

FUNDAMENTOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES NOCTURNAS MEDIANTE EL AUMENTO DEL RANGO DINÁMICO

Areiza Laverde, Henry Jhoán (1), Sánchez Yáñez, Raúl Enrique (2)

1 [Ingeniería electrónica, Instituto Tecnológico Metropolitano] | [henryareiza135582@correo.itm.edu.co]

2 [Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [sanchezzy@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se evalúa el desempeño de cuatro algoritmos de constancia de color (White Patch, Gray World, Shades of Gray y Gray Edges) aplicados sobre imágenes nocturnas. Se propone también una modificación a los algoritmos originales, con la cual se pretende mejorar el contraste de las imágenes resultantes. Los resultados son evaluados tanto de forma cualitativa al aplicarse los algoritmos sobre cinco imágenes diferentes y, de forma cuantitativa, al utilizar la media de la croma como una medida de evaluación de la calidad del color en las imágenes resultantes. Los resultados muestran que todos los algoritmos presentan una mejora bastante significativa para procesar imágenes nocturnas, además de que la modificación propuesta mejora notablemente el desempeño de los algoritmos de constancia de color tanto cualitativa como cuantitativamente.

Abstract

In this paper, the performance of four color constancy algorithms is evaluated (White Patch, Gray World, Shades of Gray and Gray Edges) when they are applied to night images. Also, a modification to the original algorithms is proposed, in order to improve the contrast of the resulting images. The outcomes when the algorithms are applied on five different images are evaluated qualitatively and quantitatively, using mean of the chroma as a measure of the color quality in the resulting images. The results show that all the algorithms perform a significant improvement in the processing of night images, in addition to that, the proposed modification is highly recommended to improve the performance of color constancy algorithms, both qualitatively and quantitatively.

Palabras Clave

Visión por computadora; procesamiento de imágenes; visión nocturna; constancia de color; ajuste de histogramas

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de imágenes es una parte fundamental de la visión por computadora [1]; dicha tarea consiste en la modificación parcial o total del contenido de una imagen con el propósito de mejorar sus características, bien sean de color, contraste, brillo, ruido, entre otras. El procesamiento de imágenes no sólo ha demostrado ser necesario para mejorar el desempeño de aplicaciones de alta importancia como el diagnóstico asistido, el reconocimiento de objetos, de rostros y gestos como los del lenguaje de señas, sino que también se ha demostrado que, mediante el procesamiento de imágenes, es posible generar mejoras que son percibidas de mejor manera por el ser humano. Algunos ejemplos son la transferencia de color a imágenes tomadas originalmente en escala de grises o por cámaras infrarrojas y para mejorar imágenes oscuras cuyo contenido puede llegar a ser casi imperceptible para el ojo humano [2].

Las imágenes nocturnas o imágenes oscuras son procesadas por lo general mediante operaciones basadas en su histograma. Esto se debe a que una imagen oscura presenta por lo general un histograma altamente acumulado en el lado izquierdo, es decir, en los valores en donde los píxeles de la imagen presentan una menor intensidad, y por lo cual, debido a la poca información contenida en la imagen, se hace difícil de identificar para un ser humano. La constancia de color se entiende como la habilidad para reconocer el color real de los objetos independientemente del color de la fuente de iluminación [3]. Teniendo en cuenta esto, se han desarrollado trabajos que buscan implementar algoritmos de constancia de color para lograr una ampliación del rango dinámico en imágenes oscuras [4].

En este trabajo se realiza un análisis comparativo de la aplicación de diferentes algoritmos de constancia de color para el mejoramiento de imágenes nocturnas. Tres métodos bien conocidos de constancia de color son implementados; éstos son *White Patch* [5], *Gray World* [6] y *Shades of Gray* [7]. Además se implementa también un novedoso método que fue planteado recientemente y es conocido como *Gray Edges* [4]. Finalmente, se propone una modificación aplicable a todos estos métodos, la cual permite mejorar el contraste de la imagen resultante al ajustar su histograma de forma segmentada.

