

Revisión sobre la detección del color rojo en imágenes digitales independiente de su luminosidad y tonalidad

Review on the red color detection in digital images independent from its luminosity and shade

Revisão no vermelho cor detecção em imagens digitais independente do seu luz e sombra

Jorge Páramo Fonseca¹

Resumen

El presente *review* despliega una revisión bibliográfica sobre los diferentes temas que intervienen en la determinación del color rojo en imágenes digitales. Estos temas son: cómo se maneja el color en las imágenes digitales, cuáles son los modelos de color, qué son las imágenes digitales y lo referente a su formato; qué es el procesamiento de las imágenes digitales, las alteraciones que se presentan en las imágenes digitales y su corrección, así como la segmentación y la determinación de color.

Palabras Clave: Determinación de Color, Imágenes digitales, Modelos de color, Procesamiento de imágenes, Segmentación.

Abstract

The present review deploys a bibliographic review on the different topics that intervene in the determination of the red color in digital images. These topics are: how to manage the color in digital images, what are the modes of color, what are the digital images and relation to its format; what is the digital images processing, the alternations that are presented in the digital images and its correction, as well as the color segmentation and the determination.

¹ Universidad de Cundinamarca, Chía - Colombia. Contacto: jparamo@mail.unicundi.edu.co

	<p>Keywords: Color determination, digital images, color models, images processing, segmentation</p> <p>Resumo</p> <p>Esta avaliação mostra uma revisão da literatura sobre os diversos aspectos envolvidos na determinação da cor vermelha nas imagens digitais. Estas questões são: como a cor é tratada de imagens digitais, que são modelos de cores, que são imagens digitais e sobre o seu formato; O que é o processamento de imagens digitais, alterações que ocorrem em imagens e correção digitais, bem como a segmentação e determinação da cor.</p> <p>Palavras-chave: Determinação da cor, imagens digitais, modelos de cores, processamento de imagem, segmentação.</p>
--	---

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como propósito hacer la revisión del estado del arte para el proyecto de desarrollar un algoritmo capaz de identificar el color rojo en imágenes digitales, sin que se tenga en cuenta su luminosidad y tonalidad.

Para que se pueda determinar un color en imágenes digitales por medio de un algoritmo, automáticamente, se presentan diversos problemas, en especial por las características de las imágenes digitales que se van a procesar, ya que usualmente éstas se ven afectadas por: dispersiones atmosféricas, reflectancia, pérdidas o alteraciones de tono, intensidad y/o saturación. Para lo que concierne a este trabajo, estas alteraciones se presentan en el momento de la captura de la imagen, lo que puede originarse en las condiciones ambientales de la escena que se captura, o por características propias de los elementos de captura.

Estas alteraciones deben ser neutralizadas para poder tener una imagen cromáticamente ajustada al objeto, de tal manera que los valores del color rojo queden dentro del rango correspondiente en el espectro electromagnético, que para el rojo posee una longitud de onda entre los 625nm y los 740nm (nanómetros) (Pérez 2006), Universidad Estatal de Georgia EEUU [UEG] 2014), (e imagen digital 2009). Para facilitar la búsqueda de este color, además de corregir las alteraciones de la imagen, es preciso uniformizar los píxeles de las áreas en que se encuentra.

La determinación de colores en imágenes digitales tiene aplicación en los campos de los sistemas de control, el manejo asistido de vehículos, la medicina, los sistemas de seguridad pública y la visión artificial, entre otros.

MARCO TEÓRICO

El color

Primero hay que entender cómo se maneja el color en las imágenes digitales. Hay varias formas de manejar el color, llamadas usualmente *espacios o modelos de color*. Estos espacios se basan en modelos matemáticos con los que se calculan los valores que representan cada color. Hay varios de estos modelos, unos se centran en cómo la visión humana percibe los colores: el CIE 1931, el CIE XYZb y el CIE 1976 (conocido como $L^*a^*b^*$ y es el más usado actualmente), que sirven de referencia para los demás modelos de color. Hay otros modelos de color que dependen de los dispositivos en los que se utilizan, como son: el RGB, el CMY, el CMYK, el HSB (o HSV), el HSI y el HSL.

