



TÉCNICAS DE COMPUTACIÓN CIENTÍFICA

OPTIMIZACIÓN SECUENCIAL

Eduardo Marquina García

Miguel Casado Pina

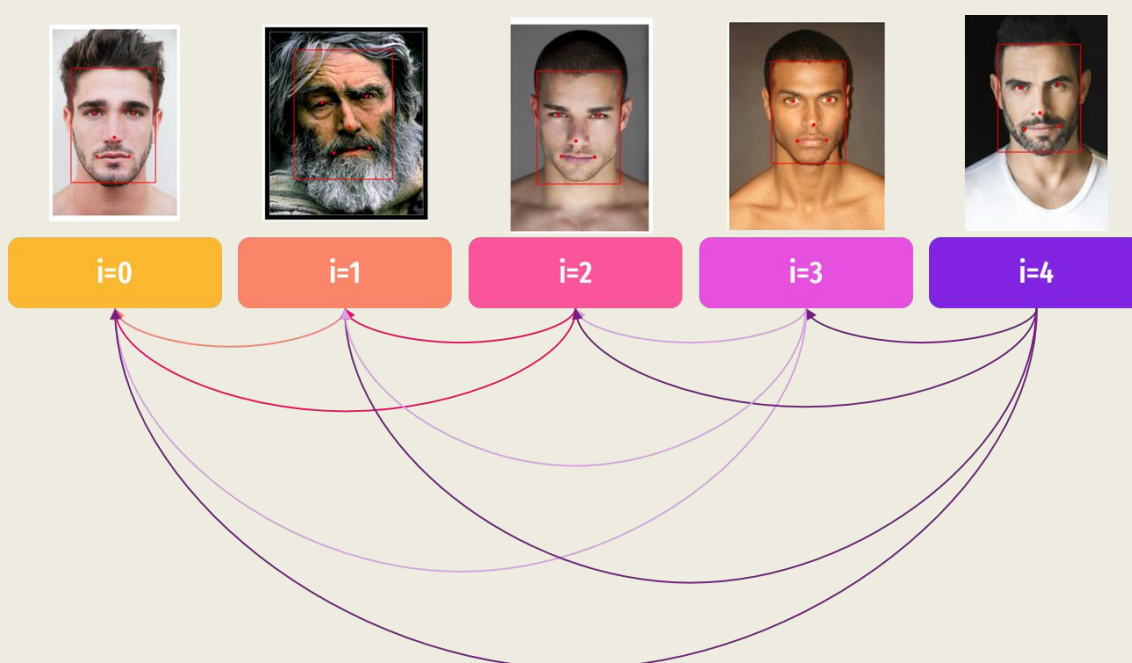
<http://www.centor.mx.gd>



Introducción

En este proyecto partimos de un proceso en Python relacionado con el procesamiento de 500 imágenes sobre rostros de personas, descargadas del dataset de la plataforma Kaggle ([https://www.kaggle.com/datasets/alexm1703/faces](#)): En él se recorre recursivamente todas las imágenes de un directorio con el fin de aplicar un modelo de embedding de imágenes mediante redes neuronales. Se trata de la red neuronal artificial MTCNN, de la librería facenet_pytorch.

Tras esto se obtiene el vector representativo de cada imagen para posteriormente calcular mediante numpy, la distancia euclidiana de cada imagen con el resto. Con esto cuantificamos la similitud de rasgos entre caras de distintas imágenes.



La finalidad del proyecto es, aplicando métodos de optimización secuencial, conseguir reducir el tiempo de ejecución de este proceso, así como emplear un uso más adecuado de los recursos (CPU, memoria...).

Hemos aplicado técnicas de evaluación del código, como medición del rendimiento de la CPU y uso de memoria por iteración en el tiempo, y cálculo del tiempo total de ejecución.

