

کاربرد نظریه تک ثابتی Kubelka-Munk در تحلیل رفتار رنگی منسوجات: اثر بازتابش‌های سطحی و بستر خودرنگ

Application of Single-Constant Kubelka- Munk Theory for Analyzing Textile Color Behaviors: Effect of Surface Reflectance and Mock Dyed Substrate

مهدی صفی*

تهران، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، گروه پژوهشی فیزیک رنگ، صندوق پستی ۶۵۴-۱۶۷۶۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۲۷

چکیده

رفتار نوری و رنگی الیاف معمول در نساجی که دارای خواص بازتابش سطحی و انتشارهای درونی قابل توجهی هستند، با تقریب مناسبی طبق نظریه تک ثابتی Kubelka- Munk قابل پیش بینی است. عوامل مختلفی از بازتابش سطحی و بازتابش نمونه خودرنگ نتایج به دست آمده را تحت تأثیر قرار می دهند. در پژوهش حاضر، اثر بازتابش سطح و بازتابش بستر خودرنگ مجموعه ای رنگی شامل الیاف نایلون ۶ رنگرزی شده با مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس در غلظت های مختلف در کاربرد نظریه Kubelka- Munk روی منسوجات بررسی شده است. نتایج نشان داد، ارزش وجود بازتابش سطح و اطلاعات بستر خودرنگ در مطالعه رفتار رنگرزی منسوجات با مواد رنگزای مختلف به شدت تابع ناحیه غلظتی به کار گرفته شده است. این بدین معنی است که در بازتابش های نسبتاً کم، مقدار بازتابش سطح تا حدی بسیار زیادی به بازتابش بستر رنگرزی شده نزدیک می شود و این اختلاف اندک، مقدار K/S بسیار بزرگی را نتیجه می دهد. افزون بر این نتیجه شد، ارزش بازتابش بستر خودرنگ به نحو محسوسی با افزایش جذب نمونه رنگرزی شده در نتیجه افزایش غلظت رنگزا کاهش می یابد.

مقدمه

بازتابش طیفی را نشان می دهد. در این باره اثر هر گونه اطلاعات غیررنگی از جمله بازتابش سطح و بازتابش نمونه خود رنگ باید مورد توجه قرار گیرد. نمونه خودرنگ (سفید) نمونه ای است که برای آن فرایند رنگرزی بدون وجود ماده رنگزا انجام شده باشد [۱]. بررسی ها نشان می دهد، اطلاعات مزبور شرایط کاربردی مدل حاضر را تغییر می دهد، به طوری که مشاهده شده است، با کسر مقادیر بازتابش سطح و بازتابش نمونه خودرنگ مطابق معادله (۲)، ناحیه خطی بین تابع بازتابش و غلظت تا اندازه ای بهبود می یابد [۲-۴]:

در استفاده از هر مدلی مانند Kubelka-Munk برای تحلیل رفتار سامانه رنگرزی، همواره تلاش می شود تا بین داده های اندازه گیری شده و به دست آمده از یک ماده رنگی (مانند مقادیر بازتابش یا جذب) با مقدار ماده رنگی به کار رفته یا موجود روی ماده (غلظت) ارتباط معقولی برقرار شود. این ارتباط می تواند مطابق یکی از رابطه های نشان داده شده در معادله (۱) باشد:

$$f(R) \rightarrow C \quad (1)$$

(بستر رنگرزی شده R)

$$\left(\frac{K}{S}\right)_{corr} = \left[\frac{(1 - (R_D - R_S))^2}{2 \cdot (R_D - R_S)}\right] - \left[\frac{(1 - (R_M - R_S))^2}{2 \cdot (R_M - R_S)}\right] \quad (2)$$

در این معادله، C غلظت، R بازتابش طیفی و f(R) تابع

کلمات کلیدی

نظریه تک ثابتی Kubelka-
Munk،
منسوجات،
رنگرزی،
بازتابش سطح،
بستر خودرنگ

رنگ‌رزی است [۴].

بازتابش نمونه خودرنگ یا اصلاح بستر

در اندازه‌گیری رنگ، نمونه خودرنگ همانند سایر نمونه‌ها، یک نقطه در اندازه‌گیری‌ها را شامل می‌شود. پاسخ دستگاه به این نمونه سفید غالباً صفر نیست. این نقطه همانند سایر نقاط منحنی، منبعی برای خطاست. بنابراین، باید مطابق معادله (۶) مانند نقاط دیگر در بررسی‌ها مورد توجه قرار گیرد:

$$f(R_{\lambda}) = \left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda} = \left(\frac{K}{S}\right)_{sub,\lambda} + \sum C_i \cdot \left(\frac{k}{S}\right)_{i,\lambda} \quad (6)$$

