

Sistema clasificador de materiales basado en el reconocimiento de imágenes

**Luis Topiltzin Domínguez Butrón, Luciano González Rodríguez,
Víctor Hugo García Ortega**

**Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo,
Av. Juan de Dios Batiz s/n, esq. Miguel Othón de Mendizábal,
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", 07738,
México, D.F.**

**topiltzin_jm@yahoo.com.mx, chanogr@yahoo.com.mx
vgarciaortega@yahoo.com.mx**

Resumen. En el presente documento se describe el desarrollo del SCM (Sistema Clasificador de Materiales), basado en el procesamiento de imágenes y análisis espectral, para realizar la clasificación de un número especificado de materiales, contando para ello con una banda transportadora donde se tendrán los objetos y se realizará la clasificación. Así mismo contiene la propuesta de solución y el diseño de los módulos que componen el sistema.

1 Introducción

Cada vez es más común ver que las empresas que realizan algún tipo de proceso industrial, deseen automatizar la mayoría de los procesos, sino es que todos. Si hablamos de procesos que involucren el uso de una computadora podemos nombrar muchísimos, incluyendo los que suceden en la misma, esto es, existe un gran campo de aplicación y los procesos de clasificación no son la excepción. Si ahora hablamos de la clasificación de materiales, podríamos enfocarnos a un conjunto de objetos de características de interés para nosotros y aún más, podríamos también nombrar las diferentes formas que tiene el ser humano para reconocer un objeto, pero aún no sabemos a ciencia cierta que proceso sigue para distinguir un material de otro, es decir, la visión computacional aún se encuentra lejos de emular con precisión el sistema de visión del humano. En la actualidad se sigue trabajando sobre algoritmos existentes para mejorarlos u optimizarlos y así tener mejores resultados en el menor tiempo posible, así como también la combinación de herramientas para evaluar resultados y mejorar o proponer métodos alternativos. Enfocándonos al reconocimiento de materiales que es el tema medular, el ser humano toma en cuenta la forma de los objetos y su textura para asociarles a este un nombre o tipo, en este caso limitaremos el sistema solo a formas cuadradas y centraremos el análisis de datos a la textura de los objetos. Los materiales que identificaremos serán 3: Madera, Metal y Plástico. Cada uno con naturaleza distinta como es el color y la textura que serán los patrones a identificar y así poder diferenciar entre ellos.

2 Descripción general del sistema

A grandes rasgos, el diagrama del sistema se puede apreciar en la figura 1.

Diagrama de contexto o nivel cero



Fig. 1. Diagrama de contexto del SCM. Utilizará una WebCam para tomar la imagen del objeto, la cual se procesará y analizará en la PC, posteriormente la banda transportadora y las implementaciones necesarias realizarán la clasificación.

El objetivo entonces del trabajo es: Diseñar un sistema que constará de una banda transportadora que presentará objetos a una cámara, para que esta tome una fotografía, la envíe a una PC, la cual debe analizar e interpretar la imagen para determinar el material mostrado y así poder hacer la clasificación de objetos para aplicaciones como en una planta recicladora.

3 Descripción del sistema de reconocimiento

A continuación se describen los módulos que conforman la resolución del problema, así como los resultados obtenidos en cada uno de ellos, que serán utilizados a su vez por el siguiente módulo.

3.1 Captura de la imagen

Para la captura de la imagen se utilizó una WebCam Mitsu, con una velocidad de captura de 30 muestras por segundo, enfoque manual, arroja una imagen digital de 352x288 píxeles en formato bmp (mapa de bits) e interfaz USB.

El lente de la cámara es colocado a 9cm de altura sobre la banda transportadora para tener una toma superior del objeto, con iluminación controlada para crear un ambiente similar en cada toma.

3.2 Cambio a escala de grises

Existen razones para afirmar que no se necesita una imagen a color para realizar el procesamiento y análisis de la imagen, así pues, debemos cambiar a escala de grises la imagen que arroja la cámara, ya que esta es a color.

El proceso de cambio a escala de grises es simple, se toman los 3 bytes de color, se promedian y se asignan a como nuevos valores de esos mismos 3 bytes a cada píxel. A continuación se muestra una imagen a color entregada por la cámara y su imagen en escala de grises.

