

# The Fastest Correlation Verification

Matías Nicolás Armijo González

**Abstract**—El estudio se enfoca en la clasificación de imágenes mediante template matching para identificar formas específicas como caja, círculo y cruz. Se emplean plantillas correspondientes a cada forma y se utiliza correlación cruzada normalizada para evaluar la similitud entre las plantillas y las regiones de las imágenes. Para mejorar el rendimiento del matching, se aplican transformaciones como conversión a escala de grises, desenfoque gaussiano para reducir el ruido y mejora del contraste mediante CLAHE. Además, se utilizan operaciones de detección de bordes y aplicación de umbral fijo para mejorar la segmentación de formas. Estos procesos de preprocesamiento optimizan el matching, resultando en una clasificación más precisa y reducción de errores en las imágenes finales [3].

**Index Terms**—template matching, correlación cruzada normalizada, clasificación de imágenes, transformación de imágenes, detección de bordes, segmentación.

## I. INTRODUCCIÓN

EN el campo del procesamiento de imágenes, la identificación y clasificación de formas desempeñan un papel fundamental con aplicaciones diversas como la inspección automatizada, detección de objetos y reconocimiento de patrones. Este estudio se centra en implementar un método de template matching para clasificar imágenes según tres tipos específicos de formas: caja (box), círculo (circ) y cruz (cross). El template matching es ampliamente utilizado por su simplicidad y efectividad para encontrar regiones similares dentro de una imagen utilizando una plantilla predefinida [2].

El proceso de matching se apoya en la correlación cruzada normalizada, una técnica que permite medir la similitud entre una plantilla y distintas partes de una imagen, facilitando así la identificación de la forma deseada. No obstante, para lograr una clasificación precisa, es crucial realizar un adecuado preprocesamiento de las imágenes. Este trabajo implementa diversas transformaciones como la conversión a escala de grises, el desenfoque gaussiano para reducir el ruido y técnicas de mejora de contraste como el CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization). Además, se emplean técnicas de detección de bordes y aplicación de umbrales fijos para mejorar la segmentación de formas [4].

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los fundamentos teóricos y matemáticos que sustentan este método.

### A. Correlación Cruzada Normalizada

La correlación cruzada normalizada es una técnica utilizada para medir la similitud entre una plantilla  $T$  y una imagen  $I$ . El valor de  $R(x, y)$  varía entre -1 y 1, donde 1 indica una coincidencia perfecta, -1 indica una coincidencia inversa, y 0 indica que no hay correlación. Esta medida es robusta frente a cambios en la iluminación y el contraste, lo que la hace adecuada para la comparación de patrones en imágenes.

### B. Conversión a escala de grises

Reduce la complejidad de los datos eliminando la información de color, lo cual es especialmente útil ya que el template matching generalmente se realiza en imágenes en escala de grises.

$$I_{\text{gray}} = 0.299 \cdot I_R + 0.587 \cdot I_G + 0.114 \cdot I_B \quad (1)$$

donde  $I_R, I_G, I_B$  son los canales de color rojo, verde y azul de la imagen.

### C. Desenfoque Gaussiano

Suaviza la imagen y reduce el ruido mediante un filtro gaussiano. Esto es importante para eliminar detalles finos que pueden interferir con el matching.

$$I_{\text{blurred}} = I_{\text{gray}} * G(x, y, \sigma) \quad (2)$$

donde  $G$  es la función gaussiana y  $\sigma$  es la desviación estándar del filtro. El desenfoque ayuda a destacar las características principales de la imagen y a reducir las variaciones locales.

### D. CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)

Mejora el contraste de la imagen, especialmente en áreas con poca variación de intensidad, lo cual ayuda a resaltar los bordes y los detalles importantes. Este método ajusta el contraste de manera local, evitando la amplificación excesiva del ruido y mejorando la visibilidad de las estructuras.

$$I_{\text{clahe}} = \text{CLAHE}(I_{\text{blurred}}) \quad (3)$$

### E. Detección de Bordes

Resalta los contornos de los objetos en la imagen utilizando el algoritmo de Canny, que detecta bordes basándose en gradientes de intensidad.

$$I_{\text{edges}} = \text{Canny}(I_{\text{clahe}}, \text{threshold1}, \text{threshold2}) \quad (4)$$

donde  $\text{threshold1}$  y  $\text{threshold2}$  son los límites inferior y superior para la detección de bordes. La detección de bordes es crucial para identificar las formas geométricas en las imágenes.

### F. Umbral fijo

Mejora la segmentación de la imagen aplicando un umbral fijo, separando los píxeles de fondo de los píxeles de los objetos. Esta operación binariza la imagen, facilitando la comparación con las plantillas.

$$I_{\text{thresh}} = \begin{cases} 255 & \text{si } I_{\text{edges}} \geq \text{threshold} \\ 0 & \text{si } I_{\text{edges}} < \text{threshold} \end{cases} \quad (5)$$

### G. Normalización

La normalización ajusta los valores de la imagen a un rango específico para mejorar la comparación con las plantillas. Esto asegura que las intensidades de los píxeles estén en un rango consistente, lo cual es importante para la precisión del matching.

$$I_{\text{normalized}} = \frac{I_{\text{thresh}} - \min(I_{\text{thresh}})}{\max(I_{\text{thresh}}) - \min(I_{\text{thresh}})} \times 255 \quad (6)$$

## III. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología empleada para implementar un proceso de template matching destinado a clasificar imágenes según tres tipos específicos de formas: caja (box), círculo (circ) y cruz (cross).

