

ỨNG DỤNG CẢM BIẾN TCS3200 ĐỂ THIẾT KẾ DỤNG CỤ ĐO MÀU ỨNG DỤNG TRONG NGÀNH DỆT MAY

APPLYING TCS3200 SENSOR TO DESIGN COLORIMETER USED IN THE TEXTILE INDUSTRY

Trần Thị Kim Phượng, Huỳnh Văn Trí
Trường Đại Học Công Nghiệp TP.HCM

TÓM TẮT

Tiêu chí đánh giá màu sắc đóng vai trò quan trọng trong sản xuất và nâng cao chất lượng sản phẩm ngành dệt may. Việc xác định độ lệch màu, độ đều màu, độ bền màu... đều dẫn đến đo cường độ chùm sáng theo dải sóng. Để thực hiện đo cường độ chùm sáng cần những dụng cụ đo chính xác, đắt tiền và thường vượt quá khả năng đầu tư của các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Để kiểm tra chất lượng sản phẩm trong sản xuất may công nghiệp cũng như trong khâu giao nhận theo hợp đồng các loại nguyên liệu, bán thành phẩm hay sản phẩm cuối cùng, màu sắc thường được đánh giá dựa vào giác quan con người nên dễ xảy ra rủi ro và tranh chấp. Nội dung nghiên cứu được trình bày trong bài báo này là thiết kế chế tạo một loại dụng cụ đo màu khách quan, có cấu tạo đơn giản và làm việc tương đối tin cậy, độ chính xác có thể chấp nhận được trong sản xuất kinh doanh. Dụng cụ nhận dạng màu sắc của sản phẩm dệt may theo nguyên lý phản xạ ánh sáng ở góc đo 45° , tín hiệu màu được thu bởi diode cảm biến thế hệ mới TCS3200 vừa xuất hiện trên thị trường nước ta. Các giá trị kích thích màu R, G, B của cảm biến được xử lý trên phần mềm thống kê và xử lý dữ liệu (phần mềm SPSS) theo các giá trị thực tế đo được trên các mẫu thí nghiệm và chuyển đổi sang đơn vị màu CIELab bằng phương trình hồi quy đa biến.

Dựa vào các tiêu chuẩn kiểm định về độ trắng, độ bền màu của vật liệu vải sợi, dụng cụ đo đã cho kết quả đánh giá khách quan, nhanh chóng và tin cậy. Dụng cụ đo có thể chế tạo được trong nước với giá thành thấp nên phù hợp để ứng dụng cho các doanh nghiệp dệt may hiện nay.

ABSTRACT

Criteria for color evaluation has played important role in manufacturing and improving the apparel product. The determination of color variation, uniform color scale, colorfastness, etc. require precision measuring equipment and expensive and often beyond the capacity investment of small and medium-sized manufacturing enterprises as. To check the quality of products in the manufacture of garment industry as well as in the stage of the contractual delivery of raw materials, semi-finished products and the final product, the colors are usually based on the method of assessment experience, the owner should be risk-prone and conflict. The contents of this study is to design and create a kind of measuring instrument is made simple and relatively reliable, accuracy can be acceptable in business and manufacturing field. Colorimeter is products according to the reflectance measurement with a $45^\circ/0^\circ$ geometry, the color signal is collected by a color sensor TCS3200, which appears on the market of our country. Stimulus color values R, G, B of the sensor is processed on SPSS software on the actual values measured on the sample unit and converted to the CIELab color by multivariate regression.

Based on the inspection standard of whiteness, colorfastness of textile materials, evaluating

results of instrument are fast and reliable. Colorimeter can be manufactured at low-cost so it is suitable for the production in the current textile business.

Keywords: Color sensor TCS3200, colorimeter, CIE Lab, colorfastness.

