

Procesamiento digital de imágenes radiográficas de baja calidad con onditas: Caso de diagnóstico en pequeños mamíferos.

Fernando Lage, Zulma Cataldi
Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
C1063ACV. Paseo Colón 850 Cuarto Piso. flage@fi.uba.ar

Resumen

La presente comunicación resume el conjunto de procesos realizados a una imagen de baja calidad tal como es el caso una radiografía de un pequeño mamífero, con el fin de poder realzar eventos tales como un tumor, de difícil detección para el ojo inexperto. A tal fin se aplicaron distintas técnicas que fueron desde procesos de ecualización de los tonos de grises dado que la imagen es en tonos de grises, filtrado basado en la transformada de Fourier, hasta el procesamiento wavelet (onditas). Luego de estos procesos se efectuó el pasaje a color para el mejor realce de la misma mostrando el punto de partida y los resultados obtenidos.

Introducción

Las diferentes disciplinas utilizan imágenes con objetivos específicos tales como: el diagnóstico por imágenes médicas, la automatización de procesos industriales, el análisis de recursos naturales, los estudios de microestructuras, etc. Cada aplicación requiere el uso de una o varias de las técnicas para el procesamiento digital de imágenes (PDI) y las imágenes se pueden adquirir a través de sensores remotos tal el caso de las imágenes satelitales, de cámaras de vídeo o fotográficas, de microscopios ópticos o electrónicos o a través de diversos equipos utilizados en medicina tales como los tomógrafos o ecógrafos.

Las tareas fundamentales del procesamiento digital de imágenes básicamente son dos: a) el mejoramiento de una imagen digital con fines interpretativos y b) la toma de decisiones de manera automática de acuerdo al contenido de la imagen digital. Como aplicaciones típicas se puede mencionar: la detección de presencia de objetos, la inspección visual automática, la medición de características geométricas y de color de objetos, la clasificación de objetos, la restauración de imágenes y el mejoramiento de la calidad de las imágenes.

Con la evolución de los medios de captura se podrán obtener mejores resultados por aplicación de los algoritmos para tratamiento de la información. Este procesamiento digital de imágenes con mayores precisiones permitirá obtener datos en bases de información estadística en períodos de tiempo para observar la evolución de los mismos o su cambio. La importancia se centra en su aplicación en ambientes productivos tales como el análisis de imágenes de cultivos, imágenes provenientes de la industria petrolera, sistemas de recuento de ganado, radiografiado de equipos de platas con diferentes funciones, procesamiento de imágenes relacionadas a la antropología forense, inspección superficial de espuma de poliuretano, entre otras.

Análisis mediante onditas

La Transformada Wavelet (TW) es una representación tiempo-frecuencia obtenida aplicando técnicas de filtrado digital. Al representar una señal en frecuencia y en tiempo se podría cortar la señal y efectuar análisis por separado. Dado que el análisis con wavelets no se supone que la señal analizada sea periódica, se pueden estudiar señales que tengan cambios bruscos o discontinuidades usando menos número de funciones wavelets que para el caso de seno y coseno. Comparada con soluciones basadas en la Transformada de Fourier (TF), esta solución permite disminuir el esfuerzo

computacional, al permitir evaluar las propiedades en frecuencia en frecuencias concretas, y no en el rango completo, como ocurre con la TF.

La información se puede codificar a través de coeficientes de wavelet de acuerdo a niveles de detalle. Las wavelets se usan como funciones base para representar otras funciones de igual modo que las funciones seno y coseno en la transformada de Fourier. Cada familia wavelet está compuesta por un conjunto de ondículas que son versiones trasladadas y escaladas de una wavelet madre. Para dos dimensiones, se tiene: una función de escalado, separable, y wavelets direccionales, que miden las variaciones de intensidad o de grises en las distintas direcciones: horizontal (columnas), vertical (filas), y diagonal. La codificación wavelet se centra en la idea de que los coeficientes de una transformación que correlaciona los píxeles de una imagen se pueden codificar en forma más eficiente que los píxeles del original. La idea es que como la wavelet utilizada como base puede concentrar la mayoría de la información visualmente importante en unos pocos coeficientes, los coeficientes restantes se pueden poner en cero, a expensas de una pequeña distorsión de la imagen. Este análisis consiste en descomponer una señal o imagen en una serie de aproximaciones y detalles organizados jerárquicamente en niveles. Para cada nivel se debe construir la aproximación y una serie de detalles horizontal, vertical y diagonal. La imagen original se puede considerar como la *aproximación de nivel 0*. Se emplean los términos aproximación y detalle debido a que la aproximación de nivel 1 es una aproximación para nivel cero obtenida a partir de sus *bajas frecuencias* y los detalles corresponden a las correcciones de *altas frecuencias*.

