



CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL

PRACTICAS DE LABORATORIO

INGENIERÍA CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE	2025-B	19SDS32	Procesamiento de Imágenes
ALUMNO		FECHA	EVALUACIÓN

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN No	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
11	LCS	RGB a HSI	2

INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de imágenes es una disciplina ampliamente utilizada en aplicaciones científicas, industriales y artísticas. Este campo se encarga de transformar datos visuales para optimizar su percepción o extraer información específica. Una de las tareas fundamentales en el procesamiento de imágenes es la manipulación del color, ya que este aspecto visual desempeña un papel crucial en la percepción humana. Los colores transmiten información esencial sobre los objetos, como su naturaleza, estado o propósito. Sin embargo, trabajar con colores en un espacio tradicional como el RGB puede resultar complejo debido a la interdependencia de sus componentes (rojo, verde y azul). Por ello, se han desarrollado modelos alternativos, como el HSI, que separan los atributos del color en términos de tono, saturación e intensidad. Este modelo resulta más intuitivo y adecuado para muchas aplicaciones prácticas, ya que se aproxima mejor a la forma en que los humanos perciben y describen los colores.

Un modelo o espacio de color nos indica la manera en que un color esta definido. Generalmente, un espacio de color esta determinado por una base de n vectores, cuyas combinaciones lineales generan todos los elementos del espacio. Entre mayor sea el número de vectores, el espacio comprenderá una mayor cantidad de colores reales. Por mencionar algunos ejemplos: espacio de una dimension, la escala de grises; espacios de dos dimensiones, los planos RG, GB y BR que son variedades del amarillo, cian y magenta, respectivamente; espacios tridimensionales, el espacio RGB (Red, Green, Blue), HSV (Hue, Saturation, Value), HSI (Hue, Saturation, Intensity) y YIQ; espacio de cuatro dimensiones, CMYK (Cyan, Magenta, Yellow y Key -color negro-), modelo utilizado en la impresion a colores.



CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL

PRACTICAS DE LABORATORIO

El modelo HSI permite, por ejemplo, modificar únicamente el tono de una región específica en una imagen, manteniendo inalteradas las propiedades de saturación e intensidad. Este enfoque es especialmente útil en tareas como la asignación de falso color, donde se busca resaltar características visuales de manera selectiva sin comprometer el contexto general de la imagen. La asignación de falso color se utiliza en áreas como la teledetección, el análisis médico y el diseño visual, donde es necesario destacar ciertas regiones u objetos para facilitar su interpretación o análisis.

En esta práctica, se implementó un algoritmo para modificar el tono de una región seleccionada de una imagen, respetando las propiedades de saturación e intensidad. El enfoque utiliza transformaciones entre los modelos RGB y HSI para lograr resultados estéticamente armónicos y técnicamente precisos.

OBJETIVO (COMPETENCIA)

El objetivo de esta práctica fue implementar un algoritmo capaz de modificar el tono de una región específica en una imagen utilizando el modelo HSI, manteniendo las características de saturación e intensidad inalteradas. Para ello, se trabajó directamente con las fórmulas de transformación de los espacios RGB a HSI y viceversa. Estas fórmulas permitieron calcular los valores del tono (H), la saturación (S) y la intensidad (I) de cada píxel, identificando los tonos mínimo y máximo en la región de interés.

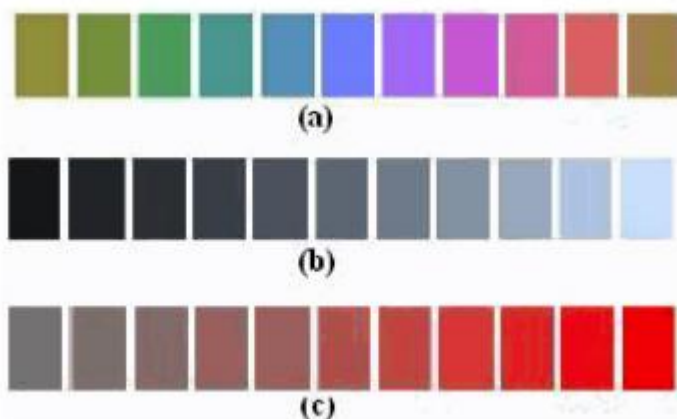
El nuevo tono se asignó directamente utilizando estas fórmulas, asegurando que los cambios fueran precisos y controlados. Posteriormente, se realizó la reconversión al espacio RGB utilizando nuevamente las expresiones matemáticas correspondientes, lo que permitió visualizar los resultados manteniendo la integridad de la imagen. Este procedimiento asegura que el algoritmo sea no solo funcional, sino también escalable para aplicaciones más complejas.

