

Comparación de Modelos no Lineales para el Procesamiento de Imágenes

Modelos no Lineales para el Procesamiento de Imágenes de
Mamografías y Lesiones de la Piel

Carlos Toledo Silva

Universidad de La Habana

23 de junio de 2022

En la mayoría de las circunstancias imaginables, las imágenes digitales se obtienen por medios que implican máquinas con fuente de alimentación finita; por lo tanto, las imágenes digitales se definen en un rango finito de valores. Los algoritmos de procesamiento de imágenes, tradicionalmente, se basan en operaciones reales clásicas para su implementación. Bajo ciertas circunstancias, tal combinación, denominada procesamiento lineal clásico de imágenes (CLIP) demuestra sus limitaciones. Por ejemplo, mencionemos el desbordamiento del rango superior e inferior, que se resuelve brutalmente mediante el truncamiento. En consecuencia, estructuras más elaboradas aparecieron, como los modelos de procesamiento logarítmico de imágenes (LIP).

El punto de partida de los modelos logarítmicos de procesamiento de imágenes radica en la teoría homomórfica introducida por Oppenheim. Las implementaciones de los modelos LIP han sido proporcionadas, según nuestro mejor conocimiento, por Jourlin y Pinoli y, respectivamente, por Patrascu. Luego, el esquema de un nuevo modelo pseudo-logarítmico fue propuesto por Vertan. Con estos modelos se han desarrollado diversas aplicaciones: corrección de iluminación, mejora de contraste, mejora de imagen en color, ecualización de histogramas, mejora de rango dinámico, detección de bordes, etc.

Jourlin - Pinoli Model (LIP)

Dominio

$$[0, M)$$

Fórmula del isomorfismo

$$\varphi(v) = -M \ln(1 - \frac{v}{M})$$

Suma

$$v_1 \oplus v_2 = v_1 + v_2 - \frac{v_1 v_2}{M}$$

Resta

$$v_1 \ominus v_2 = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_2}{M}}$$

Multiplicación por escalar

$$\lambda \otimes v = M - M(1 - \frac{v}{M})^\lambda$$

Jourlin - Pinoli Model (LIP)

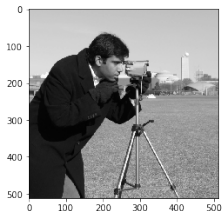


Figura: Imagen original

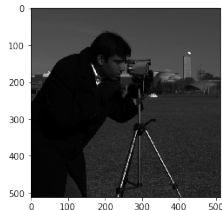


Figura: Imagen en el isomorfismo

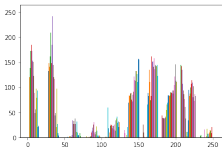


Figura: Histograma imagen original

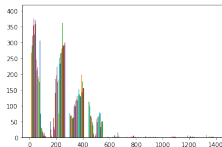


Figura: Histograma en isomorfismo

Dominio

$$(-M, M)$$

Fórmula del isomorfismo

$$\varphi(v) = -M \operatorname{sgn}(v) \ln(1 - \frac{|v|}{M})$$

Suma

$$v_1 \oplus v_2 = M \operatorname{sgn}(v_1 + v_2) [1 - (1 - \frac{|v_1|}{M})^{\gamma_1} (1 - \frac{|v_2|}{M})^{\gamma_2}], \quad \gamma_1 = \frac{\operatorname{sgn}(v_1)}{\operatorname{sgn}(v_1 + v_2)}$$

$$\gamma_2 = \frac{\operatorname{sgn}(v_2)}{\operatorname{sgn}(v_1 + v_2)}$$

Resta

$$v_1 \ominus v_2 = v_1 \oplus (-1 \otimes v_2)$$

Multiplicación por escalar

$$\lambda \otimes v = M \operatorname{sgn}(\lambda v) [1 - (1 - \frac{|v|}{M})^{|\lambda|}]$$