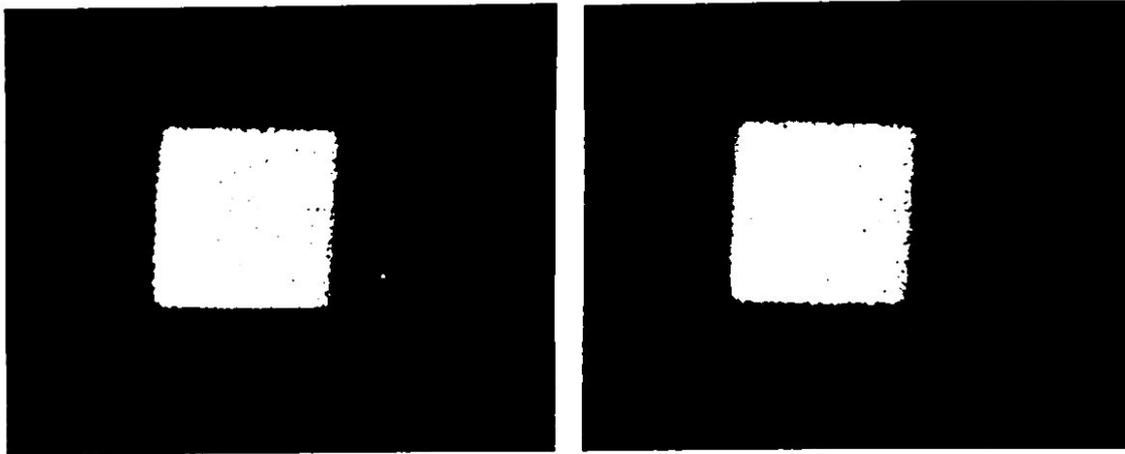


Fig. 2. Imagen original a color en formato de mapa de bits y su correspondiente imagen en escala de grises.

3.3 Filtrado de la imagen

El principal objetivo de las técnicas de mejora de una imagen digital es de forma que resulte más adecuada que la original para una aplicación específica.

Para efectos de este proyecto nos dedicaremos al filtrado en el dominio espacial ya que, el tipo de ruido presentado en nuestras imágenes que tenemos como prototipo nos dimos cuenta de que el tipo de ruido generado es el llamado *sal y pimienta* este tipo de ruido es fácilmente eliminado por las técnicas en el dominio espacial como lo es por ejemplo *el filtro por la mediana*.

El filtro por la mediana es un filtro no lineal, que preserva la agudeza de los bordes, es decir, reduce más el ruido que el difuminado de los bordes, elimina estrechos de picos de intensidad aislados. Podemos ver ahora la imagen filtrada en la figura 3:

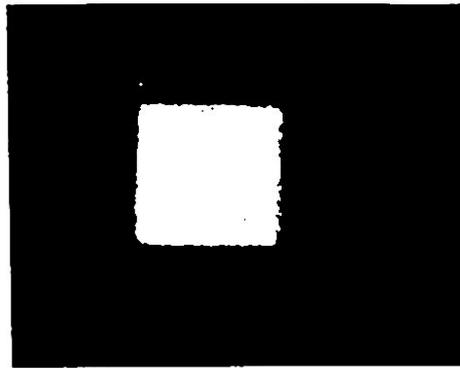


Fig. 3. Imagen filtrada mediante el filtro de la mediana.

3.4 Segmentación

El primer paso del análisis de imágenes consiste generalmente segmentar la imagen. La segmentación subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos. El nivel al que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver. Esto es, la segmentación deberá detenerse cuando los objetos de interés de una aplicación hayan sido aislados.

El objetivo de la segmentación por regiones es dividir una imagen en regiones. Se ha planteado el problema encontrando límites entre regiones basándose en discontinuidades de la intensidad, en las propiedades de distribución de los píxel, tales como la intensidad o el color. Al tratar de segmentar por regiones debemos ocupar una técnica que es la de umbralización, que define un parámetro de nivel de intensidad de gris para poder definir la posición del objeto y diferenciarlo del entorno. Esto es, si el nivel de gris del píxel está por debajo del umbral quiere decir que estamos analizando el entorno y para el caso en el que el nivel de gris del píxel esté por encima del umbral quiere decir que nos encontramos posicionados en el objeto. Esto considerando que tendremos un ambiente controlado de iluminación y de distancia de la cámara invariante.