Modelos Independientes del Dispositivo: La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission Internationale d'Eclairage CIE), desarrolló varios modelos de color hasta llegar al modelo CIE 1976 $L^*a^*b^*$ que, como ya se dijo, es el más utilizado actualmente por considerarse el más completo (Pérez 2006), (LaCie Grup)

Los tres parámetros que definen el modelo CIE 1976 $L^*a^*b^*$ representan: 1) la luminosidad de color (L^* entre negra y blanca, tomando valores de 0 a 100); 2) su posición entre rojo y verde (a^* , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo) y 3) su posición entre amarillo y azul (b^* , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo). El CIE $L^*a^*b^*$ es tomado como modelo de referencia para los demás modelos de color.

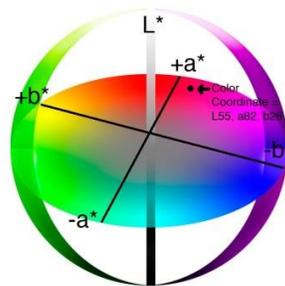


Figura 1. Modelo CIE $L^*a^*b^*$ Elaboración propia

Modelos Dependientes del Dispositivo: Existen varios modelos dependientes del dispositivo. Entre los más usados están el RGB, el CMYK, y el HSB y sus variaciones HSV, HSI y HSL. El modelo RGB (UEG 2014) utiliza la síntesis aditiva de los rangos propios de la luz roja, la verde y la azul para producir con sus combinaciones el resto de colores (figura 2a). La síntesis sustractiva, o de colores tinta, logra los diferentes colores, mezclando pigmentos de los tres colores primarios de esta síntesis: Cian, Magenta y Amarillo, y se representa con el modelo CMY; sin embargo, para lograr mejor calidad en los colores resultantes, se añade el negro, dando origen al modelo CMYK, donde la K representa al negro (Black) (UEG 2014).

Estos modelos se utilizan para reproducir los colores en diferentes dispositivos: en las pantallas, escáneres y cámaras, se utiliza el modelo RGB, en tanto que para las impresoras y plotters se usa CMYK (figura 2 b).

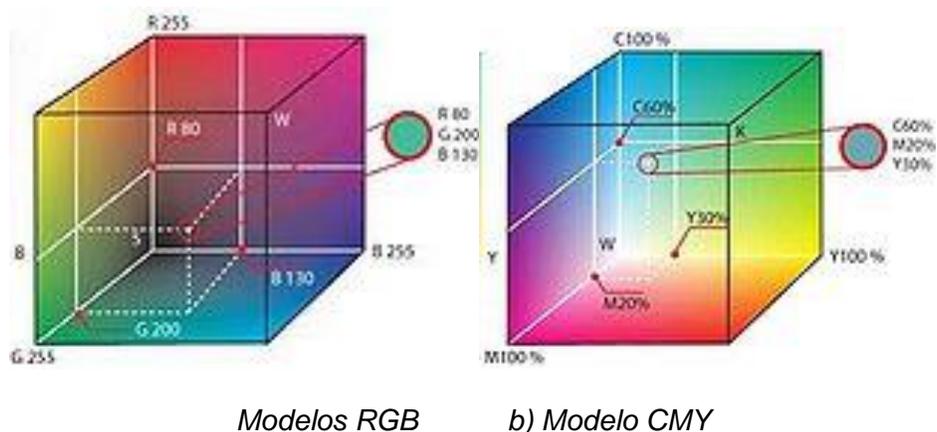


Figura 2. Modelos RGB y CMY (respectivamente). Elaboración propia

Los modelos HSB (Tono, saturación y brillo), HSV (Tono, saturación y valor), HSI (Tono, saturación e intensidad), HSL (Tono, saturación y luminosidad), son similares entre ellos (EcuRed 2014). Estos modelos se pueden representar, ya sea como dos conos unidos en su base, ya sea como una esfera, o más simplemente como un cilindro. Cualquiera sea el caso, en el desarrollo de uno de estos tres modelos los valores de la saturación se sitúan entre el centro de la representación y el borde exterior; los valores para el tono están ubicados en el ecuador de las figuras y, por último, el brillo, valor, intensidad o luminosidad, en el eje vertical central. En este eje el valor mayor (Blanco) está en la parte superior y el menor (Negro) en la parte inferior (figura 3).

