

$$(f * g)(t) \doteq \int_{-\infty}^{\infty} f(\eta)g(t - \eta)d\eta$$

$$f[m] * g[m] = \sum_n f[n]g[m - n]$$

$$c(j, k) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} \sum_{q=-\infty}^{\infty} A(p, q)B(j - p + 1, k - q + 1)$$

CURSO 2020/21 – CONVOCATORIA MARZO

CONVOLUCION DE MATRICES

La convolución de matrices tiene muchas e importantes aplicaciones en numerosos campos de la ciencia y la tecnología. Una de las más interesantes es su uso en el filtrado de imágenes, que consiste en la modificación de una imagen de manera que se mejoren o se realcen algunas de las características con vistas a obtener información relevante.

CONVOLUCION DE MATRICES

Una de las operaciones mas utilizadas en la clasificación de imágenes mediante red neuronales convolucionales o en la aplicación de filtros a imágenes es la convolución de matrices:

Para ello lo primero que se debe revisar es como se calcula la convolución de matrices, por lo que se recomienda revisar la web [1] [2].

Aplicación de la convolución en el Procesamiento de Imágenes

IMÁGENES COMO MATRICES

Desde el punto de vista computacional, una imagen es una matriz de entradas reales, donde cada una de sus entradas se le conoce como pixel [3].

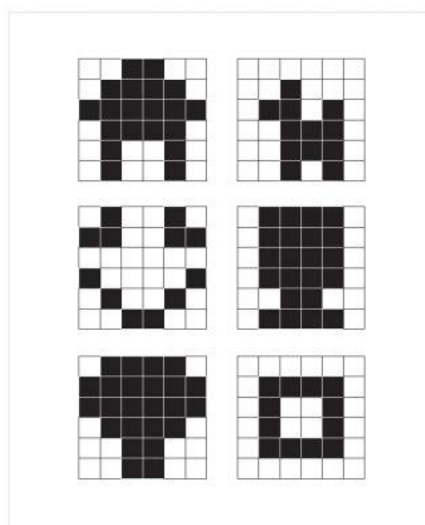
Imágenes a Binarias: Primero analizaremos el caso de imágenes binarias, es decir, imágenes que tienen dos tonalidades:

- Negro: Es decir, el valor del pixel es 0.
- Blanco: Es decir, el valor del pixel es 1.

IMÁGENES A ESCALA DE GRISES

En computación, una escala de grises es una escala empleada en la imagen digital en la que el valor de cada píxel posee un valor equivalente a una graduación de gris, es decir no solo toma valores de 0 ó 1, sino que toma en el intervalo $[0,1]$. Las imágenes representadas de este tipo están compuestas de sombras de grises [3].

Aunque la escala de grises se puede calcular a través de números racionales, los píxeles de la imagen generalmente se cuantifican para almacenarlos como enteros sin signo, para reducir el almacenamiento y el cálculo necesarios



Esta profundidad de píxeles permite registrar intensidades diferentes (es decir, sombras de grises)

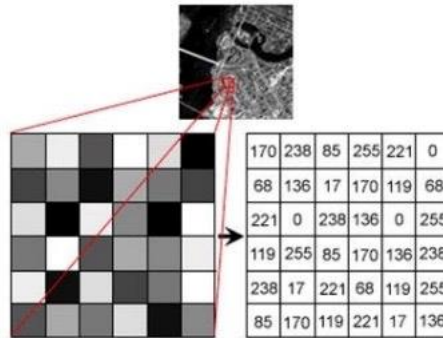


IMAGEN A COLOR

Una imagen a color es una imagen digital que incluye información de color para cada píxel [3].

Para obtener resultados visualmente aceptables, es necesario (y casi suficiente) proporcionar varias muestras (canales de color) para cada píxel, que se interpretan como coordenadas en algún espacio de color.

Dependiendo del uso, una imagen a color se puede representar usando diferentes tipos de modelos, como por ejemplo:

- [rojo, verde, azul] o RGB (por sus siglas en inglés)
- [cian, magenta, amarillo, negro] o CMYK (por sus siglas en inglés)
- [matiz, saturación, intensidad] o HSI (por sus siglas en inglés)

Como ejemplo del funcionamiento usaremos el modelo RGB, que es la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz.



Por lo tanto, diremos que una imagen a color es una matriz $A \in \mathbb{R}^{m \times n \times c}$, donde m representa el largo de la imagen, n el ancho de la imagen y $c=3$ son los canales rojo (R), verde (G) y azul (B).

