

1.2. Modelos de color

El objetivo de un modelo de color (espacio de color o sistema de color) es facilitar la especificación de colores estándar. Un modelo de color es una especificación de:

1. Un sistema de coordenadas.
2. Un subespacio dentro de un sistema, tal que cada color en el modelo está representado por un solo punto contenido en ese subespacio.

Hasta hoy, el color ha sido controlado por hardware (como monitores con rojo, verde, azul y colores secundarios cian, magenta, amarillo) o software cuyo propósito es cambiar el color. En el procesamiento de imágenes digitales se utilizan los colores RGB (rojo, verde, azul) en la gestión del color y las cámaras, y por otro lado también se utiliza el modelo RGB, CMY (cian, magenta, amarillo) y CMYK (cian, magenta, amarillo, negro) estándar para la impresión en color; y el modelo HSI (Tono, Saturación, Intensidad), que se relaciona con cómo las personas describen e interpretan el color.

1.2.1. RGB

En el modelo RGB, cada color se compone de sus componentes principales rojo, verde y azul. Este modelo se basa en el sistema de coordenadas cartesiano. El efecto de color final es un cubo como se muestra en la figura 1.8, con los elementos RGB en un triángulo; los colores secundarios CMY en los otros triángulos comenzando con el negro y el blanco en las esquinas orientadas hacia el origen; El gris (el símbolo del mismo valor RGB) se extiende desde la línea que comienza en negro hasta la otra esquina en blanco. Las variantes de este modelo representan puntos sobre o dentro de un cubo y están definidas por vectores que apuntan al origen. Para su comodidad, se han cambiado todos los colores para que coincidan con el teclado y el cubo de la unidad en la Figura 1.8. Es decir, todos los valores de R, G y B en esta representación están en el rango [0, 1] como números de coma flotante. Tenga en cuenta que las primitivas RGB se pueden interpretar como vectores unitarios que se extienden desde el origen del cubo.

La imagen se muestra en formato RGB y contiene tres conjuntos de imágenes, uno para cada color. Cuando se introducen en un monitor RGB, estas tres imágenes se combinan en la pantalla para crear una imagen multicolor. El número de bits que representan cada píxel en el espacio RGB se denomina profundidad de píxel. Piense en una imagen RGB, donde cada imagen roja, verde y azul es una imagen de 8 bits y, por lo tanto, contiene sólo colores posibles. Cada píxel de un color RGB (es decir, el triángulo de R, G y B) tiene una profundidad de 24 bits (tres planos de imagen multiplicados por el número de bits). El atributo de color se refiere a una imagen en color RGB de 24 bits, por lo que la cantidad de colores disponibles es. La figura 1.9 muestra un parche RGB de 24 bits similar a la figura 1.8.

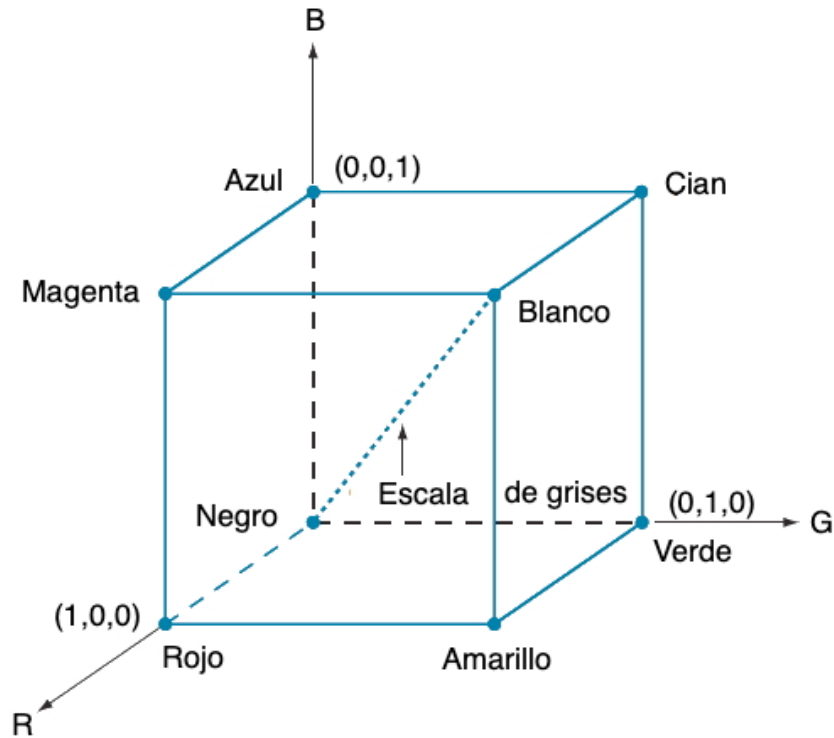


Figura 1.8 Diagrama del modelo de color RGB

Para imágenes digitales, el rango de valores en el cubo se escala a los números representables por el número de bits en las imágenes. Los límites del cubo a lo largo de cada eje deben ser convertidos en valores en el rango $[0, 255]$. Entonces, el blanco estaría en el punto $[255, 255, 255]$ del cubo.