### A. Carga y Preparación de Datos

El proceso comienza con la carga de un conjunto de imágenes desde un archivo comprimido (ZIP). Cada imagen se lee y se almacena junto con su nombre para su posterior análisis. Esto asegura que todas las imágenes estén disponibles para el procesamiento y clasificación automatizada.

### B. Transformación de imágenes

Para optimizar el proceso de matching, se aplican varias transformaciones a las imágenes:

**Conversión a Escala de Grises:** Las imágenes originales a color se convierten a escala de grises. Esta transformación simplifica el procesamiento al reducir la complejidad de los datos mientras conserva la información esencial de intensidad.

**Desenfoque Gaussiano:** Se aplica un filtro gaussiano para suavizar las imágenes y eliminar el ruido. Esto es crucial para preparar las imágenes de modo que el proceso de matching pueda enfocarse en las características estructurales principales de las formas.

**Mejora del Contraste (CLAHE):** Utilizando el método CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), se mejora el contraste local de las imágenes. Esta técnica resalta los detalles importantes como los bordes de las formas, facilitando su identificación durante el matching.

### C. Detección de Bordes y Segmentación

**Detección de Bordes (Canny):** Se implementa el algoritmo de detección de bordes de Canny, que utiliza gradientes de intensidad para identificar cambios significativos en la intensidad de los píxeles. Esto proporciona una representación clara de los contornos de las formas presentes en las imágenes.

**Aplicación de Umbral Fijo:** Se aplica un umbral fijo a la imagen de bordes para obtener una imagen binaria clara, donde los píxeles de fondo y los píxeles de objeto están bien diferenciados. Esta segmentación facilita la posterior comparación con las plantillas durante el matching.

### D. Template Matching y Clasificación

**Correlación Cruzada Normalizada:** Se emplea la función `cv2.matchTemplate` con el método de correlación cruzada normalizada [1]. Esta técnica compara la imagen preprocesada con varias plantillas predefinidas (box, circ, cross) para identificar la forma más similar.

**Selección de la Mejor Coincidencia:** Se determina la plantilla con la puntuación de correlación más alta como la clasificación final de la imagen. Este paso asegura una clasificación precisa y automatizada de las formas en las imágenes.

## IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación, se puede observar en la figura 1 una imagen correspondiente al conjunto de imágenes, con su respectiva imagen de correlación cruzada respecto a la plantilla que mejor se adecuó al proceso de template matching.

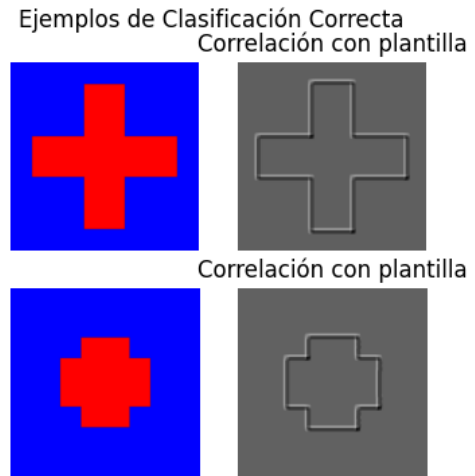


Fig. 1. La figura corresponde a una imagen clasificada como cruz y su respectiva imagen de correlación cruzada, observándose el grado de similitud posterior a aplicación del template matching, según la plantilla `cross.png`.

A partir de la ejecución del código, existe una tasa de error del 12.94%. Esta tasa de error puede corregirse de mejor manera al aplicar diferentes operaciones a las imágenes y/o a las plantillas, como rotación de plantillas, ajustes por segmentación de la imagen, convolución, entre otras operaciones.

## REFERENCES

- [1] Adaptive Vision. *Template Matching*. [On-line]. Disponible: [https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine\\_vision\\_guide/TemplateMatching.html](https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine_vision_guide/TemplateMatching.html).
- [2] Hashemi, N. S., Aghdam, R. B., Ghiasi, A. S. B., Fatemi, P. (2016). Template matching advances and applications in image analysis. arXiv preprint arXiv:1610.07231.
- [3] Nguyen, Duc Thanh Li, Wanqing Ogunbona, Philip. (2009). An Improved Template Matching Method for Object Detection. 5996. 193-202. 10.1007/978-3-642-12297-2\_19.
- [4] Agus Sujarwadi, Joseph Carlo K, Iwan Hartadi TU, Erik Iman HU, Suhirman, A.Djoko Budiyanto, Suyoto, Natan Derek. (2022). Template Matching Algorithm Implementation For Introduction To Indonesian Traditional House. International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences, 4(2), 142 - 148.