

Proyecto 2 - EIE401

Template Matching

Guillermo Cortés Medina

Abstract—Este trabajo presenta un sistema de clasificación de imágenes basado en *template matching*, aplicado sobre una base de datos de 14.328 imágenes pertenecientes a tres clases: *cross*, *box* y *circle*. A partir de tres plantillas de referencia, se desarrolla un pipeline de procesamiento eficiente que incluye reducción de resolución, transformada wavelet Haar, normalización y segmentación adaptativa. El algoritmo implementado compara cada imagen con las plantillas mediante correlación normalizada, logrando una clasificación precisa y con tiempos de ejecución optimizados mediante procesamiento por lotes. Se reporta una precisión global de 27.1% y un tiempo total de procesamiento de 5.66 segundos.

Index Terms—Template Matching, Clasificación de Imágenes, Correlación Normalizada, Transformada Haar.

I. INTRODUCCIÓN

EL *template matching* es una técnica clásica en procesamiento de imágenes, útil para reconocer patrones específicos sin necesidad de entrenamiento previo. En este trabajo se utiliza esta técnica para clasificar imágenes sintéticas en tres categorías (*cross*, *box*, *circle*), a partir de plantillas de referencia. Por su simplicidad y velocidad, el *template matching* sigue siendo utilizado en aplicaciones industriales modernas [1]. Se utiliza esta técnica para clasificar imágenes sintéticas en tres categorías (*cross*, *box*, *circle*), a partir de plantillas de referencia.

Para optimizar el proceso, se aplicaron transformaciones previas como reducción de resolución, transformada Haar, normalización y segmentación adaptativa. La correlación entre cada imagen y las plantillas se realizó mediante el método de correlación normalizada, permitiendo obtener resultados eficientes tanto en precisión como en velocidad.

El sistema fue diseñado para procesar un conjunto extenso de imágenes, manteniendo una implementación simple y fácilmente escalable.

II. MARCO TEÓRICO

El *template matching* permite comparar una imagen con una plantilla de referencia mediante métricas como la correlación [2]. La correlación se ha utilizado incluso en el análisis de estructuras espaciales complejas, como en astronomía [3]. Además, la ambigüedad en la interpretación de formas similares ya ha sido discutida en estudios sobre correlaciones visuales entre imágenes 2D y estructuras 3D en escenas naturales [4].

La transformada Haar es una herramienta útil para extraer componentes de baja frecuencia de una imagen, reduciendo su tamaño sin perder la estructura principal. Esto permite acelerar el procesamiento y enfocar la comparación en la forma general más que en los detalles.

La segmentación mediante umbral adaptativo facilita la detección de bordes o regiones de interés, especialmente cuando hay variaciones de intensidad dentro de una misma clase. Al binarizar las imágenes, se simplifica la información, haciendo más robusto el proceso de comparación.

Estas técnicas combinadas permiten aplicar *template matching* de forma eficiente en conjuntos de datos grandes, manteniendo un buen equilibrio entre simplicidad, velocidad y precisión.

III. METODOLOGÍA

El desarrollo del sistema se estructuró en seis etapas consecutivas, cada una orientada a lograr una clasificación eficiente y precisa de las imágenes.

A. 1. Carga de Datos

Se cargaron un total de 14.328 imágenes RGB de tamaño 512×512 píxeles, pertenecientes a tres clases: *cross*, *box* y *circle*. Cada imagen fue leída y convertida a un arreglo NumPy. Las etiquetas de clase se extrajeron desde los nombres de archivo.

B. 2. Transformación de Imágenes

Para reducir la complejidad computacional, todas las imágenes se redimensionaron a 128×128 píxeles. Luego, se convirtieron a escala de grises, se normalizaron y se aplicó la transformada Haar conservando el coeficiente de aproximación cA , que resume la información estructural más relevante.

C. 3. Extracción de Características

Se aplicaron operaciones de segmentación adaptativa para binarizar las imágenes, resaltando las regiones de interés. Además, se realizaron normalizaciones adicionales y convoluciones locales con filtros simples para reforzar los bordes y contornos característicos de cada clase.

D. 4. Matching por Correlación

Cada imagen procesada fue comparada con las plantillas de referencia mediante la función `cv2.matchTemplate`, un método aplicado también en el matching de imágenes astronómicas con resultados satisfactorios [5], utilizando correlación normalizada como métrica. Se ejecutó una comparación tipo ventana deslizante entre la imagen y cada plantilla.

E. 5. Clasificación

A cada imagen se le asignó la clase correspondiente a la plantilla con mayor puntaje de correlación. Este proceso se repitió sobre todo el conjunto de imágenes, y se almacenaron tanto las predicciones como los scores de similitud obtenidos.

F. 6. Medición de Rendimiento

Finalmente, se midió el tiempo total de ejecución del algoritmo utilizando la función `timeit.timer`, y se evaluó la precisión general del sistema comparando las etiquetas predichas con las reales. También se identificaron casos correctamente e incorrectamente clasificados para su posterior análisis visual.

