

Título: SOFT COMPUTING Y VISIÓN POR ORDENADOR PARA LA IDENTIFICACIÓN FORENSE MEDIANTE COMPARACIÓN DE RADIOGRAFÍAS.

Nombre: Gómez López, Óscar David

Universidad: Universidad de Granada

Departamento: Ciencias de la computación e inteligencia artificial

Fecha de lectura: 17/01/2020

Mención a doctor europeo: concedido

Programa de doctorado: Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información y la Comunicación por la Universidad de Granada

Dirección:

- > **Director:** Oscar Ibáñez Panizo
- > **Director:** ÓSCAR CORDÓN GARCÍA
- > **Director:** PABLO MESEJO SANTIAGO

Tribunal:

- > **presidente:** LUCIANO SÁNCHEZ RAMOS
- > **secretario:** SERGIO DAMAS ARROYO
- > **vocal:** ANN H. ROSS
- > **vocal:** JUAN MANUEL GÓRRIZ SÁEZ
- > **vocal:** Petia Radeva Ivanova

Descriptor:

- > INFORMATICA
- > TRATAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES
- > INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- > ANTROPOMETRIA Y ANTROPOLOGIA FORENSE

El fichero de tesis ya ha sido incorporado al sistema

- > <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/59546/67735.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Resumen: La comparación de radiografías (CR) es una técnica de identificación forense basada en la comparación de estructuras esqueléticas, tales como huesos o cavidades, en imágenes ante-mortem (AM) y post-mortem (PM) para determinar si pertenecen o no al mismo individuo. Para automatizar la identificación mediante CR es necesario abordar varias tareas manuales, lentas y tediosas: (1) la segmentación automática de la estructura esquelética bajo estudio; (2) la superposición de las imágenes AM y PM; y (3) la toma de decisiones en base a las superposiciones obtenidas.

En esta tesis doctoral se ha diseñado y validado un nuevo paradigma asistido por ordenador para identificación por medio de CR. Dicho paradigma incluye la automatización de las tres tareas mencionadas mediante el uso de computer vision y soft computing. En particular, se ha abordado la automatización de todos los procesos involucrados en la obtención de una radiografía PM ``simulada ζ , que reproduzca la pose y distorsiones de perspectiva de las radiografías AM. Estas tareas (segmentación y superposición) son el principal inconveniente de los métodos manuales basados en CR. Por tanto, proporcionar una solución automática para estas dos tareas es crucial para una mayor aceptación de las técnicas de CR por parte de la comunidad científica.

La tarea de segmentación ha sido automatizada utilizando redes neuronales convolucionales. Se han desarrollado 2 redes neuronales convolucionales, X-Net+ y RX-Net+, capaces de segmentar cualquier estructura esquelética en radiografías. X-Net+ se enfoca en obtener resultados de alta calidad, pero requiriendo una alta capacidad de cómputo. Por otro lado, RX-Net+ obtiene resultados con una precisión ligeramente mejor, pero requiere significativamente menos recursos computacionales. Estos métodos solamente necesitan alrededor de 200 radiografías para aprender a segmentar una estructura esquelética concreta. Se ha obtenido una precisión similar a expertos humanos en la segmentación de clavículas en radiografías de pecho, y ligeramente inferiores en senos frontales en radiografías craneales.

La tarea de superposición se ha automatizado haciendo uso de algoritmos evolutivos para el registro de imágenes 3D-2D. Estos métodos buscan reproducir de manera automática los parámetros de adquisición de la radiografía AM en una proyección del modelo 3D PM. Este proceso de registro será guiado por la silueta de la estructura anatómica utilizada en la radiografía AM (teniendo en cuenta también zonas donde ésta se encuentre ocluida, para identificar) y el modelo 3D PM de dicha estructura anatómica. El problema de optimización subyacente es altamente multimodal, ya que no se puede asumir una inicialización cercana y tampoco se puede depender del valor de intensidad de los píxeles (enfoque tradicional en imagen médica). Además, la evaluación de un escenario de adquisición determinado requiere dos operaciones computacionalmente costosas: la generación de una proyección 2D de la imagen 3D PM bajo un determinado escenario de adquisición; y la comparación de la proyección 2D contra la segmentación de la estructura esquelética en la radiografía AM. Para abordar este complejo y computacionalmente costoso problema de optimización se ha realizado un análisis comparativo de diversos métodos de optimización numérica, así como de diversos algoritmos evolutivos. El mejor optimizador en términos de precisión, robustez y coste computacional es MVMO-SH.

Con el objetivo de validar el método de superposición automático para CR se han segmentado los senos frontales en 180 radiografías y 180 tomografías computarizadas (TACs). Cada radiografía fue comparada contra cada tomografía computarizada produciendo 32.400 comparaciones cruzadas. Los resultados obtenidos han sido analizados utilizando rankings. El método del ranking consiste en ordenar todas las comparaciones realizadas contra una radiografía determinada en función de su error de superposición. Los resultados obtenidos pueden ser considerados prometedores. El caso positivo ocupa el primer lugar (de 180 candidatos, el 0,5% de la muestra total) en el 50% de las comparaciones cruzadas. Se clasifica en las primeras 10 posiciones en el 80% de las veces (5,5% de la muestra). Finalmente, para alcanzar un nivel de confianza del 100% de éxito, hay que considerar las primeras 50 posiciones (27% de la muestra). En consecuencia, el método actual reduce considerablemente el número de candidatos que deben ser revisados por parte de los expertos forenses, convirtiéndose así en un instrumento útil para la selección de candidatos. Por último, estos resultados se obtienen utilizando una versión preliminar de un sistema de apoyo a la toma de decisiones. Por tanto, el

método actual con una versión muy preliminar de un sistema de ayuda a la toma de decisiones (basado únicamente en el valor de la métrica Masked DICE), es capaz de filtrar el 73% de los posibles candidatos con una tasa de error 0 de forma completamente automática.

En conclusión, en esta tesis doctoral se han automatizado y validado las tareas de segmentación y registrado del proceso de identificación forense mediante CR con resultados prometedores en términos de precisión y robustez. El principal problema del método de registrado es el tiempo requerido para obtener una superposición que, a pesar de haber sido reducido, es aún alto.

Éste es el primer trabajo que afronta la automatización de un sistema de identificación forense mediante CR. Sin embargo, aún queda trabajo por delante antes de que el método propuesto alcance la madurez científica y tecnológica. Por otro lado, con respecto a la tarea de segmentación automática, se planea el estudiar la capacidad de X-Net+ y RX-Net+ para la segmentación de un mayor número de estructuras esqueléticas en distintos tipos de radiografías. Por otro lado, con respecto a la tarea de registrado automático, se planea reducir el tiempo de ejecución mediante el estudio de métodos multi-resolución, funciones de evaluación subrogadas y la utilización de GPUs. Finalmente, con respecto a la tarea de tomas de decisiones, se planea desarrollar y validar de modo completo e integral el sistema jerárquico de toma de decisiones propuesto en esta tesis. Una vez las tres tareas hayan sido completamente automatizadas y validadas independientemente, se planea realizar estudios de fiabilidad del sistema completo utilizando diferentes estructuras esqueléticas.