FUNDAMENTO

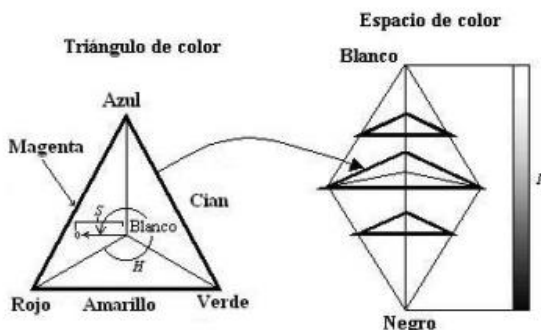
El modelo HSI es ampliamente reconocido en el procesamiento digital de imágenes debido a su representación intuitiva de los colores. A diferencia del modelo RGB, que representa los colores como combinaciones de rojo, verde y azul, el modelo HSI separa el color en tres componentes que tienen significados más claros desde la perspectiva humana: tono, saturación e intensidad. Esta separación facilita la manipulación de imágenes, permitiendo realizar cambios selectivos en cada atributo de manera independiente.

Modelo de color HSI

En el modelo de color HSI los colores se distinguen unos de otros por su tono, intensidad, y saturación. El tono está asociado con la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas luminosas. Así, el tono representa el color dominante tal y como lo percibimos; cuando decimos que un objeto es rojo, verde o café estamos indicando su tono. La intensidad representa la iluminación percibida. La intensidad da la sensación de que algún objeto refleja más o menos luz. Este atributo lo podemos ver claramente en un televisor en blanco y negro.



La saturación se refiere a la cantidad de luz blanca mezclada con el color dominante. La saturación es un atributo que nos diferencia un color intenso de uno pálido. Cada uno de los colores primarios tiene su mayor valor de saturación antes de ser mezclados con otros. Así, el azul cielo es muy claro (menos saturado), mientras que el azul marino es más opaco (más saturado). Otro ejemplo, es el color rosa (rojo y blanco) que está menos saturado; mientras que el color rojo está totalmente saturado. Tono y saturación están definidos por el triángulo de color.



Se observa que el tono H del punto de color O es una medida angular, medida desde el eje rojo. Así, cuando $H=0^\circ$, el color es rojo, cuando H es 60° el color es amarillo, y así sucesivamente. La saturación S del punto O es proporcional a la distancia desde O hasta el centro del triángulo. Entre mayor sea esta distancia la saturación será mayor. El valor de intensidad del punto O es proporcional a la distancia (sobre la recta perpendicular al plano del triángulo y que pasa por su centro) medida desde el punto negro hasta donde inicia el vector del punto O . De esta forma, para cualquier punto de color en la pirámide triangular, si su respectivo valor de intensidad tiende al punto del blanco, entonces el color será más claro. Pero si tiende al punto negro el color será más oscuro. Uniendo tono, saturación e intensidad se tiene la estructura de doble pirámide triangular. Los puntos sobre la superficie de la pirámide representan un color totalmente saturado. Los colores de los puntos interiores de la pirámide se hacen menos saturados conforme se acercan al eje vertical.

Conversión de RGB a HSI

El tono (H) y la saturación (S) están dados en términos de las ecuaciones denominadas coordenadas cromáticas que están definidas como

$$r = \frac{R}{R + G + B}, \quad (1)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B}, \quad (2)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B}. \quad (3)$$