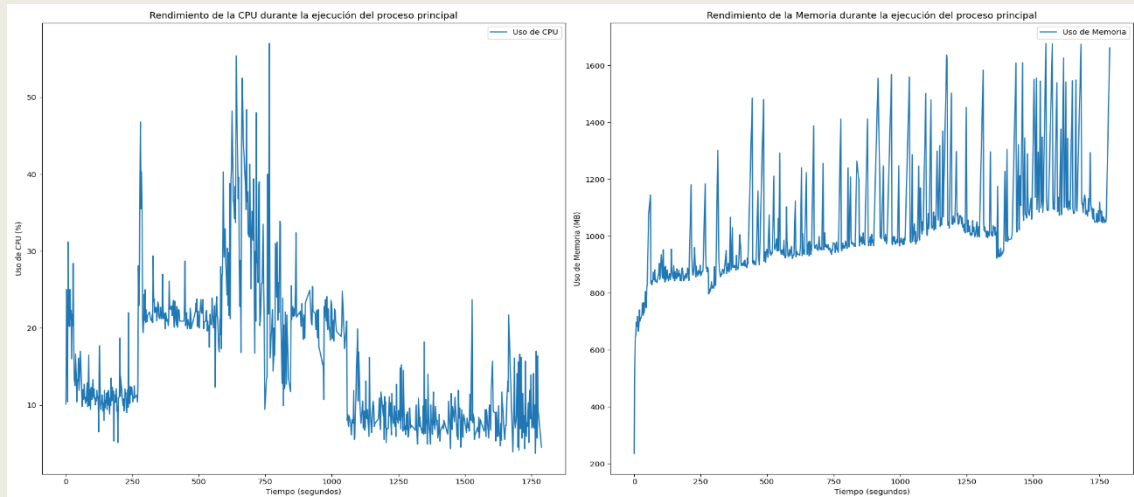
Además, hemos usado la herramienta cProfile para detectar posibles cuellos de botella e inconsistencias en el código. Esta herramienta genera un informe detallado del rendimiento del código en términos de llamadas a funciones y ejecuciones de líneas de código. Imprime el número de llamadas por función, Tiempo que tarda en ejecutarse, tiempo promedio por llamada y tiempo promedio acumulado.

A continuación, se describirán los tres procesos de optimización empleados y sus respectivas mejoras:

SCRIPT INICIAL - main_script1.py

Hicimos una medición de las veces que se ejecutaba cada línea del código y de las llamadas a cada función. Nos dimos cuenta que el modelo se inicializaba dentro del bucle donde leíamos las imágenes, por lo que se cargaba una vez por cada iteración, haciendo que aumentase el tiempo por cada ejecución total del proceso.

El siguiente gráfico contiene la medición del rendimiento de la CPU (izquierda) y rendimiento de la memoria (derecha) respecto al tiempo total de ejecución.



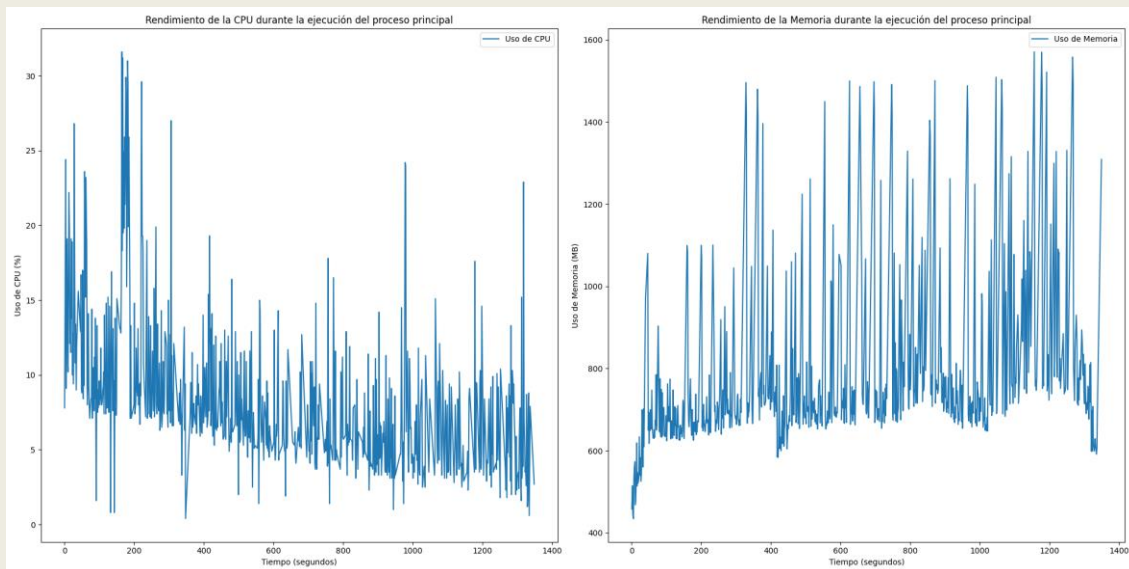
Como podemos observar tanto en el análisis del Uso de CPU como en el del Uso de Memoria el tiempo total (en segundos) de ejecución del programa es de 1789.84 segundos, lo que supone un tiempo aproximado de 30 minutos.

