

Realzado de Imagen

11 de junio de 2001

Una operación clásica en el procesado de imagen es realzar una imagen de entrada de alguna manera para que la imagen de salida sea más fácil de interpretarla. La meta de la operación puede ser solo un ajuste para que el intérprete humano pueda hacer la información relevante más visible. Se puede hacer que un detalle de la imagen sea visible más fácilmente o se puede reducir el ruido presente. Alternativamente, una operación de realzado puede formar la parte del preprocesamiento de un sistema de análisis automático de imagen.

La técnica de igualación (ó ecualización) del histograma se trata en la sección 1. Esta es una técnica clásica que mejora el contraste de una imagen o que se utiliza para reducir el número de niveles de gris en una imagen.

En la sección 2 se revisa la técnica de filtrado espacial.

1 Igualación del histograma

El histograma de una imagen digital con niveles de gris en la amplitud de $[0, L - 1]$, es función discreta

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (1)$$

donde:

r_k es el k -ésimo nivel de gris,

n_k es el número de pixeles de la imagen con tal nivel de gris,

n es el número total de pixeles, y

$k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ nivel de gris.

Hablando vagamente, $p(r_k)$ da una estimación de la probabilidad de ocurrencia del nivel gris r_k . Una gráfica de esta función para todos los niveles de k provee una descripción global de la apariencia de la imagen. Por ejemplo, la fig. 1 muestra cuatro tipos básicos de imágenes. La fig. 1(a) presenta los niveles de gris concentrados en la zona oscura de la escala de grises, por lo que corresponde a una imagen con toda su apariencia oscura. La fig. 1(b) presenta lo opuesto, corresponde a una imagen brillante. El histograma de la fig. 1(c) tiene forma angosta, lo cual indica una amplitud dinámica pequeña y corresponde a una imagen con bajo contraste. Como todos los tonos de gris están concentrados en la mitad de la escala, la imagen pudiese dar la apariencia de un gris sombrío. Finalmente, la fig. 1(d) muestra un histograma significativamente extendido, corresponde a una imagen con alto contraste. Sin embargo, estas características son globales y no nos dicen nada específico acerca del contenido de la imagen.

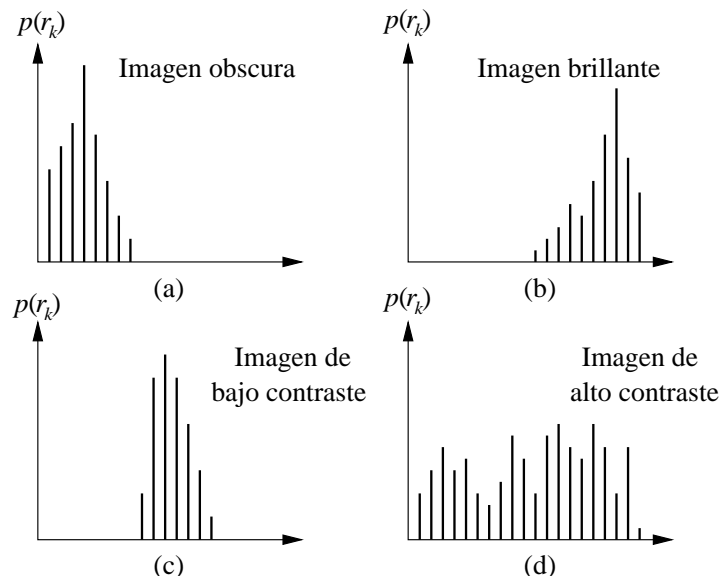


Figura 1: Histogramas correspondientes a cuatro tipos básicos de imágenes

La técnica de nivelación del histograma manipula el histograma de una manera útil. Sea r la variable para representar un nivel gris, que en una imagen de 8-bits por nivel, tomará valores de 0 a 255. Sean representados

los niveles de gris en la imagen modificada por q en la misma amplitud de valores. Entonces la ecuación de transformación es:

$$q = T(r) \quad (2)$$

donde $T()$ es algún operador de transformación. Esto significa que para cada pixel en la imagen original con el nivel de gris r , el pixel con la misma localidad en la imagen modificada estará dado por el nivel de gris $T(r)$.