در این معادله، K ضریب جذب رنگزا و S ضریب انتشار بستر است. K/S نیز ضریب منحنی تابع بازتابش $f(R)$ بر حسب غلظت C_i بوده و با عنوان K/S واحد نیز شناخته می‌شود. $(K/S)_{sub}$ نیز بازتابش بستر خودرنگ است. بررسی‌ها نشان داده است، اگر بازتابش بستر خودرنگ و نمونه‌های رنگی اختلاف زیادی داشته باشند، به عبارتی غلظت زیاد باشد، خطای حاصل از حذف یا ابقای اطلاعات بستر خودرنگ کوچک است. گزارش شده است که الیاف مصنوعی خودرنگ، بازتابشی در حدود ۸۰٪ دارند. از طرفی در رنگ‌رزی‌های معمول مقادیر بازتابشی در حدود حداکثر ۴۰٪ حاصل می‌شود. بنابراین، با در نظر گرفتن یا نگرفتن اطلاعات بستر خودرنگ، حدوداً ۵٪ خطا حاصل می‌شود [۵]. بیشترین اثر در غلظت‌های کم وجود دارد. بنابراین، باید اطلاعات بستر مطابق معادله (۶) حفظ شود. در غیر این حالت، خطاهای بزرگی حاصل می‌شود. اهمیت توجه به این موضوع در منسوجات پشمی نسبت به سایر منسوجات بیشتر است [۴، ۵].

از مقایسه‌ای که بین نتایج نظریه‌های مختلف به‌دست آمده، دیده شده است که نظریه تک‌تابیتی Kubelka-Munk تقریب بسیار خوبی برای اجسام پشت‌پوش از جمله منسوجات بوده و دسترسی به نتایج رضایت‌بخشی را امکان‌پذیر کرده است [۱]. این نظریه برای پیشگویی مقادیر بازتابش یک نمونه پشت‌پوش با استفاده از ضرایب جذب و انتشار مطابق معادله (۷) به‌دست می‌آید:

$$R_{\infty,\lambda} = 1 + \left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda} - \sqrt{\left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda}^2 + 2 \cdot \left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda}} \quad (7)$$

با جابه‌جایی و چیدمان معادله (۷) بر حسب $(K/S)_{\lambda}$ ، معادله معروف و ساده Kubelka-Munk به‌دست می‌آید (معادله ۸) [۶]:

$$\left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda} = \frac{(1 - R_{\infty,\lambda})^2}{2 \cdot R_{\infty,\lambda}} = f(R_{\infty,\lambda}) \quad (8)$$

در این معادله، R_{∞} بازتابش بستر پشت‌پوش است. برای کاربرد این نظریه در محدوده گسترده‌ای از مواد از جمله منسوجات، تصحیحاتی با توسعه مجموعه معادله‌های تجربی انجام شده که می‌توان از جمله آنها به تصحیحات ارائه شده توسط پینتو و Saunderson اشاره کرد. علت ارائه این تصحیحات، دور بودن ساختار الیاف از حالت یکنواخت، عدم تصحیح وجود بازتابش سطحی در نظریه معادله Kubelka-Munk و نحوه جذب

در این معادله، R_D بازتابش نمونه رنگی، R_S بازتابش سطح و R_M بازتابش نمونه خودرنگ است. $(K/S)_{cor}$ نیز تابع بازتابش اصلاح شده در نظریه Kubelka-Munk را نشان می‌دهد.

اصلاح بازتابش سطحی

بازتابش سطحی درصدی از پرتو منبع نوری است که بدون اینکه وارد بستر (منسوج) شده یا جذب شود، از سطح آن بازتابیده می‌شود، یا حداقل پرتو بازتابیده شده از سطح یک بستر است. مقدار بازتابش سطح برای یک بستر با ضریب شکست معین همواره مستقل از طول موج نور بوده و ماهیت آن از جنس منبع نور است. اگر پرتو برخوردی پراکنده نباشد، بازتابش سطحی تابع زاویه برخورد است. برای تعیین مقدار بازتابش سطح بستری مانند منسوج، معمولاً آن را با رنگ‌هایی با قدرت رنگی زیاد (قوی) یا رنگ‌هایی با فام زرد و غلظت‌های زیاد رنگ‌رزی می‌کنند [۳]. بنابراین، مقدار به‌دست آمده برای بازتابش سطحی، مقداری تجربی است. امکان تخمین دقیق‌تر آن به کمک روش‌های آماری نیز گزارش شده است [۲]. انتشار لیف به شکل مجموعه‌ای از انتشار خود لیف و رنگدانه‌های TiO_2 یا مواد منتشرکننده نور، به‌عنوان انتشارهای درونی معرفی می‌شود. با تعیین بازتابش یک لیف خودرنگ و حذف مقدار بازتابش سطحی از آن در تمام طول موج‌ها، امکان محاسبه و تعیین مقدار انتشار یا بازتابش بدنه به‌وجود می‌آید. به‌طور کلی بازتابش اندازه‌گیری شده از یک منسوج را می‌توان به شکل معادله‌های (۳) و (۴) نشان داد:

$$R_t = f(R_s, R_b, R_f) \quad (3)$$

$$R_t = R_s + R_b + R_f \quad (4)$$

در این معادله، R_t بازتابش کلی، R_s بازتابش سطح، R_b انتشارهای درونی یا بازتابش بدنه و R_f بازتابش جزء فلوتورسانس است. با توجه به وابستگی جزء فلوتورسانسی به شدت منبع نوری، ضروری است برای افزایش اهمیت معادله (۴) مقدار R_f برابر صفر در نظر گرفته شود. سایر مقادیر نسبی هستند و نسبت به یک ثابت یا یک مرجع سفید معین می‌شوند. پیشنهاد می‌شود، در اندازه‌گیری رنگ اثری از وجود بازتابش سطحی به‌عنوان جزء بی‌رنگ نباشد. بنابراین، مقدار مزبور باید از همه مقادیر کسر شود. از این‌رو، توجه به بود یا نبود آن بر نتایج اثرگذار است. اما، مقدار این اثرگذاری و خطای حاصل تابع غلظت رنگزای استفاده شده یا بازتابش نمونه بررسی شده است. مقدار بازتابش سطح یک منسوج معمولاً کم بوده و در حدود ۲٪ است [۱]. بنابراین، مقدار خطای حاصل از کسر R_s از R_t برای محاسبه R_b به مقدار R_t بستگی دارد. مطابق معادله (۵) خطای حاصل از کسر بازتابش سطحی در مقادیر بازتابش زیاد (بیش از ۵٪) یا در مواردی که دو نمونه مشابه با هم مقایسه می‌شوند، کوچک است.

$$R_s \leq R_t \leq 100 \xrightarrow{-R_s} 0 \leq R_b \leq 100 - R_s \quad (R_f = 0) \quad (5)$$

از طرفی بررسی‌ها نشان داده که این خطای در محدوده خطای عملیات

مختلف استفاده شد [۱]. این اطلاعات مربوط به مواد رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷، زرد ۲۵، قرمز ۸۵، سبز ۲۵ و دیسپرس آبی ۳، قرمز ۱ و زرد ۳ بودند. محدوده غلظت‌های رنگزایی ۰-۱۰٪ برحسب owf بود. شکل‌های ۱ و ۲ رفتار منحنی‌های بازتابش و مقادیر مختصات رنگی نمونه‌ها را در سامانه رنگی CLELAB نشان می‌دهند.

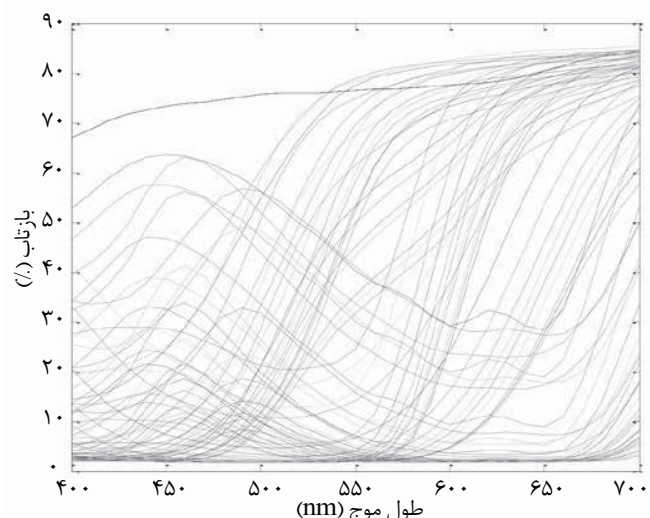
دستگاه‌ها و روش‌ها

فرایند رنگزایی معمول برای رنگزایی الیاف نایلون ۶ با مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس استفاده شده است. اندازه‌گیری مقادیر بازتابش طیفی با طیف‌نورسنج بازتابشی مدل Color-Eye 7000A محصول GretagMacbeth و در محدوده ۴۰۰-۷۰۰ nm با فاصله‌های ۱۰ nm انجام شده است، در شرایطی که جزء بازتابش آینه‌ای حفظ شده بود.

نتایج و بحث

معمولاً مقدار بازتابش سطح یک منسوج با اندازه‌گیری مقدار بازتابش حاصل از رنگزایی آن با رنگزایی با قدرت رنگی زیاد و در طول موج حداکثر جذب، معین می‌شود. به‌طور عمومی طول موج حداکثر جذب (λ_{max}) ماده رنگزا در محملی مشخص با تغییر مقدار ماده رنگزا، قدری انتقال می‌یابد. وقوع این پدیده که می‌تواند با تجمع احتمالی مواد رنگزا در اثر افزایش غلظت تشدید شود، در مواقعی بیشتر محسوس است که محمل استفاده شده لیف باشد [۹]. در جدول ۱ طول موج حداکثر جذب برای مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس به کار رفته در این طرح در شرایط مائی و محمل لیفی در غلظت ۱٪ آمده است.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، در نتیجه تغییر محمل از آب به لیف تغییری در حدود ۱۰ nm در λ_{max} اغلب رنگزاها پدیدار می‌شود که جهت این تغییرات در غلظت ۱٪ معمولاً به سمت طول‌موج‌های بلندتر



