

## Aplicación de Técnicas de Visión Artificial y Sistemas Expertos para la Determinación del Valor de Monedas

ARANDA-DELGADILLO, Manuel†, MEDINA-MUÑOZ, Luis Arturo, RODRÍGUEZ-ESPINOZA, Indelfonso, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Samuel

*Instituto Tecnológico de Nogales, Departamento de Posgrado e Investigación  
Universidad Tecnológica de Nogales*

Recibido Octubre 18, 2016; Aceptado Febrero 03, 2017

### Resumen

Existen varias técnicas para la detección de valor de las monedas, desde las manuales hasta las electrónicas. Son ampliamente utilizadas en los negocios y mercados cambiarios. Fürst utilizó una cámara de alta velocidad para la clasificación de monedas [1], Reinhold creó un sistema para la clasificación e identificación de monedas antiguas [2]. En este caso se utilizó una cámara de 2M píxeles para la adquisición de imágenes y MatLab para el procesamiento, obteniendo 100% de detección correcta de las monedas que se utilizaron para el programa. El objetivo de ésta investigación es comprobar que no se necesita hardware de gran costo para desarrollar un proyecto para la identificación de objetos, en nuestro caso el valor de monedas. Utilizaremos escalas monocromáticas, eliminación de ruido y creación de estructuras morfológicas. Se determina el número de imágenes encontradas y se hace la comparación en base a un sistema experto, para determinar el valor de la moneda. Trabajos futuros tratan de utilizar esta información adquirida en la detección de defectos en los cortes de cables.

**Matlab, Imagen Monocromática, Sistema Experto**

### Abstract

There are several techniques to detect the value of coins, from manual to electronic. They are widely used in business and foreign exchange markets. Fürst used a high velocity camera for the classification of coins [1], Reinhold created a system for the classification and identification of old coins [2]. In our case a 2M pixel camera was used for the acquisition of images and Mat Lab for the processing, obtaining 100% correct detection of the currencies that were used for the program. The objective of this research is to verify that it does not need expensive hardware to develop a project for the artificial identification of objects, in our case the value of coins. We will use Gray Scales, Noise Elimination, and Creation of Morphological Structures. The number of images found is determined and the comparison is made based on an expert system to determine the value of the coin. Future works are to use this knowledge in detect defect in cables with the cut process.

**Mat lab, Gray Scale, Expert System, morphological**

**Citación:** ARANDA-DELGADILLO, Manuel, MEDINA-MUÑOZ, Luis Arturo, RODRÍGUEZ-ESPINOZA, Indelfonso, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Samuel. Aplicación de Técnicas de Visión Artificial y Sistemas Expertos para la Determinación del Valor de Monedas. Revista de Prototipos Tecnológicos. 2017, 3-7: 7-12

† Investigador contribuyendo como primer autor.

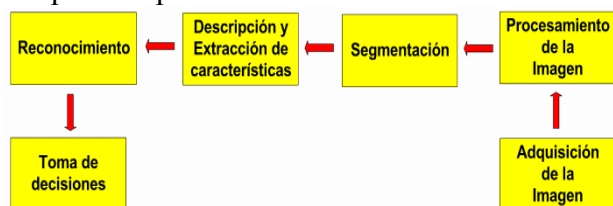
## Introducción

Se puede definir a visión artificial como un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales. [3]

La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. [3] Estos procesos son:

- Captación de imágenes
- Memorización de la información
- Procesado e interpretación de los resultados

La figura 1 nos muestra un diagrama a bloques del proceso utilizando visión artificial.



**Figura 1** Diagrama a bloque de proceso con visión Artificial. Elaboración propia

## Reprocesamiento de la Imagen

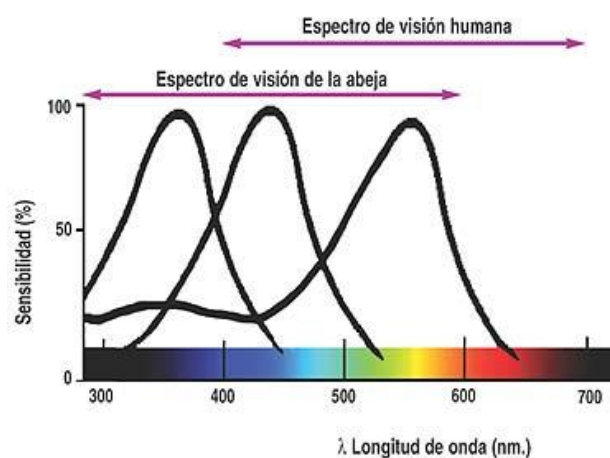
Una etapa importante de la visión artificial es el reprocesamiento de imágenes, es decir, la transformación de la imagen original en otra imagen en la cual hayan sido eliminados los problemas de ruido, cuantización o de iluminación espacialmente variable. La utilización de estas técnicas permite el mejoramiento de las imágenes digitales adquiridas de acuerdo a los objetivos planteados en el sistema de visión artificial. [4]

