

## **Red neuronal Backpropagation para clasificación de pinturas cubistas aplicando segmentación y momentos invariantes de Hu (CIBUrbp)**

Miriam de la Cruz Teomitzi, Ma. Margarita Labastida Roldán

Universidad Autónoma de Tlaxcala,  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología,  
México

dmiriam18@gmail.com,  
mariamargarita.labastida.r@uatx.mx

**Resumen.** En el arte se emplean técnicas de pintura que buscan obtener una composición de formas, colores y texturas. Esta composición es lo que conocemos como las características que pueden determinar el tipo de corriente artística a la que pertenece una obra, sin embargo, estas técnicas pueden dificultar la apreciación de la esencia de las pinturas, es decir, no se logra apreciar con exactitud a qué contexto pertenecen. En el proyecto CIBUrbp se extraen características de pinturas cubistas aplicando diferentes filtros, entre ellos la segmentación y la extracción de los siete momentos invariantes de Hu para poder realizar una clasificación en tres categorías cotidianas, objetos, paisajes y retratos utilizando una red neuronal Backpropagation.

**Palabras clave:** Procesamiento de imágenes, segmentación, momentos invariantes, backpropagation, cubismo.

## **Backpropagation Neural Network for Classification of Cubist Paintings Applying Segmentation and Hu Moments' Invariants (CIBUrbp)**

**Abstract.** In the art, the usage of techniques that seek obtain a composing of shapes, colors and textures. This composing is known as the characteristics that determine the type of artistic movement a oeuvre to belong. However, these characteristics can hinder assessment of the essence of the painting, i.e., it is not appreciated with accuracy to what context it belongs. The project CIBUrbp extracts characteristics of cubist paintings applying different filters, between them there are segmentation and extraction of seven invariant moments of Hu to make the classification in three everyday categories: objects, landscapes and portraits, using a neuronal network Backpropagation.

**Keywords:** Digital image processing, segmentation, invariant moments of Hu, backpropagation, cubism.

## **1. Introducción**

El procesamiento de imágenes es una tarea verdaderamente detallada ya que consiste en extraer características, parámetros o patrones, esto con el fin de clasificar o en todo caso generar nuevas imágenes. Actualmente este procesamiento trae consigo grandes beneficios porque su impacto es de gran utilidad en las áreas como la medicina, el control de procesos industriales, la comunicación, el entretenimiento, la agricultura, la educación, entre otras. Existen precedentes acerca del uso del procesamiento de imágenes en la arqueología, como lo indica un artículo de la Universidad de Murcia [1], donde el principal objetivo era evaluar la utilidad de las técnicas de mejora, realce y restauración de imágenes. Para llevar a cabo esta tarea se eligieron dos objetos, un epígrafe romano y un relieve visigodo; las imágenes elegidas para el proceso tenían defectos, los cuales suelen aparecer ocasionalmente en el material fotográfico de los arqueólogos, dichos defectos no eran más que la fluctuación de la iluminación y circunstancias que dificultaban la visión de los objetos. El resultado de esta investigación fue muy favorable, ya que quedó demostrado que la utilidad del procesamiento digital de imágenes por arqueólogos en la resolución de problemas reales es una forma óptima que se adapta a las necesidades de los trabajos.

Diversos artículos de investigaciones hacen un gran énfasis a la utilidad del procesamiento digital de imágenes y redes neuronales en las áreas antes mencionadas, ya que tiene grandes ventajas en el ámbito industrial y cotidiano, sin embargo, estas áreas de igual manera pueden ser utilizadas para explorar otros ámbitos como puede ser el arte, específicamente el cubismo. El cubismo es una de las corrientes artísticas más importantes del siglo XX, nacido en Francia entre el año 1904 y 1914 y cuyo exponente más conocido es Pablo Picasso. Las pinturas pertenecientes a esta corriente poseen características que pueden permitir la extracción de las mismas, ya que en ellas predominan las líneas rectas, modeladas básicamente por cubos y cilindros.

El objetivo es extraer características de diferentes pinturas cubistas por medio del procesamiento digital de imágenes, específicamente la segmentación y los siete momentos invariantes de Hu, para finalmente clasificar a las pinturas de manera más específica en las categorías: objetos, paisajes y retratos.

