

# Transformada de Brovey sobre computación Heterogénea CPU/GPU

## Manual de Usuario

### Tabla de contenido

1	Descripción.....	3
2	Requisitos.....	3
3	Iniciar aplicación .....	4
4	Realización de pruebas .....	4
5	Resultados.....	6

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Imagen multiespectral.....	5
Ilustración 2. Imagen pancromática .....	5
Ilustración 3. Imagen de salida .....	6
Ilustración 4. Comparación CPU y GPU.....	6

# 1 Descripción

La fusión permite la combinación y utilización de datos procedentes de fuentes diferentes, buscando obtener información de “mayor calidad” que la original, la cual dependerá de la aplicación. La fusión de imágenes es una respuesta a la frecuente necesidad de tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral y espacial a partir de imágenes de diferente resolución espacial y/o diferentes sensores remotos. La fusión permite obtener información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para una aplicación específica en diferentes estudios geográficos. Las técnicas de fusión de imágenes, como una solución alternativa, se pueden utilizar para integrar el detalle geométrico de una imagen, para este caso de estudio una imagen multiespectral (MULTI) de baja resolución y una pancromática (PAN) de alta resolución, donde se busca producir una nueva imagen de alta resolución espacial y espectral (N-MULT).

Para realizar la Transformada de Brovey se debe registrar la composición a color RGB (verdadero color o falso color) de la imagen MULTI con la PAN, usando el mismo tamaño de píxel de esta última. Para obtener las nuevas bandas usando esta transformación, se realizan las operaciones algebraicas (1 – 3):

$$NB1 = (3B1 / (B1 + B2 + B3)) * PAN \quad (1)$$

$$NB2 = (3B2 / (B1 + B2 + B3)) * PAN \quad (2)$$

$$NB3 = (3B3 / (B1 + B2 + B3)) * PAN \quad (3)$$

Las nuevas bandas NB1, NB2 y NB3 se concatenan para generar la nueva imagen fusionada multiespectral N-MULT<sub>TB</sub>.

La transformación Brovey, se desarrolló para incrementar el contraste visual en el histograma de datos de alta y baja gama. Utiliza un método que multiplica cada píxel multiespectral remuestreado, por la relación de la intensidad del píxel pancromático, correspondiente a la suma de todas las intensidades multiespectrales. Asume que el rango espectral que abarca la imagen pancromática, es el mismo que el que cubren los canales multiespectrales.

## 2 Requisitos

Para el funcionamiento de este software, es necesario el siguiente hardware:

1. Tarjeta gráfica NVIDIA

También es necesario el siguiente software:

1. Python 2.7: <https://www.python.org/download/releases/2.7/>
2. Numpy 1.14.5: <https://pypi.org/project/numpy/>
3. Pycuda 2017.1.1: <https://pypi.org/project/pycuda/>
4. Skcuda 0.5.2: <https://scikit-cuda.readthedocs.io/en/latest/install.html>
5. Opencv 4.0.0: <https://pypi.org/project/opencv-python/>
6. Scikit-image 0.14.2: <https://pypi.org/project/scikit-image/>

### 3 Iniciar aplicación

Para iniciar la aplicación, ubique la carpeta en la cual está alojado el script a través de la consola. Ahora, utilice el siguiente comando para realizar la ejecución de la aplicación en CPU:

```
python brovey_cpu.py 'parametro1' 'parametro2' salida
```

Y el siguiente comando para realizar la ejecución de la aplicación en GPU:

```
python brovey_gpu.py 'parametro1' 'parametro2' salida
```

Como se puede evidenciar tienen la misma cantidad de parámetros, a continuación, se hace la descripción de cada uno de ellos

- parametro1: String con la ruta absoluta de la imagen multiespectral a utilizar de tamaño  $A \times A$  donde A es un número diádico, es decir,  $2^n$ .
- parametro2: String con la ruta absoluta de la imagen pancromática a utilizar de igual tamaño que la multiespectral.
- salida: Nombre de la imagen de salida después de realizar la ejecución de la aplicación.

### 4 Realización de pruebas

Las pruebas se realizaron implementando una instancia de este software en un servidor del Centro de Cómputo de Alto Desempeño de la Universidad Distrital (CECAD). Las características de este servidor se encuentran en la *Tabla 1*.