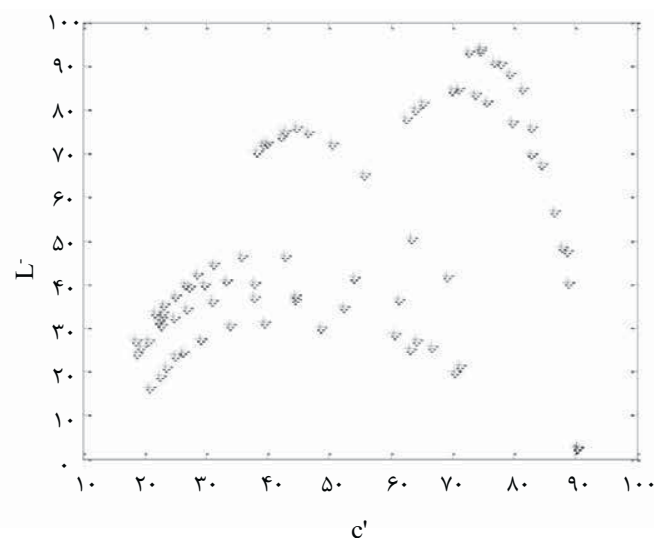
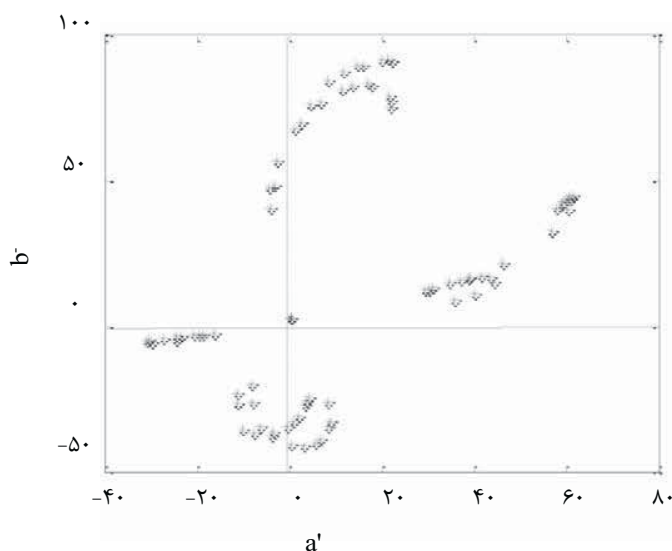
شکل ۱- منحنی بازتابش نمونه‌های انتخاب شده در این پژوهش در غلظت‌های مختلف.

مواد رنگزا به‌وسیله آنهاست [۷،۸] با توجه به ضعف‌ها و محدودیت‌های موجود در نظریه تک‌تابتی Kubelka-Munk در تحلیل رفتار بازتابشی اجسام، در پژوهش حاضر اثر بازتابش سطح و بازتابش بستر خودرنگ و اهمیت وجود آنها در کاربرد این نظریه روی منسوجات بررسی شده است.

تجربی

مواد

در پژوهش حاضر، از مجموعه اطلاعات بازتابشی مربوط به الیاف نایلون ۶ رنگزایی شده با مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس (disperse) در غلظت‌های



شکل ۲- مختصات رنگی نمونه‌ها در سامانه رنگی CLELAB.

معین شده است، انتخاب شد و نتایج در جدول ۲ آمده است. از نتایج به دست آمده مقدار بازتابش سطح الیاف برابر ۱/۷۴٪ به دست می آید.

در ادامه، برای بررسی اهمیت توجه یا عدم توجه به مقدار بازتابش سطح در محاسبه مقدار K/S بستر رنگری شده، حساسیت این تابع به تغییرات بازتابش بررسی شد. مقدار حساسیت تابع بازتابش با توجه به معادله اصلی Kubelka-Munk مطابق معادله (۹) معین شد:

$$\Delta\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda = \frac{\partial\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda}{\partial R_{\infty,\lambda}} \cdot \Delta R_{\infty,\lambda} = \frac{R_{\infty,\lambda}^2 - 1}{2 \cdot R_{\infty,\lambda}} \cdot \Delta R_{\infty,\lambda} \quad (9)$$

این معادله ارتباط معکوس بین حساسیت تابع بازتابش را با توان دوم بازتابش نشان می دهد. تغییری کوچک در مقدار $R_{\infty,\lambda}$ منجر به تولید و بروز مقادیر بزرگ در K/S می شود. اهمیت این موضوع در غلظت های زیاد که مقدار بازتابش بستر رنگری شده به مقدار بازتابش سطح نزدیک می شود، بیشتر است. طبق این معادله، پیش بینی می شود، با حذف مقدار بازتابش سطح از مقادیر بازتابش منسوج رنگری شده در غلظت های زیاد، مقادیر K/S بسیار بزرگ و غیر حقیقی به دست آید. این موضوع در شکل ۴ نشان داده شده است.

برای بررسی عمیق تر موضوع، مقایسه ای بین نتایج حاصل از حذف و عدم حذف بازتابش سطح در محاسبه مقادیر تابع بازتابش در شکل ۵ برای دو رنگری اسیدی قرمز ۸۵ و دیسپرس آبی ۳ انجام شده است. نتایج این شکل نشان می دهد تا ناحیه محدود به غلظت های کم اختلاف مقدار تابع Kubelka-Munk محاسبه شده در دو حالتی که بازتابش سطح حذف شده یا حذف نشده است محسوس نیست. با افزایش غلظت و نزدیک شدن مقدار بازتابش منسوج رنگری شده به بازتابش سطح، این اختلاف افزایش قابل ملاحظه ای پیدا می کند. به عنوان مثال، در غلظت میانی ۲٪ به ازای حذف مقدار بازتابش سطح از مقادیر بازتابش نمونه رنگری شده، مقداری حدود پنج برابر به مقدار K/S افزوده می شود.