Además, gracias a los datos obtenidos y a los gráficos de análisis de rendimiento, podemos deducir en el gráfico de la izquierda que durante la vectorización y procesamiento de las imágenes el consumo de CPU es mayor, y que este dato cae cuando comienza el bucle de cálculo de las distancias euclidianas.

Por ello transformamos el código para inicializar el modelo una sola vez, mejorando el tiempo de procesado y el uso de CPU, generando el main_script2.py

PRIMERA MEJORA - main_script2.py

Tras la mejora anterior realizamos otra prueba del proceso y toma de métricas, obteniendo los siguientes resultados:



Como se puede ver, el uso máximo de memoria es muy similar al del proceso anterior, pero el uso medio de la misma se ha visto reducido, pasando de 1641.84765625 MB a 1266.84375 MB.

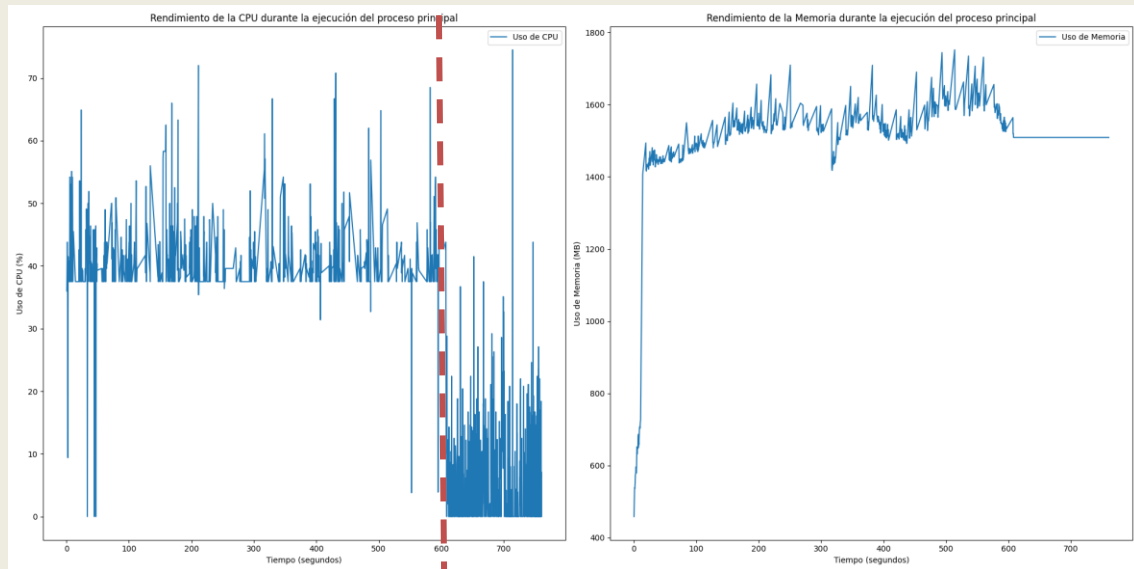
También se observa un uso mucho más reducido de la CPU.

Además, se observa una buena mejora en el tiempo total de la ejecución, pasando de 1789.84 segundos a 1350,054 segundos, lo que equivale a alrededor de 22 minutos y medio.

Identificamos también que la mayor carga de trabajo la realizaba la carga y vectorización de todas las imágenes, y no el cálculo de las distancias euclidianas. Por esta razón separamos ambos procesos en dos bucles diferentes, generando el tercer y último script.

