Operadores de Textura

A través de operadores de textura, se pueden obtener valores que representan la forma en la cual aparecen las diferentes intensidades de color en una imagen. Existen diferentes operadores de textura, como son: estadísticos, estructurales y espectrales. En este documento se introducirán los estadísticos y estructurales.

Operadores Estadísticos de Textura

Consideremos que “z” representa una variable que representa intensidad de un conjunto de píxeles en una imagen y sea $p(z_i)$ una función que obtiene el porcentaje de pixeles en una imagen con el valor de intensidad z_i, donde i = 0, …, L-1 (típicamente, L = 256).

El n-ésimo momento de “z” se expresa a través de la función:

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i)\,, donde\ m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$$

En esta ecuación, “m” representa el valor medio.

De especial interés resulta ser el segundo momento de “z” $(\sigma^2 = \mu_2(z))$, el cual es denominado **intensidad del contraste** de una imagen. Esta es utilizada en expresiones como:

$$R(z) = 1 - \frac{1}{1 + \frac{\sigma^2(z)}{(L-1)^2}}$$

donde R(z) representa la **suavidad relativa** de la imagen “z”.

El tercer momento, conocido como la **oblicuidad del histograma** se define como:

$$\mu_3(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i)$$

Así mismo, el cuarto momento representa la **relativa planaridad del histograma**.

Otra medida de gran interés es la **entropía promedio** basada en el histograma, la cual se define como:

$$e(z) = -\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) log_2 p(z_i)$$

Las medidas descritas previamente se basan en el histograma de la imagen, con base en la probabilidad de aparición de una intensidad de pixel $p(z_i)$. Sin embargo, no aportan información sobre cómo se comportan los valores de los pixeles con respecto a sus vecinos (regularidades en las intensidades de color).

Sea Q un operador que define la posición relativa entre dos pixeles en una imagen (es una función que dado un píxel en una imagen f, una distancia y un ángulo, se ubica un nuevo píxel a la distancia especificada con respecto al ángulo definido), L es el número de intensidades de nivel en la imagen f. Sea **G** una matriz, donde $g_{i,j}$ representa el número de veces que las parejas de pixeles con intensidades de nivel z_i y z_j ocurren en f, los cuales son especificados a partir de Q (por ejemplo, $Q(z_i,d, \theta°) = z_j$). A esta matriz se le conoce como la **matriz de co-ocurrencia**. Por ejemplo, considere la siguiente ejemplo (izquierda: matriz de la imagen a escala de grises; derecha: matriz de coocurrencia de la imagen a escala de grises):

1	1	7	5	3	2
5	1	6	1	2	5
8	8	6	8	1	2
4	3	4	5	5	1
8	7	8	7	6	2
7	8	6	2	6	2

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	0	0	0	1	1	0
2	0	0	0	0	1	1	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	0
5	2	0	1	0	1	0	0	0
6	1	3	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	1	0	2
8	1	0	0	0	0	2	2	1

Notemos que la dimensión de la matriz de coocurrencia G depende del numero de niveles de intensidades L existentes en la imagen. Por lo anterior, para una imagen con L = 256, la matriz de coocurrencia es de 256 x 256, lo que puede llegar a ser computacionalmente costoso de manejar. Para evitar manejar dimensiones grandes para G, se ha propuesto un proceso de cuantización, en el cual se agrupan rangos de valores de pixel en bandas. Por ejemplo, para imágenes con L = 256, se pueden agrupar las intensidades de colores de 32 en 32, donde cada región correspondería a una fila / columna en la matriz G (los primeros 32 niveles de intensidad serian el nivel 1 de G, los siguientes 32 al nivel 2 de G y asi sucesivamente).

A partir de G, se puede obtener el total de pixeles que satisfacen Q. Sea "n" el total de parejas de pixeles que aparecen en G, entonces $p_{ij} = {}^{g_{ij}}/_{n}$ representa la probabilidad de que una pareja de puntos con intensidades (z_i ,z_j) satisfagan Q.

Sea K la dimensión de la matriz de coocurrencia G. A partir de lo anterior se pueden obtener las siguientes métricas:

$$m_r = \sum_{i=1}^{K} i \sum_{j=1}^{K} p_{ij} \;\; variable\, con\, respecto\, a\, los\, renglones$$

$$m_c = \sum_{i=1}^{K} i \sum_{j=1}^{K} p_{ij} \;\; variable\, con\, respecto\, a\, las\, columnas$$

$$\sigma_r^2 = \sum_{i=1}^{K} (i - m_r)^2 \sum_{j=1}^{K} p_{ij}$$

$$\sigma_c^2 = \sum_{j=1}^{K} (j - m_c)^2 \sum_{ji1}^{K} p_{ij}$$

Con estos valores, se presentan los siguientes descriptores:

Descriptor	Fórmula
Correlación	$\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K}\frac{(i-m_r)(j-m_c)p_{ij}}{\sigma_r\sigma_c}, \sigma_r \neq 0, \sigma_c \neq 0$
Contraste	$\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K}(i-j)^2 p_{ij}$
Uniformidad	$\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K}{p_{ij}}^2$
Homogeneidad	$\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K}\frac{p_{ij}}{1+\lvert i-j\rvert}$
Entropía	$-\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{K}p_{ij}log_2 p_{ij}$

NOTAS: Así como se explicó en clase, se deberá de implementar los operadores siguientes:

Basados en el histograma

1. Intensidad de Contraste
2. Suavidad relativa
3. Oblicuidad del histograma
4. Entropía promedio

Basados en la matriz de co-ocurrencia

1. Correlación
2. Contraste
3. Uniformidad
4. Homogeneidad
5. Entropía