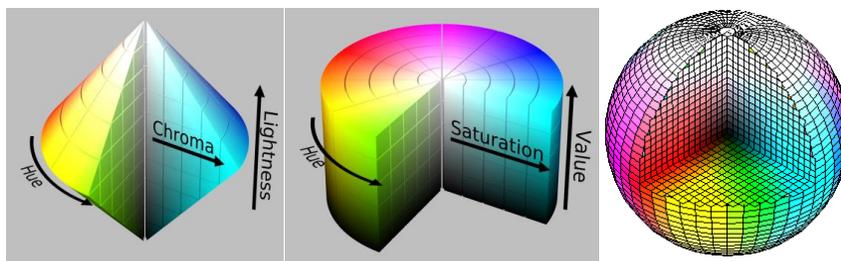


Figura 3. Modelos HSL, HSV. Elaboración propia

Formato

Las imágenes digitales de mapas de bits están formadas por una matriz en donde cada celda es llamada pixel. Los valores almacenados en estas celdas reciben el nombre de números digitales (ND). (Brizuela, Aguirre y Velasco 2007), (Pinilla, Ariza, García y Sánchez 2001). Estas matrices pueden poseer diferente cantidad de capas y cada capa toma los valores del modelo de color que se maneje. Así, una imagen en tonos de gris tiene una sola capa y sus ND representan un valor de gris de 0 a 255; una imagen en RGB tiene tres capas: rojo, verde y azul, y los valores ND de cada capa irán de 0 a 255, representando cada uno de estos colores; las imágenes manejadas con los modelos de color HSB, HSV, HSI y HSL utilizan también tres capas: una para el tono (H), otra para la saturación (S), y una final para el último valor que puede ser Brillo (B), valor (V), Intensidad (I) y Luminosidad (L) dependiendo del modelo. Las imágenes del modelo CMYK tendrán cuatro capas: una para cada capa del modelo de color.

Las matrices en mención están asociadas a diferentes formatos de imagen (Ordoñez 2005). Tales como: BMP, JPG, GIF, PNG, TIF RAW (Mastriani 2009), (Universidad de Sevilla 20014) y otros menos utilizados.

La imagen Digital

Las imágenes digitales pueden estar afectadas por factores tales como: dispersiones atmosféricas (Brizuela et al, 2007), reflectancia (Pinilla et al, 2001), ruido, interferencias, manchas, franjas, las pérdidas o alteraciones de tono, intensidad o saturación (Mejía, Prieto y Branch 2007), falta de nitidez, bordes difusos o de colores, contorneado, pixelación y adelgazamiento entre otras (Naranjo y Imbaquingo 2011). Hablaré de las que son relevantes para este proyecto.

Dispersiones Atmosféricas Cuando la luz del sol atraviesa la atmosfera, ésta se ve afectada por las moléculas del aire y las partículas que se encuentran suspendidas en él. La dispersión producida por las moléculas que componen el aire es llamada dispersión de Rayleigh. (Brizuela et al, 2007) Y, debido a que el tamaño de las moléculas afecta más a las longitudes de onda corta, en la banda del azul del espectro electromagnético, esto produce el color celeste que vemos en el cielo (Tagestad 2000). Las gotitas de agua que forman las nubes dispersan la luz de todas las longitudes de onda, tanto en el rango visible como en el infrarrojo. Este fenómeno, conocido como bruma, genera una disminución del contraste en las imágenes digitales (Lillesand, Kiefer u y Chipman 2004) y cuando la luz es dispersada por partículas más grandes como los cristales de hielo o las gotas de agua, afecta de la misma manera todas las longitudes de onda y por lo tanto la bruma es blanca.

Reflectividad o reflectancia: es el cociente entre la luz incidente en un objeto y la reflejada por él. Los objetos presentan reflexión superficial que combina las formas de reflexión difusa y especular (Pérez 2006), (Pinilla et al, 2001). La reflexión difusa no produce ninguna alteración, en tanto que la especular produce alteraciones en la saturación y la luminosidad.

Pérdidas o alteraciones de tono, intensidad o saturación. Estas alteraciones o perdidas pueden ser debidas a diferentes causas, como son errores introducidos por el dispositivo de captura (Naranjo y Imbaquingo 2011), características de la fuente de iluminación de la escena capturada, (que pueden estar dadas por carencia de iluminación, excesiva iluminación (Barnard, Simon y Cardei 2002), tonalidad de la fuente de luz), por aberración cromática de los lentes (Pérez 2006), entre otras.