En la igualación de histograma, el resultado deseado es que la densidad de probabilidades de q (los niveles de gris en la imagen modificada) sea uniforme para toda la amplitud de valores de q . La función de densidad de probabilidades puede obtenerse de los valores del histograma de la imagen original.

Usando la función de distribución acumulativa [1] de r se obtiene la mayor densidad de probabilidad uniforme, esta es en forma discreta.

$$q_k = T(r_k) = I_{\max} \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad (3)$$

para $k = 0, 1, \dots, L - 1$, y donde $I_{\max} = L - 1$ sirve para escalar al máximo nivel de gris.

Esta técnica se aplica para realzar el contraste de una imagen. También se aplica para reducir el número de niveles de gris, de la siguiente manera: para $k = 0, 1, \dots, L_n - 1$, donde $L_n - 1$ es el nuevo nivel máximo de gris y $L_n < L$, se obtiene una nueva $I_{\max} = L_n - 1$ para la ec. 3.

2 Filtrado espacial

Primero se desarrollarán las ideas en que se basan los métodos en el dominio del espacio y luego se describirán los diferentes filtros espaciales.

2.1 Métodos espaciales

Los métodos espaciales operan sobre agregados de pixeles que componen una imagen. Las funciones del procesado de imágenes en el dominio del espacio pueden expresarse como:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (4)$$

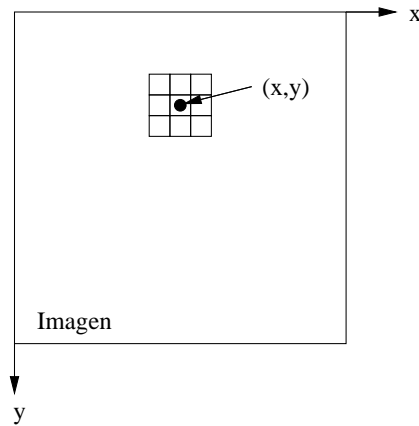


Figura 2: Una ventana de tamaño 3×3 sobre un punto (x, y) de una imagen.

donde $f(x, y)$ es la imagen de entrada, $g(x, y)$ es la imagen procesada, y T es un operador sobre f , definido sobre una ventana en (x, y) . El operador T también puede operar sobre un grupo de imágenes.

La aproximación principal para definir una ventana alrededor de un punto (x, y) es usando una subimagen de área cuadrada o rectangular, centrada en (x, y) , como se muestra en la fig. 2. El centro de la subimagen es movido de un píxel a otro píxel de inicio que corresponde a la esquina superior izquierda; aplicando cada operador a cada localidad (x, y) resulta g en esa localidad. Aunque existen otras formas de ventana, tal como la aproximación a un círculo, las formas cuadradas y rectangulares son, por mucho, las más predominantes por su fácil realización.

La forma más simple de T es cuando la ventana es de 1×1 . En este caso g depende sólo del valor de f en (x, y) , y T se convierte en una función de transformación del nivel de gris (llamado también mapeo) de la forma de la ec. 2. Las ventanas más grandes permiten una gran variedad de funciones de procesamiento. La aplicación más común es en realce de imágenes. Sin tomar en cuenta la aplicación específica, la aproximación general es poner los valores de f en una ventana predefinida de (x, y) y determina el valor de g en (x, y) . Una de las aplicaciones de esta formulación está basada en el uso de las llamadas máscaras. Básicamente una máscara es un arreglo pequeño en dos dimensiones (3×3 mínimo) tal como el mostrado en la fig. 3, en la cual los valores de los coeficientes determinan la naturaleza del proceso.

Las máscaras son frecuentemente referidas como máscaras de convolución

$$\frac{1}{K} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline w1 & w2 & w3 \\ \hline w4 & w5 & w6 \\ \hline w7 & w8 & w9 \\ \hline \end{array}$$

Figura 3: Una máscara de tamaño 3×3 , con coeficientes arbitrarios (pesos).

espacial relacionándolas con el desarrollo directo del teorema de convolución [2, caps. 3,4]. Estrictamente hablando, esto no es correcto porque la convolución entre dos imágenes involucra el giro de una de estas. El uso de este nombre es correcto sólo cuando la máscara es simétrica con respecto a su origen.