بررسی ها نشان می دهد، در غلظت های زیاد تقریباً ۳٪ مقدار بازتابش سطح تا حدی بسیار زیادی به بازتابش بستر رنگری شده نزدیک می شود و این اختلاف اندک، مقدار K/S بسیار بزرگی را نتیجه می دهد. نتایج مشابهی برای سایر مواد رنگری نیز مشاهده شد. در هر حال با توجه به مقادیر گاهی ناملموس حاصل شده برای K/S، حذف مقدار بازتابش سطحی از مجموعه اطلاعات اندازه گیری شده توصیه نمی شود.

در بحث حاضر افزون بر موضوع بازتابش سطح، اهمیت مقدار جذب نور ناچیز بستر خودرنگ نیز بررسی شد. به واسطه وجود انتقال ها و انتشارهای درونی، پاسخ دستگاه اندازه گیری به مقدار بازتابش کلی حاصل از برخورد نور با منسوج خودرنگ مانند اغلب اجسام واقعی ۱۰۰٪ نیست. در نمونه های استفاده شده در این پژوهش مقدار جذب منسوج خودرنگ $(K/S)_{sub}$ با احتساب بازتابش کلی اندازه گیری شده برابر ۸۰٪ در حدود ۰/۰۲۵ محاسبه شد. این مقدار در حدود ۵۰٪ مقدار جذب شده در کمترین غلظت یعنی ۰/۰۵٪ است. بدیهی است با افزایش غلظت، نسبت مزبور به سمت مقداری بسیار کوچک جابه جا می شود. بود یا نبود نمونه خودرنگ در منحنی کالیبره کردن همانند سایر نقاط، منبعی برای تولید خطاست. بررسی های انجام شده در این باره نشان می دهد، در غلظت های کم نتایج

جدول ۱- مقدار طول موج حداکثر جذب برای مواد رنگری استفاده شده در محمل آب و لیف در غلظت ۱٪.

رنگزا	λ_{max} در محمل آب	λ_{max} در محمل لیف
اسیدی آبی ۱۲۷	۶۲۰	۶۳۰
اسیدی زرد ۲۵	۴۰۰	۴۰۰
اسیدی قرمز ۸۵	۵۲۰	۵۲۰
اسیدی سبز ۲۵	۶۴۰	۶۵۰
دیسپرس آبی ۳	۶۴۰	۶۵۰
دیسپرس قرمز ۱	۵۰۰	۵۱۰
دیسپرس زرد ۳	۴۰۰	۴۰۰

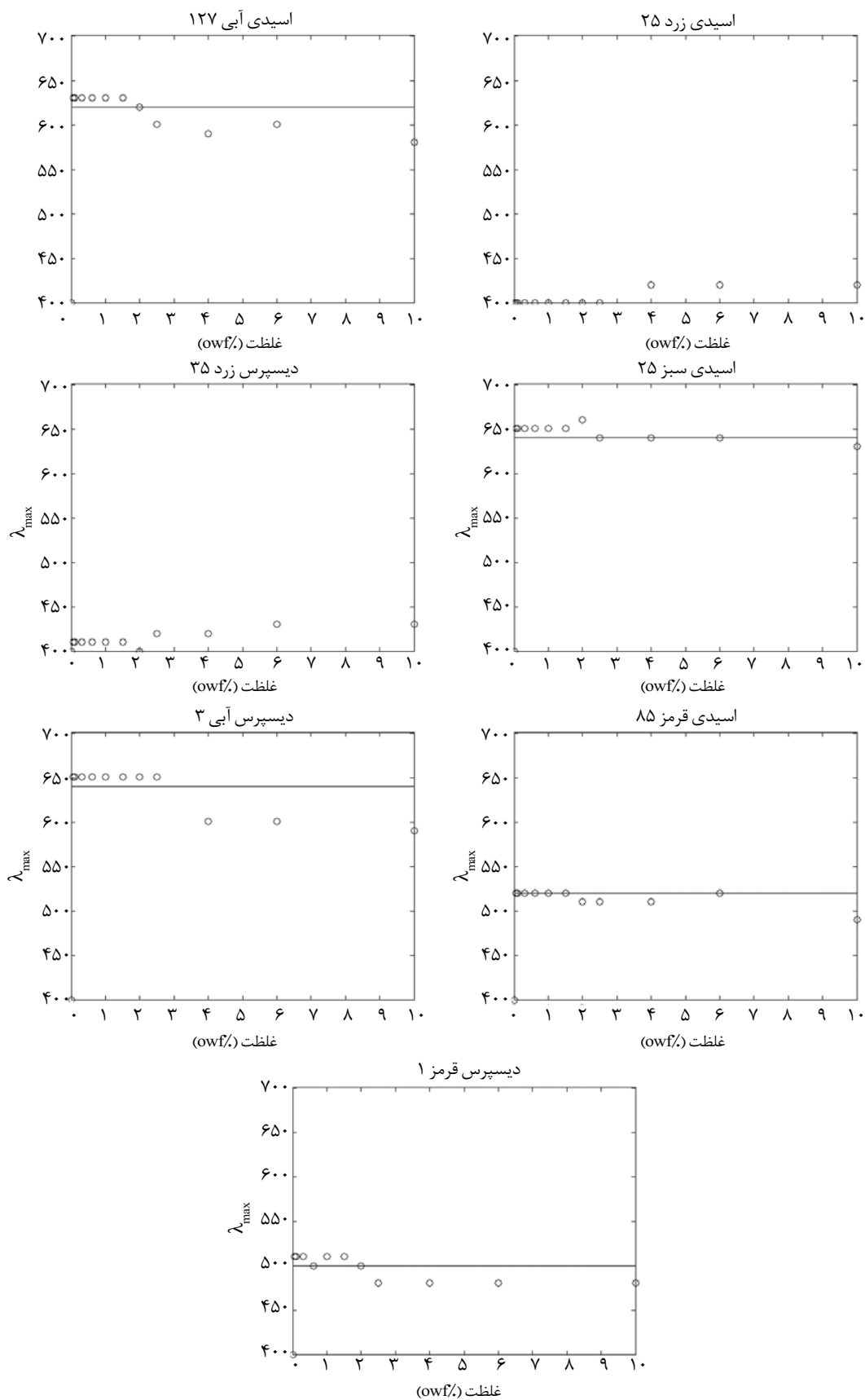
است. برای بررسی مقدار و جهت تغییرات در مقدار طول موج حداکثر جذب در غلظت های مختلف، مقدار انتقال در λ_{max} بر حسب غلظت در محمل لیف و آب در شکل ۳ برای رنگزاهای انتخاب شده رسم شده است. منحنی مربوط به محمل لیف به شکل نقاط دایره ای شکل نشان داده شده اند.