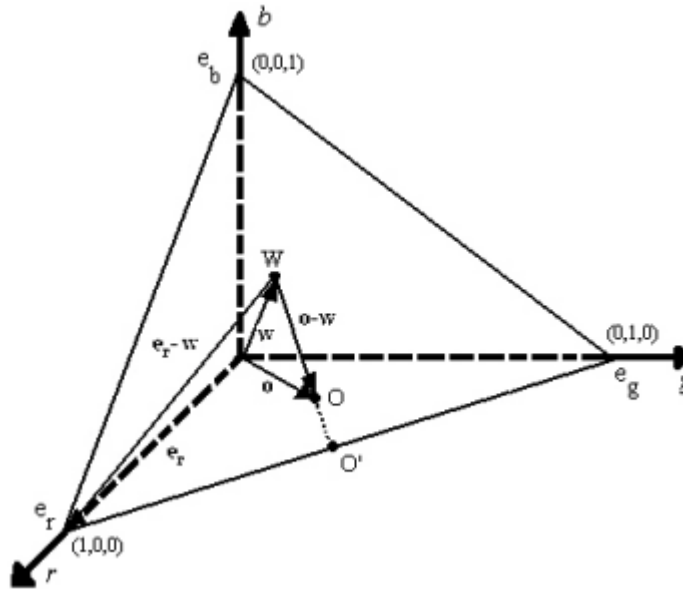
Que no son otra cosa que los valores normalizados de R , G y B . Sumando las Ecs. (1) a (3) resulta la ecuación del plano en el espacio euclidiano rgb que pasa por los puntos $(1,0,0)$, $(0,1,0)$ y $(0,0,1)$:

$$r + g + b = 1. \quad (4)$$

La figura geométrica sobre el plano delimitado por estos puntos es un triángulo equilátero. Se conoce que la gama de colores resultantes por la combinación de tres colores está modelada precisamente por este tipo de triángulos. La intensidad I , está definida como el promedio de R , G y B :

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B), \quad (5)$$

cuyo valor está también en el intervalo $[0,1]$.



Para hallar el tono nos auxiliamos del triángulo, en donde el centro del triángulo equilátero W tiene coordenadas $(1/3, 1/3, 1/3)$; w es el vector que va del origen a W; el punto de color O tiene coordenadas (r_0, g_0, b_0) ; el vector o va del origen al punto O. Como se menciona, el tono es el ángulo formado por el eje rojo y el vector que termina en un punto de color O. Con la figura auxiliar notamos que este ángulo está formado por los vectores $e_r - w$ y $o - w$, en donde e_r es el vector que termina en el punto $(1, 0, 0)$. Utilizando la ecuación del producto punto entre dos vectores $a \cdot b = \|a\| \|b\| \cos \theta$ para $0 \leq \theta \leq 180$, llegamos a que el tono H se expresa de la siguiente manera:

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{(\mathbf{o} - \mathbf{w}) \cdot (\mathbf{e}_r - \mathbf{w})}{\|\mathbf{o} - \mathbf{w}\| \|\mathbf{e}_r - \mathbf{w}\|} \right]. \quad (6)$$

Realizando las operaciones concernientes, finalmente obtenemos

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right], \quad (7)$$

para $0 \leq H \leq 180$.

De la figura del triángulo, si $b > g$, o equivalentemente si $B > G$, entonces $H > 180$. Para este caso primero ocupamos la Ec. (7) y luego hacemos $H = 360 - H$. Para el cálculo de

la saturación prolongamos la recta definida por los puntos W y O hasta que corte algún lado del triángulo, el punto donde se corta lo denotamos por O'. Dado que la saturación está en el intervalo cerrado [0,1] y es proporcional a la distancia de W hasta O ($|WO|$), esta se define como

$$S = \frac{|WO|}{|WO'|}. \quad (8)$$

Centramos nuestra atención en el área del triángulo delimitada por los puntos e_r , W, y e_g , llamémosle A1 y supongamos que O se encuentra en esta área. Para obtener S, necesitamos conocer las coordenadas de O. Estas coordenadas las podemos obtener resolviendo el sistema de ecuaciones, que es resultado de la intersección de la recta que pasa por W y O y que matemáticamente se expresa así:

$$r = k \left(r_0 - \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{3}, \quad (9)$$

$$g = k \left(g_0 - \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{3}, \quad (10)$$

$$b = k \left(b_0 - \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{3}, \quad (11)$$

ANIVERSARIO

con k dentro del intervalo [0, 1] y la recta que pasa por e_r , e_g cuya ecuación paramétrica es:

$$r = -l + 1, \quad (12)$$

$$g = l, \quad (13)$$

$$b = 0, \quad (14)$$

l en [0, 1].

