

Ajuste lineal y ecualización del histograma de una imagen

Walter Alejandro Moreno Ramírez
Departamento de Estudios Multidisciplinarios
Universidad de Guanajuato
Yuriria, Guanajuato
Correo: wa.morenoramirez@ugto.mx

Abstract—This article describes how to implement the linear adjustment and equalization of the histogram of an image with different contrast values. In addition to the relevance of such methods, as well as their advantages and disadvantages.

Index Terms—Pixel, histograma, histograma acumulado, curva tonal, brillo, contraste, función, C++, OpenCV.

I. INTRODUCCIÓN

Con el histograma obtenemos la distribución de grises en toda una imagen, si dicha distribución no es uniforme y se centra en un rango en específico, se busca la mejor manera para corregir ese “defecto” que pueda tener la imagen, con el fin obtener mayor calidad de la misma.

Algo muy frecuente al momento de analizar fotografías es que pueden presentar un contraste incorrecto. Para probar los dos métodos que se estudian y describen en éste artículo se utilizarán 3 imágenes, las cuales se irán describiendo a continuación.

El histograma de una imagen muy oscura muestra una frecuencia de grises en un intervalo muy cercano al 0 como se puede ver en la Figura 1.

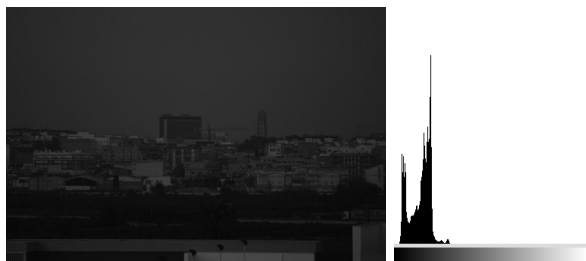


Figura 1. Imagen muy oscura y su respectivo histograma.

En cambio, en una imagen con mucho brillo ese intervalo es más cercano al 255 tal como se aprecia en la Figura 2.



Figura 2. Imagen muy iluminada y su respectivo histograma.

En comparación con los histogramas de la Figura 1 y Figura 2, una imagen con alto contraste presenta dos intervalos, uno cerca del 0 y otro cercano al 255, con pocos medios tonos de grises. Lo anterior se puede apreciar mejor en la Figura 3.

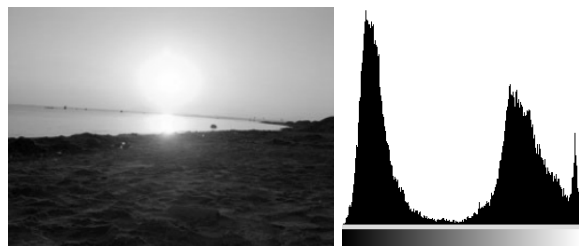


Figura 3. Imagen con un alto contraste y su histograma.

Para corregir los “defectos” mencionados con anterioridad es necesario distribuir uniformemente en toda la imagen los intervalos que se aprecian en los histogramas, esto se puede lograr realizando operaciones sobre la imagen, como multiplicar por un valor definido todos los píxeles, esto da como resultado que el histograma se “estire” y se distribuyan mejor los colores, pero no es muy eficaz en todos los casos. Si queremos obtener buenos resultados es necesario realizar una transformación sobre la imagen.

Las transformaciones pueden verse como una función $f : N \rightarrow N$ donde f es cualquier función y se interpreta como: para cada valor de gris de entrada le corresponde un valor de salida.

Para corregir un contraste incorrecto se realizarán dos tipos de transformaciones al histograma: **ajuste lineal** y **ecualización**.

La primer transformación, **ajuste lineal** o **estiramiento** (**stretch**) del histograma, se representa por la Ecuación (1).

$$Im_{out}(i, j) = 255 \left(\frac{Im_{in}(i, j) - Min}{Max - Min} \right) \quad (1)$$

Consiste en buscar el valor mínimo y el valor máximo del histograma en la escala de grises de la imagen de entrada, realizando las operaciones indicadas en la Ecuación (1) sobre cada pixel en cada uno de los canales de la imagen.

Y la segunda transformación, **ecualización** del histograma, se logra obteniendo una curva tonal que represente como se puede ir distribuyendo cada intensidad de la escala de grises. Dicha curva se obtiene de un histograma acumulado y se representa por las Ecuaciones (2) y (3).

$$H_c[0] = 0 \quad (2)$$

$$H_c[P] = H_c[P - 1] + H_c[P] \quad (3)$$

Esto es para $p = 1, 2, \dots, G - 1$

Donde H_c es el arreglo para el histograma acumulado, P es el índice de cada elemento dentro del arreglo y G el número de elemntos del arreglo H_c .