نتایج شکل ۱ تأیید می کند، با تغییر محمل از آب به لیف و نیز تغییر در غلظت ماده رنگزا برای همه رنگزاهای انتخاب شده، تغییر محسوسی در λ_{max} حاصل می شود. این تغییر برخلاف گزارش های پیشین [۹] فقط در محمل لیف مشاهده می شود و رنگزاهای در محدوده غلظت استفاده شده به ویژه رنگزاهای دیسپرس در محمل آب فاقد چنین رفتاری هستند. روند تغییر روی داده در شکل های مزبور نشان می دهد، با افزایش غلظت تا محدوده تقریبی ۲٪ تمام رنگزاهای با انتقال به سمت طول موج های بلند مواجه هستند و مقدار این انتقال برای هر رنگزا ثابت به نظر می رسد. اما با افزایش بیشتر غلظت برای بعضی از رنگزاهای مانند آبی و قرمز، این روند تغییر نکرده و تغییر موجود در چنین غلظت هایی روند متفاوتی دارد. در هر حال تغییرات روی داده در حد ناچیزی است و منجر به بروز خطای ناچیزی در حدود ۰/۵٪ در تعیین بازتابش سطح منسوج می شود [۱۱].

در این پژوهش برای تخمین مقدار بازتابش سطح الیاف استفاده شده، مقادیر مربوط به بازتابش نمونه های رنگری شده در بیشترین غلظت (یعنی ۱۰٪) در طول موج حداکثر جذب که با احتساب مقدار انتقال $(\lambda_{max})_{shift}$

جدول ۲- حداقل مقدار بازتابش الیاف رنگری شده در $(\lambda_{max})_{shift}$ و در غلظت ۱۰٪.

رنگزا	$(\lambda_{max})_{shift}$ (nm)	مقدار بازتاب (%)
اسیدی آبی ۱۲۷	۵۸۰	۱/۷۵
اسیدی زرد ۲۵	۴۲۰	۱/۹۱
اسیدی قرمز ۸۵	۴۹۰	۱/۷۴
اسیدی سبز ۲۵	۶۳۰	۱/۷۴
دیسپرس آبی ۳	۵۹۰	۱/۷۷
دیسپرس قرمز ۱	۴۸۰	۱/۷۶
دیسپرس زرد ۳	۴۳۰	۱/۹۹

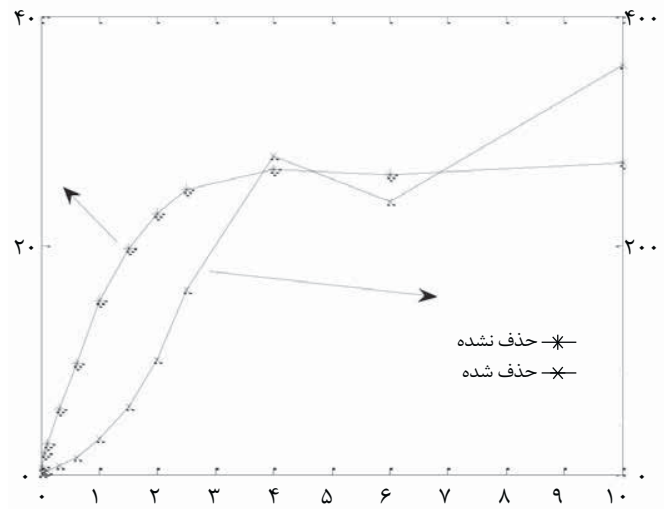


شکل ۳- تغییرات λ_{max} برحسب غلظت در محمل لیف و آب برای مواد رنگزای انتخاب شده.

