

La segmentación de imágenes es, junto al registro multimodal y monomodal, la operación con mayor aplicabilidad en tratamiento digital de imagen médica. Son multitud las operaciones y filtros, así como las aplicaciones y casuística, que derivan de una segmentación de un tejido orgánico. El caso de segmentación del hígado en imágenes radiológicas es, después del cerebro, la que mayor número de publicaciones científicas podemos encontrar. Esto es debido por un lado a la necesidad de seguir innovando en los algoritmos ya existentes y por otro a la gran aplicabilidad que tiene en muchas situaciones relacionadas con el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de patologías hepáticas pero también para la planificación clínica de las mismas.

En el caso de imágenes de resonancia magnética, sólo en los últimos años han aparecido soluciones que consiguen buenos resultados en cuanto a precisión y robustez en la segmentación del hígado. Sin embargo dichos algoritmos, por lo general son poco utilizables en el ambiente clínico. En el caso de imágenes de tomografía computarizada encontramos mucha más variedad de metodologías y soluciones propuestas pero es difícil encontrar un equilibrio entre precisión y uso práctico clínico.

Es por ello que para mejorar el estado del arte en ambos casos (imágenes de resonancia magnética y tomografía computarizada) en esta tesis se ha planteado una metodología común a la hora de diseñar y desarrollar sendos algoritmos de segmentación del hígado en las citadas modalidades de imágenes anatómicas. Primero, y tras el estudio del estado del arte, se ha diseñado un algoritmo adecuado a los parámetros de precisión y robustez necesarios para la aplicabilidad deseada. En dichos algoritmos se ha hecho uso de diferentes técnicas y métodos ya publicados y en muchos casos se han mejorado y diseñado algunos nuevos. Además se ha tenido en cuenta la iniciación e interacción de dichos algoritmos para que sea mínima y el coste de computación para que se adapte a las necesidades clínicas.

El segundo paso ha sido la validación de ambos algoritmos. En el caso de imágenes de tomografía computarizada existen bases de datos públicas con imágenes segmentadas manualmente por expertos y que la comunidad científica suele utilizar como nexo común a la hora de validar y posteriormente comparar sus algoritmos. La validación se hace mediante la obtención de determinados coeficientes de similitud entre la imagen segmentada manualmente por los expertos y las que nos proporciona el algoritmo. Esta forma de validar la precisión del algoritmo ha sido la seguida en esta tesis, con la salvedad que en el caso de imágenes de resonancia magnética no existen bases de datos de acceso público. Por ello, y para este caso, lo que se ha hecho es la creación previa de una base de datos propia donde diferentes expertos radiólogos han segmentado manualmente diferentes estudios de pacientes con el fin de que puedan servir como referencia y se pueda seguir la misma metodología que en el caso anterior. Dicha base de datos ha hecho posible que la validación se haga en 17 estudios (con más de 1.500 imágenes), lo que convierte la validación de este método de segmentación del hígado en imágenes de resonancia magnética en una de las más extensas publicadas hasta la fecha. Por el contrario, la comparación de los métodos propuestos con los presentados por otros autores no es directa como sí pasa en el caso del algoritmo de segmentación de hígado en tomografía computarizada.

La validación y posterior comparación han dejado patente una precisión superior al 90% reflejado en el coeficiente de Jaccard y Dice, muy en consonancia con valores publicados por la inmensa mayoría de autores que se han podido comparar. Sin embargo, y en general, los algoritmos planteados en esta tesis han obtenido unos criterios de uso mucho mayores, ya que

en general presentan menores costes de computación, una interacción clínica casi nula y una iniciación nula en el caso del algoritmo de resonancia magnética y casi nula en el caso de algoritmos de tomografía computarizada. Es por ello, que el diseño y validación de ambos algoritmos suponen una mejora en el estado del arte de la segmentación del hígado en imágenes de alta resolución anatómica.

En esta tesis, también se ha abordado un tercer punto que hace uso de los resultados obtenidos en la segmentación del hígado en imágenes de resonancia magnética. Para ello, y haciendo uso de algoritmos de realidad aumentada, se ha diseñado y validado un estudio real inocuo y no invasivo para el clínico y para el paciente donde se ha demostrado que la utilización de esta tecnología reporta mayores beneficios en cuanto a mayor precisión y menor variabilidad frente a su no uso en un caso concreto de cirugía con laparoscopia. En particular, se ha implementado un sistema de ayuda para la colocación de los trocares en este tipo de cirugía. A partir de la segmentación previa del hígado, y otros órganos abdominales de interés, se ha obtenido un modelo 3D del paciente. Una vez en el quirófano, gracias a una cámara, se ha adquirido la imagen del abdomen del paciente en tiempo real detectando su posición mediante una marca centrada en su ombligo. De este modo el modelo 3D de los órganos obtenido anteriormente se ha registrado y fusionado con la imagen, permitiendo al clínico tener una herramienta más para ayudar a localizar los puntos donde hacer las incisiones por donde introducirá los trocares.