- [15] D. A. Burlone, Effect of Fiber Translucency on the Color of Blends of Precolored Fibers, Textile Res. J., Vol. 60, pp. 162-167, 1990.
- [16] A. K. R Choudhury, "Modern Concepts of Color and Appearance", Science Publishers Inc, Enfield, 2000.