حاصل از حذف یا عدم حذف بازتابش نمونه خودرنگ بسیار متفاوت است. بیشترین تغییرات به نواحی با غلظت‌های کمتر از ۱٪ محدود می‌شود. با افزایش غلظت، در تغییرات مزبور کاهش قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود و ارزش بازتابش بستر خودرنگ به نحو محسوسی با افزایش جذب نمونه رنگریزی شده در نتیجه افزایش غلظت رنگزا کاهش می‌یابد. در شکل ۶ اهمیت وجود مقدار $(K/S)_{sub}$ با افزایش غلظت برای مواد رنگزای اسیدی سبز ۲۵ و دیسپرس زرد ۳ رسم شده است.

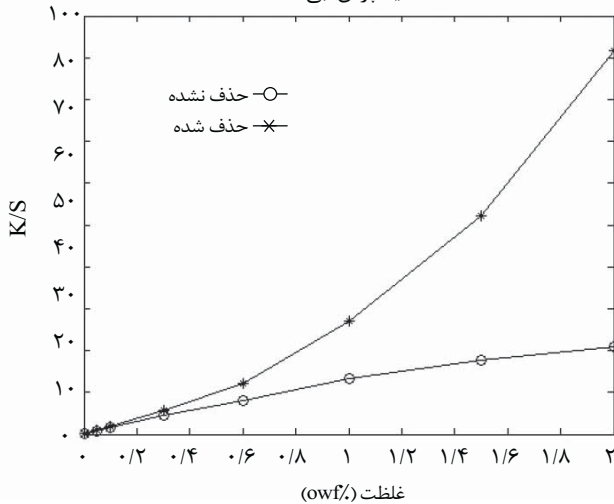
در مطالعه رفتار جذب یک سامانه رنگزا - لیف سه ناحیه مطابق دسته‌بندی زیر به ترتیب پیدایش آنها با افزایش غلظت قابل تشخیص هستند [۱]:

- محدوده اول، ناحیه‌ای که رمق‌کشی کامل اتفاق می‌افتد و متناسب با ماهیت رنگزا و لیف معمولاً به غلظت‌های کم محدود می‌شود. در این پژوهش ناحیه فوق برای رنگزاهای دیسپرس در حدود ۰/۵٪ و برای رنگزاهای اسیدی در محدوده ۱-۲٪ به دست آمد.
- محدوده دوم، ناحیه میانی که توزیع رنگزا در آن مشابه محدوده غلظت

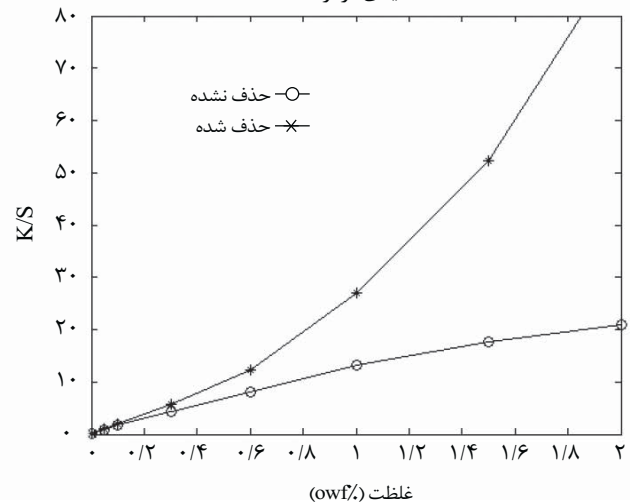


شکل ۴- تغییرات مقادیر K/S بر حسب غلظت برای ماده رنگزای دیسپرس آبی ۳ در دو حالت بازتاب آینه‌ای حذف شده و حفظ شده.

دیسپرس آبی ۲



اسیدی قرمز ۸۵

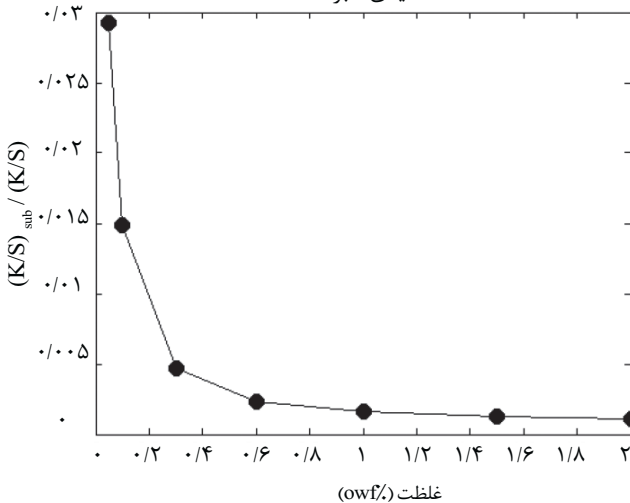


غلظت (owf/%)

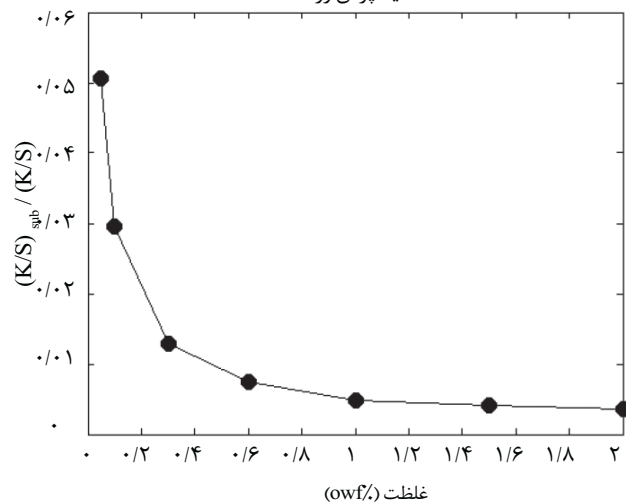
غلظت (owf/%)

شکل ۵- مقایسه مقدار تابع Kubelka-Munk محاسبه شده در دو حالت بازتاب سطحی حذف شده و حذف نشده.

