

Medida del Color y Distinción de Muestras Textiles Mediante un Sistema Multiespectral

Marta de Lasarte Rigueiro^{1*}, Montserrat Arjona¹, Meritxell Vilaseca¹, Manel J. Lis², Joan A. Navarro², Josep Valldeperas² y Jaume Pujol¹

¹ Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentació y Sistemas (CD6) – Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Rambla Sant Nebridi, 10. 08222 Terrassa (Barcelona - España)

<http://www.cd6.upc.edu/index.php>

² Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de Terrassa (INTEXTER)- Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). C/ Colom, 11. 08222 Terrassa (Barcelona - España)

<https://www.upc.edu/intexter/>

1. Introducción

Los campos de aplicación de los sistemas multiespectrales se han incrementado de forma considerable en los últimos años. En particular, la medida del color y la reconstrucción espectral de muestras textiles constituye una de estas numerosas aplicaciones.

En este trabajo se evalúa la exactitud de un sistema multiespectral desarrollado en nuestro laboratorio para la medida del color [1], utilizando un conjunto de muestras textiles, fabricadas específicamente para comprobar la aplicabilidad de las fórmulas de diferencia de color en muestras textiles, concretamente la fórmula de diferencia de color CIELAB.

Con este objetivo se presenta un primer estudio en el que se analiza la exactitud del sistema en términos tanto de la medida de color como de la reconstrucción espectral de las muestras textiles y un segundo estudio en el que se analiza la exactitud del sistema en la detección tanto de las diferencias de color como de las diferencias espectrales entre pares de muestras textiles.

2. Material y Método

El sistema multiespectral utilizado en este trabajo está compuesto por una cámara CCD monocromática QImaging QICAM Fast 1394 12-bits refrigerada, un objetivo Nikon AF Nikkor 28 – 105 y una rueda de filtros motorizada y controlada vía software, situada entre la cámara CCD y el objetivo, con siete filtros interferenciales CVI Laser con posiciones de pico equidistantes e iguales FWHMs de 40nm, cubriendo todo el rango visible del espectro. Este sistema ha sido previamente analizado y caracterizado utilizando muestras de color estándar (las cartas ‘GretagMacbeth ColorChecker Color Rendition’ (CCCR) y DC (CCDC) y el ‘Munsell Book of Color – Matte Collection’) como conjuntos de entrenamiento y prueba del sistema [2, 3; 4].

El conjunto de muestras textiles utilizado en este trabajo ha sido proporcionado por el INTEXTER y está constituido por 56 muestras agrupadas en 28 pares con características colorimétricas y espectrales muy próximas entre pares.

Estas muestras textiles se sitúan en una cabina de iluminación especial que proporciona un campo de iluminación uniforme sobre ellas y permite una geometría de medida 0/0. Se utilizan lámparas fluorescentes 600mm VeriVide Artificial Daylight D65 (simulador D65) como iluminante. Las muestras textiles se miden utilizando el sistema multiespectral y sus espectros de reflectancia se miden utilizando un espectrofotómetro MACBETH ColorEye 7000.

* e-mail: marta.lasarte@oo.upc.edu

La reconstrucción de los espectros de reflectancia de las muestras se lleva a cabo utilizando el Análisis de Componentes Principales (PCA). Los valores triestímulo XYZ y las coordenadas CIELAB se calculan a partir de los espectros reconstruidos. La exactitud en la medida del color se evalúa en términos de los valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de las diferencias de color CIELAB (ΔE^*_{ab}) entre los valores triestímulo XYZ medidos y los calculados. La exactitud en la reconstrucción espectral se evalúa en términos de los valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del error cuadrático medio (RMSE) entre los espectros de reflectancia medidos y los calculados.

Se analizan diversas combinaciones de conjuntos de entrenamiento (muestras textiles, carta CCDC, 'Munsell Book of Color') y prueba (muestras textiles) con el objetivo de comprobar la aplicabilidad y utilidad del sistema multispectral utilizando muestras reales.

3. Resultados y Discusión

3.1 Exactitud del sistema en términos de la medida del color y la reconstrucción espectral de muestras textiles

En este primer estudio se utilizan las muestras textiles (MT) como conjuntos de prueba, y las mismas muestras textiles, la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento. Cuando se utilizan los tonos Munsell como conjuntos de entrenamiento las muestras textiles se clasifican en tonos Munsell para llevar a cabo su reconstrucción.

Los resultados globales para todas las muestras textiles utilizadas como conjunto de prueba y para los diferentes conjuntos de entrenamiento utilizados se presentan en las Tablas 1 y 2.

<i>Entrenamiento</i>	MT	CCDC	Tonos MUNSELL	MUNSELL
<i>Prueba</i>	MT	MT	MT	MT
promedio	3.758	5.991	4.442	6.081
mínimo	0.095	0.741	1.500	0.978
máximo	12.54	15.39	11.51	14.15
desv. est.	3.213	3.902	2.772	3.612

Tabla 1 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de las diferencias de color CIELAB (ΔE^*_{ab}) de las muestras textiles (MT) utilizadas como conjunto de prueba, utilizando las mismas muestras textiles (MT), la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento del sistema.