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Màu sắc của một vật thể là kết quả của ánh sáng phát đi từ vật đó tạo nên cảm nhận trong não người thông qua mắt, chúng phụ thuộc vào 3 yếu tố: nguồn sáng, vật thể và mắt người. Để nhận dạng và đo lường màu sắc, trong sản xuất cũng như trong nghiên cứu, học tập người ta dùng các dụng cụ hay thiết bị đánh giá định lượng được gọi là máy đo màu (colorimeter, spectrophotometer). Về nguyên tắc, dụng cụ đo phải ghi nhận được kết quả tương tự cảm nhận của mắt người hay tiến trình cảm

nhận màu phải được mô phỏng lại trong các dụng cụ đo. Theo lý thuyết màu đã biết [1, 2, 3, 4, 5], đơn vị màu được mô tả dựa vào tích của hệ số kích thích màu được xác định bởi phân bố phổ năng lượng của nguồn sáng $S(\lambda)$ với độ phản xạ $R(\lambda)$ của bề mặt đo và với hệ số đáp ứng phổ $G(\lambda)$ của cảm biến.

Ủy ban quốc tế về chiếu sáng CIE đã đưa ra tiêu chuẩn nguồn sáng và tiêu chuẩn người quan sát để xây dựng một hệ tọa độ màu XYZ theo các công thức sau:

$$X = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (1.1)$$

$$Y = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (1.2)$$

$$Z = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (1.3)$$

$$K = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (1.4)$$

Trong đó:

$S(\lambda)$ - Năng lượng phổ tương đối của nguồn sáng được xác định theo tiêu chuẩn CIE;

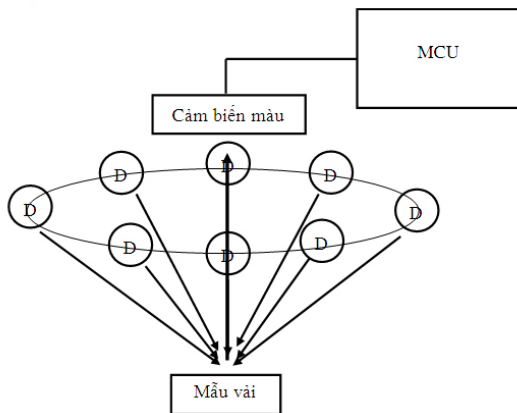
$G(\lambda) \equiv \{\bar{x}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \bar{z}(\lambda)\}$ - Hàm phối màu của quan sát viên chuẩn dưới góc nhìn 10° của CIE 1964;

$R(\lambda)$ - Phổ phản xạ của mẫu đo.

Do các hàm $S(\lambda)$ và $\bar{x}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \bar{z}(\lambda)$ đã được CIE công bố với độ chính xác đến 5 số thập phân và liệt kê theo từng giá trị của λ (thay đổi trong phạm vi từ 380 nm đến 780 nm). Do vậy, các máy đo màu trên thực tế được thiết kế chế tạo dùng để xác định phổ phản xạ $R(\lambda)$ của mẫu đo và sau đó tiến hành tính các tọa độ màu X, Y, Z. Những dụng cụ đo màu được dùng trong các phòng thí nghiệm hoặc nhà máy dệt may hiện nay vẫn sử dụng nguyên lý này nên cần phải trang bị một hệ thống quang học có độ chính xác cao để tập trung nguồn sáng phản xạ, chia tách chúng thành các tia đơn sắc để xử lý, do đó các thiết bị này (giá thành quá 20.000 USD) vượt quá khả năng của các nhà sản xuất quy mô vừa hoặc nhỏ.

Trong những năm gần đây, cùng với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật người ta đã tạo ra các bộ cảm biến màu có độ nhạy cao và giá thành rẻ bao gồm các diode quang có bộ lọc ánh sáng được tích hợp trong một vi mạch điện hình như cảm biến màu họ TCS của hãng Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc [6]. Ưu điểm của linh kiện này là rẻ (khoảng 3 USD), nhỏ gọn, chuyển đổi tín hiệu cường độ của từng phổ màu thành tần số xung và có thể lập trình tương thích với các bộ vi điều khiển phổ biến. Dựa vào nguyên lý xác định tọa độ màu của CIE như đã trình bày ở trên, chúng tôi nghiên cứu thiết kế một dụng cụ đo màu mới không sử dụng gương tách màu truyền

thống mà chỉ cần chọn lấy tín hiệu từ các photodiode dùng cho từng màu riêng biệt của cảm biến TCS3200 để xử lý. Với phương án này, các bộ phận quang học chính xác trong một máy đo màu không cần thiết phải có nên giá thành dụng cụ trở nên thấp đáng kể.