SEGUNDA MEJORA - main_script3.py

Este tercer script incluye un cambio integral en la estructura del proceso iterativo. En el gráfico siguiente se muestran las métricas obtenidas:



La mayor mejora es el asombroso tiempo de ejecución total obtenido. Hemos pasado de 1350,054 segundos en la mejora anterior a 760,707 segundos en esta. Prácticamente la mitad.

Se diferencia claramente ambos bucles en el rendimiento de la CPU, marcados por la línea discontinua roja. El uso de la CPU aumenta, pero se mantiene mucho más estable que en las versiones anteriores. Además, durante el cálculo de las distancias euclidianas, el consumo de CPU es mucho menor, balanceando la gran carga del primer bucle.

El uso de memoria es un poco mayor que en el anterior proceso, dado que, al haber dos bucles, se guardan más variables locales en memoria, ocupando más espacio. Aun así, sigue siendo un uso de la memoria muy similar al de la mejora anterior.

Conclusiones

La naturaleza de nuestro problema, en comparación con otros problemas matemáticos, presenta opciones de mejora más limitadas.

En cambio, se ha conseguido llevar a cabo varios procesos de mejora en cuanto a velocidad de ejecución y uso de recursos que podrían aplicarse a una casuística real. Las implementaciones de este tipo de técnicas en trabajos con gran demanda computacional son esenciales para la fluidez y buena gestión de la infraestructura donde se ejecutan.

El trabajo se puede encontrar en el repositorio de GitHub https://github.com/mcasadop/TCC_faces, en la carpeta /Primera, junto a un archivo README.md con las instrucciones para ejecutar el código.

Resultados de pruebas hechos con LinPack

Script inicial:

```
Total de imágenes procesadas: 630
Tiempo total de ejecución: 1789.8486737480164 segundos
Memoria utilizada: 1641.84765625 MB
Tiempo total de ejecución: 1789.8536620140076 segundos
144836110 function calls (140127879 primitive calls) in 1790.703 seconds

Ordered by: cumulative time
List reduced from 2335 to 20 due to restriction <20>

ncalls  tottime  percall  cumtime  percall filename:lineno(function)
1 11.441 11.441 1789.850 1789.850 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script4.py:22(main_process)
728 0.005 0.000 728.717 1.001 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script4.py:13(get_cpu_usage)
728 0.021 0.000 728.713 1.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\psutil\_init__.py:1722(cpu_percent)
728 728.384 1.001 728.384 1.001 (built-in method time.sleep)
458126/11438 0.930 0.000 595.568 0.052 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1514(wrapped_call_impl)
458126/11438 1.929 0.000 595.534 0.052 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1520(call_impl)
728 0.010 0.000 554.029 0.761 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:226(forward)
728 0.072 0.000 548.809 0.754 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:272(detect)
728 33.181 0.046 548.699 0.754 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:25(detect_face)
728 1.384 0.002 357.637 0.491 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:304(imresample)
561323 0.874 0.000 161.899 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:70(_init_)
561323 5.458 0.000 161.025 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:3813(interpolate)
7308 5.273 0.001 157.854 0.022 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:37(forward)
104832 0.747 0.000 152.226 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:428(_init_)
561953 1.448 0.000 151.265 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:1214(adaptive_avg_pool2d)
104832 2.307 0.000 149.818 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:70(_init_)
111384 1.175 0.000 149.002 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\init.py:373(kaiming_uniform_)
561953 145.409 0.000 145.409 0.000 (built-in method torch._C_nn.adaptive_avg_pool2d)
141232 144.845 0.001 144.845 0.001 (method 'uniform' of 'torch._C_TensorBase' objects)
88088 0.929 0.000 139.621 0.002 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\inception_resnet_v1.py:14(_init_)
```