## **2. Trabajos relacionados**

En [2] el objetivo principal es desarrollar un software para la interpretación de caracteres. Esta interpretación se aplica al reconocimiento de placas de vehículos y el software desarrollado está compuesto por 3 etapas. La primera consiste en procesar la imagen de partida para resaltar sus características; la segunda etapa realiza medidas sobre la imagen procesada y produce un vector de características, en la etapa final dicho vector se compara con vectores correspondientes a distintas clases. Finalmente se desarrolló un software capaz de interpretar caracteres de placas de vehículos. El principal objetivo de [3] es clasificar automáticamente una serie de objetos que pasan por una banda de producción para posteriormente separarlos y empacarlos. Dicho sistema consta de las siguientes etapas: preprocesamiento, segmentación, extracción de rasgos y finalmente la clasificación.

Los resultados de la implementación son muy favorables, ya que la clasificación fue 100% correcta. La idea principal de [4] es desarrollar aplicaciones para teléfonos móviles que sean capaces de identificar imágenes. A partir de un conjunto de imágenes se extraen las características, se almacenan en una base para que posteriormente un servicio web consuma la información para el reconocimiento y finalmente se utiliza un algoritmo que permite su clasificación definitiva. Los resultados de este proyecto son favorables, ya que el sistema funciona, sin embargo, se menciona que en muchas ocasiones los momentos invariantes de Hu no son suficientes para una clasificación adecuada. En [5] el objetivo principal es reconocer plagas en la planta flor de azúcar ya que esta es atacada por diferentes insectos. Para llevar a cabo la implementación como primera fase se tomaron fotografías en un campo de flores, posteriormente se procesan dichas imágenes aplicando filtros, se hace un conteo de píxeles para analizar la ubicación de los agujeros respecto a la hoja.

Este trabajo de procesamiento de imágenes resulta ser rápido y con ventajas económicas. En [6] se propone la implementación de un algoritmo que combina la umbralización global y adaptativa. Este algoritmo permite la extracción de volúmenes óseos como entidades geométricas únicas de imágenes de tomografía computarizada (TC) para el estudio biomecánico. Se demuestra que la combinación de la umbralización global y la adaptativa constituye un método efectivo. En [7] se desarrollan aplicaciones de detección de bordes por medio de operadores para detectar y reconocer elementos básicos como figuras, líneas y formas. El método de este trabajo consiste en la aplicación de los operadores Roberts, Sobel y Canny, tomando como referencia una imagen de un billete de 100 dólares. Se demuestra que el operador de Roberts presenta un problema y el algoritmo de Canny es más eficiente y preciso.

### **3. Artefactos propuestos**

Se propone el desarrollo del sistema CIBUrnbp para clasificar pinturas cubistas, el cual se detalla a continuación:

#### **3.1. Modelado de contenido**

El sistema CIBUrnbp está compuesto por 6 etapas, como se observa en la figura 1. Cada una hace referencia a una fase de todo el proceso de este sistema, la primera consiste en crear una base de datos de 100 pinturas cubistas las cuales son procesadas para finalmente identificar la categoría a la que pertenecen. En la segunda etapa se aplica el método de segmentación por crecimiento de regiones. Durante la tercera se extraen las características de cada pintura basadas en los siete momentos invariantes de Hu, esto para crear la base de datos de dichas características, es decir, la cuarta fase. Posteriormente se procede a entrenar a la red neuronal, quinta fase, para, así como etapa final obtener una clasificación basada en tres categorías, las cuales son: objetos, paisajes y retratos.

La red neuronal tiene como entrada las siete características de las pinturas, las cuales corresponden a los siete momentos invariantes de Hu, una capa interna con 20 neuronas y tres salidas correspondientes a las tres categorías de la clasificación.



Fig. 1. Descripción de la interfaz del sistema CIBUrbp.



Fig. 2. Imagen en RGB, escala de grises y binaria.

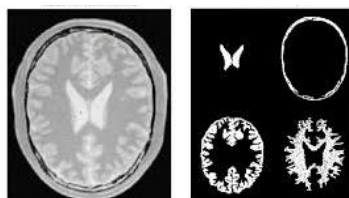


Fig. 3. Segmentación basada en crecimiento de regiones a partir de la rodaja de un cerebro.