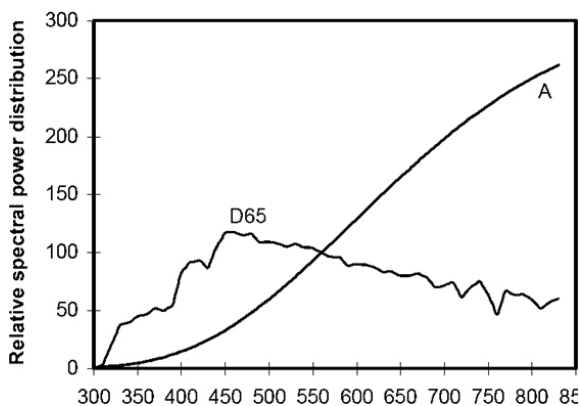


Hình 1: Sơ đồ nguyên lý làm việc dụng cụ đo màu.

II. THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA DỤNG CỤ ĐO

Mô hình nguyên lý làm việc của dụng cụ đo được thiết kế theo hình 1 bao gồm:

- Nguồn sáng D là 8 đèn led 5mm màu trắng có tuổi thọ cao và quang thông ổn định. Chúng được lắp đặt trên một vòng tròn nằm cùng mặt phẳng song song với mẫu vải và được bố trí trong một vỏ nhựa PES màu đen, để chiếu lên mảnh vải mẫu ở các góc 45° so với mặt phẳng ngang. Ánh sáng phản xạ



Hình 2.a

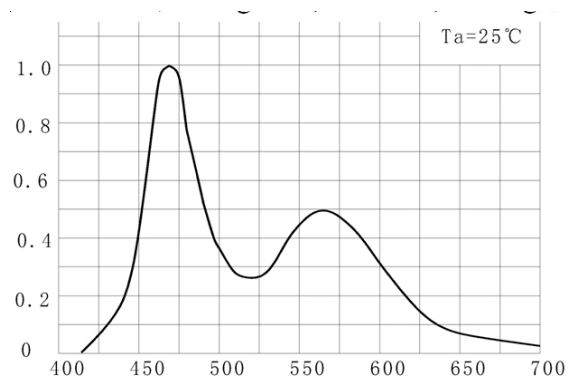
Hàm $S(\lambda)$ theo % phổ năng lượng tương đối tính theo CIE (D65 và Illuminant A).

khúc tán theo nguyên lý 45°/0° từ mẫu vải truyền đến cảm biến màu bằng đường ống dưới góc nhìn 10°. Với 8 đèn led nằm cách nhau 45° cho phép khử được phần lớn sự không đồng nhất về cấu trúc kiểu dệt của vật liệu do canh sợi dọc, canh sợi ngang và sọc 45° của vải vân chéo tạo ra. Phổ năng lượng ánh sáng $S'(\lambda)$ của chúng được mô tả trên hình 2.b và có thể kiểm định chính xác trong phòng thí nghiệm chuyên dùng;

- Cảm biến màu TCS3200 cũng được đặt trong ống bảo vệ nên chỉ nhận được ánh sáng khúc tán từ vải do các tia màu trắng của các đèn led tạo ra. Cảm biến màu được hàn chặt trên một board mạch, trong đó có lắp một vi điều khiển ATMEGA 32 của hãng ATMEL, màn hình LCD để hiển thị kết quả và các nút bấm tạo lệnh.