## Conversión a Escala de Grises

En esta parte se trata la conversión de una imagen en color a escala de grises, el equivalente a la luminancia de la imagen.

Como sabemos el ojo percibe distintas intensidades de luz en función del color que se observe, esto es debido a la respuesta del ojo al espectro, por esa razón el cálculo de la escala de grises o luminancia de la imagen debe realizarse como una media ponderada de las distintas componentes de color de cada pixel [4] Ver figura 2. La fórmula para convertir una imagen RGB a escala a grises:

$$\text{Nivel de gris} = 0.3 * \text{Rojo} + 0.59 * \text{Verde} + 0.11 * \text{Azul}$$



**Figura 2** Respuesta del ojo al espectro visible. Elaboración propia

## Operaciones Morfológicas en imágenes binarias

La morfología matemática es una herramienta muy utilizada en el procesamiento de imágenes. Las operaciones morfológicas pueden simplificar los datos de una imagen, preservar las características esenciales y eliminar aspectos irrelevantes. Teniendo en cuenta que la identificación y descomposición de objetos, la extracción de rasgos, la localización de defectos e incluso los defectos en líneas de ensamblaje están sumamente relacionados con las formas, es obvio el papel de la morfología matemática.

La morfología matemática se puede usar, entre otros, con los siguientes objetivos: Reprocesamiento de imágenes, supresión de ruido, simplificación de formas. Destacar la estructura de objetos, extraer el esqueleto, marcado de objetos, envolvente convexa, ampliación, reducción. Descripción cualitativa de objetos, área, perímetro, diámetro, etc.<sup>[7]</sup>

### Metodología

Existen tres tipos de dispositivos para tratar el dinero: Detector de billetes falsos, Contador de Billetes y Contador de Monedas. Este trabajo determina el valor de las monedas, tomado la imagen con una cámara web de baja resolución (2M píxeles) para demostrar que hasta una cámara de con baja resolución puede, Figura 3, y el tratamiento de la imagen en Matlab, con la comparación de un sistema experto para determinar cuál es el valor de la moneda. El desarrollo de este sistema se basa en tomar muestras de las monedas de 1, 5 y 10 pesos. La figura 1 nos muestra la forma y el tamaño de estas monedas seleccionadas para muestras.



Figura 3 Monedas a detectar. Elaboración propia

### Determinación de Valor de las Monedas

#### Escala de Grises

Para determinar el umbral de detección de las monedas se trabajó se mandó la imagen a escala de grises (1)

$$IM = (R*0.2126) + (G*.7152) + (B*0.0722) \quad (1)$$

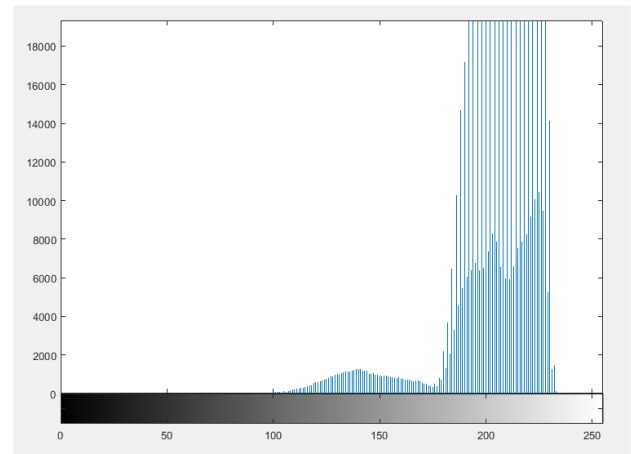


Figura 4 Histograma para separación de Monedas. Elaboración propia

#### Escala Monocromática

Para hacer más sencilla el tratamiento de imágenes la imagen se mandó a escala monocromática, utilizando como base la separación de la imagen en RGB (1) y determinando el punto crítico para separar la moneda del fondo de la imagen

El valor definido mediante este procedimiento está determinado por la ecuación 1, en caso particular de este trabajo es de 180, como se muestra en Figura 4 empieza la detección de Objetos, en la escala de grises 0 a 255. La figura 5 nos muestra la imagen Monocromática resultante de la aplicación mediante esta técnica de visión.