En la sección de materiales y métodos se describen los algoritmos de constancia de color implementados en este trabajo y se describe también la modificación propuesta para mejorar el contraste en las imágenes. En la sección de resultados y discusión se presentan los resultados cualitativos y cuantitativos de los algoritmos, tanto originales como modificados. Finalmente, en la sección de conclusiones se presentan las observaciones realizadas sobre los resultados obtenidos y se analizan las posibilidades presentes para desarrollar trabajos futuros.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se describen los algoritmos utilizados para el procesamiento de imágenes nocturnas.

Algoritmo White Patch

Este algoritmo es también conocido como max-*RGB* [5], y es el algoritmo de constancia de color más sencillo de todos. Consiste en encontrar el nivel máximo de intensidad en los píxeles de la imagen y asumir que éste corresponde al blanco puro, de tal manera que después de identificar este valor, se pueda realizar un ajuste del histograma de la imagen para que ocupe el rango dinámico completo. Al aplicar este algoritmo, es importante tener en cuenta que cabe la posibilidad de que exista al menos un píxel en la imagen que presente un valor alto, aun cuando todos los demás píxeles tienen valores muy bajos. Para resolver este problema, basta con seleccionar el valor máximo únicamente cuando todos los valores después de este conformen por lo menos el 1% de todos los píxeles de la imagen.

Algoritmo Gray World

Este algoritmo se basa en la hipótesis de que el valor promedio de los píxeles de la imagen es acromático [6], es decir, que corresponde al color gris, de tal manera que el doble de ese valor corresponde al color blanco puro. De esta forma, se puede realizar un estiramiento del histograma para que el doble de la media de los píxeles de la imagen original corresponda al color blanco, es decir 255 para imágenes en formato de 8 bits. Se tiene en cuenta para este algoritmo que los píxeles que en la imagen original sobrepasen este valor, serán también convertidos a 255 en la imagen corregida.

Algoritmo Shades of Gray

Este algoritmo es ligeramente más complejo, debido a que es una generalización de los dos algoritmos anteriores a partir de la norma Minkowski [7]. La norma Minkowski es aplicada por este algoritmo mediante la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{\int (f(x))^p dx}{\int dx} \right)^{1/p} = Gris$$

Dados los valores de la imagen $f(x)$, donde x es la coordenada espacial de la imagen, se entiende que p es el grado al cual se aplicará la norma Minkowski. Es posible demostrar que esta ecuación generaliza los dos métodos presentados anteriormente, ya que el método *Shades of Gray* es equivalente a *White Patch* cuando $p = \infty$, y a *Gray World* cuando $p = 1$. Al momento de implementar este método, se realizó un análisis empírico que mostró que con $p = 6$ se obtienen los mejores resultados. Al igual que en el método anterior, luego de identificar el valor del píxel acromático en la imagen, se realiza una expansión del histograma tomando como blanco puro el doble del valor encontrado con la norma Minkowski.

Algoritmo Gray Edges

Este algoritmo es el más reciente de todos los algoritmos de constancia de color analizados en este trabajo. *Gray Edges* fue el primer algoritmo de constancia de color desarrollado en base a las derivadas de una imagen [4], éste consiste en aplicar cualquiera de los tres métodos mencionados anteriormente pero con la diferencia de que se aplica sobre el Gradiente (primera derivada) o el Laplaciano (segunda derivada) de la imagen original. Para aplicar este algoritmo primero debe derivarse la imagen mediante el método de convolución con el kernel específico [1]. Luego se aplica cualquiera de los algoritmos anteriores sobre la derivada (ya sea primera o segunda) para encontrar el valor que debe ser asignado al blanco puro. Finalmente, teniendo en cuenta el valor encontrado, se realiza un estiramiento de histograma en la imagen original.