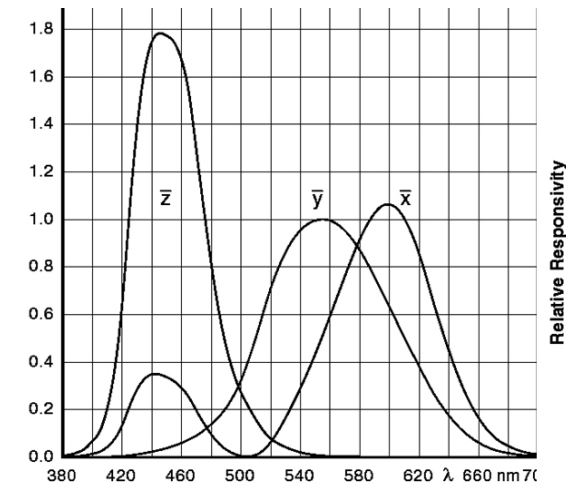
- Phần mềm nhúng được phân tích thiết kế và lập trình để nạp vào vi điều khiển nhằm xử lý tín hiệu từ các diode cảm biến màu và xung đáp ứng của TCS3200 phát ra. Số lượng xung nhận được trong một đơn vị thời gian sẽ tỉ lệ với cường độ của phổ màu ánh sáng tới từng nhóm diode cảm biến tương ứng.

Trong các máy đo màu truyền thống người ta xác định phổ phản xạ $R(\lambda)$ của mẫu vải thông qua cường độ dòng điện nhận từ cảm biến ánh sáng từ các tia đơn sắc khúc tán. Từ đó dựa vào các hàm chuẩn $S(\lambda)$, $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ và $\bar{z}(\lambda)$ được mô tả trên hình 2.a



Hình 2.b

Hàm $S'(\lambda)$ phổ năng lượng của đèn led màu trắng thí nghiệm.

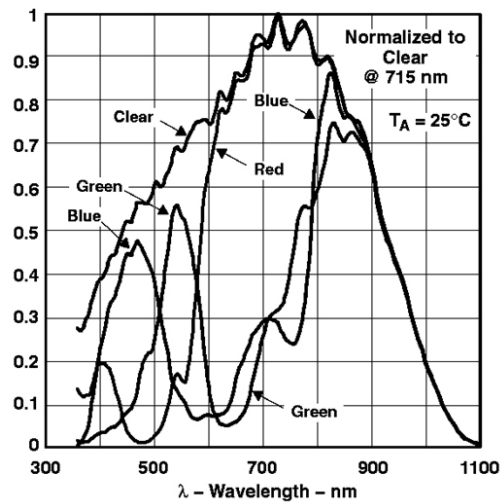


Hình 2.c
 Hàm phối màu đối với quan sát viên
 chuẩn theo CIE 1964.

và 2.c để tính các tọa độ X, Y, Z của không gian màu CIE. Trên dụng cụ đo màu được thiết kế, cũng có thể tìm được một tọa độ màu mới của mẫu vải tính theo các công thức (1.1) - (1.4) nhưng các hàm chuẩn được thay thế bởi hàm $S'(\lambda)$, $Red(\lambda)$, $Green(\lambda)$ và $Blue(\lambda)$ được mô tả ở hình 2.b và 2.d, hệ số phản xạ của vật thể được thay thế bởi tần số xung đáp ứng đo được từ cảm biến TCS3200 do từng nhóm photodiode tạo nên. Tuy nhiên việc tính toán sẽ khá phức tạp nếu muốn chuyển đổi qua các tọa độ của không gian màu CIE.

Tọa độ màu trong thiết bị đo mới này là R, G, B được vi điều khiển đếm theo tần số các xung nhận được từ tín hiệu đáp ứng của từng nhóm diode của cảm biến đối với tia phản xạ từ mẫu vải với nguồn sáng là các đèn led, chúng sẽ tạo nên một không gian màu, trong đó các tọa độ R, G, B sẽ có giá trị tối đa là 255 bằng cách hiệu chuẩn cường độ sáng của các led (thông qua biến trở - phân cứng) hay đặt lại thời gian đếm xung (thông qua giải thuật phần mềm) khi cho đầu đo chiếu lên mẫu chuẩn là bột $BaSO_4$ nén phẳng (vật chuẩn trắng phủ bởi MgO hoặc $BaSO_4$ phản xạ khuếch tán gần như 100%) [10], lúc đó tần số xung đếm được coi như tối đa.