La imagen a color está formado por 3 matrices de tamaño $m \times n$. Estas matrices son A_r (canal rojo), A_g (canal verde) y A_b (canal azul). Es decir, $A = \{A_r, A_g, A_b\}$.

El píxel $A(i, j, r)$ representa la posición (i, j) de la imagen en el canal r .

FILTRADO DE IMÁGENES:

Los filtros son operaciones que se aplican a los píxeles de una imagen para optimizarla, enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial en ella [4].

Los principales objetivos que se persiguen con la aplicación de filtros son:

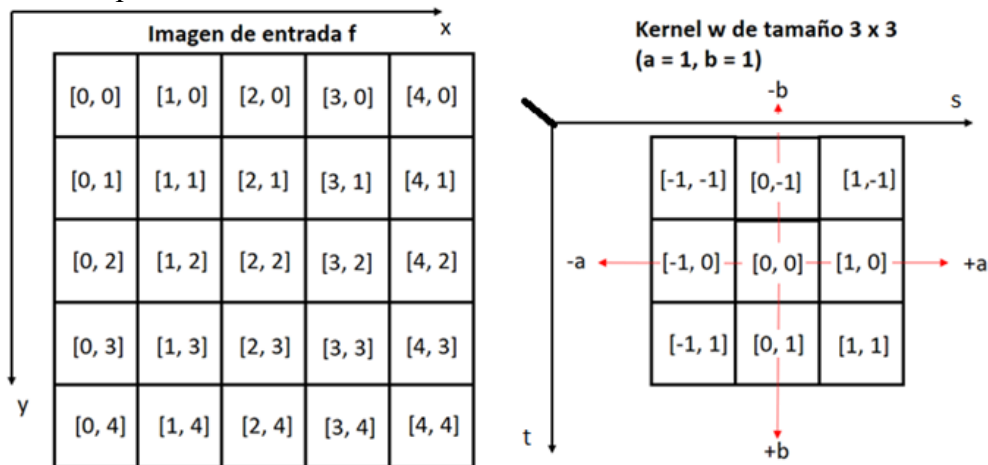
- Suavizar la imagen: reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.
- Eliminar ruido: eliminar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos y cuyo origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen como en el de transmisión.
- Realzar bordes: destacar los bordes que se localizan en una imagen.
- Detectar bordes: detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

La convolución en las redes neuronales convolucionales (CNN)

La convolución discreta en su forma directa se define como y nos ayuda a entender la correlación (operación que se aplica en las CNN).

$$g[x, y] = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w[s, t] f[x - s, y - t]$$

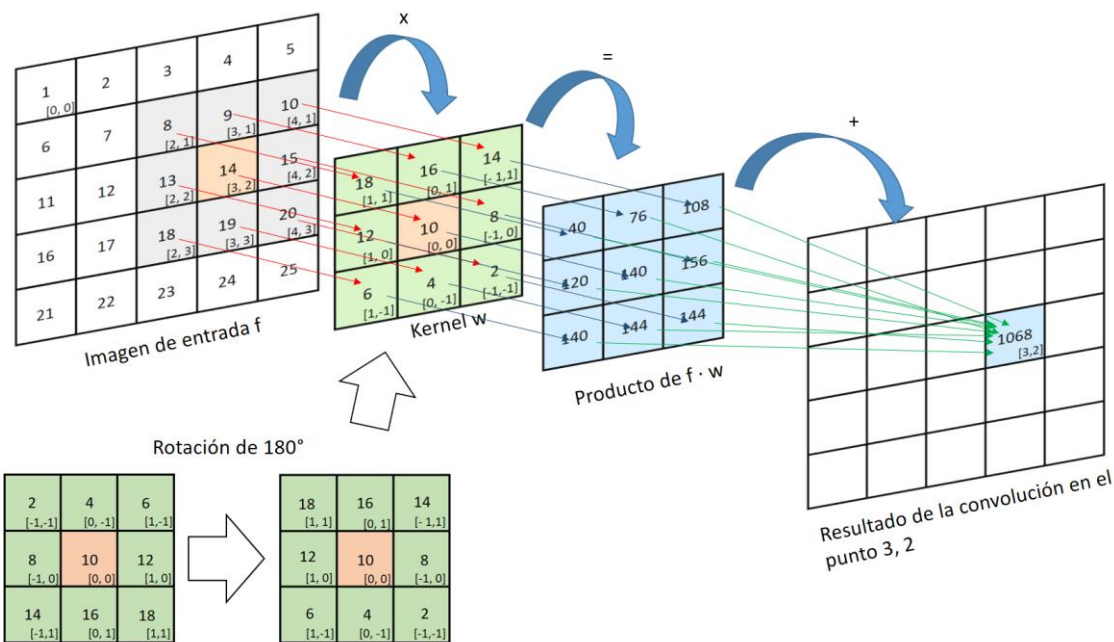
Para realizar la operación convolución en imágenes es muy importante resaltar que los filtros o kernels w se definen de tamaño impar, debido a que el origen de estas matrices se encuentra al centro, y es más sencillo realizar este procedimiento teniendo un centro “real”.