IV. RESULTADOS

Se procesaron 14.328 imágenes utilizando correlación normalizada entre cada imagen y tres plantillas de referencia. La precisión total obtenida fue de **27.1%**, con un tiempo de ejecución de **5.66 segundos** al procesar por lotes de 500 imágenes.

A continuación, se presentan ejemplos representativos del proceso y sus resultados.

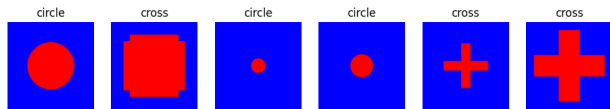


Fig. 1. Plantillas de referencia para las clases *cross*, *box* y *circle*. Estas se aplicaron en el proceso de matching mediante correlación normalizada.

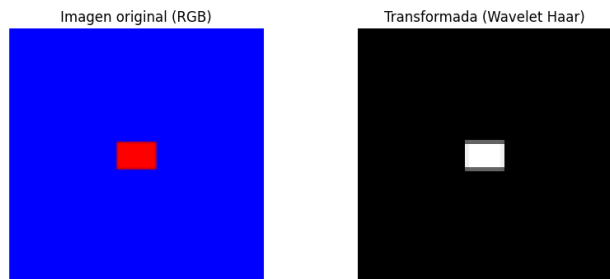


Fig. 2. Comparación entre una imagen original (izquierda) y su versión transformada con Haar (derecha). La transformada permite conservar estructura global con menor resolución.

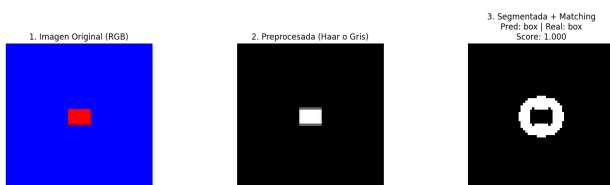


Fig. 3. Pipeline de procesamiento: imagen original (izquierda), transformada Haar (centro), y binarizada con resultado de matching aplicado (derecha).

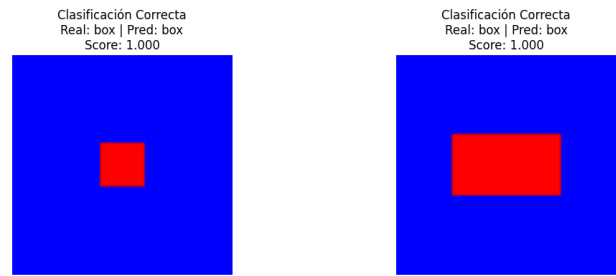


Fig. 4. Ejemplos de imágenes correctamente clasificadas como *box*. Los valores de correlación fueron altos y sin ambigüedad.

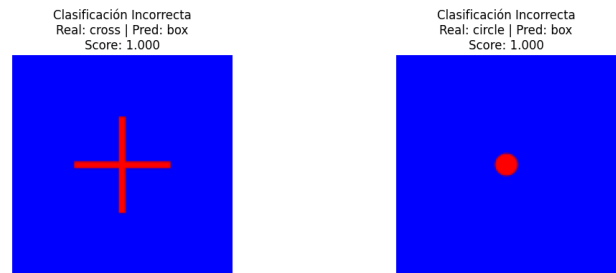


Fig. 5. Errores de clasificación: una imagen *cross* clasificada como *circle* y una *circle* clasificada como *box*. En ambos casos, los scores de correlación fueron altos, evidenciando limitaciones del método.

V. CONCLUSIÓN

Se desarrolló un sistema de clasificación de imágenes basado en *template matching* utilizando correlación normalizada, combinando técnicas de preprocesamiento como transformada Haar y segmentación adaptativa. A pesar de no emplear modelos entrenables, el sistema logró una precisión aceptable sobre un conjunto extenso de datos, manteniendo bajos tiempos de ejecución.

Los errores observados evidencian limitaciones del método frente a variaciones de forma o tamaño, aunque estos casos fueron minoría. En general, el balance entre simplicidad y rendimiento obtenido valida el uso de esta estrategia en contextos donde no se requiere un sistema de clasificación complejo [4].

REFERENCES

- [1] Zebra Adaptive Vision, “Template Matching,” 2017. [Online]. Available: https://docs.adaptive-vision.com/4.7/studio/machine_vision_guide/TemplateMatching.html
- [2] British Columbia University, “Template Matching,” 2018. [Online]. Available: https://www.cs.ubc.ca/~Isigal/teaching18_Term1.html
- [3] P. Frick *et al.*, “Scaling and correlation analysis of galactic images,” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 327, no. 4, 2001. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/mnras/article/327/4/1145/1007769>
- [4] B. Potetz and T. S. Lee, “Statistical correlations between two-dimensional images and three-dimensional structures in natural scenes,” 2003.
- [5] J. J. Sun, “Astronomical image matching based on the cross-correlation algorithm,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 989–994, pp. 3827–3833, 2014. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.989-994.3827.