Mejora 1:

```
Total de imágenes procesadas: 630
Tiempo total de ejecución: 1350.054180805194 segundos
Memoria utilizada: 1266.84375 MB
Tiempo total de ejecución: 1350.0571732521857 segundos
28885016 function calls (27957575 primitive calls) in 1351.070 seconds

Ordered by: cumulative time
List reduced from 2335 to 20 due to restriction <20>

ncalls  tottime  percall  cumtime  percall filename:lineno(function)
1 11.069 11.069 1350.054 1350.054 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script3.py:22(main_process)
728 0.004 0.000 728.701 1.001 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script3.py:13(get_cpu_usage)
728 0.024 0.000 728.696 1.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\psutil\_init__.py:1722(cpu_percent)
728 728.362 1.000 728.362 1.000 (built-in method time.sleep)
458126/11438 0.761 0.000 550.497 0.048 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1514(wrapped_call_impl)
458126/11438 1.517 0.000 550.472 0.048 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1520(call_impl)
728 0.008 0.000 514.339 0.707 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:226(forward)
728 0.063 0.000 509.502 0.700 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:272(detect)
728 33.696 0.046 509.399 0.700 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:25(detect_face)
561323 0.785 0.000 151.108 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:304(imresample)
561323 4.962 0.000 150.323 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:3813(interpolate)
7308 5.186 0.001 147.703 0.020 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:37(forward)
561953 1.305 0.000 141.315 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:1214(adaptive_avg_pool2d)
561953 135.957 0.000 135.957 0.000 (built-in method torch._C_nn.adaptive_avg_pool2d)
126456 0.489 0.000 96.149 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:459(forward)
126456 0.386 0.000 95.484 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:451(_conv_forward)
126456 95.119 0.001 95.119 0.001 (built-in method torch.conv2d)
14036 0.062 0.000 91.398 0.007 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\torch\nn\modules\pooling.py:165(forward)
14400/14218 0.051 0.000 91.348 0.006 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\_jit_internal.py:478(fn)
14036 0.042 0.000 91.287 0.007 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:769(max_pool2d)
```

Mejora 2:

```
Total de imágenes procesadas: 630
Tiempo total de ejecución: 760.634343147278 segundos
Memoria utilizada: 1500.0234375 MB
Tiempo total de ejecución: 760.7071874141693 segundos
28955680 function calls (28027557 primitive calls) in 761.374 seconds

Ordered by: cumulative time
List reduced from 2336 to 20 due to restriction <20>

ncalls  tottime  percall  cumtime  percall filename:lineno(function)
1 15.541 15.541 760.636 760.636 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script2.py:22(main_process)
458126/11438 0.739 0.000 528.621 0.046 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1514(wrapped_call_impl)
458126/11438 1.620 0.000 528.597 0.046 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\module.py:1520(call_impl)
728 0.008 0.000 492.388 0.676 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:226(forward)
728 0.058 0.000 487.469 0.670 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:272(detect)
728 27.798 0.038 487.375 0.669 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:25(detect_face)
561323 0.812 0.000 150.000 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\utils\detect_face.py:304(imresample)
561323 5.112 0.000 149.197 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:3813(interpolate)
561953 1.352 0.000 139.879 0.000 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:1214(adaptive_avg_pool2d)
1358 0.007 0.000 136.971 0.101 C:\Users\Eduardo\Downloads\PortableGit\TCC_faces\Primer\main_script2.py:13(get_cpu_usage)
1358 0.003 0.000 136.964 0.101 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\psutil\_init__.py:1722(cpu_percent)
1358 136.473 0.100 136.473 0.100 (built-in method time.sleep)
561953 134.334 0.000 134.334 0.000 (built-in method torch._C_nn.adaptive_avg_pool2d)
7308 1.935 0.000 132.774 0.018 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\facenet_pytorch\models\mtcnn.py:37(forward)
14036 0.061 0.000 90.184 0.006 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\pooling.py:165(forward)
14400/14218 0.050 0.000 90.135 0.006 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\_jit_internal.py:478(fn)
14036 0.046 0.000 89.073 0.006 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\functional.py:769(max_pool2d)
126456 0.471 0.000 90.057 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:459(forward)
14036 90.018 0.006 89.018 0.000 (built-in method torch.max_pool2d)
126456 0.296 0.000 89.413 0.001 C:\Users\Eduardo\AppData\Local\Packages\PythonSoftwareFoundation.Python.3.11_qbz5n2kfra8p0\LocalCache\local-packages\Python311\site-packages\torch\nn\modules\conv.py:451(_conv_forward)
```