

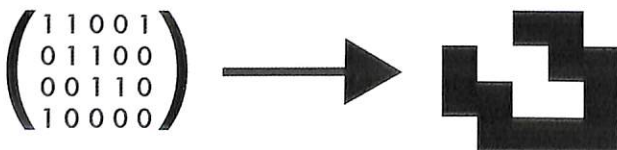
El procesamiento digital de imágenes

José Ibrahim Villanueva Gutiérrez
jovillan@math.u-bordeaux.fr

En el año 2012 la Agencia Espacial Mexicana lanzó al espacio el satélite Bicentenario para uso en tareas de inteligencia y seguridad nacional. El también llamado Mexsat-3 se encuentra a una distancia aproximada de 36,000 km de la superficie de la Tierra. Algunos satélites están equipados con cámaras que toman fotografías de la Tierra con alta resolución, luego las envían con el fin de analizarlas, por ejemplo, para estudiar el estado de salud de los bosques, desde el espacio, y la posible presencia de talamontes en algunas regiones del país, o estudiar el cauce de los ríos y la capacidad de las presas y los lagos. Las fotografías se envían a la tierra por medio de señales electromagnéticas y en este proceso pueden dañarse por la interferencia de otras señales, a veces provenientes de satélites vecinos. Por otro lado, la tecnología ha avanzado lo suficiente al punto que podemos fotografiar, desde el espacio y con claridad, áreas de la Tierra de hasta 8 ha (400 x 200 m²). Es decir, que si quisiéramos estudiar todo el territorio del estado de Zacatecas y sus recursos naturales desde el espacio tendríamos que analizar cerca de un millón de fotografías! Considerando que este estudio implicaría tomar fotografías cada cierto periodo de tiempo para ver, por ejemplo, los efectos de un incendio forestal, la tarea se vuelve rápidamente imposible para el ser humano sin la ayuda de técnicas computacionales.

El procesamiento de imágenes [1, 2] consiste en usar algoritmos para modificar imágenes digitales, con el fin de obtener información o conseguir un efecto especial en ellas. Estas modificaciones sirven para limpiar la imagen de posible ruido, resaltar o identificar contornos y reducir las variaciones de la imagen, entre otras.

El proceso parte de una imagen digital. La computadora interpreta esta imagen como un arreglo rectangular de puntos a los que se les llama píxeles. Los píxeles contienen la información de posición y color de cada punto de la imagen y están codificados en bits. Recordemos que los bits representan dos opciones: 0 y 1, negro o blanco, o cualquier dicotomía que uno pueda pensar. Por ejemplo, supongamos que tenemos una imagen de 5 píxeles de largo por 4 píxeles de alto, en total tendremos 20 píxeles. Si a cada píxel lo codificamos con sólo un bit, el valor 0 al negro y el valor 1 al blanco, tenemos la siguiente imagen:

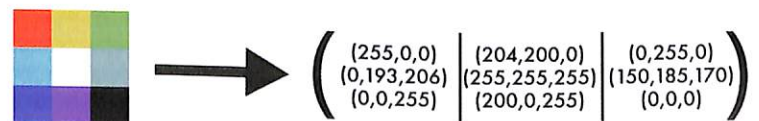


Este es el modelo de color más sencillo que se le puede asignar a un píxel. Sin embargo, para aplicaciones prácticas es más interesante utilizar modelos más complejos. De hecho, normalmente un píxel tiene 8 o 24 bits asociados, esto permite codificar $2^8 = 256$ posibilidades para 8 bits y $2^{24} = 16,777,216$ posibilidades para 24 bits.

El modelo más utilizado para un píxel que codifica 8 bits, es la escala de grises. Los píxeles asignan el color blanco al valor 255, 0 al negro y una intensidad de gris para valores entre 0 y 255. En la gráfica de la izquierda se muestra un modelo de la escala de grises correspondientes a una curva sinusoidal.

Para generar una gran cantidad de colores es necesario un modelo aún más complejo. Este modelo se llama RGB (Red, Green, Blue por sus siglas en inglés) y codifica 24 bits por píxel. Cada píxel contiene tres partes; cada una corresponde a un color mencionado y cada color está codificado en 8 bits (256 posibilidades). De la misma manera que en la escala de grises, el valor 255 significa que el color está totalmente presente, el 0 que está totalmente ausente y los valores intermedios, las diferentes intensidades de rojo, verde y azul, respectivamente (los especialistas llaman a esta cualidad saturación). Con este modelo podemos prácticamente generar cualquier color perceptible al ojo humano.

