

The Fastest Correlation Verification

IEEE Publication Technology, *Staff*, IEEE, *Cristóbal Antonio Moraga Acosta*

Abstract—En el contexto actual de la ingeniería y la astronomía, la identificación de patrones en imágenes juega un papel crucial en diversas aplicaciones como la inspección de piezas mecánicas, la identificación de componentes en circuitos electrónicos y la clasificación de objetos estelares. Una de las técnicas utilizadas para este propósito es el template matching, que implica la comparación de una imagen con plantillas predefinidas para calcular su similitud.

I. INTRODUCTION

EL El objetivo de este trabajo es clasificar imágenes pertenecientes a tres clases (cross, box y circle) utilizando técnicas de template matching. Las imágenes de entrada tienen dimensiones de 512x512 píxeles, mientras que las plantillas de referencia son imágenes de 32x32 píxeles. El proceso implica calcular la correlación entre cada imagen de entrada y las plantillas para determinar a qué clase pertenece cada imagen. [1]

II. DESARROLLO

Para la implementación de nuestro sistema de clasificación basado en template matching, comenzamos con la carga y preprocesamiento de un conjunto de datos de imágenes de 512x512 píxeles, distribuidas en tres categorías: cruz, caja y círculo. Se utilizaron plantillas de referencia de 32x32 píxeles, preparadas y convertidas a escala de grises para facilitar el proceso de comparación. El método '*cv2.TM_SQDIFF*' se aplicó para calcular la correlación entre cada imagen y las plantillas, determinando así la mejor coincidencia y clasificando cada imagen según la plantilla con la correlación más alta.

A. Primer Match

En primer lugar se realizó este procedimiento de template matching con solo una imagen en donde se compara esta imagen con las tres imágenes de referencia, el resultado se puede apreciar en la imagen de la figura 1:

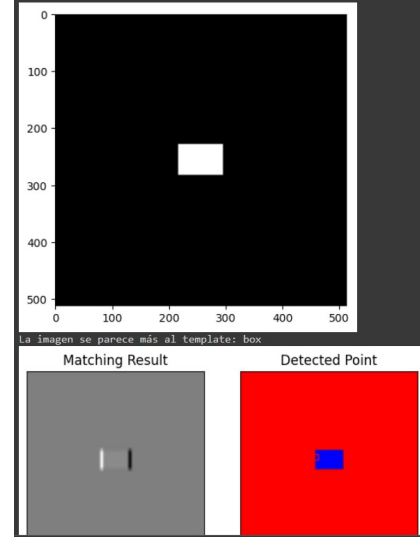


Fig. 1. Resultado del procedimiento con solo una imagen

Se obtuvo un resultado correcto en donde este identifica que la imagen se parece más al template box, es decir pertenece a esa clase, y esto es correcto ya que la imagen que se utilizó se puede visualizar en la imagen de la figura 2

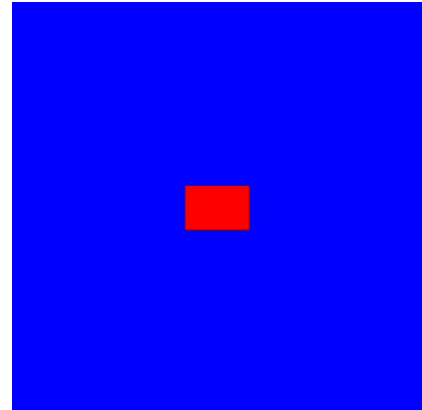


Fig. 2. Primera imagen analizada

Ahora este método se escala y se hace iterativo para que el código lea y haga el matching en todas las imágenes del archivo entregado, tal como se puede apreciar en el Jupyter Notebook. En las imágenes de las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran resultados de matching que fueron correctos y que fueron incorrectos

```

Ejemplos Clasificados Correctamente:
Imagen: box_01_freq_reflect_2a1a6b92-ea35-11ee-b922-047c16a08772_0-218_80-90.png, Clasificación: box
Imagen: circ_01_freq_reflect_b7692f2a-b9ff-11ee-8bd2-047c16a08772_0-395_80-90.png, Clasificación: circ

Ejemplos Clasificados Incorrectamente:
Imagen: cross_01_freq_reflect_dc0015a7-e854-11ee-88eb-a4c3f0508c4a_0-509_80-90.png, Clasificación: box
Imagen: cross_01_freq_reflect_e9503ad7-c681-11ee-809f-047c16a08772_0-344_80-90.png, Clasificación: box