En la figura(a) se observa las coordenadas en el plano con la ubicación de referencia $(0,0)$, para la imagen de entrada como el punto central para el kernel que es el $(0,0)$.

Como se observa en la figura(a) el origen para la imagen de entrada f se ubica en la esquina superior izquierda, el cual es muy diferente para el kernel, ya que los kernels definen su punto origen en el centro de la matriz.

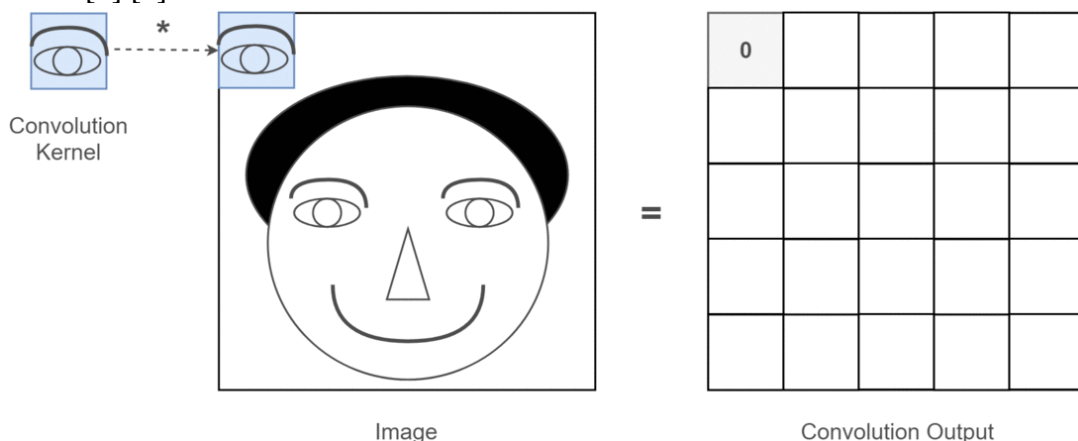
En la operación convolución se definen los índices de las dos sumatorias, donde uno de los índices va desde $-a$ hasta a y el otro índice va desde $-b$ hasta b como se observa en la figura (a), estos índices indican el tamaño en coordenadas del kernel, donde cada una de estas coordenadas se genera en la iteración de la sumatoria y representa un elemento en la matriz del kernel w , al iterar las dos sumatorias se recorren todos los elementos del kernel en su totalidad como lo indica la operación convolución.



Proceso de convolución, en donde primero se multiplican el filtro w rotado con su región correspondiente de la imagen.

Por lo que la convolución en imágenes nos permite reducir la cantidad de parámetros que necesitamos aprender. En lugar de aprender los pesos que conectan cada píxel de entrada en una red neuronal, solo necesitamos aprender los pesos de cada filtro (Los parámetros generados por los filtros son mucho menores que los parámetros para la imagen de entrada).[5] [6]