En resumen, una imagen digital tomada por una cámara de un celular está guardando arreglos de colores que están codificados ¡con números! Una imagen cuadrada, a color, de 9 píxeles es codificada, en el modelo RGB, de la siguiente manera por la computadora:



Por lo tanto las imágenes pueden ser estudiadas como arreglos de números y con la ayuda de las computadoras podemos hacer algoritmos que nos permitan reparar una imagen que esté dañada o extraer elementos particulares de ésta.

¿Se le ocurre al lector un algoritmo para detectar masas de agua en una imagen satelital? Observemos que en la ilustración anterior el azul básico (esquina inferior izquierda) está codificado como (0,0,255), es decir, carece de componentes rojos y verdes, pero tiene "lleno" el componente azul. El cuadro azul claro de la segunda hilera carece de rojo, pero tiene bastante verde (193) y un poco más de "pintura" azul (206).

El espacio de todos los posibles colores con el modelo RGB tiene tres componentes cromáticos independientes; 3 dimensiones. El color azul representa un punto en ese espacio y puntos cercanos a éste también tienen tonalidades que podrían corresponder al agua. Por lo tanto dentro del espacio 3-dimensional de los colores es posible considerar un vecindario que contenga las tonalidades de azul que típicamente puedan pertenecer a masas de agua. De esta manera podemos resaltar los píxeles que corresponden a estos colores haciendo un algoritmo sencillo que compare intensidades en las componentes de los píxeles.

Este es un ejemplo de una técnica de filtrado llamada segmentación, que consiste en separar los píxeles importantes de una imagen (primer plano) de los píxeles inútiles (fondo o segundo plano). Esta técnica tiene la ventaja de que el análisis se hace directamente sobre la información de los colores de la imagen y la implementación usa sólo desigualdades. Sin embargo, en imágenes donde el histograma de los puntos es continuo, la segmentación puede ser imprecisa.

La técnica más interesante y utilizada para hacer filtrado de imágenes es la Transformada Discreta de Fourier (DTF), que permite analizar la información de la imagen geométricamente, en términos de funciones periódicas complejas. A cada punto del espacio de frecuencias le podemos asociar el módulo y el argumento de la transformación en coordenadas polares. En el primer caso se obtiene información sobre la suavidad de la imagen y en segundo, sobre la geometría de ella. Los métodos de filtrado que usan la DFT aplican procesamiento digital a estos valores para obtener las modificaciones necesarias de la imagen. Para recuperar la imagen original es necesario tomar la Transformada Inversa de Fourier (IDFT) de estas modificaciones.

No está de más recalcar la diferencia entre los dos métodos introducidos. En el método de segmentación, las modificaciones de la imagen se hacen directamente sobre el espacio de píxeles, mientras que en el segundo, la imagen es transformada a un arreglo de números complejos que dependen de un espacio de frecuencia y las modificaciones se hacen en este espacio para luego llevarlas de regreso al espacio de píxeles.

Los métodos de filtrado en procesamiento de imágenes son utilizados en una gran variedad de investigaciones. Por ejemplo, en biología se utilizan para clasificar y contar tipos de células en una imagen digital de un microscopio.

En México, existen diversos centros y grupos de investigación de excelencia dedicados a esta área de la ciencia. En el Centro de Investigación en Matemáticas [3] un grupo de matemáticos y especialistas en cómputo conforman el grupo de investigación en procesamiento de señales y visión por computadora. Entre sus líneas de trabajo está desarrollar aplicaciones para biomedicina, analizando imágenes obtenidas por resonancia magnética nuclear, para luego encontrar patrones que permitan detectar y estudiar enfermedades neurológicas.

El procesamiento de imágenes es un área muy activa en las ciencias matemáticas y de la computación, que necesita jóvenes creativos que diseñen algoritmos que mejoren las técnicas existentes y exploren nuevas técnicas.

Referencias

- [1]- González, R.C. & Wintz, P. (1996). *Procesamiento digital de imágenes*. Addison Wesley.
- [2]- A. Marion. (1991). *An Introduction to Image Processing*, Chapman and Hall.
- [3]- http://www.cimat.mx/es/Ciencias_de_la_computacion

Las imágenes de este artículo fueron hechas con el programa libre Processing processing.org