Para entrenar a la red se toma la base de datos de las características de las 100 pinturas cubistas y el target, de igual modo se usa la función lineal *logsig*, es decir, *sigmoide* y la función de entrenamiento *trainlm*.

Procesamiento digital de imágenes: como se visualiza en la figura 2, son técnicas de proceso de imágenes que se utilizan para mejorar la apariencia visual de las imágenes. Tiene que ver con la adquisición, transmisión, procesamiento y representación de las imágenes [8].

Segmentación: como se muestra en la figura 3, es el proceso de dividir la imagen en grupos, basado en las similitudes entre los píxeles, cada píxel de la imagen puede asociarse con ciertas propiedades visuales, como el brillo, color y textura [9].

Momentos Invariantes: son un conjunto de momentos a partir de los cuales se pretende reconocer un objeto independientemente de su posición y orientación de la imagen. En la figura 4 se visualizan las fórmulas de dichos momentos [10].

Backpropagation: trabaja bajo aprendizaje supervisado y por lo tanto necesita un conjunto de instrucciones de entrenamiento que le describa cada salida y su valor de salida esperado. En la figura 5 se muestra un diagrama que representa la estructura de la red [11].

Cubismo: movimiento pictórico y escultórico originado por Picasso y Braque reconocido como uno de los grandes puntos de inflexión del arte occidental, nació en París en la primera década del siglo XX. En la figura 6 se visualiza una pintura perteneciente al cubismo [12].

$$\begin{aligned}
 H_1 &= \bar{\mu}_{20} + \bar{\mu}_{02}, \\
 H_2 &= (\bar{\mu}_{20} - \bar{\mu}_{02})^2 + 4\bar{\mu}_{11}, \\
 H_3 &= (\bar{\mu}_{30} - 3\bar{\mu}_{12})^2 + (3\bar{\mu}_{21} - \bar{\mu}_{03})^2, \\
 H_4 &= (\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12})^2 + (\bar{\mu}_{21} + \bar{\mu}_{03})^2, \\
 H_5 &= (\bar{\mu}_{30} - 3\bar{\mu}_{12}) \cdot (\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12}) \cdot [(\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12})^2 - 3(\bar{\mu}_{21} + 3\bar{\mu}_{03})^2] \\
 &\quad + (3\bar{\mu}_{21} - 3\bar{\mu}_{03}) \cdot (\bar{\mu}_{21} + \bar{\mu}_{03}) \\
 &\quad \cdot [3(\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12})^2 - (\bar{\mu}_{21} + 3\bar{\mu}_{03})^2], \\
 H_6 &= (\bar{\mu}_{20} - \bar{\mu}_{02}) \cdot [(\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12}) - (\bar{\mu}_{21} + \bar{\mu}_{03})^2 + 4\bar{\mu}_{11} \cdot (\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12}) \cdot \\
 &\quad (\bar{\mu}_{21} + \bar{\mu}_{03}), \\
 H_7 &= (3\bar{\mu}_{21} - \bar{\mu}_{03}) \cdot (\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12}) \cdot [(\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12})^2 \\
 &\quad - 3(\bar{\mu}_{21} + 3\bar{\mu}_{03})^2] + (3\bar{\mu}_{12} - \bar{\mu}_{30}) \cdot (\bar{\mu}_{21} + \bar{\mu}_{03}) \\
 &\quad \cdot [3(\bar{\mu}_{30} + \bar{\mu}_{12})^2 - (\bar{\mu}_{21} + 3\bar{\mu}_{03})^2].
 \end{aligned}$$

Fig. 4. Siete momentos invariantes de Hu.

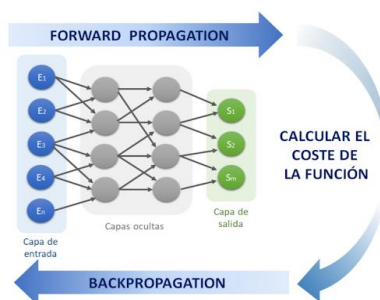


Fig. 5. Estructura de Backpropagation.