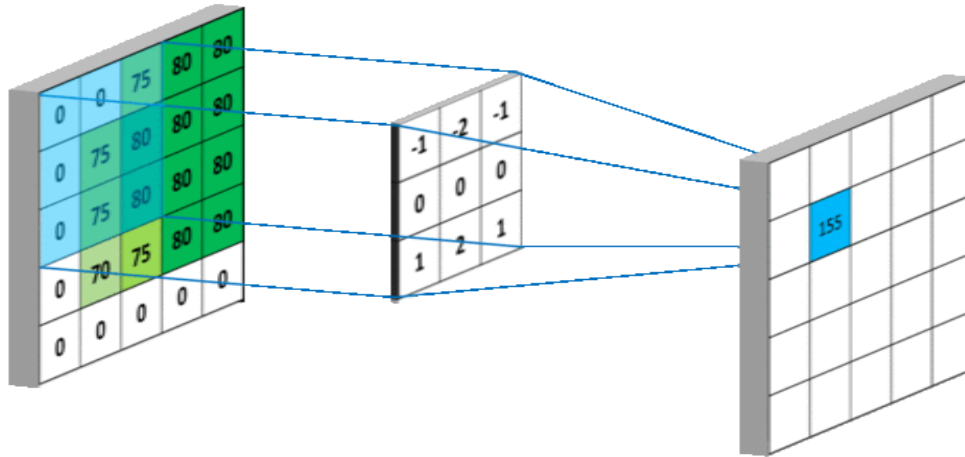
Conserva localidad. No se tiene que reducir la dimensión de la matriz de la imagen en un vector, debido a lo anterior se conservan las posiciones relativas de los píxeles de la imagen. Tome una imagen de una cara, por ejemplo. La información que compone a una cara incluye las posiciones relativas de sus ojos, nariz y boca. Perdemos esa percepción si representamos la imagen como una larga cadena de números o un vector. [5] [6]



Cada convolución de un filtro(Kernel) en una imagen, nos permite recopilar y procesar la información en una parte de la imagen, información que se resume en una característica(valor) única y significativa de la imagen.

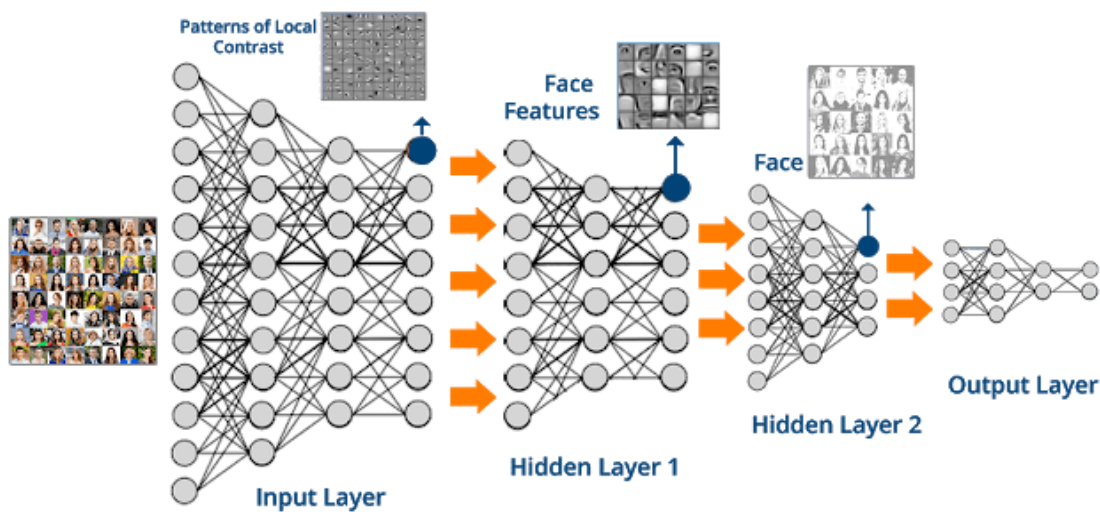
LA CONVOLUCIÓN EN IMÁGENES 2D PARA CNN

Explicación grafica de una convolución de una imagen de dos dimensiones(2D) [4]



En redes neuronales convolucionales se caracterizan porque es capaz de aprender en las primeras capas una serie de características básicas de la imagen, como son líneas o formas más o menos simples. En posteriores fases aprende a discriminar entre elementos más complejos, como ojos u orejas [6].

En el ámbito del tratamiento de imágenes, la convolución es una operación que involucra dos matrices. Por un lado la propia imagen a la que queremos aplicar la convolución (en forma de matriz, claro), y otra matriz más pequeña llamada kernel. El resultado de la convolución es otra matriz de las mismas dimensiones que la imagen original. Para calcular la matriz de convolución vamos desplazando el kernel por cada uno de los elementos de la matriz principal y hacemos la suma de los productos de cada uno de los elementos de ambas matrices [6].

