

## **Técnicas espaciales, frecuenciales y morfológicas para restauración de huellas dactilares deterioradas**

Moler, E.<sup>1</sup>, Ballarin, V.<sup>1</sup>, Blotta, E.<sup>1</sup>, Meschino, G.<sup>1</sup>, Pastore, J.<sup>1</sup>, Incháurregui, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Procesos y Medición de Señales, Facultad de Ingeniería,  
Universidad Nacional de Mar del Plata, J.B.Justo 4302, B7608FDQ Mar del Plata, Tel: 0223-  
4816600, int. 255/Fax: 0223-4810046.  
[egmoler@fi.mdp.edu.ar](mailto:egmoler@fi.mdp.edu.ar)

<sup>2</sup>Dirección de Registro de Personas Desaparecidas de la Pcia. Bs. As.  
Calle 55 N° 930. Piso 1. CP 1900

### **Introducción**

Este proyecto se enmarca en un trabajo interdisciplinario entre especialistas de Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) y Antropología Forense. El objeto de estudio son huellas dactilares deterioradas, almacenadas en microfilms y en papel, que contienen información útil para realizar una identificación positiva de personas desaparecidas.

Este proyecto se realiza en forma conjunta con integrantes del Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) y la Dirección de Registro de Personas Desaparecidas de la Provincia de Bs.As., integrado por antropólogos, arqueólogos, médicos y peritos forenses, cuyos objetivos fundamentales son entregar los restos a los familiares de la persona desaparecida, principalmente de la última dictadura militar y aportar pruebas a las causas judiciales correspondientes (Cohen Salama M., 1994; Reichs Kathleen J., 1997).

En una investigación preliminar estas organizaciones recolectan documentos provenientes de distintos ámbitos: administrativos, gubernamentales, judiciales, periodísticos y de distintas organizaciones defensoras de los derechos humanos para ser presentados a la justicia como evidencia.

Es de interés para este proyecto restaurar huellas dactilares que se encontraron en microfilms (250 dactilogramas) y en papel (20 dactilogramas), que fueron extraídas en el período del régimen militar 1976-1983, figurando exclusivamente en la ficha dactilar: NN masculino o NN femenino.

Como el objetivo de que estas huellas no fue el de una identificación real de las personas sino simplemente cumplimentar un trámite administrativo, no se tomaron los mínimos recaudos para que en la ficha se observaran las características esenciales de una huella digital para su posterior identificación. Por lo tanto el problema de visualización se presenta en que dichas huellas son ininteligibles al ojo humano por diversas alteraciones: borrosas y poco visibles (tomadas casi sin

tinta), superpuestas, desplazadas, con manchas que no corresponden a huellas, incompletas y con exceso de tinta. Además, en el proceso de microfilmación, las fichas dactilares se redujeron 41 veces. Al querer recuperarlas por un simple lector de microfilm se obtiene una imagen de pésima calidad como para efectuar cotejos dactiloscópicos e identificar cadáveres.

Existen gran cantidad de investigaciones sobre nuevos algoritmos en la disciplina de PDI que permiten realzar zonas poco visibles de una imagen. Cada una presenta ventajas y desventajas. Debido a las complejidad del deterioro de las imágenes tanto microfilmadas como en papel, es necesario, además de aplicar las técnicas conocidas, explorar otras técnicas de realce, adoptando distintos modelos matemáticos para desarrollar nuevos algoritmos para estas aplicaciones específicas. Se deben desarrollar nuevas técnicas en el dominio espacial, en el dominio frecuencial, como así también ahondar nuevos modelos y/o posibles combinaciones de los existentes para satisfacer las demandas de esta problemática.

## **Materiales y Métodos**

Los dactilogramas en papel se digitalizan a través de un scanner (HP SCAN Jet II cx, 1200 dpi). Las huellas de los microfilms se adquieren a través de un microscopio LEICA DMLB conectado a una cámara de video.