Fig. 4. Distinción de la imagen segmentada.

Podemos notar la segmentación en la figura 4:

3.5 FFT

FFT (Fast Fourier Transform o Transformada Rápida de Fourier)

La principal ventaja de utilizar este tipo de transformada es el número de operaciones, que es considerablemente menor si los datos de entrada son mas grandes y potencias de 2, además para programar el algoritmo se utilizo el método de “*Decimation in time*”. Otra ventaja es que la transformada bidimensional puede obtenerse en dos pasos aplicando sucesivamente la transformada unidimensional, esto lo podemos ver en las siguientes expresiones:

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp\left\{-j2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)\right\} \quad (1)$$

Así mismo la transformada inversa se define como:

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp\left\{j2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)\right\} \quad (2)$$

En la figura 5 se muestra la transformada de Fourier de la imagen original de la figura 1:

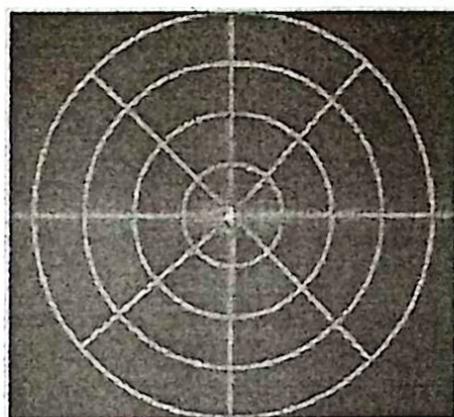


Fig. 5. Imagen original y su transformada de Fourier.

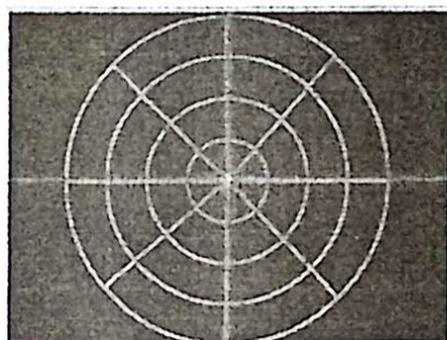
3.6 Reconocimiento del material

La extracción de los rasgos característicos del espectro derivado de la FFT se hará por medio de una división en regiones del espacio de frecuencias, que será de forma radial con 4 círculos y el plano se dividirá en 8 regiones en lugar de cuatro y el centro se dejará intacto para tener entonces 33 regiones. Las cuales serán componentes espectrales después de haber normalizado cada región por medio de la sumatoria de

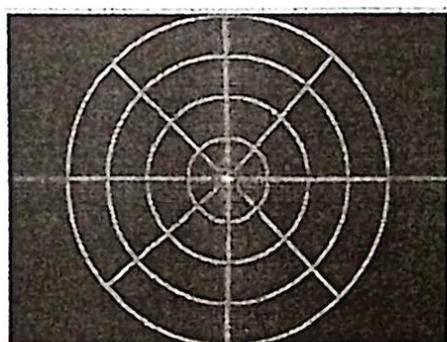
todos los componentes por región, para tener una idea más clara de lo anterior observemos las comparaciones en la figura 6:



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. Espectro de Fourier y regiones a utilizar para su reconocimiento. (a) Plástico, (b) Madera y (c) Metal.

3.7 Clasificación de materiales

Las redes neuronales son la técnica más adecuada para llevar a cabo el reconocimiento, al menos en nuestro caso, ya que no conocemos a ciencia cierta el comportamiento de nuestros datos y precisamente las redes neuronales resuelven problemas tanto linealmente separables como no linealmente separables, implementación relativamen-

te sencilla y de un diseño bastante flexible, así como tolerancia a fallos. En este trabajo utilizaremos un perceptrón multicapa.

En la figura 7 se muestra la arquitectura de la red neuronal a utilizar para hacer el reconocimiento.