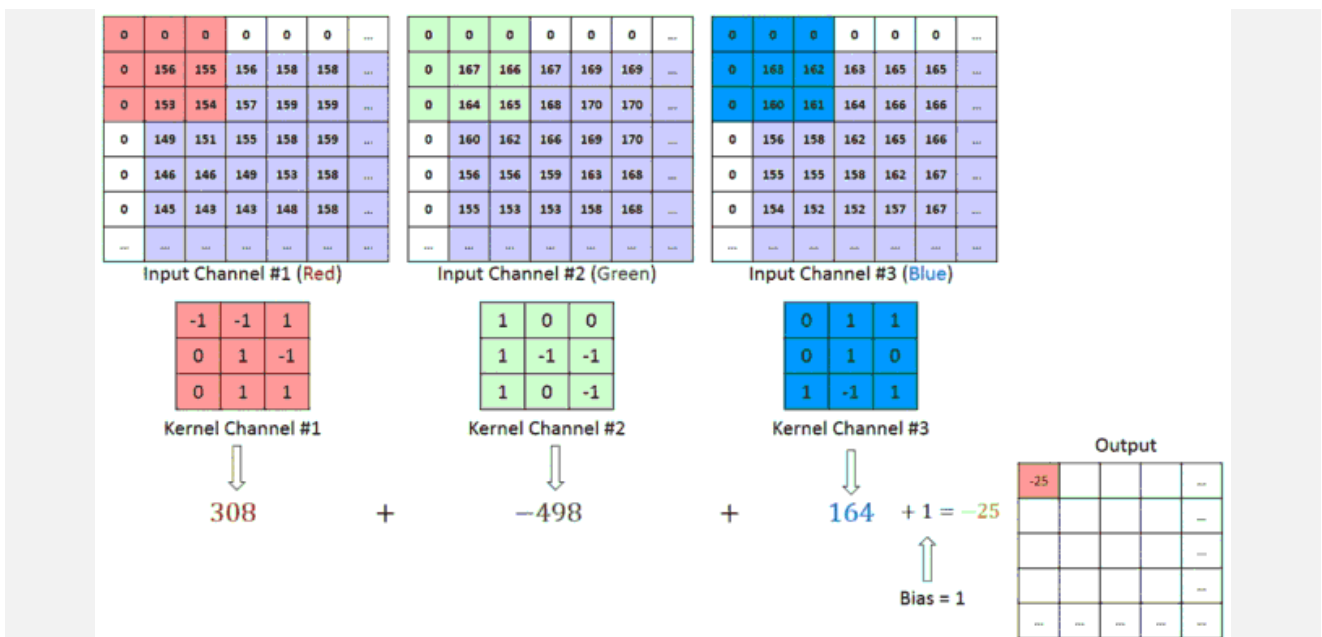


Podemos imaginar un kernel como una especie de filtro que nos permite hacer cosas como detectar en las imágenes bordes, líneas verticales y horizontales, así como desenfocar y enfocar la imagen. Algunos kernels interesantes son los siguientes [6].

Podemos imaginar un kernel como una especie de filtro que nos permite hacer cosas como detectar en las imágenes bordes, líneas verticales y horizontales, así como desenfocar y enfocar la imagen. Algunos kernels interesantes son los siguientes. Identidad, Detección de bordes, afilado, difuminado, desenfoque gaussiano 3x3, desenfoque gaussiano 5x5, Enfoque [6].

APLIQUEMOS CONVOLUCIÓN SOBRE UNA RGB CON SU BIAS O SESGO

Gráfico de la convolución en una imagen RGB (Red,Green,Blue) y una Bias esto es una capa convolución en una red CNN [4].



LA CONVOLUCIÓN EN IMÁGENES 3D EN CNN Y MAS ALLÁ

Explicación grafica de una convolución de una imagen RGB o de tres dimensiones(3D)[4]