Ya resuelto el sistema de ecuaciones se descubre que O0 tiene coordenadas

$$O' = \left[\frac{1 - g_0 - 2b_0}{1 - 3b_0}, \frac{g_0 - b_0}{1 - 3b_0}, 0 \right]. \quad (15)$$

Después, sustituyendo las coordenadas de W, O y O0 en la Ec. (8)

$$S = 1 - 3b_0, \quad (16)$$

donde b_0 es el mínimo de r_0 , g_0 y b_0 en el área A_1 , con lo que esta ecuación se transforma en

$$S = 1 - \frac{3\min(R, G, B)}{R + G + B}. \quad (17)$$

De manera análoga para las áreas triangulares A_2 y A_3 definidas por los puntos eg , W , eb y er , W , eb respectivamente, se llega a la Ec. (17).

Conversión de HSI a RGB

Encontrar los valores de RGB depende de la posición del punto de color O en alguna de las áreas A_1 , A_2 o A_3 . Para el caso en que el punto de color se encuentre en A_1 ($0 \leq H < 120$), de la Ec. (16) obtenemos

$$b_0 = \frac{1}{3} (1 - S). \quad (18)$$

A r_0 se le halla teniendo en cuenta que es proyección de O [1]:

$$r_0 = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60 - H)} \right], \quad (19)$$

Ahora, de la Ec. (4)

$$g_0 = 1 - (r_0 + b_0). \quad (20)$$

Finalmente, de las Ecs. (1) a (3), $R = 3lr_0$, $G = 3lg_0$, $B = 3lb_0$. Sustituyendo estas en las Ecs. (18), (19) y (20), tenemos, Para $0 \leq H < 120$:

$$B = I(1 - S), \quad (21)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60 - H)} \right], \quad (22)$$

$$G = 3I - R - B, \quad (23)$$

De la misma forma para las áreas A_2 y A_3 se encuentran los valores RGB. Esto es: Para eg Web ($120 \leq H < 240$)

$$R = I(1 - S), \quad (24)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120)}{\cos(180 - H)} \right], \quad (25)$$

$$B = 3I - R - G. \quad (26)$$

Y para $240 \leq H < 360$

$$G = I(1 - S), \quad (27)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 240)}{\cos(300 - H)} \right], \quad (28)$$

$$R = 3I - G - B. \quad (29)$$

METODOLOGÍA (DESARROLLO DE LA PRACTICA)

El código implementado consta de varias etapas, descritas a continuación:

1. **Carga y visualización de la imagen:** Se inicia cargando una imagen de prueba en formato RGB. Se muestra al usuario para facilitar la selección de una región de interés. En este caso, la imagen utilizada corresponde a un tigre.
2. **Selección de región de interés:** Se implementa una interfaz para que el usuario seleccione una región rectangular sobre la imagen. La máscara generada identifica los píxeles que pertenecen a dicha región, delimitando el área donde se aplicará el cambio de tono.
3. **Conversión al modelo HSI:** La imagen se transforma al espacio HSI utilizando la función auxiliar `rgb2hsi`. Este paso es crucial para separar el tono de las demás propiedades del color.
4. **Cálculo y modificación del tono:** Se identifican los valores mínimo y máximo de tono dentro de la región seleccionada. Estos valores definen el rango tonal que caracteriza al área de interés. Posteriormente, se asigna un nuevo tono definido por el usuario.
5. **Reconversión a RGB:** Una vez modificado el tono, se utiliza la función auxiliar `hsi2rgb` para reconvertir la imagen al modelo RGB, asegurando que el resultado pueda visualizarse correctamente.
6. **Visualización del resultado:** Finalmente, se muestra la imagen procesada, destacando el cambio de tono aplicado a la región seleccionada.
7. **Funciones auxiliares:**
 - a. **rgb2hsi:** Convierte una imagen del espacio RGB a HSI basándose en relaciones geométricas y ecuaciones trigonométricas.
 - b. **hsi2rgb:** Realiza la transformación inversa respetando las propiedades definidas por el modelo HSI.