Una vez tenemos el histograma acumulado se utiliza la Ecuación (4) para obtener la función de transformación.

$$T[P] = round \left(\frac{G - 1}{MN} H_c[P] \right) \quad (4)$$

Teniendo la función de transformación se reescribe la imagen de entrada para crear una imagen de salida con g_p niveles de grises cambiando los valores de acuerdo a la Ecuacion (5).

$$g_p = T[g_p] \quad (5)$$

Ya que se explicaron ambos métodos, se procede a continuar con la práctica.

II. METODOLOGÍA

Tomando como referencia la práctica anterior, se usará el histograma que se genera para poder ajustar los tonos de grises de cada canal de la imagen.

Ambos programas fueron desarrollados en C++ usando las librerías de OpenCV para el procesamiento de imágenes.

En el programa base ya existían dos funciones; una para obtener el histograma de una imagen y la otra función se utiliza para crear una imagen y poder “dibujar” el histograma sobre ella.

Para realizar la práctica se creo otra función y se nombró **ajuste_lineal**. Dicha función recibe como único parámetro una imagen de tipo **Mat**, con la cual se trabajará.

De la Ecuación (1) podemos reordenarla para que tome de la forma de la Ecuación (6).

$$Im_{out}(i, j) = \left(\frac{255}{Max - Min} \right) (Im_{in}(i, j) - Min) \quad (6)$$

Cabe mencionar que tanto la Ecuación (1) como la Ecuación (6) matemáticamente son iguales, lo que se hizo fue cambiar la resta que se encuentra en el denominador y ponerlo como denominador de valor 255, esto no afecta la ecuación ya que dicho valor multiplica a la fracción completa.

De la Ecuación(6) podemos notar que el primer término es una constante, por lo tanto, una vez obtenidos los valores Max y Min, se guarda en una variable con identificador **factor**. Lo anterior se realiza para facilitar las operaciones, ya que también pueden ocasionar errores al momento de aplicar la ecuación.

Para poder aplicar el **ajuste_lineal** primero se clona la imagen de prueba, para ello se utiliza la siguiente instrucción:

```
Mat newImage = image.clone();
```

donde el nuevo objeto **newImage** de tipo Mat tiene todas las características del objeto **image**.

Una vez teniendo la imagen clonada, el valor de la variable **factor**, los valores Max, Min y de acuerdo al pseudocódigo de la Figura 5. se procede a relizar el **ajuste_lineal** al objeto **newImage**.

```

1   para i=0 hasta i<Filas
2       para j=0 hasta j<Columnas
3           para c=0 hasta c<Canales
4               si (image(i,j,c)-Min)*factor > 255
5                   newImage(i,j,c) = 255;
6               sino si (image(i,j,c)-Min)*factor < 0
7                   newImage(i,j,c) = 0;
8               sino
9                   newImage(i,j,c) = (image(i,j,c)-Min)*factor;
10          fin si
11      fin para
12  fin para
13  fin para

```

Figura 4. Pseudocódigo para realizar el **ajuste lineal** a una imagen.

De acuerdo al pseudocódigo de la Figura 5. cuando el valor resultante de la operación **(image(i,j,c)-Min)*factor** es mayor a 255 y menor a 0, los valores toman valores fuera de los rangos de la imagen, lo que se le conoce como overflow o desbordamiento. Al cumplirse tales condiciones, y la imagen al no poder contener valores negativos ni valores mayores de 255 los toma como valores positivos opuestos en la escala de grises. Lo anterior quiere decir que si existe un valor negativo

se toma como un tono de gris muy claro o blanco, al igual si es un número mayor a 255 se toma como un gris muy oscuro o negro.

Un pixel por encima de los 255 o por debajo de 0 se dice que está saturado y debido a esto se tienen que poner sus respectivos valores límite mas cercanos sobre la imagen, como se realiza en la línea 5 y 7 del pseudocódigo. Si el valor calculado no es mayor a 255 o menor a 0 se “dibuja” en la imagen con su respectivo valor en cada canal.

III. RESULTADOS

Como primer prueba se utiliza una foto muy poco luminosa. Con valores $Min = 10$ y $Max = 50$ de acuerdo a su histograma, el resultado de la imagen de la Figura 1. aplicandole el ajuste lineal se muestra en la Figura 6.



Figura 5. Imagen original e imagen aplicandole el ajuste lineal, respectivamente.

Como segunda prueba se utiliza una foto muy luminosa. Con valores $Min = 140$ y $Max = 255$ de acuerdo a su histograma, el resultado de la imagen de la Figura 2. aplicandole el ajuste lineal se muestra en la Figura 7.