اسیدی سبز ۲۵



دیسپرس زرد ۳



غلظت (owf/%)

غلظت (owf/%)

شکل ۶- اهمیت وجود مقدار اطلاعات بستر خودرنگ با افزایش مقدار غلظت ماده رنگزای مصرفی.

شد. نتایج نشان داد، اهمیت وجود بازتابش سطحی و اطلاعات بستر خودرنگ در مطالعه رفتار رنگریزی منسوجات با مواد رنگزای مختلف به شدت تابع ناحیه غلظتی به کار گرفته شده است. به عبارتی، نتایج این پژوهش نشان داد، در غلظت‌های خیلی کم به واسطه اختلاف زیاد بین بازتابش سطح و بازتابش منسوج رنگریزی شده حذف مقدار بازتابش سطح از نتایج منجر به بروز خطاهای بزرگی نمی‌شود. همچنین، با افزایش غلظت ماده رنگزا تا محدوده‌ای با حذف مقدار بازتابش سطح، رفتار خطی تابع بازتابش در نظریه Kubelka-Munk در برابر غلظت تا حدی اصلاح می‌شود. اما، با افزایش غلظت از حدی (عمق‌های متوسط به زیاد) با حذف بازتابش سطح از مجموعه داده‌ها به واسطه نزدیکی مقدار آن با مقدار بازتابش بستر رنگریزی شده، مقادیر (K/S) بسیار بزرگ و ناملموسی را نتیجه می‌دهد. از طرفی نتایج نشان داد، با افزایش غلظت ماده رنگزا، اهمیت بود یا نبود بازتابش بستر خودرنگ به نحو محسوسی کاهش می‌یابد.

بنابراین، مطالعه سامانه‌های رنگی با توجه به ناحیه کاربردی از غلظت‌های به کار گرفته شده در حذف یا عدم حذف کمیت‌های بحث شده، با دقت بیشتری همراه می‌شود.

کم نیست، بلکه بین دو فاز کاملاً مشخص است و به نقطه یا محدوده عمق رنگی اشباع ختم می‌شود.

– محدوده سوم، ناحیه‌ای که به ظرفیت اشباع لیف محصور می‌شود. محدوده اول (محدوده خطی) در پیشگویی غلظت‌ها و بحث رنگ همانندی منسوجات بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، از راه‌های دستیابی به اهداف مزبور تشخیص درست رفتار خطی تابع بازتابش در برابر غلظت و تعیین معادله خط راست در این ناحیه است. بود یا نبود مشخصات بستر خودرنگ در کیفیت رفتار مزبور اثرگذار است. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده از شکل ۳، توجه به ناحیه غلظتی استفاده شده می‌تواند تصمیم‌گیری درباره وجود اطلاعات بستر خودرنگ را معلوم کند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، دو عامل اثرگذار بر نتایج نظریه Kubelka-Munk در مطالعه سامانه‌های رنگریزی یعنی بازتابش سطحی و اطلاعات بستر خودرنگ بررسی شدند. همچنین، اثر بود و نبود این دو کمیت بررسی

مراجع

۱. صفی م، امیرشاهی ح، امانی تهران م، بررسی ایزوترم‌های جذب مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس روی الیاف نایلون با استفاده از اطلاعات بازتابشی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۷.
۲. Eters J.N., A statistical technique for estimating surface reflectance, *AATCC*, 22, 29-30, 1990.
۳. Allen E., *Optical Radiation Measurements: Vol. II, Color Measurement*, Grum E.F. and Bartleson C.J. (Eds.), Academic, New York, 1980.
۴. Stearns E.L., *The Practice of Absorption Spectrophotometry*, Wiley-Interscience, New York, 1969.
۵. Berger-Schunn A., *Practical Color Measurement, A Primer for the Beginner, A Reminder for the Expert*, John Wiley and Sons, New York, 1994.
۶. Brookes A., Computer color matching, a review of its limitations, *AATCC*, 6, 21-26, 1974.
۷. Tsoutseos A.A. and Nobbs J.H., *Colour Appearance of Textile Materials: An Alternative Approach*, Colour Science Books, Vol. III, Colour Physics, Leeds, 234-246, 2001.
۸. Goldfinger G., Lau K.C., and McGregor R., *Color of Fibers and Fabrics*, Schick M.J. and Dekker M. (Eds.), New York, 1975.
۹. Nakamura T. and Shibusawa T., Color change of disperse dyes on nylon 6 films with dye concentration, *Text. Res. J.*, 70, 801-809, 2000.