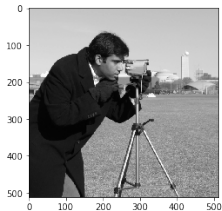


Figura: Imagen original

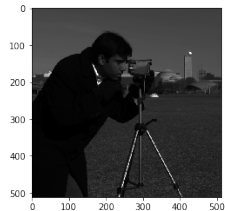


Figura: Imagen en el isomorfismo

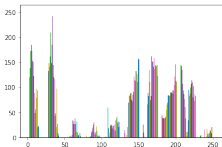


Figura: Histograma imagen original

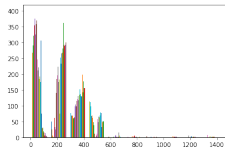


Figura: Histograma en isomorfismo

Patrascu Model

Dominio

$$[0, M)$$

Fórmula del isomorfismo

$$\varphi(v) = \frac{M}{4} \ln\left(\frac{x}{1-x}\right), x = \frac{v+1}{M+1}$$

Suma

$$v_1 \oplus v_2 = (M+1) \frac{x_1 x_2}{(1-x_1)(1-x_2) - x_1 x_2} - 1, x_1 = \frac{v_1+1}{M+1}, x_2 = \frac{v_2+1}{M+1}$$

Resta

$$v_1 \ominus v_2 = (M+1) \frac{x_1(1-x_2)}{(1-x_1)x_2 + (1-x_2)x_1} - 1, x_1 = \frac{v_1+1}{M+1}, x_2 = \frac{v_2+1}{M+1}$$

Multiplicación por escalar

$$\lambda \otimes v = (M+1) \frac{x^\lambda}{x^\lambda + (1-x)^\lambda} - 1, x = \frac{v+1}{M+1}$$

Patrascu Model

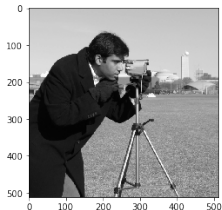


Figura: Imagen original

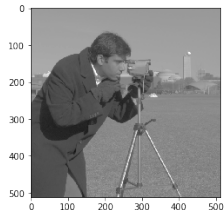


Figura: Imagen en el isomorfismo

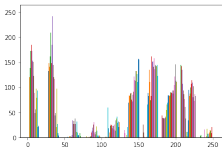


Figura: Histograma imagen original

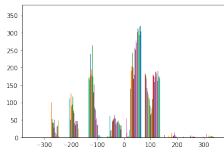


Figura: Histograma en isomorfismo

Vertan Model (Pseudo-logarithmic Model)

Dominio

$$[0, M)$$

Fórmula del isomorfismo

$$\varphi(v) = M \frac{v}{M-v}$$

Suma

$$v_1 \oplus v_2 = M \frac{x_1 + x_2 - 2x_1x_2}{1 - x_1x_2}, x_1 = \frac{v_1}{M} \quad x_2 = \frac{v_2}{M}$$

Resta

$$v_1 \ominus v_2 = M \frac{x_1 - x_2}{1 + x_1x_2 - 2x_2}, x_1 = \frac{v_1}{M} \quad x_2 = \frac{v_2}{M}$$

Multiplicación por escalar

$$\lambda \otimes v = M \frac{\lambda x}{1 - (\lambda - 1)x}, x = \frac{v}{M}$$

Vertan Model (Pseudo-logarithmic Model)

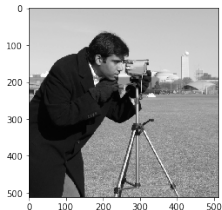


Figura: Imagen original

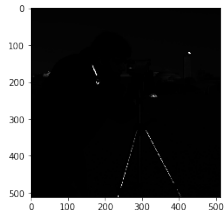


Figura: Imagen en el isomorfismo

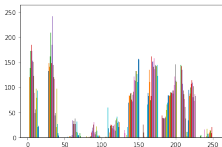


Figura: Histograma imagen original

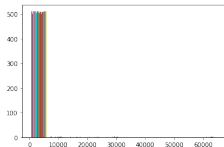


Figura: Histograma en isomorfismo