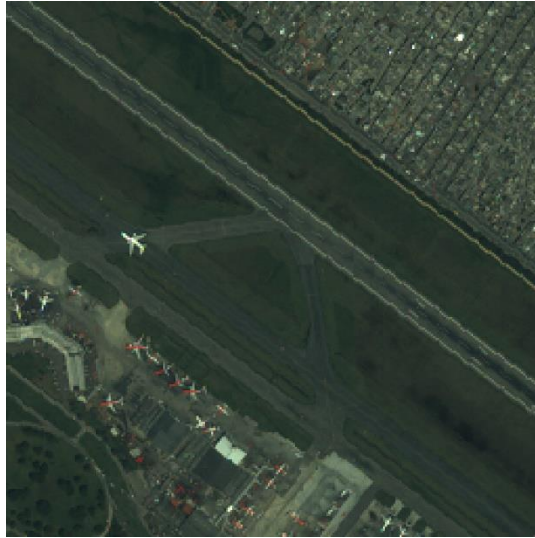
*Tabla 1 Características Servidor*

<b>Procesador</b>	Intel (R) Xeon (R) CPU E-52697 v3 @ 2.60GHZ
<b>Tarjeta Graficadora</b>	NVIDIA Tesla K80
<b>Memoria RAM</b>	128Gb

Al realizar la ejecución de la aplicación se ejecutará un comando como el siguiente

```
python brovey_gpu.py '/home/nvera/andres/images/1024rgb.tif' '/home/nvera/andres/images/1024pan.tif' salidagpu
```

En este comando se pueden evidenciar los parámetros anteriormente descritos haciendo uso del script en GPU. A continuación, se muestran las imágenes multiespectral (Ilustración 1) y pancromática (Ilustración 2) utilizadas para la ejecución del script.



**Ilustración 1.** Imagen multiespectral



**Ilustración 2.** Imagen pancromática

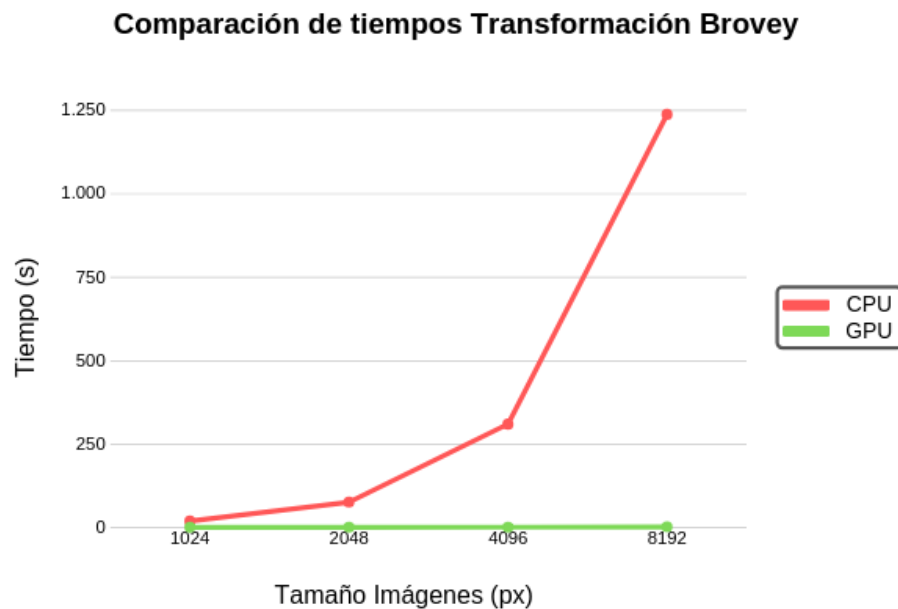
Realizando la transformación de Brovey se obtiene la salida con la resolución espectral de la imagen multiespectral original y la resolución espacial de la imagen pancromática original, lo que da como resultados la siguiente imagen (Ilustración 3):



**Ilustración 3.** Imagen de salida

## 5 Resultados

Finalmente, la siguiente figura presenta los resultados obtenidos al realizar la prueba de la transformación de Brovey en CPU y en GPU con imágenes de distintos tamaños como 1024, 2048, 4096 y 8192 píxeles, realizando una comparación en los tiempos de ejecución obtenidos.



**Ilustración 4.** Comparación de CPU y GPU

A partir de la gráfica anterior, se puede evidenciar que tanto el tiempo de procesamiento en GPU como CPU aumentan conforme aumenta el tamaño de la imagen, pero los tiempos en

GPU no varían significativamente, como si lo hacen los tiempos en CPU, por lo tanto, se puede determinar que tras realizar la implementación del algoritmo de fusión de imágenes satelitales por transformada Brovey en un contexto de computación heterogénea CPU/GPU se optimizan los tiempos de respuesta. A continuación, la *Tabla 2* presenta los valores consolidados en la gráfica anterior, con el fin de entender el comportamiento plasmado.