Para efectuar el proceso de descomposición y reconstrucción se deben tener en cuenta: la función wavelet a utilizar, el nivel de descomposición y la forma de la cuantización. La familia de wavelets elegida afecta al diseño y al rendimiento del sistema y dependerá tanto de la señal a analizar y de la experiencia previa. Cuando la wavelet seleccionada posea una función de escalado, se puede usar la Fast Wavelet Transform (FWT), que agiliza los cálculos. El número de operaciones de filtrado depende del nivel de descomposición, por este motivo se debe tener cuidado en la determinación de este parámetro ya que un nivel muy alto puede dar una reconstrucción con cuantización en los detalles.

Objetivos

- Digitalizar las imágenes impresas sobre películas fotosensibles obtenidas por los equipos utilizados para radiodiagnóstico.
- Organizar y manipular los datos de la imagen para exploración y visualización.
- Ejecutar algoritmos estándares para realces, morfología y adecuación para posterior medición mediante procesamiento a través de algoritmos específicos (González et al., 2004) y sus modificaciones usando los paquetes específicos de MatLab (2004) para el procesamiento de imágenes y señales.
- Aplicar un conjunto de procesos a la imagen obtenida a través de la digitalización a fin de seleccionar la combinación que da la mejor respuesta para el problema de observación para diagnóstico.

Metodología

Las técnicas de mejora de imágenes pueden ayudar a clarificar detalles dentro de una imagen. El ajuste de la intensidad mapea los valores de intensidad de una imagen a un rango nuevo. Se pueden efectuar tres tipos de ajuste de imagen: a) de rangos explícitos de intensidades b) corrección gamma y c) de ecualización de la imagen. La forma más usual de mejora es la ecualización del histograma, en la que se busca que éste sea horizontal, es decir, que para todos los valores de gris se tenga el mismo número de píxeles. La ecualización del histograma se realiza trabajando sobre el histograma acumulado. También es posible aumentar el brillo a una imagen sumándole un valor constante

(escalar) a cada píxel. La ecualización del histograma permite redistribuir las intensidades concentradas en una imagen y el proceso de ajuste se puede hacer de forma automática usando la ecualización del histograma. Si el histograma de una imagen está concentrado en algunos rangos, se utiliza la ecualización del histograma para redistribuir las intensidades, haciendo más sencillo el análisis de la imagen. La ecualización del histograma redistribuye los valores de intensidad de manera que el histograma acumulado de la imagen es aproximadamente lineal. Si bien esto puede hacer que la imagen parezca poco natural permite distinguir detalles fácilmente. Aplicando la ecualización del histograma a una imagen de intensidad se crea otra imagen de intensidad que tiene un histograma aproximadamente llano y cuantos menos niveles de intensidad de salida se utilicen, más plano será el histograma.

Mediante el ajuste de la intensidad de la imagen se pueden redistribuir las intensidades de una imagen basándose en la corrección gamma. En general, la corrección gamma ayuda a mejorar una imagen oscura para que se puedan ver los detalles sutiles. La corrección gamma es una forma especial de aumento de contraste que permite mejorar el contraste en zonas muy claras o muy oscuras a través de la modificación de los valores medios, particularmente los medios-bajos, sin afectar el blanco (255) ni el negro (0) y se utiliza para mejorar el aspecto de una imagen.

Se puede usar también el complemento (el negativo de la imagen o en el complemento de su color). Esta opción es útil para mejorar imágenes con escala de grises oscura donde los detalles se pierden fácilmente en el fondo negro. La imagen a color se puede convertir en una imagen de 16 tonos de grises y luego se la asoció a una paleta de colores, dando una imagen color indexada que se puede pasar a formato *rgb*.