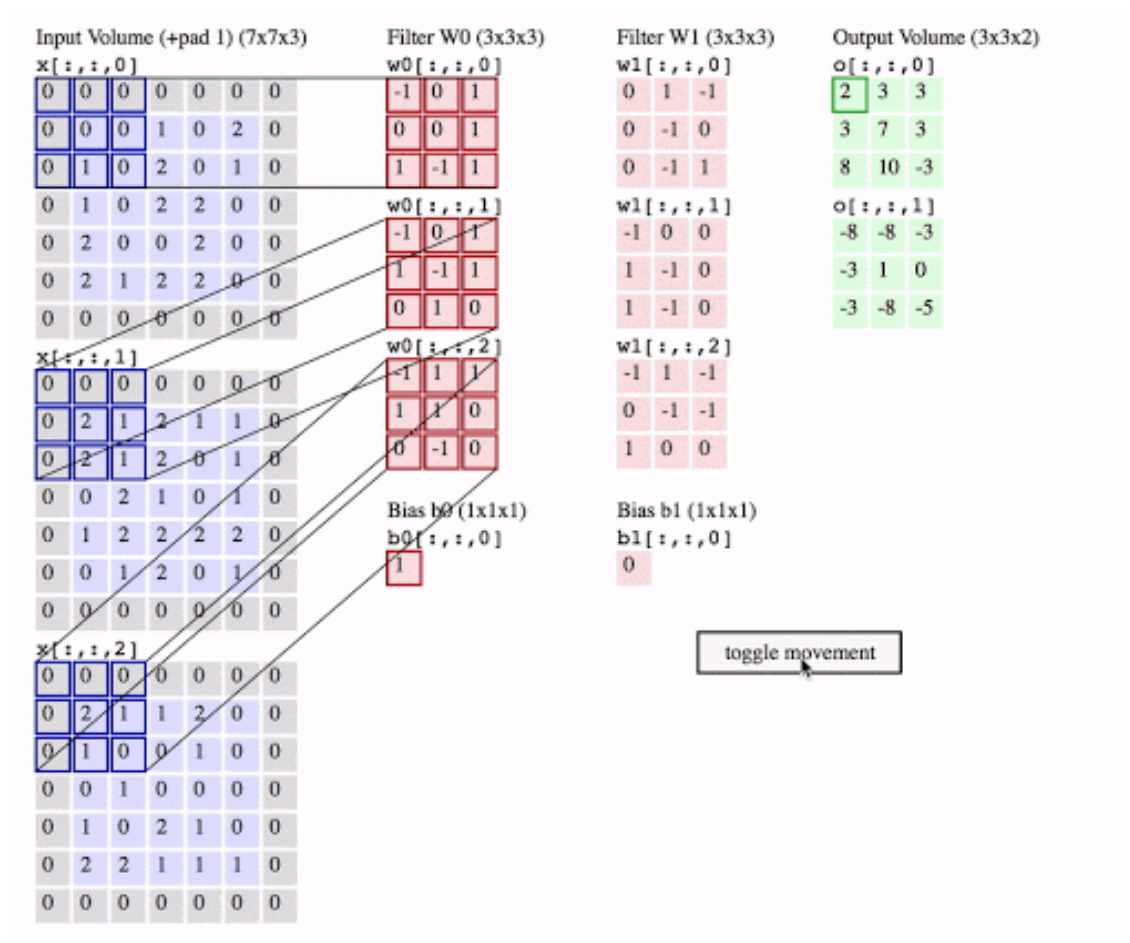
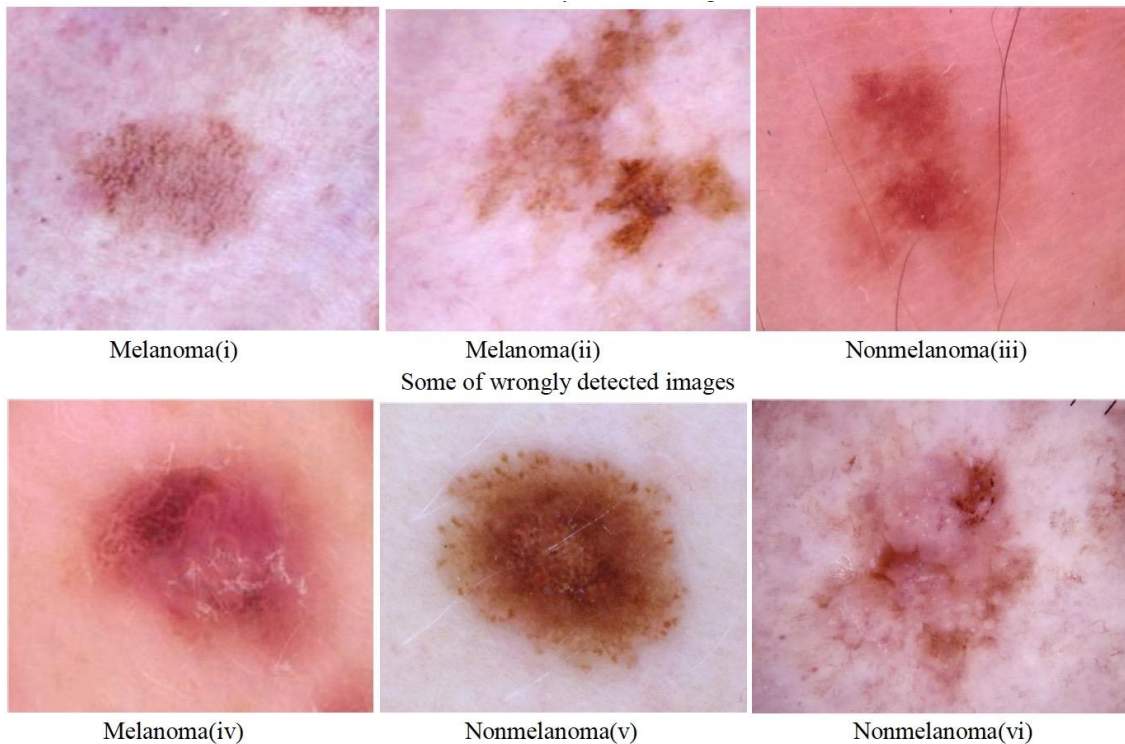