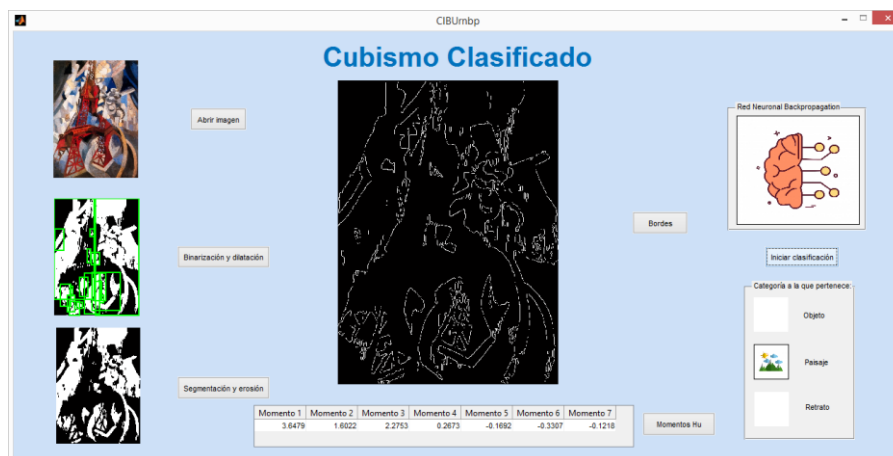
Fig. 6. "Las señoritas de Avignon" de Picasso.

A partir de una imagen, se aplican los filtros y algoritmos antes mencionados para obtener los siete momentos invariantes de Hu, mismos que son considerados descriptores los cuales ayudan a la clasificación de las pinturas.

A continuación, se describe el proceso que se sigue en la interfaz cuando se da clic en cada uno de los botones.

- El botón “Abrir imagen” abre un explorador de archivos.
- “Binarización y dilatación” binariza y dilata la imagen elegida y la muestra.
- “Segmentación y erosión” segmenta y erosiona la imagen resultante de la binarización y dilatación.
- “Bordes” detecta los bordes de la imagen previamente segmentada y erosionada.
- “Momentos Hu” obtiene los datos numéricos de los siete descriptores y los muestra en una tabla. Estos datos son la entrada de la red neuronal Backpropagation.
- “Iniciar clasificación” ejecuta la red neuronal y se obtiene el resultado de la clasificación.

En la figura 7. se muestra la interfaz del sistema, en donde se visualizan los resultados de cada una de las fases dentro del procesamiento.














**Fig. 7.** Interfaz de usuario.

Para evaluar a la red se seleccionaron 20 pinturas, de las cuales 6 fueron objetos, 7 paisajes y por último 7 retratos, en la tabla 1 se muestran las pinturas sometidas a experimentación para evaluar si el resultado de la red fue correcto.

De las 20 pinturas que se sometieron a pruebas 20 casos fueron exitosos, es decir, la red clasificó de manera correcta las 6 pinturas pertenecientes a la categoría objetos con un promedio de 95% de aptitud, de igual modo clasificó correctamente las 7 pinturas de la categoría paisajes con el 95% y por último las 7 pinturas correspondientes a la categoría retratos con un promedio del 92%, dejando como resultado un promedio final del 94% de aptitud.

Tabla 1. Resultados de la clasificación.

Núm.	Pintura	Resultado esperado	% de aptitud	Resultado obtenido
1		Objeto	97%	Objeto
2		Objeto	95%	Objeto
3		Objeto	98%	Objeto
4		Objeto	91%	Objeto
5		Objeto	98%	Objeto
6		Objeto	93%	Objeto
7		Paisaje	98%	Paisaje
8		Paisaje	93%	Paisaje
9		Paisaje	98%	Paisaje
10		Paisaje	92%	Paisaje

Núm.	Pintura	Resultado esperado	% de aptitud	Resultado obtenido
11		Paisaje	100%	Paisaje
12		Paisaje	89%	Paisaje
13		Paisaje	96%	Paisaje
14		Retrato	96%	Retrato
15		Retrato	97%	Retrato
16		Retrato	96%	Retrato
17		Retrato	90%	Retrato
18		Retrato	98%	Retrato
19		Retrato	72%	Retrato
20		Retrato	97%	Retrato



