

# FUSIÓN DE IMÁGENES DIAGNÓSTICAS PARA LA PLANIFICACIÓN: TAC/ RMN E. Luguera

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en el ámbito clínico se utiliza cada vez mas la combinación de diferentes modalidades de imagen, para un mismo órgano, con el objetivo de aprovechar las ventajas de visualización que cada una de ellas ofrece en cuanto a destacar rasgos y características anatómicas y funcionales específicas de los tejidos.

La radioterapia moderna utiliza la combinación de diferentes modalidades de imagen, para obtener una única que reúna todas las características de las otras, para su uso en la identificación y delineación de los tejidos objeto de tratamiento o protección.

Las herramientas que permiten esta combinación de imágenes, de distintas modalidades, se conocen con el nombre de **registro, alineación o fusión** de imágenes.

En particular la fusión de imágenes de RMN con imágenes de TAC juega hoy en día un papel decisivo en la radioterapia.

## BASES DE LA FUSIÓN DE IMÁGENES.

Formalmente una imagen es una representación visual de un objeto. Esta representación consiste en una distribución espacial de una cantidad, que si es en un plano se denomina píxel y si es volumétrica voxel. Desde el punto de vista matemático, dos representaciones de un mismo objeto,  $A$  y  $B$ , pueden correlacionarse mediante una transformación afín:

$$x_B = \{R(x_A); \forall x_A \in A\} \quad x_B = \{\mathcal{R}(x_A); \forall x_B \in A\}$$

donde  $R$  representa una transformación afín entre coordenadas  $(x_{A,B})$  y  $\mathcal{R}$  entre valores de píxel o voxel.

Las herramientas de fusión son algoritmos que permiten calcular  $R$  y  $\mathcal{R}$ . La mayoría de estas transformaciones son del tipo rígidas, es decir no reescalán la imagen y están compuestas por rotaciones y traslaciones (6 grados de libertad) únicamente.

## ALGORITMOS PARA CALCULAR $R$ y $\mathcal{R}$

Nos centraremos en 4 de estos algoritmos, que están presentes en muchos de los sistemas de imagen disponibles en los servicios de radioterapia para fusionar, entre otros, TAC y RMN:

- Manual.
- Marcas de referencia.
- Alineación de superficies.
- Similitud o información mútua.

## **Manual**

Es el algoritmo mas básico y consiste en ajustar las imágenes de forma no automática y con intervención directa del operador. Este mediante diferentes comandos alinea ambos conjuntos de imágenes mediante traslaciones y rotaciones. El resultado final es la transformación  $R$ .

Como ventajas tiene su simplicidad y como desventajas la dificultad de coordinar rotaciones 3D, la dependencia con el operador y con la calidad de imagen y que no hay una estimación del error en la fusión.

### **Marcas de referencia.**

Es quizás uno de los mas usados. Consiste en identificar las mismas estructuras en cada una de las modalidades de imagen, insertar unas marcas y después, con métodos matemáticos de minimización, hallar la transformación  $R$ .

Como ventajas tiene que es sencillo, semiautomático y da una estimación del error en la fusión. Como desventajas hay que destacar que es dependiente de la experiencia del operador y de la calidad de las imágenes.

### **Alineación de superficies**

Este algoritmo es automático y utiliza para calcular  $R$  la distancia mínima entre las superficies, de un mismo objeto, en dos modalidades de imagen. Las superficies se construyen mediante segmentación automática o de forma manual.

Para calcular la distancia mínima existen diferentes métodos uno de ellos es el de cabeza-sombrero. Consiste en descomponer la superficie de la imagen con mayor resolución, en un conjunto de discos apilados (cabeza), y la otra superficie en un conjunto de puntos aislados (sombrero). El algoritmo trabaja de forma iterativa hasta encajar el sombrero sobre la cabeza, minimizando la distancia entre los puntos y los discos. Esta transformación es  $R$ .

Como ventajas tiene que es automático y estima el error en la fusión. Como desventajas, las imágenes han de ser muy parecidas y la calidad de imagen afecta directamente al detalle en las superficies y esto a la calidad de resultado.

### **Similitud o información mutua.**

Es uno de los algoritmos de fusión mas en boga en la actualidad y su uso se extiende a cualquier modalidad de imagen. El principio de funcionamiento se basa en que dos modalidades de imágenes de un mismo objeto comparten una misma información. Así en lugar de actuar sobre las posiciones geométricas de los píxel (voxels) lo hace sobre sus valores (información). La información de una imagen se calcula a través de la distribución de niveles de gris, de cuyo histograma se obtiene una distribución de probabilidad ( $\{p_i\}$ ). La información contenida en la imagen  $A$  se calcula por medio de la entropía,  $H(A)$ ,

$$H(A) = -\sum_i p_i \log p_i$$

Lo mismo para la imagen  $B$ . Si combinamos ambas imágenes de un mismo objeto la entropía será la suma de ambas,

$$H(A,B)=H(A)+H(B)$$

Como ambas imágenes no son absolutamente idénticas solo compartirán una parte de toda la información contenida, la de la unión,  $I(A,B)$ . Así la entropía de ambas imágenes quedará como,

$$I(A,B)=H(A)+H(B)-H(A,B)$$

El algoritmo calcula la transformación  $\mathcal{R}$  que hace mínimo el valor de  $I(A,B)$ .

Este algoritmo funciona francamente bien en estructuras poco deformables, como en cabeza y cuello. Sin embargo los resultados no son tan buenos en otras localizaciones mas deformables, como la pelvis. Además las imágenes usadas para la fusión acostumbran a proceder de estudios diagnósticos y por ello la posición no es la misma que en la imagen de TAC de dosimetría. Asimismo, estas normalmente solo muestran la región de interés diagnóstica, obviando el resto de estructuras y del contorno externo. En estas situaciones es útil disponer de herramientas de configuración del algoritmo, como las "ITK tools". Estas permiten restringir la fusión a regiones concretas en donde ambas secuencias de imágenes comparten información, permitiendo obtener un resultados mas correctos.

Como ventajas tiene que este algoritmo puede usarse para cualquier modalidad de imagen, es automático y puede configurarse (en algunas aplicaciones). Como desventajas destacaremos que no es un método intuitivo, requiere de aprendizaje y no proporciona una estimación del error en la fusión. La bondad de esta se hace por simple inspección visual del resultado.

## CONCLUSIÓN

Hemos expuesto distintos algoritmos que permiten fusionar, una TAC y una RMN, en casi todas las situaciones que nos encontremos. Para cada una de ellas escogeremos la herramienta que mejor se adapte a la situación concreta y mejor resultados obtenga.

## BIBLIOGRAFÍA

**Katleen P. Wilkie** "Mutual Information Based Methods to Localize Image Registration.", Tesis 2005.

**Derek L. G. Hill** "Medical image registration", *Ohys. Med. Biol.* 46 (2001) R1-R45.

**D. J. Hawkes** "Algorithms for radiological image registration and their clinical application", *J. Anat.* (1998) **193**, pp. 347±361.