Figura 1.9 Cubo de color RGB para 24 bits de profundidad.

1.2.2. CMY

El cian, el magenta y el amarillo son los colores secundarios de los colores primarios RGB (Figura 1.10). Cuando la pantalla se ilumina con luz cian y blanca, la luz roja no se puede ver desde el frente. En otras palabras, el cian resta la luz roja a la luz blanca. y luz roja, la cantidad de luz verde y azul también es la misma.

Muchos dispositivos de impresión que manejan papel en color, como impresoras y fotocopadoras, requieren entrada de datos CMY o cálculos de conversión de RGB a CMY. La conversión se realiza mediante una función simple que convierte todos los colores RGB al color [0, 1]. La ecuación 1.1 muestra que la luz reflejada desde una superficie cubierta de blanco puro no tiene color rojo (es decir, $C = 1 - R$ en la ecuación). Asimismo, el magenta blanco no refleja el verde y el amarillo amarillento no refleja el azul. La ecuación 1.1 también muestra que los valores RGB se pueden obtener del grupo CMY restando el valor CMY de 1.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

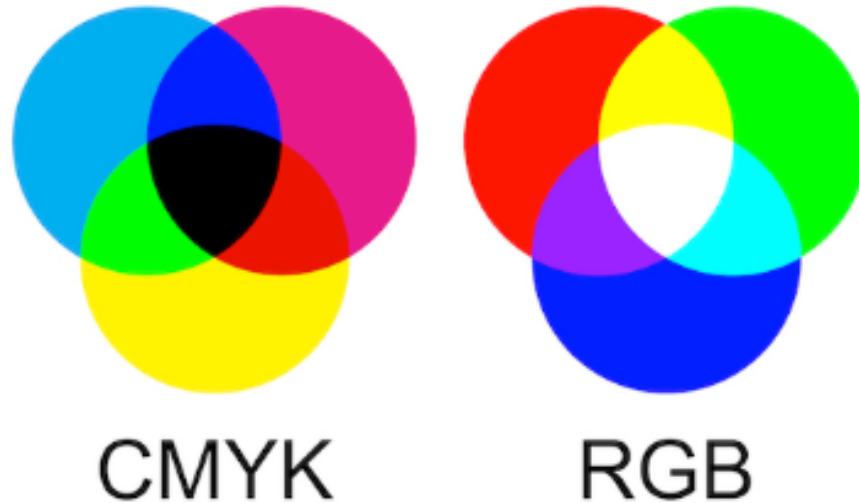


Figura 1.10 Colores secundarios, primarios y sus mezclas.

Como se muestra en la figura 1.10, cantidades iguales de pigmentos cian, magenta y amarillo vuelven incoloro y negro. De hecho, las tintas C, M e Y no son de color blanco y combinadas con tinta negra producirán marrón, no negro. Por lo tanto, para crear negro puro (el color primario en la impresión), es necesario agregar un cuarto color (negro definido por K), lo que da como resultado un color CMYK. Agrega negro a la base para crear un negro sólido. Cuando los editores hablan de impresión a cuatro colores, se refieren a los tres colores CMY, incluida la parte negra. Comienza a convertir de colores CMY a colores CMYK.

$$K = \min(C, M, Y) \quad (1.2)$$

Si $K = 1$, se tiene negro puro, sin aportaciones de color, por lo que

$$C = 0, M = 0, Y = 0 \quad (1.3)$$

En caso contrario

$$C = \frac{(C-K)}{1-K} \quad (1.4)$$

$$M = \frac{(M-K)}{1-K} \quad (1.5)$$

$$Y = \frac{(Y-K)}{1-K} \quad (1.6)$$

donde todos los valores están localizados en el rango [0, 1] (de nuevo valores en coma flotante). La conversión inversa del modelo CMYK al modelo CMY se realiza de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$C = C * (1 - K) + K \quad (1.7)$$

$$M = M * (1 - K) + K \quad (1.8)$$

$$Y = Y * (1 - K) + K \quad (1.9)$$

1.2.3. YIQ

YIQ es el espacio de color utilizado por los programas de televisión NTSC (Comité Nacional de Estándares de Televisión) y se utiliza en América del Norte, Central y Japón. La parte I representa la fase y la parte Q representa la cuadratura y describe los componentes utilizados en la modulación de amplitud. Algunos modelos NTSC utilizan el espacio de color YUV, que también utilizan sistemas como PAL (Televisión Europea).