Gráfico interactivo sobre convolución 3D

Aplicaciones del procesamiento de Imágenes

En Cuidado de la salud se han producido en los últimos años importantes avances sobre todo en la detección del cáncer, para lo que en muchos casos se requiere de la identificación de bordes [7], la detección de melanoma de piel [12], o el uso de aprendizaje automático [10][11].



Por otro lado otro de los campos con mayor proyección es el procesamiento de Filtros en Imágenes [8] [9], sin olvidar los importantes avances en

Asimismo, se recomienda revisar los siguientes trabajos publicados en internet

Procesamiento De Imágenes

http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12112/fichero/Documento_por_capitulos%252F3_Cap%C3%ADtulo_3.pdf

Aplicación de la convolución de matrices al Filtrado de imágenes

<https://polipapers.upv.es/index.php/MSEL/article/download/4524/4724>

ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks

<https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>

Estudio del Efecto de las Máscaras de Convolución en Imágenes Mediante el Uso de la Transformada de Fourier

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902816.pdf>

Clasificación de imágenes usando redes neuronales convolucionales

http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6123/Clasificacion_de_imagenes_Lopez_Saca_F_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Detección y seguimiento de objetos presentes en video 2D con MatLab

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4945338.pdf>

Introduction to Image Segmentation for Data Science

<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/03/introduction-to-image-segmentation-for-data-science/>

TRABAJO REALIZAR – OBLIGATORIO (HASTA 3 PUNTOS)

1. Desarrollo de un programa que permita la convolución completa ($A*B$) de matrices en GPU mediante un bloque y memoria global).
2. Para el desarrollo del programa se tendrán en cuenta las características de programa
3. La Matriz A deberá ser de 16x16 o 32x32 en función de la calidad de la resolución de la pantalla del pc o portátil.
4. La matriz A estará rellena por la suma de tres valores aleatorios entre el 0 y 255 simulando cada uno de los canales tres canales RGB
5. La matriz B será una matriz de 3 x 3 cuyo valor será el correspondiente al los valores de uno de los filtros.

TRABAJO OPTIMIZACION A REALIZAR (HASTA 3 PUNTOS)

1. A partir del resultado anterior, desarrollar un programa que permita la convolución completa ($A*B$) de matrices en GPU mediante múltiples bloques y memoria global.

TRABAJO DE MEJORA A REALIZAR (HASTA 3 PUNTOS)

1. A partir del resultado anterior, desarrollar un programa que permita la convolución completa ($A*B$) de matrices en GPU mediante múltiples bloques y memoria compartida.

TRABAJO A ENTREGAR – OBLIGATORIO (HASTA 10 PUNTOS)

Los alumnos deben entregar las siguientes fases de la práctica:

Deberá presentar la instalación de Cuda en su equipo **(este apartado es obligatorio)**

Desarrollo básico del programa obtenga las características de la tarjeta) **(este apartado es obligatorio)**

Transpuesta de una matriz de 4 x 4 **(este apartado es obligatorio)**

Multiplicación de matices cuadradas de 4 x 4 mediante un bloque con memoria global **(este apartado es obligatorio)**

Multiplicación de matices cuadradas de 4 x 4 mediante múltiples bloques con memoria global **(este apartado es obligatorio)**

Multiplicación de matrices cuadradas de 4 x 4 mediante múltiples bloques con memoria compartida **(este apartado es obligatorio)**

Patrones Computación Paralela **(este apartado es obligatorio)**

Desarrollo de una implementación para la convolución de matrices en GPU mediante un bloque y memoria global, y presentación de un video donde se explique el funcionamiento del programa y evidencie su funcionamiento.