Código:

```
% Cargar la imagen
imagen = imread('tigre.jpg'); % Cambiar a la imagen deseada
imshow(imagen);
title('Imagen Original');
% Seleccionar una región de interés manualmente
disp('Seleccione una región de interés. ');
region = drawrectangle;
mask = createMask(region);
% Convertir la imagen de RGB a HSI
imagen_hsi = rgb2hsi(imagen);
% Encontrar los valores H, S, e I en la región seleccionada
h_region = imagen_hsi(:, :, 1);
s_region = imagen_hsi(:, :, 2);
i_region = imagen_hsi(:, :, 3);
h_selected = h_region(mask);
h_min = min(h_selected);
h_max = max(h_selected);
disp(['Tono mínimo: ', num2str(h_min)]);
disp(['Tono máximo: ', num2str(h_max)]);
% Cambiar el tono de la región seleccionada
nuevo_tono = 0.5; % Cambiar a tono deseado
h_region(mask) = nuevo_tono;
% Reunir las capas HSI con el nuevo tono
imagen_hsi_modificada = imagen_hsi;
imagen_hsi_modificada(:, :, 1) = h_region;
% Convertir la imagen de HSI a RGB
imagen_modificada = hsi2rgb(imagen_hsi_modificada);
% Mostrar la imagen resultante
figure;
imshow(imagen_modificada);
title('Imagen con tono modificado');
% Funciones auxiliares
function hsi = rgb2hsi(rgb)
    rgb = im2double(rgb);
    R = rgb(:, :, 1);
    G = rgb(:, :, 2);
    B = rgb(:, :, 3);
    % Cálculo de H
    num = 0.5 * ((R - G) + (R - B));
    den = sqrt((R - G).^2 + (R - B).*(G - B));
    theta = acos(num ./ (den + eps));
    H = theta;
    H(B > G) = 2*pi - H(B > G);
    H = H / (2*pi);
    % Cálculo de S
```

```

S = 1 - (3 ./ (sum(rgb, 3) + eps)) .* min(rgb, [], 3);
% Cálculo de I
I = mean(rgb, 3);
hsi = cat(3, H, S, I);
end
function rgb = hsi2rgb(hsi)
H = hsi(:, :, 1) * 2 * pi;
S = hsi(:, :, 2);
I = hsi(:, :, 3);
R = zeros(size(H));
G = zeros(size(H));
B = zeros(size(H));
% Sector 0 <= H < 2*pi/3
idx = H < 2*pi/3;
B(idx) = I(idx) .* (1 - S(idx));
R(idx) = I(idx) .* (1 + S(idx) .* cos(H(idx)) ./ cos(pi/3 - H(idx)));
G(idx) = 3*I(idx) - (R(idx) + B(idx));
% Sector 2*pi/3 <= H < 4*pi/3
idx = (H >= 2*pi/3) & (H < 4*pi/3);
H(idx) = H(idx) - 2*pi/3;
R(idx) = I(idx) .* (1 - S(idx));
G(idx) = I(idx) .* (1 + S(idx) .* cos(H(idx)) ./ cos(pi/3 - H(idx)));
B(idx) = 3*I(idx) - (R(idx) + G(idx));
% Sector 4*pi/3 <= H < 2*pi
idx = H >= 4*pi/3;
H(idx) = H(idx) - 4*pi/3;
G(idx) = I(idx) .* (1 - S(idx));
B(idx) = I(idx) .* (1 + S(idx) .* cos(H(idx)) ./ cos(pi/3 - H(idx)));
R(idx) = 3*I(idx) - (G(idx) + B(idx));
rgb = cat(3, R, G, B);
rgb = max(min(rgb, 1), 0);
end

```



CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL PRACTICAS DE LABORATORIO

RESULTADOS Y CONCLUSIONES



REFERENCIAS

1. Báez Rojas, J. J., & Alonso Pérez, M. A. (2008). Uso del sistema HSI para asignar falso color a objetos en imágenes digitales. *Revista Mexicana de Física E*, 54(2), 186-192. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422008000200011
2. Alonso Pérez, M. A. (2008). *Espacios de Color RGB, HSI y sus Generalizaciones a Espacios de Dimensión Superior* (Tesis doctoral). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Recuperado de <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/362/1/AlonsoPeMA.pdf>
3. Universidad Autónoma del Estado de México. (s.f.). *Modelos de color*. Recuperado de <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/35464/secme-23095.pdf?sequence=1>
4. Universidad de Sevilla. (s.f.). *Introducción a las imágenes digitales*. Recuperado de <https://grupo.us.es/gtocom/pid/tema1-2.pdf>

Elavoro	Observaciones	Evaluacion
DR. Gerardo García Gil		