```

Fig. 3. Nombres de los ejemplos clasificados correctamente e incorrectamente

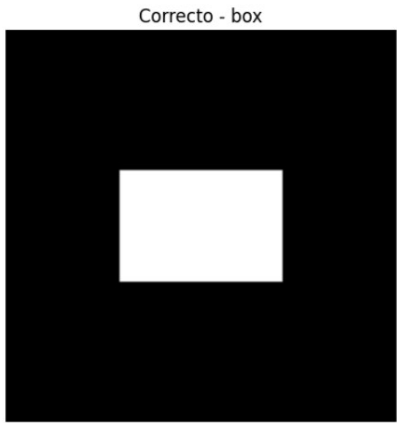


Fig. 4. Imagen 1: Clasificada correctamente como box

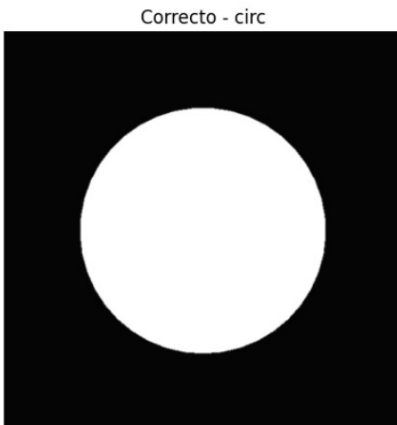


Fig. 5. Imagen 2: Clasificada correctamente como circ

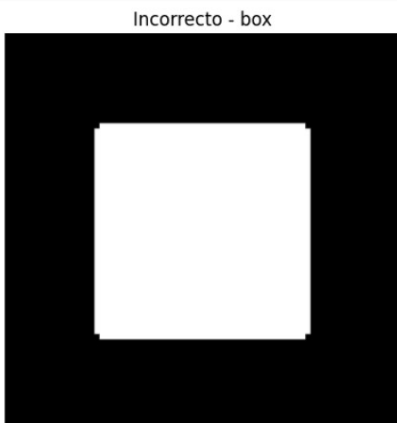


Fig. 6. Imagen 2: Clasificada incorrectamente como box

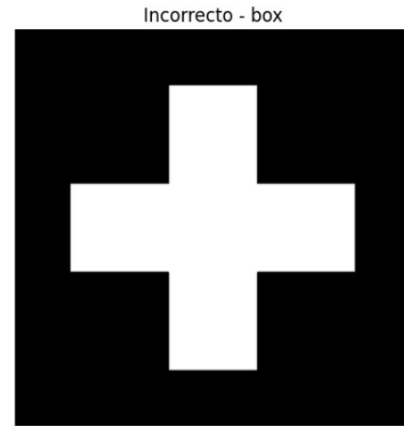


Fig. 7. Imagen 2: Clasificada incorrectamente como box

En las dos ultimas imágenes anteriores 6 y 7 se puede apreciar que el método se equivoco obteniendo una clasificación errónea. Sin embargo este error ocurrió pocas veces.

B. Método utilizado

cv2.TM_SQDIFF es un método utilizado en OpenCV (Open Source Computer Vision Library) para realizar operaciones de template matching, que es una técnica fundamental en el procesamiento de imágenes. En particular, cv2.TM_SQDIFF se refiere a la métrica de diferencia cuadrática para la comparación de plantillas en una imagen de entrada.

Funcionamiento de cv2.TM_SQDIFF

Correlación de Plantillas: El objetivo principal del template matching es encontrar la región en una imagen de entrada donde una plantilla (una pequeña imagen de referencia) coincide mejor con cierta parte de la imagen. [2]

Métrica de Diferencia Cuadrática: cv2.TM_SQDIFF calcula la suma de los cuadrados de las diferencias entre los píxeles de la plantilla y la región correspondiente de la imagen de entrada. Es decir, para cada posición de la plantilla en la imagen de entrada, se calcula una métrica de similitud basada en la diferencia cuadrática de los valores de los píxeles.