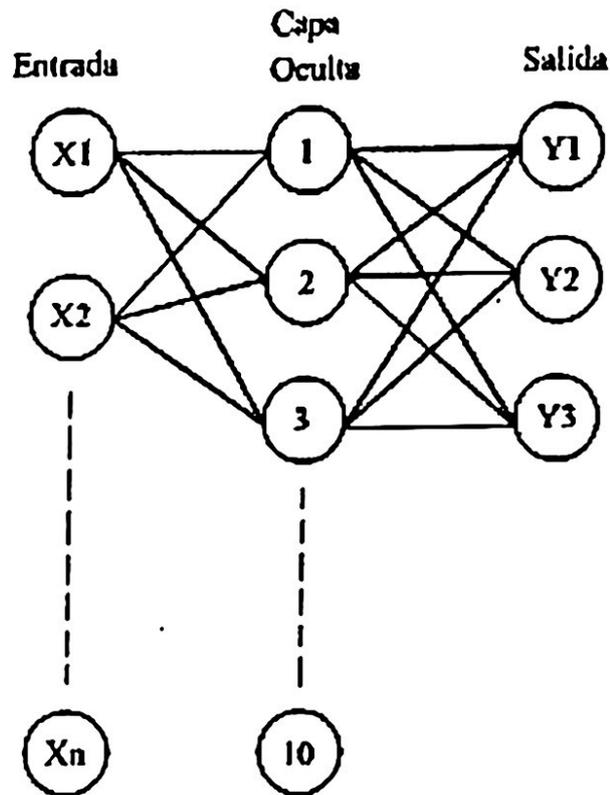


Fig. 7. Arquitectura de la red neuronal, en este caso un Perceptrón multicapa.

4 Descripción del sistema de clasificación

En este trabajo se utiliza una banda transportadora, en esta se presentan los objetos y cuando se detecta la presencia de alguno, se captura la imagen por medio de la cámara, posteriormente se realiza todo el análisis anteriormente nombrado y una vez que se determina el tipo de material del que se trata, se realiza la clasificación.

La clasificación se realiza con ayuda de un servomotor modelo HS-311 de Hitec, que trabaja de 4.8 a 6 V, se manejan para esto tres posiciones, debido a los tres materiales ya mencionados, estos materiales van al contenedor del tipo de material del que se trate; a su vez la banda transportadora cuenta con un motor de CD que trabaja a 12V y cuenta con un juego de engranes reductor de velocidad, para un mayor control. El control se realiza por medio del puerto paralelo de la PC.

5 Resultados y conclusiones

Existen numerosas técnicas de reconocimiento, y podría no ser una novedad la realización del trabajo, sin embargo, la aplicación a una planta recicladora donde los materiales a clasificar están ya definidos, tales como metales, cartón, vidrio, etc., es una buena propuesta debido a que se podría realizar el sistema que realice la clasificación y simplemente se tomen los contenedores dependiendo del material que se desee realizar el reciclado, debido a esto consideramos pues este trabajo como la primera parte de un proyecto que podría ser de mayor magnitud, importancia y ayuda para procesos industriales.

Existen así mismo restricciones para este trabajo, podemos mencionar por el momento que los materiales que se utilizaran serán de dimensiones conocidas e idénticas, deberán estar en buen estado, esto es no presentar rayones, cortes, pintura, etc., estas son algunas de las limitaciones del trabajo, pero debemos mencionar que se buscará dar seguimiento para poder tanto clasificar más materiales, como también presentar materiales de otras formas

El sistema de software tendrá una interfaz visual en C++ Builder y a la fecha se encuentra en un 80% de realización, a su vez el hardware del mismo sistema esta en construcción y podríamos considerar que se encuentra en un 70% realizado.

Referencias

- [1] Phillip John Mc Kerrow "Introduction to robotics" Editorial Addison Wesley, 1993.
- [2] Ming-Kuei Hu "Visual Pattern Recognition by Moments Invariants" IRE Trans. Inform. Theory, 1962.
- [3] Escalera Hueso, Arturo de la "Visión por computador: Fundamentos y Métodos" España, Pearson Educación, 2001
- [4] Inigo Madrigal, Rafael "Visión artificial por computador: Fundamentos, sistemas y aplicaciones en la industria y robotica" Madrid, Paraninfo, 1986.
- [5] González Rafael, Woods Richard "Tratamiento Digital de Imágenes" Addison-Wesley E.U.A., 1996
- [6] Mano, M. Morris "Diseño Digital" Trad. Julio Fournier González. México, 1987
- [7] "Redes Neuronales Artificiales", José R. Hilera y Víctor J Martínez. 2000. Alfaomega. Madrid. España
- [8] "Digital Neural Networks", S. Y. Kung, 1993. PTR Prentice Hall, Inc.