*Tabla 2 Tiempos de ejecución CPU y GPU*

Tamaño de la imagen	CPU	GPU
8192	1437.8524	2.7035
4096	311.8450	1.7245
2048	76.7575	1.4912
1024	19.8574	1.4265

Adicionalmente, se evaluaron índices matemático-estadísticos como: Coeficiente de correlación y universal image quality index Q, ERGAS y Bias, con el fin de evaluar, la calidad y correlación entre la imagen fusionado y la imagen multispectral original. La *Tabla 3*, presenta los valores obtenidos al calcular el coeficiente de correlación, Universal Image Q Index, ERGAS y Bias para la imagen resultado en relación a la multispectral, por lo tanto, son resultados de riqueza espectral. Este proceso se aplicó para los distintos tamaños de imágenes utilizadas para llevar a cabo este estudio.

*Tabla 3 Índices Matemático-estadísticos espectrales*

Tamaño	CC banda a banda			Q	ERGAS	BIAS
	R	G	B			
1024	0.8698	0.8540	0.8578	0.54	11.81%	0.3753
2048	0.8591	0.8376	0.8270	0.43	13%	0.4316
4096	0.8984	0.8773	0.8681	0.52	23.14%	0.2582
8192	0.8542	0.8625	0.8358	0.48	25.83%	0.3248

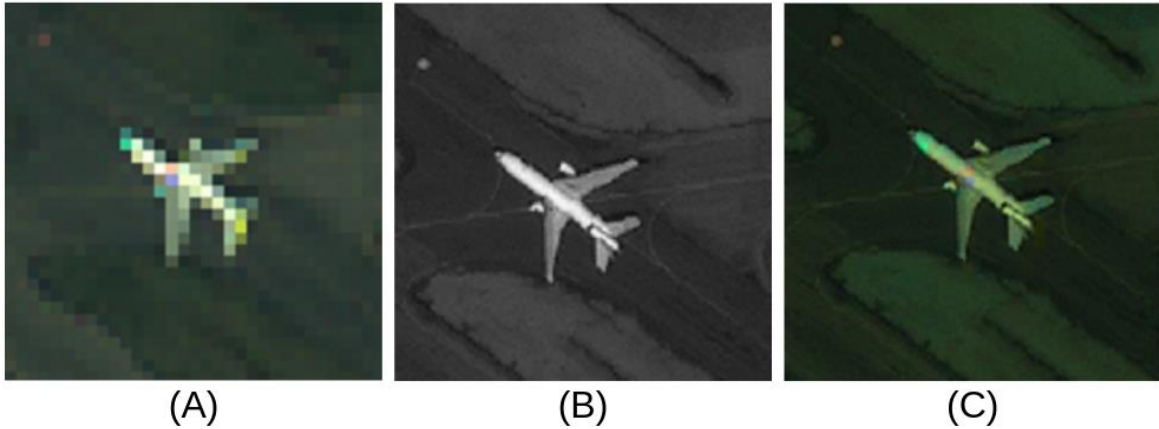
La *Tabla 4*, presenta los valores obtenidos al calcular el coeficiente de correlación, Universal Image Q Index, ERGAS y Bias para la imagen resultado en relación a la pancromática, por lo tanto, son resultados de detalle espacial. Este proceso se aplicó para los distintos tamaños de imágenes utilizadas para llevar a cabo este estudio.

*Tabla 4 Índices Matemático-estadísticos espaciales*

Tamaño	CC banda a pancromática			Q	ERGAS	BIAS
	R	G	B			
1024	0.9233	0.9955	0.9913	0.7611	10.12%	0.3800
2048	0.9213	0.9458	0.9878	0.7095	11.19%	0.4231
4096	0.9987	0.9996	0.9991	0.7360	16.64%	0.2423
8192	0.9584	0.9745	0.9625	0.7232	24.59%	0.3648

Por último, se presenta la comparación visual, realizando un acercamiento en una zona u objeto de la imagen multispectral original, con el fin de observar el resultado mejorado en la imagen fusionada. La *Ilustración 5* presenta la comparación visual de la imagen de 1024 pixeles, donde se puede observar que la *Ilustración 5C* correspondiente a la imagen

fusionada tiene un alto detalle espacial combinado con riqueza espectral, a partir de eso se puede diferenciar casi de forma perfecta que el objeto enfocado es un avión, tarea un poco complicada de afirmar con certeza a partir de la primera imagen, la **Ilustración 5A** hace referencia a la imagen multiespectral original y la **Ilustración 5B** a la imagen pancromática.



*Ilustración 5 Objeto seleccionado para imagen de 1024 píxeles*