Về khía cạnh lý thuyết, nếu có các biểu đồ



Hình 2.d
 Hàm đáp ứng màu của các diode
 trong cảm biến TCS3200.

trên Hình 2.b, 2.d chính xác, người ta có thể tính chính xác được mối quan hệ giữa X, Y, Z của không gian màu CIE theo R, G, B của không gian màu dụng cụ đo. Tuy nhiên tìm chính xác một phép ánh xạ từ không gian màu này qua không gian màu kia bằng toán học với các đặc tính của phổ năng lượng và hàm phối màu phi tuyến, không thể hiện được dưới các dạng tường minh sẽ tương đối khó khăn nên chúng tôi dùng phương pháp thực nghiệm theo công thức chuyển đổi tổng quát như sau [7]:

Trong đó:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \mathbf{M} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

• \mathbf{M} là ma trận chuyển đổi, có kích thước (3x3) gồm các hệ số là những hàm tổng quát. Trong bài toán này ta coi chúng là những hằng số cần tìm

• Các giá trị X, Y, Z là tọa độ màu của CIE đo từng mẫu vải trên máy ColorEye 7000A spectrophotometer của hãng X-rite (Gretag Macbeth) tại Phân Viện Nghiên cứu Dệt May Thành phố Hồ Chí Minh.

• Các giá trị R, G, B là tọa độ màu trên dụng cụ đo thiết kế như đã mô tả ở trên do cùng mẫu vải đã được đo trên máy X-rite. Số R tương ứng với tín hiệu đưa ra từ 16 photodiode đỏ; số G tương ứng tín hiệu của 16 photodiode xanh lục và B tương ứng tín hiệu của 16 photodiode xanh lam của cảm

biến dưới dạng tần số xung.

- Mẫu vải với kích thước 100x100 mm nhuộm đều màu, thu thập từ thị trường. Có tất cả 301 mẫu dùng để đo được đánh số từ 1 đến 301.
- Kết quả nhận được khi đo trên cả 2 dụng cụ được liệt kê ở bảng dưới đây:

Mẫu số	Đo trên máy X-rite			Đo trên TCS3200		
	X	Y	Z	R	G	B
001	11.697	14.747	37.260	17.36	43.88	72.74
002	14.490	15.040	10.898	36.25	30.89	25.14
003	72.411	74.335	105.309	175.31	174.33	180.69
...
299	4.786	5.195	6.177	23.76	17.32	17.22
300	7.002	10.850	17.453	14.55	29.80	34.15
301	20.277	31.116	11.367	67.07	83.98	45.38

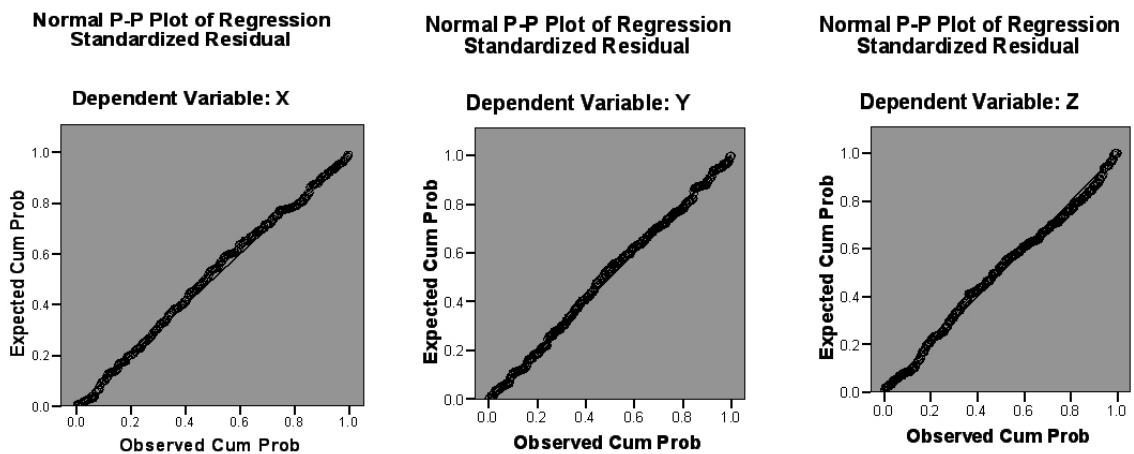
Sau khi chuyển các dữ liệu trên vào xử lý ở phần mềm SPSS, loại bỏ các số lạc, chúng tôi tìm được các phương trình hồi qui dự báo như sau:

$$X = 0.171R + 0.122G + 0.126B - 0.025 \quad (2.2)$$

$$Y = 0.052R + 0.378G + 0.002B - 0.018 \quad (2.3)$$

$$Z = -0.015R - 0.176G + 0.794B - 0.085 \quad (2.4)$$

Kết quả cho các hệ số tương quan $R_{X,R,G,B} = 0,995$; $R_{Y,R,G,B} = 0,998$; $R_{Z,R,G,B} = 0,987$ và các biểu đồ hồi qui hiển thị ở hình 3, có thể thấy tồn tại mối liên hệ tương đối chặt theo mô hình tuyến tính giữa các thông số trên.



Hình 3: Các biểu đồ hồi qui tuyến tính $X = X(R, G, B)$; $Y = Y(R, G, B)$ và $Z = Z(R, G, B)$ vẽ trên phần mềm SPSS.

Các phương trình (2.2), (2.3), (2.4) cho phép chuyển đổi tọa độ màu từ RGB của TCS3200 sang XYZ của CIE. Điều này được thực hiện dễ dàng bằng phần mềm nhúng vào vi điều khiển.

III. KẾT QUẢ ĐO VÀ THẢO LUẬN

Để kiểm tra độ bền màu và độ trắng của vải theo các tiêu chuẩn TCVN 5466 - 1991 và TCVN 5236 - 1990 [8, 9], dụng cụ đo màu được nghiên cứu thiết kế ở đây có thể xác định được sự khác nhau về màu sắc của 2 mẫu thử theo đơn vị của không gian màu $L^*a^*b^*$, trong đó L^* chỉ độ sáng tối màu mẫu đo có giá trị từ 0 (đen) đến 100 (trắng), a^* chỉ mức bão hòa của màu mẫu đo đi từ lục đến đỏ, b^* chỉ mức bão hòa của màu mẫu đo đi từ xanh lam đến vàng. Do đó, sau khi có giá trị đo X, Y, Z tính theo các phương trình hồi qui tìm được trên, chúng tôi còn phải xây dựng các chương trình biến đổi tọa độ dựa vào các công thức đã biết trong lý thuyết màu:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad (3.1)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right] \quad (3.2)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right] \quad (3.3)$$

Với nguồn sáng chuẩn $S(\lambda)$ là ánh sáng ban ngày D_{65} và góc nhìn của quan sát viên 10° thì $Y_n = 100$; $X_n = 94,83$ và $Z_n = 107,38$.

Khi xử lý tín hiệu từ bộ cảm biến, vi điều khiển phải có chức năng tính toán, chuyển đổi, lưu trữ thông số màu của mẫu chuẩn, so sánh thông số màu của mẫu đo với mẫu chuẩn theo giá trị

$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$. Dựa vào ΔE^* người ta đối chiếu được độ bền màu, độ lệch màu của mẫu thử.

Do sử dụng vi điều khiển họ AVR, là bộ xử

lý RISC với kiến trúc Harvard, chúng tôi có thể tính được thời gian thực hiện từng lệnh chính xác đến 1 phần mười triệu giây. Do đó việc đếm số xung phát ra hay tần số xung trong một đơn vị thời gian tương đối chính xác, độ lặp lại trong các lần đo cao, thời gian đo một mẫu vải nhỏ hơn 0,1 giây. Mặc dù hiệu quả này không có ý nghĩa nhiều đối với ngành may mặc nhưng vô cùng quan trọng cho các ứng dụng đo màu các đối tượng khác như trong máy lựa hạt của ngành xuất khẩu nông sản.

