

Resumen

En este trabajo aplicamos el método de convolución como procesamiento digital a imágenes de células HEK-293-ADENOVIRUS, desarrollando filtros por ventanas de 3X3 píxeles para la detección de bordes y contornos. Estos filtros de ventanas ya han sido usados para resaltar las regiones de interés en imágenes médicas para diagnóstico. Los filtros usados remarcan en algunos casos los bordes y contornos verticales u horizontales, se pueden aplicar mediante la convolución de matrices en imágenes en color y tonos de grises. En particular se aplicaron los filtros pasa bajos y altos, mask, Frei&Chen y Sob&Kir con varios operadores en imágenes en tonos de grises.

Introducción

La meta de los operadores es desarrollar y probar varios filtros en imágenes biológicas con el propósito de mostrar mejoras en los resultados obtenidos por algunos filtros estándares mediante la diferencia entre las imágenes originales y las imágenes obtenidas después de aplicar los operadores. Usando el tratamiento de convolución de matrices con mayor número de máscaras a las imágenes, presentaremos sus correlaciones cruzadas y la similitud que hay entre imágenes. Analizaremos los resultados obtenidos y mostraremos las conclusiones del trabajo.

Tabla 1. Muestra a modo de ejemplo un operador del filtro de máscara.

0.0025	0.125	0.0025
0.125	0.25	0.125
0.0025	0.125	0.0025

Tabla 2. Operadores de filtrado para la convolución.

Operador	No. Filtros	Operador	No. Filtros	Operador	No. Filtros
Sobel	1	Sobel	2	Prados&Khalil	3
Mask	1	Derivada	1	Mask	3
Pasa Bajas	2	High Pass	1	Frei&Chen	5
Pasa Altos	2	High Pass	1	Sob&Kir	12

Operador	No. Filtros	Operador	No. Filtros
Sobel	1	Pasa Bajas (horizontal y vertical)	2
Mask	1	Pasa Altos (horizontal y vertical)	2
Derivada	1	Frei&Chen (los filtros 2 son horizontal y vertical)	5
High Pass	1	Sob&Kir	12

Operador	No. Filtros	Operador	No. Filtros
Pasa Bajas	2	High Pass	1
Pasa Altos	2	High Pass	1
Derivada	1	High Pass	1
Frei&Chen	5	High Pass	1
Sob&Kir	12	High Pass	1

Operador	No. Filtros	Operador	No. Filtros
Pasa Bajas	2	High Pass	1
Pasa Altos	2	High Pass	1
Derivada	1	High Pass	1
Frei&Chen	5	High Pass	1
Sob&Kir	12	High Pass	1

Operadores de filtrado y sus máscaras para convolución.

Uno de los procesos digital de imágenes empleados en el dominio espacial es la convolución, en la cual un núcleo de números es multiplicado por cada uno de sus píxeles vecinos en una región pequeña, los resultados sumados obtenidos se colocan en sus lugares originales. Esto se aplica a todos los píxeles de la imagen, así en todos los casos los valores originales de los píxeles son multiplicados y sumados.

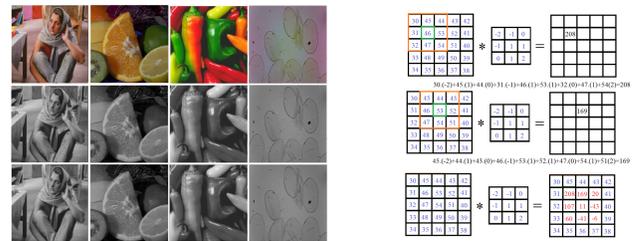


Fig. 1: Ejemplo de suavizado de imágenes mediante máscara media.

Conclusiones

- Se presentaron los operadores de convolución con mejores resultados para resaltar bordes y contornos en las células.
- Los resultados muestran algunos casos las diferencias entre las imágenes originales y las filtradas con mejor contraste y nitidez.
- Algunas técnicas de filtrado clásicas están implementadas en los sistemas de adquisición de imágenes con los operadores de filtrado estándares.

Convolución de Matrices

Una convolución es un operador matemático que transforma dos funciones f y g en una tercera función que en cierto sentido representa la magnitud en la que se superponen f y una versión trasladada e invertida de g . Es un tipo de media móvil, como se puede observar si una de las funciones se toma como la función característica de un intervalo.