Procesamiento digital de la imagen

Se pueden realizar algunos procesos en la imagen capada, con el fin de fidelizar la calidad y/o apariencia del original (Universidad Rey Juan Carlos [URJC] 2014). Estos procesos se refieren a aplicar funciones llamadas filtros a la imagen. Tales filtros se aplican al histograma, al dominio de la frecuencia, al dominio espacial y en algunos casos se usa una combinación de éstos.

Los filtros aplicados al histograma se realizan mediante funciones de transferencia, que corresponden a curvas acotadas en abscisas y ordenadas entre 0 y 1, con lo que se puede obtener aumento del contraste y ecualización del histograma (URJC 2014). Las representaciones en el dominio de la frecuencia sirven para explicar cómo se repiten los

pixeles en la imagen, y permiten flexibilidad para escoger no solo la dirección del filtrado, sino también el intervalo de frecuencia (Pinilla, Alcalá y Ariza 1997); en este dominio se utilizan funciones de transferencia. El filtrado en el dominio espacial se refiere a técnicas que afectan directamente los valores de los pixeles de la imagen. Consiste en modificar el valor de cada uno de los pixeles de la imagen, mediante la aplicación de una función sobre una matriz de filtrado de tamaño NxN (generalmente de 3x3), compuesta por números enteros, y que genera un nuevo valor a partir de los valores de los pixeles circundantes (URJC 2014).

Una de las alteraciones que afectan a las imágenes, y se pretende corregir mediante el presente proyecto, es la que tiene que ver con las dispersiones atmosféricas, por considerar que corregir estas dispersiones tiene gran importancia en el campo de las imágenes satelitales o aéreas. En estas áreas se han desarrollado diferentes métodos para obtener imágenes libres de nubes; en artículos de los autores Brizuela Armando B. Aguirre César A. Velasco Inés(2007) y Chávez J (1988) se hace una comparación de los métodos Reflectancia Aparente (AR), sustracción del objeto oscuro (DOS) y COST².

La reflectancia es otra de las alteraciones que afectan a las imágenes digitales y que, como lo exponen Mejía Ospina Juan Camilo, Prieto Ortiz Flavio Augusto y Branch Bedoya John Willian (2007), afecta a imágenes tomadas a baja altitud. En el artículo explican dos métodos de compensación de la reflectancia que son: el de Corrección de iluminación usando constancia de color y el de gamut mapping (Mejia, Prieto y Branch 2007; Forsyth 1990; Finlayson, Hordley y Hubel 2001).

La segmentación.

En el proceso de determinar un color en una imagen digital, es necesario unificar las áreas que comparten un mismo color y que debido a la textura, iluminación y sombra, no todos los pixeles presentan el mismo valor de color; el proceso para lograr uniformidad en estas áreas se llama segmentación. Hay varios métodos de segmentación como son: el de agrupamiento (Clustering), el basado en histogramas, el de detección de bordes (Moreno, 2015), y el de valor umbral (González y Woods 1992), (Sezgin y Sankur 2004) entre otros. Inclusive, se han desarrollado algoritmos para la segmentación automática de imágenes,

² Desafortunadamente los autores no explican en el artículo a que se refiere este último método.

algunos basados en redes neuronales competitivas (Sowmya y Rani 2011), otros basados en redes neuronales probabilísticas (Zhang, Sheng, Wang y Li 210), algunos otros que utilizan la llamada “Máquina de Vectores Basada en Mínimos Cuadrados” (LS-SVM) (Yang, Wang, Wang y Zhang 2012), y los denominados de “Segmentación C-Media Difuso” (FCM) (Gómez, Prieto y Redarce 2009; Lim, MatJafri y Abdullah 2009), que tienen utilidad en diferentes campos.

El método Valor Umbral (umbralización) funciona fijando unos límites (umbrales) y recorriendo la matriz que forma la imagen, pixel por pixel. Los pixeles que tengan valores entre la tolerancia determinada y los límites de valor de color dado, formarán áreas de segmentación, en tanto que los que estén fuera de los umbrales y la tolerancia tomaran el valor del color negro.