El principio detrás del uso de la Transformada Wavelet Discreta (TWD) para descomponer una imagen se utiliza una función wavelet para representar las frecuencias altas correspondientes a las partes detalladas de la imagen y una función de escalamiento para representar las frecuencias bajas correspondientes a las partes suaves de la imagen. Cuando se descomponen datos usando wavelets se usan filtros que actúan como promediadores y otros que producen detalles y cuando los detalles son pequeños se pueden omitir sin afectar las características del grupo de datos. Con este umbral se pueden convertir todos los coeficientes que están por debajo del mismo en ceros y estos se pueden utilizar para reconstruir el grupo de datos. La imagen se transforma aplicando la técnica de umbral se reconstruye con la transformación inversa. La eliminación del ruido por este método no afecta a las estructuras puntiagudas y da una señal clara y sin ruido que permite ver los detalles importantes. Primero, se aplica la TWD que está compuesta por cuatro tipos de coeficientes: aproximaciones, detalles horizontales, detalles verticales y detalles diagonales, pero es la aproximación la que contiene la mayor detalle de la imagen, generalmente la energía se concentra en las frecuencias bajas. Se hacen cero las componentes horizontales, verticales y diagonales. Después se calcula la TWDI.

Grado de avance. Técnicas aplicables al caso de diagnóstico de pequeños mamíferos.

La Figura 1 se obtuvo a partir de un escaneo a 75 dpi de una placa radiográfica de un pequeño can con diagnóstico tumoración en la zona abdominal.

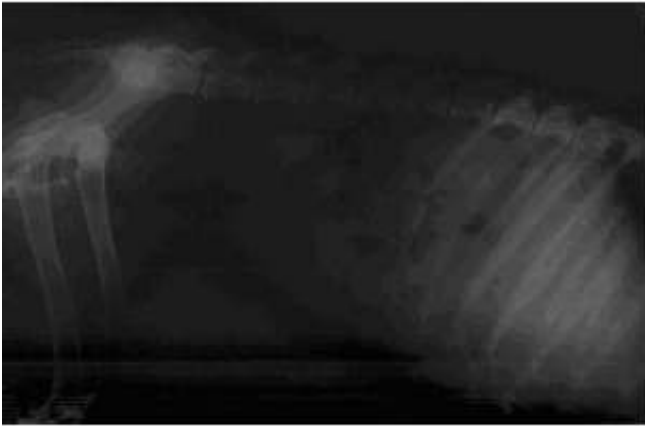


Figura 1: Imagen inicial a 75 dpi

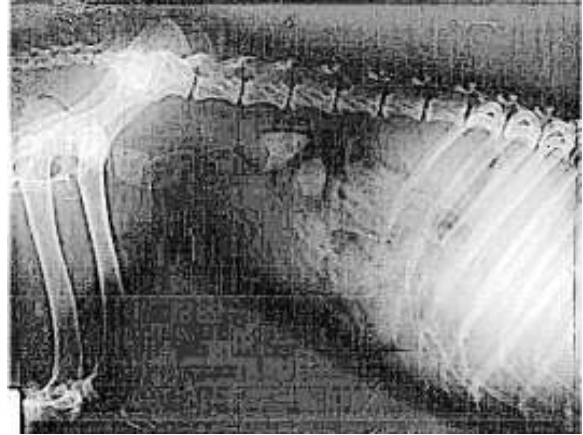


Figura 2: Filtrado en altas frecuencias

A partir de la imagen obtenida del escaneo se realizó una prueba de filtrado con énfasis en las altas frecuencias, obteniéndose como respuesta la Figura 2.