Aplicación de la constancia de color por segmentos

En este documento se propone aplicar un método de estiramiento de histograma por secciones para mejorar el contraste de las imágenes obtenidas

mediante la aplicación de los algoritmos de constancia de color mencionados anteriormente. El método propuesto consiste en identificar inicialmente el valor que debe corresponder al blanco puro en la imagen bajo procesamiento. Posterior a eso se debe recorrer el histograma de la imagen identificando los puntos en los cuales se concentra el 25%, 50% y 75% de los píxeles de la imagen, tomando como 100% todos los píxeles contenidos desde el valor del píxel de menor intensidad hasta el valor encontrado como blanco puro en la imagen. Finalmente, se realiza un estiramiento del histograma garantizando que el primer 25% de los píxeles quedará contenido en un rango entre 0 y 63, el segundo 25% entre 64 y 127, el tercer 25% entre 128 y 191, y el 25% final entre 192 y 255, esto tratándose de imágenes en formato de 8 bits. De esta forma se busca que todos los píxeles de la imagen queden distribuidos uniformemente sobre el rango dinámico completo de la imagen procesada.

Es importante resaltar que para aplicar cualquiera de estos métodos en imágenes con componentes RGB, se debe aplicar el algoritmo por separado en cada uno de los canales de la imagen. También, se ha encontrado que al aplicar un suavizado en la imagen original mediante la utilización de un filtro Gaussiano antes de aplicar cualquier algoritmo de constancia de color, se pueden mejorar notablemente los resultados finales [8].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar las pruebas de los algoritmos descritos y del método de mejoramiento de contraste propuesto, se tomaron 5 imágenes de la base de datos SFU Laboratory [9], la cual pertenece a la Universidad Simon Fraser y se encuentra actualmente disponible para ser usada libremente. Antes de aplicar cada uno de los algoritmos se aplicó un suavizado de la imagen mediante un filtro gaussiano con $\sigma = 5$. Todas las pruebas fueron desarrolladas utilizando las bibliotecas de OpenCV [10], las cuales son también de uso libre.

Con el propósito de realizar un análisis cuantitativo de los resultados de cada uno de los algoritmos implementados en este trabajo, se decidió utilizar el promedio de la croma sobre el espacio CIELAB como medida de evaluación de la calidad de las imágenes. Aunque es algo relativo poder calificar numéricamente cuando una imagen es más bella





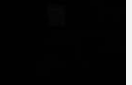



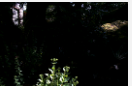









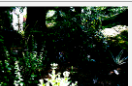
















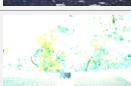


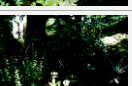




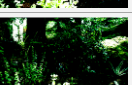




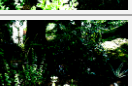






Método Aplicado	Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3	Imagen 4	Imagen 5
Imagen Original					
White Patch					
White Patch Modificado					
Gray World					
Gray World Modificado					
Shades of Gray ($p=6$)					
Shades of Gray ($p=6$) Modificado					
Gray Edges con gradiente					
Gray Edges con Gradiente Modificado					
Gray Edges con Laplaciano					
Gray Edges con Laplaciano Modificado					

Figura 1: Resultados cualitativos de los algoritmos de constancia de color aplicados sobre imágenes nocturnas.

Tabla 1: Resultados cuantitativos de los algoritmos de constancia de color utilizando la media de la croma como medida de evaluación.

Método Aplicado	Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3	Imagen 4	Imagen 5
Imagen Original	2,508	1,793	3,444	0,761	0,548
White Patch	10,597	5,246	9,793	2,777	6,471
White Patch Modificado	16,841	18,659	13,047	12,787	19,613
Gray World	10,620	13,351	12,526	10,229	20,046
Gray World Modificado	17,841	19,847	19,374	13,474	18,436
Shades of Gray ($p=6$)	7,254	5,532	7,767	2,329	6,071
Shades of Gray ($p=6$) Modificado	16,538	18,707	12,973	12,690	19,584
Gray Edges con gradiente	9,369	24,906	7,514	9,688	24,401
Gray Edges con Gradiente Modificado	18,730	24,157	23,660	13,290	24,401
Gray Edges con Laplaciano	5,959	28,302	13,382	10,614	21,045
Gray Edges con Laplaciano Modificado	17,2802	24,897	23,660	13,474	18,436

que otra, debido a que esta calificación depende directamente del observador, se ha demostrado que utilizar el promedio de la croma sobre el espacio de color CIELAB [11] es una buena medida de evaluación para determinar cuándo el contenido cromático de una imagen es mejor que el de otra [2].