Determinación de Color.

Una vez realizada la segmentación por medio del método Valor Umbral, se obtiene una imagen segmentada de acuerdo a los parámetros deseados.

CONCLUSIONES

Después de hacer esta revisión bibliográfica, se nota un vacío en cuanto a la corrección de las alteraciones de tono, intensidad y/o saturación en las imágenes digitales. Si bien hay herramientas y filtros que permiten hacer manualmente correcciones de estas características, no se encontraron artículos donde traten las correcciones de tono, intensidad y/o saturación de una manera automática.

Y dado que las alteraciones de tono, intensidad y/o saturación en las imágenes modifican los valores de color en los pixeles de dicha imagen, se dificulta la determinación de un color en particular. La segmentación en estos casos presentará datos incorrectos o incompletos, debido a que los umbrales para la segmentación están fijos para un determinado color, pero los valores en la imagen para dicho color están alterados.

Por tanto, constituye un aporte válido proponer un método automatizado para realizar correcciones a las alteraciones tono, intensidad y/o saturación del color rojo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barnard, K., Cardei, V., & Funt, B. (2002). A comparison of computational color constancy algorithms. I: Methodology and experiments with synthesized data. *IEEE transactions on Image Processing*, 11(9), 972-984. <https://doi.org/10.1109/TIP.2002.802531>
- Brizuela, A., Aguirre, C., & Velasco, I. (2007). Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. *Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina*.
- Chavez, J. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment* Vol. 24, pp. 459-479. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90019-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90019-3)
- Camargo-Vega, J. J., Camargo-Ortega, J. F., & Joyanes-Aguilar, L. (2015). Arquitectura Tecnológica Para Big Data. *Revista Científica*, 1(21), 7-18. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a1>
- Finlayson, G. D., Hordley, S. D., & Hubel, P. M. (2001). Color by correlation: A simple, unifying framework for color constancy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(11), 1209-1221. <https://doi.org/10.1109/34.969113>
- Forsyth, D. A. (1990). A novel algorithm for color constancy. *International Journal of Computer Vision*, 5(1), 5-35. <https://doi.org/10.1007/BF00056770>
- Gómez, J. B., Prieto, F., & Redarce, T. (2009). Segmentación de la región de la boca en imágenes faciales: Revisión bibliográfica. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (47), 103-116.
- Gonzales, R. C., & Woods, R. C. (1992). *Digital Image Processing*, Addison Wiley. Reading, MA.
- Lim, H. S., MatJafri, M. Z., & Abdullah, K. (2009, August). Algorithm for turbidity mapping using digital camera images from a low-altitude light aircraft. In *Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on* (pp. 200-204). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSIT.2009.5234966>

- Mejía Ospina, J. C., Prieto Ortiz, F. A., & Branch Bedoya, J. W. (2007). Corrección de iluminación para imágenes aéreas de cultivos tomadas a baja altitud. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 60(2), 4077-4104.
- Moreno-Torres, O. H., Ballesteros-Ricaurte, J. A., & González-Sanabria, J. S. (2015). Transformación de archivos DICOM a formatos XML, JPEG y PNG. *Revista científica*, 1(21), 71-80. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a7>
- Naranjo, R., Imbaquingo, E. (2011) "*Sistema de Reconocimiento Espectral de Imágenes Digitales y Reconocimiento Óptico de Caracteres Capítulo I Introducción*" Universidad técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas - Ecuador
- Sezgin, M. (2004). Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. *Journal of Electronic imaging*, 13(1), 146-168. <https://doi.org/10.1117/1.1631315>
- Sowmya, B., & Rani, B. S. (2011). Colour image segmentation using fuzzy clustering techniques and competitive neural network. *Applied Soft Computing*, 11(3), 3170-3178. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.12.019>
- Yang, H. Y., Wang, X. Y., Wang, Q. Y., & Zhang, X. J. (2012). LS-SVM based image segmentation using color and texture information. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 23(7), 1095-1112. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2012.07.007>
- Zhang, K., Sheng, Y., Wang, M., & Li, Z. (2010, October). An adaptive image segmentation algorithm for natural scene images based on probabilistic neural networks. In *Image and Signal Processing (CISP), 2010 3rd International Congress on* (Vol. 3, pp. 1308-1312). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CISP.2010.5647982>