Figura 6. Imagen original e imagen aplicandole el ajuste lineal, respectivamente.

Para la imagen de la Figura 3, aplicando el ajuste lineal con valores $Min = 20$ y $Max = 230$ su resultado se muestra en la figura 8.

Para realizar la ecualización del histograma primeramente se obtiene el histograma acumulado. Ya que en la Ecuación (2) el primer elemento del arreglo es cero, cuando el contador i tome el valor 0 se hace la acción indicada en dicha ecuación. Para el primer elemento descrito anteriormente y los consecuentes elementos se describen mediante el pseudocódigo que se muestra en la Figura 8.



Figura 7. Imagen original e imagen aplicandole el ajuste lineal, respectivamente.

```

1  para i=0 hasta 255
2      si i == 0
3          Hc[0] = 0
4      sino
5          Hc[i] = Hc[i-1] + Hc[i]
6      fin si
7  fin para

```

Figura 8. Pseudocódigo para obtener el histograma acumulado.

Una vez se tiene el histograma acumulado y de acuerdo a la Ecuación (4) se obtiene la función de transformación para la imagen.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con las imágenes de prueba, tanto el histograma acumulado que nos da la curva tonal, como su función de transformación.

Primer imagen de prueba.

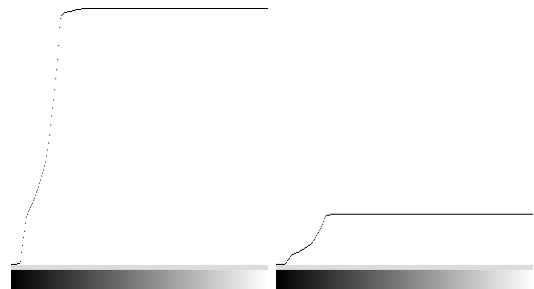


Figura 9. Curva tonal y función de transformación respectivamente, para la primer imagen.

Segunda imagen de prueba.

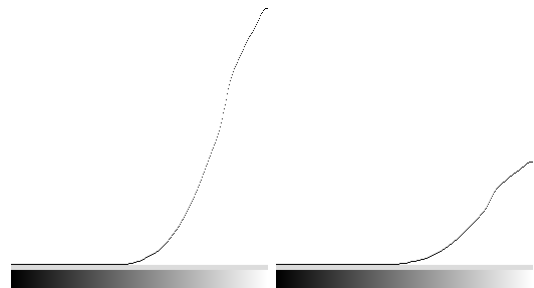


Figura 10. Curva tonal y función de transformación respectivamente, para la primer imagen.

Y por último la tercer imagen de prueba.

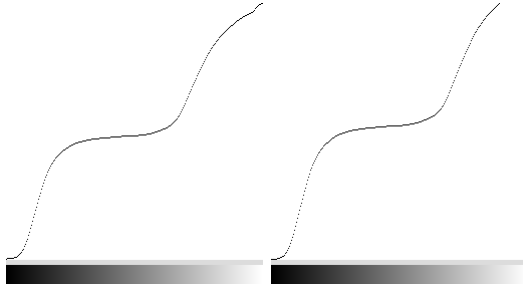


Figura 11. Curva tonal y función de transformación respectivamente, para la primer imagen.

Un detalle que es debido aclarar es que el histograma acumulado, para una mejor proyección en las gráficas, se normalizo igual que el histograma. Primero se dividieron todos los elementos entre el valor mayor, que se encuentra la posición 255 del histograma, posteriormente se realizó el producto entre cada elemento del arreglo del histograma acumulado por 255, para dar un límite de altura, ya que la imagen que se creó para mostrar los histogramas, como máxima altura tienes 255 píxeles.

IV. CONCLUSIONES

Aunque es una técnica que da buenos resultados tiene una desventaja muy importante, ya que si la concentración de tonos de grises se encuentra en ambos extremos del histograma y escogemos como mínimo y máximo los límites de la escala de grises, 0 y 255, al aplicar la transformación la imagen no sufre cambio alguno. La explicación es porque al realizar la división $\frac{255}{Max-Min}$, siendo $Max = 255$ y $Min = 0$, el resultado es 1. Con este resultado nos damos cuenta que no se realiza ningún cambio, siendo la imagen de salida igual a la imagen de entrada.

En lo que respecta a la ecualización del histograma, cuando se obtiene la función de transformación es más seguro que se producirá un cambio o corrección de ciertos “defectos”, aunque también tiene sus defectos ya que en algunos casos los resultados pueden ser artificiosos.