Sau nhiều lần thử nghiệm, độ lặp lại của dụng cụ đo: $\Delta E^* = 0,1$. So với máy đo màu của hãng X-rite có $\Delta E^* = 0,01$ nên độ chính xác đã giảm khoảng 10 lần, tuy nhiên ở phạm vi giá trị $\Delta E^* = 0,2$ thì mắt thường vẫn khó phân biệt được và sự thay đổi đó vẫn nằm trong giới hạn bền màu cấp 5, cấp bền cao nhất. Vì vậy dụng cụ đo có thể dùng để kiểm tra độ bền màu vải theo các tiêu chuẩn hiện hành [8, 9].

IV. KẾT LUẬN

Việc tìm ra nguyên lý mới để thiết kế các dụng cụ đo màu rẻ tiền, nhanh và có độ lặp lại cao đang trở nên cấp thiết đối với các công ty kinh doanh và sản xuất ngành dệt may hiện nay, chúng là công cụ để kiểm định vải đầu vào và tạo sự tự tin khi ký các hợp đồng bảo đảm chất lượng sản phẩm đầu ra về tiêu chí màu sắc.

Dụng cụ đo màu đã chế tạo được trong nước với giá thành thấp hơn hàng trăm lần so với dụng cụ ngoại nhập do sử dụng các cảm biến và vi điều khiển thế hệ mới, thông dụng, dễ mua và có nhiều tính năng ưu việt. Mặc dù độ chính xác thua kém 10 lần nhưng vẫn thích hợp cho các doanh nghiệp chưa từng tiếp cận kỹ thuật đo màu khách quan. Dụng cụ có thể dùng ở tất cả các nơi cần kiểm tra chất lượng màu như tại xưởng sản xuất, ở cửa hàng kinh doanh, trong kho nguyên phụ liệu, ngoài thực địa nơi trực tiếp giao nhận hàng hóa.

Qua quá trình thực nghiệm, đo nhiều lần trên 1 sản phẩm, kết quả đo của dụng cụ có tính

lặp lại tương đối cao, hệ số phân tán tương đối thấp ($< 0,5\%$). Dụng cụ có thể thay thế tốt phương pháp kiểm tra độ bền màu bằng thước xám.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bernd Utter, Dr. Werner Huber. Introduction into Colorimetry and Spectrophotometry. http://www.heidelberg.com/h/www/en/binaries/files/prinect/user_guide_colorimetry_en.pdf
- [2] Steven K. Shevell. The Science of Color (Second Edition). Optical Society of America, Elsevier, 2003.
- [3] János D. Schanda. Colorimetry. OSA/AIP handbook of Applied Photometry. <http://www.knt.vein.hu/Tantargyak/Szinmeres/Colour.pdf>.
- [4] <http://www.hunterlab.com/pdf/color.pdf>
- [5] Genot Hoffmann. CIE Color Space. <http://www.fhomben.de/~hoffmann/ciexyz29082000.pdf>.
- [6] Texas Advanced Optoelectronic Solutions. TCS3200, TCS3210 Programmable color light-to-frequency converter. July 2009, <http://www.taosinc.com/tcs3200/TCS3200-E1.pdf>.
- [7] Mark Seelye, Gourab Sen Gupta, Donald Bailey. Low Cost Colour Sensors for Monitoring Plant Growth in Laboratory, http://sprg.massey.ac.nz/pdfs/2011_IMTC.pdf.
- [8] TCVN 5466 - 1991 (ISO 105-A02-1987). Vật liệu dệt - Phương pháp xác định độ bền màu. Thang màu xám để đánh giá sự thay đổi màu.
- [9] TCVN 5236 - 1990 (ISO 105-J02-1987). Vật liệu dệt - Phương pháp đánh giá độ trắng trên máy.
- [10] Arthur D Broadbent. Những nguyên lý cơ bản của tạo màu hàng dệt. Tổng công ty dệt may Việt Nam, 2005.