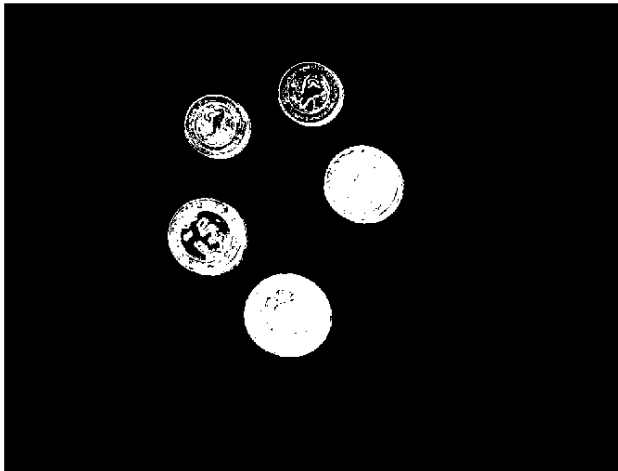


Figura 5 Imagen Monocromática. Elaboración propia

### Remoción de Objetos Pequeños

Una vez procesada la imagen a Imagen Monocromática, es necesario eliminar ruido que pueden afectar la toma de decisiones mediante la identificación de parámetros, una manera de hacer esto es utilizando una función determinada en Matlab, esto se muestra en la función 2, en nuestro caso se eliminaron los objetos menores a 1,000 píxeles, en Figura 6 se muestra una imagen final sin la eliminación de las imágenes pequeñas

$$IM1 = bwareaopen(bw,1000) \quad (2)$$

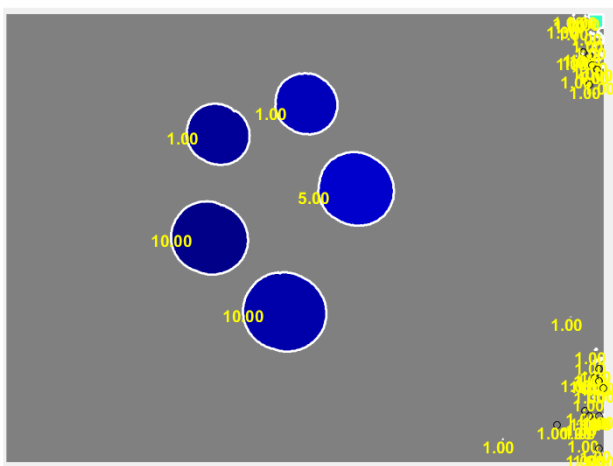


Figura 6 Resultado final sin Remoción de Imágenes Pequeñas. Elaboración propia

### Creación morfológica de Círculo

Con el fin de simplificar la figura a identificar, eliminando los parámetros irrelevantes, es necesario definir la forma geométrica que realmente interesa, en este caso es un círculo. Esto se logra mediante el uso de la función mostrada en 3 y 4, lo cual generaran una circunferencia. Esto les dará uniformidad y definición geométrica, tal como se muestra en la Figura 7.

$$SE = strel('disk',2) \quad | \quad (3)$$

$$IM1 = imclose(IM1,SE); \quad (4)$$

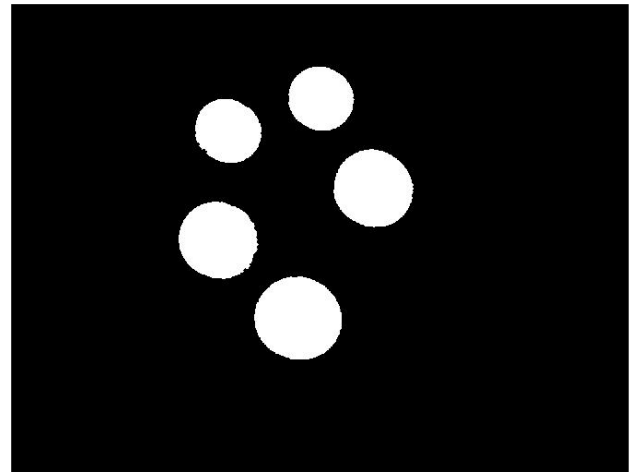


Figura 7 Creación morfológica de la imagen. Elaboración propia

### Dibujando las fronteras en imágenes binarias

Se pasa a utilizar la función (5) para definir las fronteras de los objetos detectados y a su vez hacer el conteo de las imágenes encontradas.