Desarrollo de una implementación para la convolución de matrices en GPU mediante múltiples bloques y memoria global y presentación de un video donde se explique el funcionamiento del programa y evidencie su funcionamiento.

Desarrollo de una implementación para la convolución de matrices en GPU mediante múltiples bloques y memoria compartida y presentación de un video donde se explique el funcionamiento del programa y evidencie su funcionamiento.

.

La defensa de las prácticas será en la fecha y la forma indicada por el profesor del laboratorio, pudiendo ser esta oral o escrita, en el caso de no contestarse correctamente a las cuestiones presentadas, la práctica presentada podrá considerarse como suspensa. **(hasta 6 puntos)**

La nota máxima a la que puede acceder se pondera en función de:

- a) Calidad del material entregado por el alumno. $\left[\begin{smallmatrix} L \\ SEP \end{smallmatrix} \right]$
- b) Documentación de seguimiento presentada durante su realización
- c) Realización e implementación de la práctica. $\left[\begin{smallmatrix} L \\ SEP \end{smallmatrix} \right]$
- d) Defensa e implementación de las modificaciones solicitadas $\left[\begin{smallmatrix} L \\ SEP \end{smallmatrix} \right]$
- e) Manejo del software utilizado para el desarrollo de la práctica. $\left[\begin{smallmatrix} L \\ SEP \end{smallmatrix} \right]$
- f) Código desarrollado.

REFERENCIAS

[1] Convolución de matrices, disponible en <https://programmerclick.com/article/8472443695/> (ultima visita 13 de marzo de 2021)

[2] Convolución Bidimensional, disponible en <http://digitimagen.blogspot.com/2013/04/convolucion-bidimensional.html> (ultima visita 13 de marzo de 2021)

[3] Convolución Matricial Aplicado al Procesamiento de Imágenes, Soto J.P. disponible en https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/uploads/presentacion_pablosoto.pdf (último acceso 13 de marzo de 2021)

[4] El concepto de la convolución en gráficos, para comprender las Convolutional Neural Networks (CNN) o redes convolucionadas, Cuartas, J. disponible en <https://josecuartas.medium.com/el-concepto-de-la-convoluci%C3%B3n-en-gr%C3%A1ficos-para-comprender-las-convolutional-neural-networks-cnn-519d2eee009c> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[5] ¿Cómo funcionan las Convolutional Neural Networks? Visión por Ordenador disponible en <https://www.aprendemachinelearning.com/como-funcionan-las-convolutional-neural-networks-vision-por-ordenador/> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[6] Visión artificial con redes convolucionales (CNN), Falken, disponible en, <https://www.ellaberintodefalken.com/2019/10/vision-artificial-redes-convolucionales-CNN.html> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[7] Buscadores de bordes de convolución disponible en http://support.ptc.com/help/mathcad/es/index.html#page/PTC_Mathcad_Help/example_convolution_edge_finders.html (último acceso 13 de marzo de 2021)

[8] Inkscape: Guide to a Vector Drawing Program, Primitivas de Filtro de Manipulación de Píxeles disponible en http://tavmjong.free.fr/INKSCAPE/MANUAL_v15/html_es/Filters-Pixel.html (último acceso 13 de marzo de 2021)

[9] Gimp, Matriz de convolución, disponible por <https://docs.gimp.org/2.6/es/plugin-convmatrix.html#:~:text=Convoluci%C3%B3n%20es%20el%20tratamiento%20de,de%20p%C3%ADxeles%20en%20coordenada%20rect%C3%A1gular.&text=El%20filtro%20examina%2C%20sucesivamente%2C%20cada%20p%C3%ADxel%20de%20la%20imagen> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[10] Aprendizaje automatico, redes neuronales convolucionales, disponible en <https://developers.google.com/machine-learning/practica/image-classification/convolutional-neural-networks?hl=es-419> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[11] Profundidad de la imagen comprensión del aprendizaje en los ocho tipos de convolución disponible en <https://www.codetd.com/es/article/10186855> (último acceso 13 de marzo de 2021)

[12] Melanoma Skin Cancer Detection using CNN AlexNet Architecture Rai S. A. Monteiro J.M., Namitha, Veigas V.L., Kumar T.N., 8, V, May 2020
<http://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5049>

La fecha tope para su entrega a través de la plataforma es el día 7 de abril de 2021 a las 23:59 horas, el examen de laboratorio será el día 9 de abril del 2021 en la hora de laboratorio y su defensa se realizará el día 14 de abril del 2021.