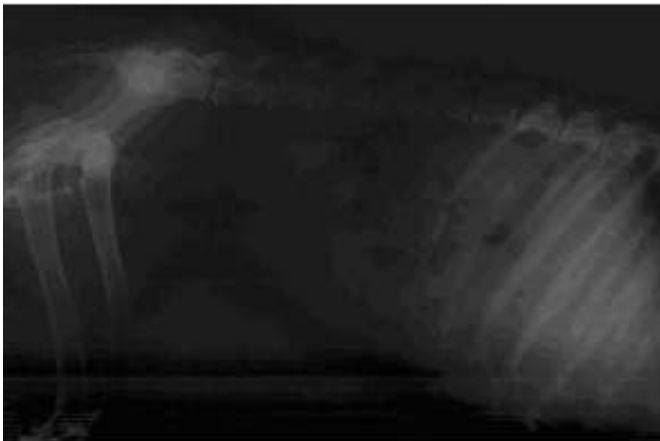


Figura 2: Imagen a 600 dpi



Figura 3: Con ecualización

Como se puede ver en la Figura 2 aparece un fuerte “pixelado” en las pruebas de filtro, debido a los 75 dpi iniciales. Esto llevo a reconsiderar el uso de la imagen inicial escaneada a 600 dpi, y como resultado se obtuvo la Figura 2 con un volumen de información mayor y por ende de ocupación en disco. La imagen de la Figura 2 tiene un tamaño de 5054*7016 píxeles, mientras que la anterior era de 850*1128 píxeles. Se la procesó nuevamente y dado que ocupa todo el espectro de tonos de grises, no es necesario producir un corrimiento en frecuencia. Por tal razón solo se aplicaron procesos de ecualización de imagen, siendo su resultado el que se observa en la Figura 3.



Figura 5. Imagen en 8 bits.

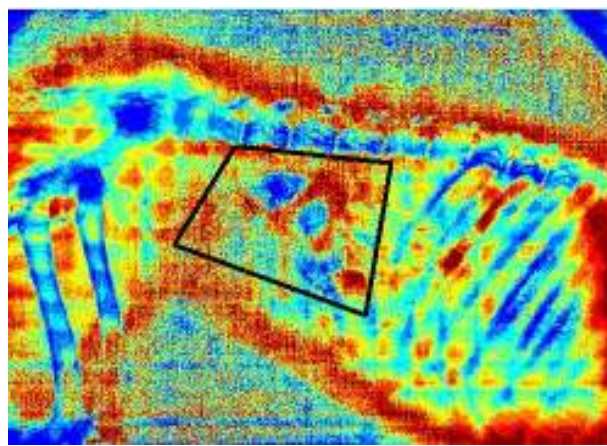


Figura 6: Aplicando procesamiento con onditas y color.

Luego se almacenó como una imagen en 8 bits y su mayor tamaño trajo como consecuencia la aparición de problemas de memoria. Se operó sobre la memoria virtual y como no se obtuvo solución del problema, se dividió la imagen en n subimágenes para recomponer luego la imagen original. Por razones de operación se probó disminuir el tamaño hasta llegar a subimágenes de 1011×1170 por lo que la imagen original se dividió de manera tal que cada subimagen tuviera 33% de superposición con la adyacente. A cada una de estas subimágenes se le aplicó el procesamiento wavelet. Finalmente, se volvieron a unir en una única imagen, interpolándose las áreas comunes y el resultado del procesamiento realizado se puede observar en la Figura 5. En la Figura 6 se tiene la imagen filtrada usando procesamiento de onditas que se llevó a 16 colores. En el recuadro de interés la zona roja representa el desarrollo del tumor, fuera de ella representa el límite del animal en la radiografía o el límite de la radiografía. El área en azul representa parte del intestino delgado presionado por el tumor. Se hace notar un ruido en color rojo asociado al cuadrículado se debe a problemas de borde en el procesamiento de filtrado de frecuencia y a la interpolación necesaria para la obtención de la imagen.

Conclusiones

La aplicación de filtros en el dominio de la frecuencia como en el de las onditas, ha demostrado muy buen resultado en el presente caso, mejorando las imágenes en tonos de grises y permitiendo que el pasaje a color resalte lo que se buscaba. Los procesos previos de ecualización realizados a las imágenes no parecen aportar demasiado frente a estos filtros.

Las imágenes de pocos dpi (por ejemplo 75) presentan un efecto de pixelado. Para minimizar este efecto se debe incrementar el número de dpi, lo que lleva al procesado de áreas más pequeñas (el área que se puede procesar a 150 dpi es un cuarto de la que es posible procesar a 75 dpi) lo que hace reducir la zona de investigación. Por último, se usó el complemento de la imagen para pasar a color a fin de asociar el área de tumoración al color rojo para resaltar el problema. Queda claro entonces que más allá de los procesos aplicados que no se podrían describir en su totalidad en esta presentación, la importancia del procesamiento, en este caso, radica en que permite realizar el evento diagnosticado.

Referencias

- González, R.; Woods, R. (2002): *Digital Image Processing*. Segunda Edición. Prentice Hall.
 González, R.; Woods, R.; Eddins, S. (2004) *Digital Image Processing Using Matlab*. Prentice Hall.
 Matlab 7 (2004). Paquetes específicos de Matlab *Image Processing Toolbox*, *Wavelet Toolbox* y *Signal Processing Toolbox*. Sitio <http://www.mathworks.com/> consultado el 08/12/07.