El componente Y representa la información de definición y es el único componente utilizado por los receptores de vídeo en blanco y negro. Los componentes I y Q representan información de cromaticidad (color). En el espectro de color YUV, los componentes U y V se denominan coordenadas X e Y en el espacio de color. Los componentes I y Q pueden considerarse como un segundo eje en la misma figura, girado 33°, por lo tanto, los componentes IQ y UV representan diferentes sistemas de coordenadas en el mismo plano;

El sistema de color YIQ explota la respuesta de color del ojo humano. Esto se ve afectado por la variación naranja-azul (I) en lugar de violeta-verde (Q); por lo tanto, el ancho de banda requerido para la fase Q es menor que el ancho de banda requerido para la fase I. La línea de ancho de banda NTSC utilizada para transportar la señal. La fase I es de 1,3 MHz. La fase Q es de 0,4 MHz. La fase I y la fase Q en la señal Y son de 4 MHz, por lo que el ancho de banda total es de 4,2 MHz. En el sistema YUV, los componentes U y V se describen en naranja y azul. Estos dos componentes son los mismos que el componente Y para lograr fidelidad del color.

Pocos televisores muestran un análisis I y Q debido al alto costo de esta implementación. En comparación con RY y BY, es más barato y solo requiere un filtro, I y Q requieren filtros diferentes para determinar la diferencia de ancho de banda entre I y Q. más largo. Retraso en el análisis de la fase Q.

Procesamiento de imágenes

El modelo de color YIQ se utiliza para convertir imágenes en color. Al aplicar la ecualización de histograma correcta a una imagen RGB, la imagen cambiará de color. De hecho, aplicar la ecualización de histograma a la parte Y del espectro YIQ o YUV solo cambia la imagen.

Transformaciones

La conversión entre el espacio de color RGB y YIQ para una versión del sistema NTSC que no es de FCC se muestran a continuación. De RGB a YIQ

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1.10)$$

De YIQ a RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & 1.703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (1.11)$$

1.2.4. HSI

Cuando mira un objeto coloreado, puede describirlo a través de su color, densidad y brillo. El tono se refiere al color del blanco (amarillo, naranja o rojo), mientras que la saturación es una medida de qué tan blanco es cuando se reduce la luz blanca. La luz es una expresión de valor incommensurable. Contiene formas de energía incoloras (acromáticas) y es uno de los factores más importantes para explicar la visión del color. La densidad (escala de grises) es la cantidad más descriptiva de imágenes acromáticas, una cantidad que es fiable de medir y fácil de interpretar.

El modelo HSI (tono, saturación, intensidad) extrae componentes de intensidad de la información de color (tono y saturación) de una imagen en color. Por tanto, el modelo HSI es una herramienta útil para desarrollar algoritmos de procesamiento de imágenes basados en descripciones de color que son naturales y naturales para los humanos.

El sistema de color RGB se utiliza para crear imágenes en color (cuando se capturan imágenes con una cámara en color o se visualizan imágenes en una pantalla). Sin embargo, el espacio de color HSI está representado por coordenadas superiores, y el espacio de color se encuentra en planos paralelos al volumen; los límites definidos por la intersección de cada plano con las caras del cubo formado se muestran tres veces. Como se muestra en la Figura 1.11.