<i>Entrenamiento</i>	MT	CCDC	Tonos MUNSELL	MUNSELL
<i>Prueba</i>	MT	MT	MT	MT
promedio	1.861E-02	4.252E-02	3.432E-02	3.489E-02
mínimo	0.313E-02	1.310E-02	1.012E-02	0.918E-02
máximo	3.993E-02	8.245E-02	6.451E-02	8.198E-02
desv. est.	0.958E-02	1.623E-02	1.386E-02	1.432E-02

Tabla 2 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del RMSE de las muestras textiles (MT) utilizadas como conjunto de prueba, utilizando las mismas muestras textiles (MT), la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento del sistema.

Los mejores resultados se obtienen utilizando las propias muestras textiles como conjuntos de entrenamiento y prueba. Considerando conjuntos de entrenamiento y prueba diferentes, los mejores resultados se obtienen, en la mayoría de casos, utilizando los conjuntos de tonos Munsell como conjuntos de entrenamiento y clasificando las muestras textiles en tonos Munsell para llevar a cabo su reconstrucción espectral. Los resultados obtenidos para las muestras textiles clasificadas en tonos Munsell en términos de la exactitud de la medida del color y de la reconstrucción espectral se presentan en la Figura 2 para los diferentes conjuntos de entrenamiento considerados.

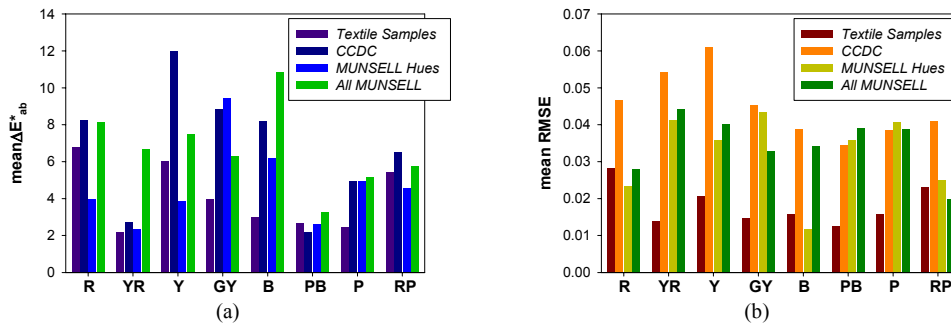


Figura 2 Diagrama de barras de los valores (a) ΔE^*_{ab} promedio y (b) RMSE promedio para los conjuntos de muestras textiles clasificadas en tonos Munsell, utilizando las mismas muestras textiles, la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento del sistema.

En la evaluación de los resultados obtenidos utilizando diferentes conjuntos de entrenamiento y prueba debe tenerse en cuenta que éstos pueden verse afectados por diversos factores como la diferente naturaleza de las muestras (cartas de colores vs muestras textiles), las limitaciones en la clasificación en tonos y el haber utilizado diferentes instrumentos y geometrías en la medida de los espectros de reflectancia de las muestras textiles y del resto de muestras.

3.2 Exactitud del sistema en la medida de diferencias de color y diferencias espectrales entre pares de muestras textiles

Se calculan las diferencias de color CIELAB y los RMSEs entre las muestras textiles de cada par considerando, por un lado, los espectros de reflectancia de las muestras textiles medidos directamente (valores reales) y, por otro lado, los espectros de reflectancia reconstruidos utilizando los diferentes conjuntos de entrenamiento mencionados anteriormente (valores reconstruidos).

En las Tablas 3 y 4 se presentan los valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar reales y reconstruidos de las diferencias de color CIELAB y de los RMSEs, respectivamente, para todos los pares de muestras textiles considerados y para los diversos conjuntos de entrenamiento utilizados.

El grado de exactitud en la medida de las diferencias de color CIELAB y los RMSE asociados a cada par de muestras textiles se evalúa en términos del porcentaje de variación de los valores reconstruidos respecto a los valores reales según:

$$\% \text{Variación} = 100 \cdot \frac{|Real - Rec|}{Real} \quad (1)$$

Los valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar para todos los pares de muestras textiles de estos porcentajes de variación se presentan también en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

	ΔE^*_{ab} entre pares AB reconstruidos					% de variación vs ΔE^*_{ab} real			
	ΔE^*_{ab} Real	MT	CCDC	Tonos MUNSELL	MUNSELL	MT	CCDC	Tonos MUNSELL	MUNSELL
promedio	1.963	1.809	1.799	1.814	1.771	31.90	31.95	39.05	36.56
mínimo	0.259	0.364	0.305	0.251	0.287	3.34	0.32	0.34	2.81
máximo	8.548	6.755	6.646	7.200	6.375	219.67	161.93	168.24	123.25
desv. est.	1.818	1.594	1.578	1.732	1.627	41.44	33.12	35.36	28.07

Tabla 3 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del promedio de la diferencia de color CIELAB (ΔE^*_{ab}) y del porcentaje de variación entre los pares AB de muestras textiles (MT) medidos (ΔE^*_{ab} Real) y los reconstruidos utilizando las muestras textiles (MT), la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento del sistema.