#### 4. Conclusiones y trabajo a futuro

La implementación fue un verdadero reto en cada una de sus etapas, como en la creación de la base de datos de las pinturas, ya que encontrar pinturas digitales no fue sencillo, por otro lado, el crear la estructura de la red tomó un tiempo considerable hasta encontrar la arquitectura más adecuada y con mejores resultados, sin embargo, los resultados finales de este proyecto son completamente aceptables porque se obtuvo en su totalidad el resultado esperado. De igual manera se hizo el hallazgo de la mejor arquitectura de la red neuronal, misma que consiste en el empleo de la función de activación *sigmoide*, *logsig*, que es propia de Backpropagation y de igual modo la función de entrenamiento, *trainlm*, la cual es la más rápida y recomendada para entrenar redes de este tipo, ya que se trata de aprendizaje supervisado. Con el uso de estas dos funciones se obtiene un porcentaje alto de exactitud en la clasificación partiendo del entrenamiento.

Por otra parte, el desarrollo de este trabajo beneficia en gran parte al arte y a las personas que tienen interés en ella, ya que, al realizar una clasificación de pinturas cubistas basada en un contexto cotidiano, se tiene una mejor apreciación artística y se descarta la confusión y desinterés, ya que, al no tener el recurso de la familiaridad o la información previa, es difícil saber qué es y qué significa una obra.

Como trabajo a futuro se puede contar con una base de datos con muchas más pinturas cubistas para evaluar la clasificación, del mismo modo se puede probar la implementación de estos algoritmos para clasificar pinturas de otras corrientes artísticas, como expresionismo y surrealismo, e incluso se pueden clasificar fotografías reales dentro de una galería, por último, se propone realizar una clasificación de pinturas a partir de una aplicación móvil.

#### Referencias

1. García, I., Storch, J.J., Cisneros, G., Vicente, A.: El proceso digital de imagen en la investigación arqueológica. Universidad de Murcia. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/112526.pdf> (2019)
2. Rolón, R., Domínguez, V.: Reconocimiento de caracteres en imagen digital, una aplicación al reconocimiento automático de placas de vehículos. Agosto 27, 2019, de Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este. [www.une.edu.py/index.php/fpune\\_scientific/article/download](http://www.une.edu.py/index.php/fpune_scientific/article/download) (2015)
3. Gómez, W.: Reconocimiento de objetos en fotografías. CINVESTAV-LTI. <https://www.tamps.cinvestav.mx/wgomez/toptamps/tutorial.pdf> (2019)
4. García, P.: Reconocimiento de imágenes utilizando redes neuronales artificiales. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/23444/1/ProyectoFinMasterPedroPablo.pdf> (2013)
5. Cáceres, C.A., Amaya, D., Ramos, O.L.: Procesamiento de imágenes para reconocimiento de daños causados por plagas en el cultivo de Begonia semperflorens (flor de azúcar). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169940048012> (2015)
6. Ortega, D.R., Gutiérrez, G., Iznaga, A.M., Rodríguez, T., de Beule, M., Verheghe, B.: Segmentación de los huesos en imágenes TC empleando la umbralización global y adaptativa. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - Instituto de Tecnología

- Biomédica, Universidad de Ghent. <https://www.elsevier.es/es-revista-imagendiagnostica-308-pdf-S2171366914000043> (2014)
7. Sánchez, V.M., Caballero, F.G., Pérez, M.Á., Vidal, M., Rodríguez, E.: Detección de bordes de una imagen usando Matlab. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya. Recuperado de: <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/655/> (2019)
  8. González, D.: 2. Procesamiento de imágenes. Universidad de Salamanca Master de Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura. <http://ocw.usal.es/edu/Commons/enseanzas-tecnicas/procesamiento-avanzado-de-imagenes-digitales/contenidos/Tema2.pdf> (2019)
  9. McAndrew, A.: Introduction to Digital Image Processing with Matlab (2004)
  10. Cuevas, E., Zaldivar, D., Pérez, M.: Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y Simulink, México (2010)
  11. Ponce, P.: Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería (2010)
  12. Lozano, J.M.: Historia del arte (2013)