Operación de Convolución

$$g(x,y) * f(x,y) = \iint (f(\alpha,\beta) * g(x-\alpha, y-\beta)) d\alpha d\beta \quad (1)$$

La Transformada de Fourier

$$g(x,y) * f(x,y) \Leftrightarrow G(u,v) F(u,v) \quad (2)$$

Dada una matriz $A_{m \times n}$ y una matriz $C_{(2N+1) \times (2N+1)}$ con $2N+1 < m$; n se define la convolución de las matrices A y C como una nueva matriz $D = A * C$ definida a partir de la expresión

$$d_{ij} = \sum_{c=1}^{2N+1} \sum_{s=1}^{2N+1} a_{i-N+c, j-N+s} * C_{c,s} \quad (3)$$

donde $c = \sum_{i,j=1}^{2N+1} c_{i,j}$ (si $c=0$ se toma $c=1$). Puede notarse que d_{ij} sólo se encuentra definido para $i=N+1, \dots, m-N-1$ y $j=N+1, \dots, n-N-1$. La matriz C se le denomina el núcleo de la convolución. [Giménez-Palomares]

Operadores de convolución mediante de matrices.

Convolución sobre imágenes

Una imagen puede interpretarse como una función bidimensional $z = F(x,y)$ donde x e y son coordenadas espaciales, y z es el valor de la intensidad de la imagen en el punto (x,y) . Las imágenes

analógicas son siempre funciones continuas. Para convertir una imagen a formato digital requiere hacer un proceso de discretización tanto para las coordenadas como para la intensidad. La digitalización de las coordenadas se llama muestreo, mientras que la digitalización de la intensidad se denomina cuantización.

Normalidad Cruzada y Similitud

La similitud entre dos imágenes es una cantidad medible mediante la correlación de normalización cruzada definida como:

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} W'_{ij}}{\sum_i \sum_j |W_{ij}|^2} \quad (4)$$

Donde W_{ij} y W'_{ij} representan los valores de cada píxel en la posición (i, j) , en las MA original y en la MA extraída. Para puede ayudar a mostrar la robustez del algoritmo empleado para la inserción de MA en imágenes.

Similitud.- Sea C un conjunto no vacío, entonces una función $sim: C \rightarrow (-\infty, 1]$ se denomina función C si para $x, y \in C$.

$$Sim(x,y) = 1 \Leftrightarrow x=y \quad (5)$$

Para $x \neq y$, si $sim(x,y) < 1$, un ejemplo de esto sería: $sim(x,y) = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}$

Condición práctica: $sim(C, E(c,m)) \approx 1$ para toda $m \in M$ y $c \in C$.

Para la selección de la portadora se debe seleccionar una portadora que no se modifique significativamente como resultado del proceso de inserción.

$$c = \max sim(x, E(c,m)) \quad \text{con } x \in C \quad (6)$$

Técnicas de comparación entre imágenes.

Resultados aplicando operadores de convolución

Habiendo desarrollado diferentes operadores (también llamados núcleos o máscaras) de convolución para aplicar las técnicas de filtrado mediante matrices en arreglos de 3x3, son aplicados a las imágenes digitales de las células andenovirus de 512x512 píxeles, 300 [ppp] que se obtuvieron del microscopio XiPE-1. Entre las cuales están una imagen de células HEK293_10x y otra de células HEK293_20x.