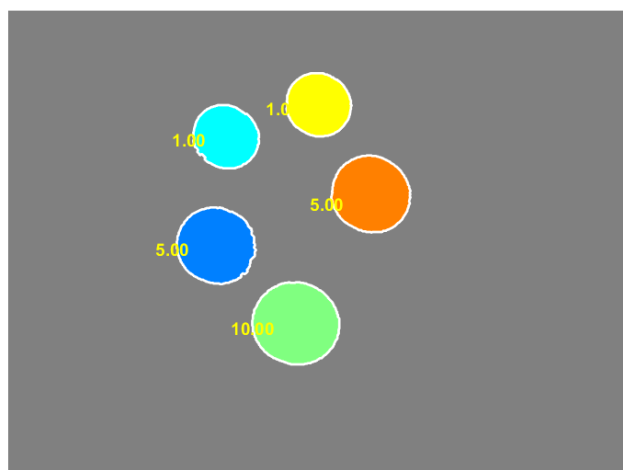
$$[B,L] = bwboundaries(bw,'noholes') \quad (5)$$

## Determinando el valor de la Moneda

Una vez trabajada la imagen se pasa a revisar el área del círculo obtenido mediante las técnicas y procedimientos definidos en los puntos anteriores, estos resultados finales de la imagen se muestran en la Figura 8 donde también se muestra el área de cada una obtenida mediante el uso de funciones de Matlab.

El paso siguiente es hacer una comparación con los datos definidos mediante un sistema experto, basado en la experiencia y conocimiento del área de las monedas a identificar, esto se hace mediante la aplicación del siguiente extracto de programación en Matlab.

```
delta_sq=diff(boundary.^2);
perimeter = sum(sqrt (sum(delta_sq,2)));
area = stats(k).Ar
```



**Figura 7** Resultados obtenidos del procesamiento de la imagen. Elaboración propia

## Conclusiones

El Sistema fue capaz de detectar el valor de las monedas sin problema, esto es del 100% de las imágenes tomadas con diferentes posiciones, y diferente número de monedas y valores.

El uso de programas con librerías adecuadas para tomar, procesar e identificar parámetros visuales son una herramienta que ayudan mucho para simplificar los procesos que utilizan técnicas con cierto grado de inteligencia como visión artificial y los sistemas expertos.

Los resultados obtenidos en este trabajo serán utilizados como herramientas de consulta para diseñar una interface de uso industrial en la detección del corte correcto en cables de telecomunicaciones y reducir las pérdidas debido a desperdicios.

## Referencias

Fürst, M., Kronreif, G., Wögerer, C., Rubik, M., Holländer, I. & Penz, H. (2003). Development of a mechatronic device for high speed coin sorting, Proc. Conf. Industrial Technology, Vol. 1, pp. 185–189

Reinhold Huber-Mörk, Michael Nölle, Michael Rubik, Michael Hödlmoser, Martin Kappel and Sebastian Zambanini (2012). Automatic Coin Classification and Identification, Advances in Object Recognition Systems, Dr. Ioannis Kypraios (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/35795.

Salgado Luis. Visión artificial: Fundamentos y aplicaciones. Grupo de tratamiento de imágenes. Universidad Politécnica de Madrid.

Sobrado Malpartida Eddie. Sistema de visión artificial para el reconocimiento y manipulación de objetos utilizando un brazo robot. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Bertel García Oscar, Toro Bello Edwin, Moreno González Camilo. Reconocimiento de formas en visión artificial: Aplicación de la transformada wavelet. 2009.

Giraldo Montero Carlos. Dimensionamiento de piezas usando el sistema de visión e la celda de manufactura flexible en la facultad de ingeniería mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería mecánica. 2007.

Porras José. Clasification system baseon computer visión. Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma.

Cáceres Tello Jesús. La visión artificial y las operaciones morfológicas en imágenes binarias. Dpto. Ciencias de la Computación. Escuela Técnica Superior de Informática Universidad de Alcalá.

LaordenFiter Eduardo. Descripción, comparación y ejemplos de uso de las funciones de la toolbox de procesado digital de imágenes de MATLAB. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. 2012.