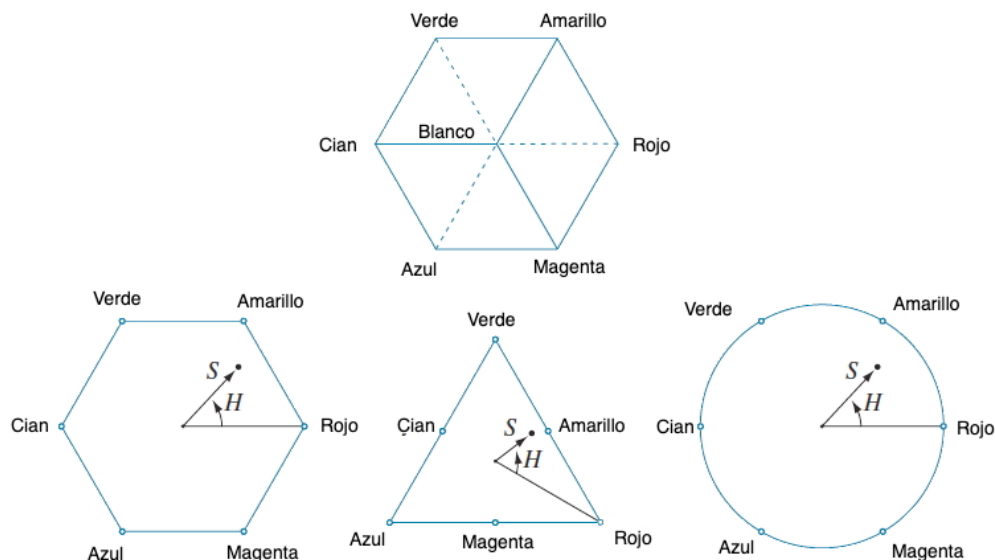


Figura 1.11 Diferentes planos para el formato HSI

Tenga en cuenta que los colores base están separados por ángulos de 120°. El ángulo entre el modo secundario y el modo primario es de 60°, por lo que el ángulo promedio del modo secundario es de 120°. La estructura hexagonal de la Figura 1.11 muestra una combinación de colores aleatoria. El tono de la señal está determinado por su ángulo con respecto a otra referencia. Cualquier momento en un ángulo de 0° con respecto a la superficie roja se denomina paso 0 y la densidad aumenta a partir de ahí. La escala es la distancia a lo largo del eje vertical,

que es la longitud del vector desde el origen hasta ese punto. Una fuente se define por la intersección de algún tipo de medición espacial y vertical.

Los componentes principales del color HSI son el eje de intensidad vertical, la longitud del vector de grado de color y el ángulo que forma este vector con el eje rojo. Por lo tanto, el sistema del índice Hang Seng puede considerarse como un plano definido como el hexágono, triángulo o círculo mencionado anteriormente, como se muestra en la Figura 1.11. Cada personaje se puede transformar en una de dos cosas mediante operaciones.

Conversión RGB a HSI

Para una imagen en formato de color RGB, el componente H de cada píxel RGB se obtiene mediante:

$$H = \begin{cases} \theta & \text{si } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{si } B > G \end{cases} \quad (1.12)$$

y

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-G)(G-B)]^{1/2}} \right\} \quad (1.13)$$

Agregue un pequeño número en el denominador de esta ecuación para evitar dividir por 0 cuando $R = G = B = 0$, en cuyo caso θ será un ángulo de 90° . Tenga en cuenta que cuando todos los componentes RGB son iguales, ecuación (1.14) da $S = 0$. La conversión de formatos de HSI a RGB se observa en las ecuaciones (1.16) a (1.26) dará $R = G = B = I$, porque, cuando $R = G = B$, estamos tratando con una imagen en escala de grises.

El componente de saturación está dado por la siguiente ecuación

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (1.14)$$

El componente de intensidad se obtiene de una media de los tres canales

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (1.15)$$

Los valores RGB deben cambiarse al rango $[0, 1]$ (ya que toman valores entre 0 y 255), y el ángulo θ está determinado por la parte roja del espacio HSI, como se muestra en la Figura 1.11. Los sonidos en el rango $[0, 1]$ también se pueden convertir dividiendo todos los valores en la ecuación (1.16) por 360° . Los otros dos parámetros HSI están en este modo si el valor RGB dado está en el rango $[0, 1]$.

Conversión HSI a RGB

Dados los valores del formato HSI en el intervalo $[0, 1]$, ahora se quiere encontrar los correspondiente a los valores de vuelta al formato RGB en el mismo rango. Las ecuaciones para aplicar dependen de los valores de H. Existen tres sectores de interés, ellos están en intervalos de ángulos de 120° en la separación primaria (vea la figura 1.11). Comience multiplicando H por 360° , lo que da como resultado el matiz a su rango original de $[0^\circ, 360^\circ]$. El sector RG está en el rango $(0^\circ \leq H < 120^\circ)$, cuando H está en este sector, se dan los componentes RGB por las siguientes ecuaciones

$$B = I(1 - S) \quad (1.16)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60-H)} \right] \quad (1.17)$$

$$G = 3I - (R + B) \quad (1.18)$$

Para el sector GB en el rango ($120^\circ \leq H < 240^\circ$), si el valor dado de H está en este sector, primero se le resta un ángulo de 120° para después aplicar lo correspondiente:

$$H = H - 120 \quad (1.19)$$

Así, los componentes RGB están dados por

$$R = I(1 - S) \quad (1.20)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60-H)} \right] \quad (1.21)$$

$$B = 3I - (R + G) \quad (1.22)$$

En el último sector BR en el rango ($240^\circ \leq H \leq 360^\circ$), si H está en este rango, se le resta un ángulo de 240° :

$$H = H - 240 \quad (1.23)$$

Por lo tanto, los componentes RGB están dados por

$$G = I(1 - S) \quad (1.24)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60-H)} \right] \quad (1.25)$$

$$R = 3I - (G + B) \quad (1.26)$$

1.2.5. HSV

Color HSV (Tono, Saturación, Valor), también conocido como HSB (Tono, Saturación, Brillo), define el color según los componentes, las coordenadas cilíndricas y el tono dentro de la gama de colores (como rojo, azul, o amarillo), representa el tamaño del ángulo, con valores que van de 0 a 360° (en algunos casos cambia de 0 a 100%). Cada valor corresponde a un color, 0 es rojo, 60 es amarillo y 120 es verde. La densidad representa la distancia desde el pico blanco y oscila entre 0 y 100% . Cuanto menor sea la densidad del color, mayor será la escala de grises y el contraste de color. Es bueno definir la incertidumbre como un estado diferente. El valor del color es el brillo del color. Representa la altura del gobernante blanco y negro. Los valores posibles oscilan entre 0 y 100% . 0 es negro, 100 densidad es blanco, más o menos coloreado.

Conversión RGB a HSV

Dados tres valores de R, G y B (cada uno entre 0 y 255), se define m (minúscula) y M (mayúscula) con las siguientes relaciones

$$M = \max(R, G, B) \quad (1.27)$$

$$m = \min (R, G, B) \quad (1.28)$$

Para luego definir V y S por las ecuaciones

$$V = \frac{M}{255} \quad (1.29)$$

$$S = \begin{cases} 1 - \frac{m}{M} & \text{si } M > 0 \\ 0 & \text{si } M = 0 \end{cases} \quad (1.30)$$

De igual forma, que en los esquemas de color HSI y HSL, el tono H está definido por:

$$H = \begin{cases} \cos^{-1} \left[\frac{(R-0.5G-0.5B)}{\sqrt{R^2+G^2+B^2-RG-RB-GB}} \right] & \text{si } G \geq B \\ 360 - \cos^{-1} \left[\frac{(R-0.5G-0.5B)}{\sqrt{R^2+G^2+B^2-RG-RB-GB}} \right] & \text{si } B > G \end{cases} \quad (1.31)$$

El coseno inverso se calcula en grados.

Conversión HSV a RGB

Dados los valores de H, S y V, calcule m (minúscula) y M (mayúscula) con las ecuaciones

$$M = 255V \quad (1.32)$$

$$m = M(1 - S) \quad (1.33)$$

Ahora emplee un número, z, definido por la siguiente ecuación

$$z = (M - m)[1 - |(H/60) \bmod_2 - 1|] \quad (1.34)$$

donde \bmod_2 es la división módulo 2, si $H = 135$, entonces $(H/60) \bmod_2 = (135/60) \bmod_2 = (2.25) \bmod_2 = 0.25$. En la división módulo 2, la salida es el resto de la cantidad cuando la divide por 2. Ahora podrá calcular R, G y B de acuerdo con la medida del ángulo de H. Existen seis casos:

Cuando H está en el rango $0 \leq H < 60$:

$$R = M \quad (1.35)$$

$$G = z + m \quad (1.36)$$

$$B = m \quad (1.37)$$

Si H está en el rango $60 \leq H < 120$

$$R = z + M \quad (1.38)$$

$$G = M \quad (1.39)$$

$$B = m \quad (1.40)$$

Si H se encuentra en el rango $120 \leq H < 180$

$$R = m \quad (1.41)$$

$$G = M \quad (1.42)$$

$$B = z + m \quad (1.43)$$

Si H se localiza en el rango $180 \leq H < 240$

$$R = m \quad (1.44)$$

$$G = z + m \quad (1.45)$$

$$B = M \quad (1.46)$$

Cuando H está en el rango $240 \leq H < 300$

$$R = z + m \quad (1.47)$$

$$G = m \quad (1.48)$$

$$B = M \quad (1.49)$$

Y finalmente si H está en el rango $300 \leq H < 360$

$$R = M \quad (1.50)$$

$$G = m \quad (1.51)$$

$$B = z + m \quad (1.52)$$