Resultado de Coincidencia: El resultado de cv2.TM_SQDIFF es un mapa de coincidencia donde los valores más bajos indican una mejor coincidencia entre la plantilla y la región correspondiente de la imagen de entrada. Esto significa que el área con el menor valor en el mapa de coincidencia indica la posición más probable donde se encuentra la plantilla en la imagen de entrada.

Utilización en Template Matching

Aplicación Práctica: cv2.matchTemplate() es la función principal que utiliza este método para realizar el template matching. Toma como entrada la imagen de referencia (plantilla) y la imagen en la que se desea buscar la coincidencia, y devuelve un mapa de coincidencia que indica dónde y cuán bien coincide la plantilla en diferentes partes de la imagen de entrada.

Variantes: Además de cv2.TM_SQDIFF, OpenCV proporciona otras variantes de métodos para el template matching, como cv2.TM_SQDIFF_NORMED, cv2.TM_CCORR, cv2.TM_CCORR_NORMED, entre otros. Cada uno de estos

métodos tiene su propio enfoque y métrica para calcular la similitud entre la plantilla y la imagen de entrada.

En resumen, `cv2.TM_SQDIFF` es un método importante dentro de OpenCV que permite realizar operaciones de template matching basadas en la métrica de diferencia cuadrática, útil para aplicaciones de reconocimiento de patrones, detección de objetos y más en el campo del procesamiento de imágenes y visión por computadora. [3]

C. Análisis de resultados finales y tiempo de procesamiento

Para analizar si ver si el matching de todas las imágenes fue lo suficientemente correcto se analiza la matriz de confusión la cual se puede visualizar en la imagen de la figura :

```
Matriz de Confusión:
[[3875  114    0]
 [   0 4416    0]
 [ 845   57 5021]]
Precisión: 0.93
Tasa de Error: 0.07
```

Fig. 8. Matriz de confusión

La matriz de confusión muestra la distribución de las clasificaciones realizadas por el modelo. Cada fila representa las instancias en una clase real, mientras que cada columna representa las instancias en una clase predicha. Los valores diagonales (de izquierda a derecha) representan las clasificaciones correctas.

Precisión: La precisión del modelo es de 0.93, lo que indica que el 93% de las imágenes fueron clasificadas correctamente.

Tasa de Error: La tasa de error es de 0.07 o 7%, lo que implica que el 7% de las imágenes fueron clasificadas incorrectamente.

Eficiencia del Método: El tiempo total de ejecución del código fue de aproximadamente 286.95 segundos (casi 4 minutos y 47 segundos), lo cual muestra una eficiencia aceptable para el procesamiento de un conjunto de datos de este tamaño.

Cabe destacar que con otros métodos tales como `cv2.TM_SQDIFF_NORMED`, `cv2.TM_CCORR`, `cv2.TM_CCORR_NORMED` se alcanzaba una precisión de 0.3 a 0.5, lo cual implica que estos métodos no son muy eficientes en este caso con respecto al `cv2.TM_SQDIFF`. [4]

III. CONCLUSIÓN

Este estudio ha demostrado que el método `cv2.TM_SQDIFF` es efectivo para la clasificación automatizada de imágenes basada en template matching, alcanzando una precisión del 93% en la identificación de tres categorías distintas: cruz, caja y círculo. Los resultados obtenidos son prometedores para aplicaciones prácticas en ingeniería y astronomía, donde la identificación precisa de patrones visuales es crucial. Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones, como el tiempo de ejecución del proceso, que sugiere la necesidad de investigar técnicas de optimización adicionales. En conclusión, este

estudio subraya la importancia de la investigación continua en métodos de clasificación de imágenes y proporciona una base sólida para futuros desarrollos en este campo.

REFERENCES

- [1] British Columbia university. Template Matching. 2018. url: https://www.cs.ubc.ca/~lsgal/teaching18_Term1.html.
- [2] https://docs.opencv.org/4.x/d4/dc6/tutorial_py_template_matching.html
- [3] https://docs.opencv.org/4.x/df/dfb/group_imgproc_object.html
- [4] P Frick et al. Scaling and correlation analysis of galactic images. url: <https://academic.oup.com/mnras/article/327/4/1145/1007769>.