Considerando estos resultados se puede concluir que el sistema multispectral desarrollado es capaz de detectar ligeras diferencias tanto en el color como en el espectro de reflectancia entre muestras reales, resultando así útil para aplicaciones que requieran discriminación. Por otro lado, la baja exactitud obtenida es una consecuencia directa de los factores que afectan a los resultados obtenidos.

	RMSE entre pares AB reconstruidos					% de variación vs RMSE real			
	RMSE Real	MT	CCDC	Tonos MUNSSELL	MUNSSELL	MT	CCDC	Tonos MUNSSELL	MUNSSELL
promedio	1.746E-02	1.617E-02	1.746E-02	1.545E-02	1.547E-02	31.07	38.10	38.91	37.04
mínimo	9.407E-04	1.553E-03	1.293E-03	1.029E-03	1.009E-03	0.01	2.91	1.60	3.16
máximo	1.164E-01	9.940E-02	1.021E-01	1.120E-01	9.362E-02	133.74	180.83	131.61	137.32
desv. est.	2.617E-02	2.406E-02	2.529E-02	2.548E-02	2.309E-02	34.16	44.48	33.70	34.96

Tabla 4 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del RMSE y del porcentaje de variación entre los pares AB de muestras textiles (MT) medidos (RMSE Real) y los reconstruidos utilizando las muestras textiles (MT), la carta CCDC, los conjuntos de tonos Munsell y todas las muestras Munsell como conjuntos de entrenamiento del sistema.

4. Conclusiones

En este trabajo se comprueba la aplicabilidad de un sistema multispectral desarrollado para la medida del color utilizando un conjunto de muestras textiles. Para ello se analiza la exactitud del sistema en términos tanto de la medida de color como de la reconstrucción espectral de las muestras textiles y la exactitud del sistema en la detección tanto de las diferencias de color como de las diferencias espectrales entre pares de muestras textiles.

Considerando la exactitud del sistema en la medida de muestras textiles, los mejores resultados, tanto en términos de la medida del color como de la reconstrucción espectral, se obtienen utilizando las muestra textiles como conjunto de entrenamiento y prueba. Considerando conjuntos de entrenamiento y prueba diferentes, los mejores resultados se obtienen en promedio utilizando los conjuntos de tonos Munsell como entrenamiento y clasificando las muestras textiles en tonos Munsell para su posterior reconstrucción.

Considerando la exactitud del sistema en la medida de diferencias de color y diferencias espectrales entre pares de muestras textiles, los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema multispectral desarrollado es capaz de detectar ligeras diferencias tanto en el color como espectrales entre muestras reales, siendo así útil para aplicaciones que requieran discriminación. Por otro lado, la exactitud del sistema en la detección de diferencias tanto de color como espectrales entre pares de muestras textiles obtenida es bastante baja, probablemente como consecuencia directa del tipo de muestras utilizado con características colorimétricas y espectrales muy parecidas entre pares y de los factores que afectan los resultados obtenidos. En este sentido, el trabajo futuro se orienta a intentar corregir dichos factores, especialmente los relacionados con la naturaleza de las muestras y su clasificación en tonos.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto DPI2008-06455-C02-01. Marta de Lasarte agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación la beca predoctoral recibida.

Bibliografía

- [1] M. de Lasarte, M. Arjona, M. Vilaseca, J. Pujol, "Development of an Optimized Flat-field Correction Algorithm for Digital Cameras", *Third European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (CGIV'06), Proc. IS&T's*, (Leeds, UK), pp. 241-246, 2006.
- [2] J. Pujol, M. de Lasarte, M. Vilaseca, M. Arjona, "High Dynamic Range Multispectral System for Wide Color Gamut Measurements", *Third European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (CGIV'06), Proc. IS&T's*, (Leeds, UK), pp. 404-409, 2006.
- [3] M. de Lasarte, J. Pujol, M. Arjona, M. Vilaseca, "Influence of the Size of the Training Set on Colour Measurements Performed Using a Multispectral Imaging System", *Proceedings of CGIV 2008 / MCS'08 IS&T* (Terrassa – Spain), pp. 437-440, 2008.
- [4] M. de Lasarte M., J. Pujol, M. Arjona, M. Vilaseca, "Influence of Colour Ranges on Colour Measurements Performed with a Colorimetric and a Multispectral Imaging System", *Proceedings of CGIV 2008 / MCS'08 IS&T* (Terrassa – Spain), pp. 444-449, 2008.