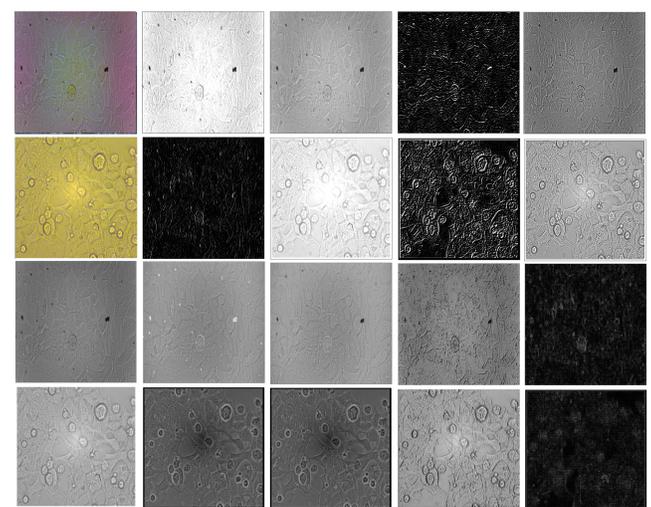


Fig. 2: Imágenes de convolución y diferencias, primera columna - primer y 2o renglón: imagen original HEK293_10x, HEK293_20x y tonos de grises, 2,3,4,5 columnas de filtros, 3er y 4o renglón: columnas 2,3,4,5 columnas de diferencias.

La figura 3 y 4, muestran la evolución de las métricas que se realizaron después de aplicar los operadores de filtrado.

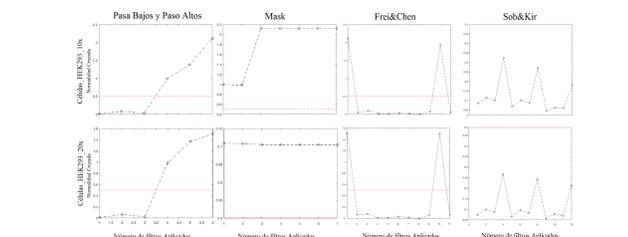


Fig. 3: Normalidad Cruzada de los operadores Pasa bajos y altos, Mask, Frei&Chen y Sob&Kir para las células HEK293_10x y HEK293_20x.

En la figura 3 se muestra como en la Normalidad Cruzada hay valores por debajo del umbral para los filtros Pasa Aaltos, Frei&Chen y Sob&Kir. En el caso de valores por arriba del umbral están en los operadores Pasa Bajos, Mask pocos en Frei&Chen.

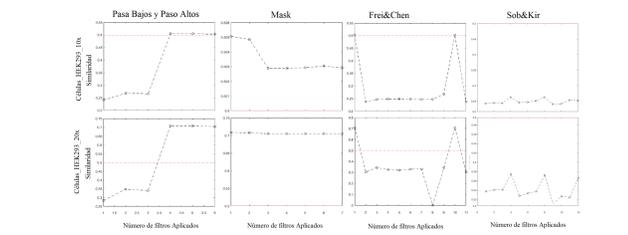


Fig. 4: Similitud de los operadores Pasa bajos y altos, Mask, Frei&Chen y Sob&Kir para las células HEK293_10x y HEK293_20x.

En la figura 4 se muestra como en la Similitud entre imágenes de convolución y las originales casi todos los valores están por debajo del umbral=0.5 excepto en Mask, lo que indica que si hay gran diferencia entre imágenes originales y filtradas.

Plataforma XiPe-1

El módulo XIPE-1 es una plataforma tecnológica aeroespacial para la instalación y pruebas de experimentos científicos, desarrollado dentro del proyecto "Análisis de la expresión de interferón gamma humano usando el sistema de células HEK-293-ADENOVIRUS en ambientes de microgravedad".



Fig. 5: Módulo XIPE-1.

Referencias

- Giménez-Palomares F., Monsoriu J.A., Alemany-Martínez E., Aplicación de la convolución de matrices al filtrado de imágenes. Mod. in Scn. Edu. and Learning. Vol. 9(2), (2016).
- Padrón-Godínez A., Aguilar G., Prieto R., Herrera A., Rosendo J.A., Castillo S., The modulation of Lohscheller quantization matrix in the jpeg compression method. 1st Intl. Cong. on Inst. and Ap. Scs. Cancún, Q. R. ? México. (2010).
- John C. Russ, The image processing, Handbook, 2nd Ed. (1994).
- Padrón-Godínez A., Treviño-Palacio C. G., Desarrollo de filtros para detección de bordes, contornos y resalte de Regiones de Interés en imágenes médicas para diagnóstico. XI & I CONITACS. (2021).
- Cuevas E., Zaldívar D., Pérez M., Proc. dig. de imág. con Mat y Sim. Ed. Alfaomega, (2010).
- Redondo R., Desarrollo de Algoritmos de Optimización Visual en Imágenes Médicas. Proy. fin de carrera, (2002).