2.2 Filtraje

La técnica del filtrado espacial se basa en el uso de máscaras espaciales, usualmente es llamado *filtrado espacial* (opuesto a filtrado en el dominio de la frecuencia usando la transformada discreta de Fourier), y las máscaras en sí mismas son llamadas *filtros espaciales*.

La fig. 4 muestra una sección transversal de filtros pasa-bajos, pasa-altos y pasa-banda circulares simétricos en el dominio de la frecuencia y sus correspondientes filtros espaciales. El eje horizontal para las figuras de arriba corresponden a la frecuencia, y su contraparte de abajo son coordenadas espaciales. El eje horizontal para las figuras de arriba corresponden a la frecuencia, y su contraparte de abajo son usadas como guías para especificar filtros espaciales lineales. Sin importar el tipo de filtro usado, la aproximación básica es una suma de productos entre los coeficientes de la máscara y las intensidades de los pixeles bajo la máscara. La fig. 3, muestra una máscara típica de tamaño 3×3 . Denotando los pixeles bajo la máscara en cualquier localidad por z_1, z_2, \dots, z_9 , la respuesta de una máscara lineal es

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{j=1}^9 w_j z_j \quad (5)$$

El resultado de R en la ec. 5 generalmente queda fuera de la amplitud válida en el nivel de gris, por lo que se escala dividiendo R entre factor K , el mismo que esta representado en la fig. 3.

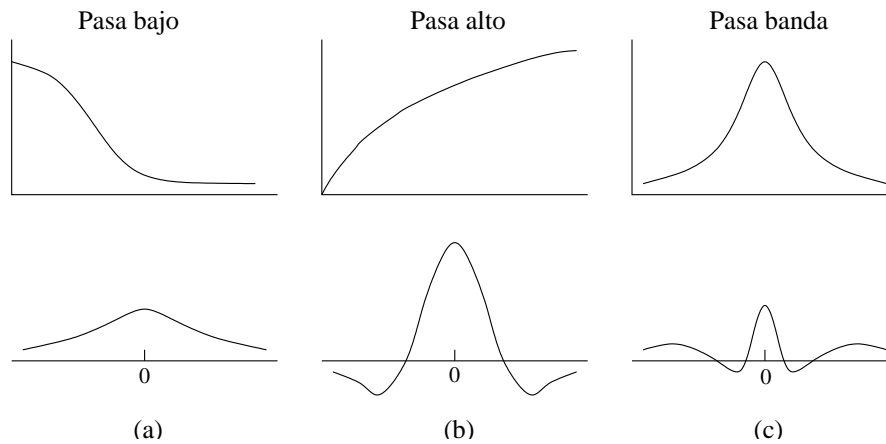


Figura 4: Arriba: secciones transversales de las formas básicas para filtros de simetría circular en el dominio de la frecuencia. Abajo: secciones transversales de los correspondientes filtros en el dominio espacial.

Los filtros espaciales no lineales también operan sobre ventanas. En general, de cualquier modo, su operación está basada directamente sobre los valores de los píxeles en la ventana bajo consideración y no usan explícitamente los coeficientes en la manera descrita por la ec. 5. La reducción de ruido puede lograrse efectivamente con un filtro no lineal (filtros de suavizamiento) cuya función básica es computar la medida de los valores de niveles de gris en el lindero en el cual el filtro es localizado. Otros ejemplos incluyen al filtro max (con una respuesta $R = \max\{z_k | k = 1, 2, \dots, 9\}$) el cual es usado para encontrar el punto más brillante en una imagen, y el filtro min, el cual es usado para el propósito opuesto.

Referencias

- [1] R.C. Gonzales and P. Wintz. *Digital Image Processing*. Adisson-Wesley, 1977.
- [2] Gonzalez R.C and R.E Woods. *Digital Image Processing*. Adisson-Wesley, 1993.