En la Figura 1 se pueden observar los resultados cualitativos de los algoritmos de constancia de color, mostrando que todos los algoritmos presentan una mejora significativa en cada una de las imágenes, teniendo en cuenta que la información contenida en las imágenes originales es casi imperceptible para el ojo humano, pero al aplicar cualquiera de los algoritmos, es posible identificar el contenido de la escena. Puede notarse también que los algoritmos como el *White Patch* y el *Shades of Gray* aplicados por sí solos pueden dejar la imagen un poco oscura, y el algoritmo *Gray Edges* puede saturar la imagen. Ambos problemas se reducen notablemente al aplicar la modificación propuesta para mejorar el contraste de la imagen.

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados cuantitativos al aplicar la media de la croma como medida de evaluación sobre las imágenes utilizadas. Es evidente como cuantitativamente todos los algoritmos representan una mejora significativa para procesar las imágenes, además de que la modificación propuesta también muestra ser de gran utilidad en la mayor parte de los casos.

CONCLUSIONES

Todos los algoritmos de constancia de color muestran ser útiles para procesar imágenes nocturnas, mostrando mejoras notables tanto cualitativa como cuantitativamente. Se propuso una modificación aplicable a todos los algoritmos implementados, la cual demostró mejorar notablemente el desempeño de todos éstos en la mayoría de los casos. Como trabajo futuro se planea extender las pruebas a la base de datos completa, con el propósito realizar un análisis más profundo e implementar también otras medidas de evaluación que aporten una mayor información.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado gracias a la beca otorgada por el Instituto Tecnológico Metropolitano

de Medellín (Colombia) y la Universidad de Guanajuato (México) para participar en el Summer Program for Research 2017, el cual fue coordinado por la Universidad de Guanajuato.

REFERENCIAS

- [1] E. E. J. Jaime, "Fundamentos de procesamiento de imágenes," CONATEC 2002 Sede Baja California, México Univ. Autónoma Baja Calif., 2005.
- [2] J. Cepeda-Negrete and R. E. Sanchez-Yanez, "Algoritmos de Constancia de Color para el Mejoramiento de Imágenes Oscuras," in V Congreso Internacional de la Ciencia de Sistemas (CICS), 2013.
- [3] D. a. Forsyth, "A Novel Algorithm for Color Constancy," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 5, no. 1, pp. 5–36, 1990.
- [4] J. van de Weijer, T. Gevers, and A. Gijsenij, "Edge-based color constancy," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 16, no. 9, pp. 2207–2214, 2007.
- [5] E. H. Land and J. J. McCann, "Lightness and Retinex Theory," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 61, no. 1, pp. 1–11, 1971.
- [6] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception," *J. Franklin Inst.*, vol. 310, no. 1, pp. 1–26, 1980.
- [7] G. D. Finlayson and E. Trezzi, "Shades of gray and colour constancy," in *Color and Imaging Conference*, 2004, vol. 2004, no. 1, pp. 37–41.
- [8] K. Barnard, V. Cardei, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms - Part I: Methodology and experiments with synthesized data," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 11, no. 9, pp. 972–984, 2002.
- [9] K. Barnard, L. Martin, B. Funt, and A. Coath, "A Data Set for Colour Research," *Color Res. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 147–151, 2002.
- [10] G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. "O'Reilly Media, Inc.," 2008.
- [11] M. D. Fairchild, *Color appearance models*. John Wiley & Sons, 2013.