El software utilizado, hasta el momento, incluye software comercial (Image Pro Plus v4.1 de Media Cybernetics (Image Pro-Plus, 1999) y algoritmo DHP de Image Content Technology LLC) y software desarrollado por integrantes del Laboratorio (PDI v2.0, desarrollado en lenguaje Delphi). También se utiliza Matlab<sup>®</sup> 5.3 en la etapa de prueba de los algoritmos.

Hasta el momento se aplicaron las siguientes técnicas:

### **– Técnicas de realce en el dominio espacial**

Para realzar las imágenes se utilizan algoritmos de contrast-stretching, ecualización (lineal, logarítmica, exponencial, entre otras). También se aplican filtros lineales y no lineales como: pasabajos, pasaltos, mediana, máximo, high-boost, k-próximo y sigma (Gonzalez, R. & Woods, R., 1992; Haralick, R. and Shapiro, L., 1992; Jain, A., 1989).

Una estandarización en el pre-procesamiento se logra cuando se utiliza la técnica de Histéresis Diferencial (Klaus-Ruediger, P., 1996) que permite extraer y resaltar determinados rangos de niveles de contraste. El proceso de Histéresis se complementa al restar la imagen de salida de la imagen de entrada, la imagen resultado conserva las pequeñas variaciones y reduce las grandes.

### – **Técnicas de realce en el dominio frecuencial**

Múltiples características de una huella que no pueden ser descriptas en el dominio espacial surgen con claridad en el dominio frecuencial. Las técnicas desarrolladas en este dominio son útiles, especialmente, para la supresión de ruido y filtrados de realce. Se aplica la Transformada de Fourier bidimensional y a partir de su espectro se aplican distintos filtros. En especial se trabaja con los filtros Spike-boost y Spike-cut, que permiten realzar y suprimir, respectivamente, bandas frecuenciales de interés (Moler, E et al., 1998).

Nuevas líneas de interés a trabajar:

### – **Técnicas basadas en Morfología Matemática**

La Morfología Matemática es una teoría basada en conceptos de Geometría, Álgebra, Topología y Teoría de Conjuntos, creada para caracterizar propiedades físicas y estructurales de diversos materiales (Serra, J., 1982). En la actualidad la Morfología Matemática ha alcanzado el status de una poderosa herramienta para el Procesamiento Digital de Imágenes. Utilizando conceptos morfológicos se pueden desarrollar filtros que permiten realizar realces de interés para determinadas zonas de una huella . También se permite la caracterización de una forma a través su *esqueleto*, que es representativo de la forma en sí, realizando una mejor caracterización de la huella para su identificación (Ge, Y. and Fitzpatrick, J. , 1996).

### – **Técnicas basadas en el modelo AM – FM de reacción y difusión**

Este enfoque se basa en ecuaciones diferenciales parciales (PDEs) y la modelización de imágenes AM-FM. La reconstrucción de la textura de la imagen ocurre vía reacción y difusión generadas por las PDEs (Scott T. et al., 2001). En el proceso de difusión, la imagen se suaviza en forma adaptiva, preservando las características y los bordes importantes. La reacción reproduce la información de las texturas del borde de la región reconstruyéndolas en las regiones ocluidas de la imagen. Se usan y diseñan filtros de Gabor en el proceso de reacción usando un análisis de componentes principales AM-FM. A diferencia de técnicas de restauración anteriormente descriptas, que dependen de la interpolación o la continuidad de componentes conectadas dentro del conjunto de niveles de la imagen o la estimación de texturas, los procesos de reacción – difusión propuestos entregan una transición sin uniones notables entre la región recreada y las regiones de la imagen restaurada. Al aplicar esta técnica se desea reparar las partes perdidas u ocultas de las huellas digitales

## Resultados

Hasta el momento se procesaron 100 huellas dactilares aplicando las técnicas descritas para su restauración y posterior identificación por un perito.

La Fig. 1 muestra una sección de una imagen original y el resultado obtenido de aplicar una combinación de filtros espaciales no lineales (High-Boost y K-próximos vecinos).

La Fig. 2 muestra una sección de una imagen original y el resultado obtenido de aplicar una combinación de filtros pasabajos y la técnica de Histéresis Diferencial

La Fig. 3 muestra una sección de una imagen original y el resultado obtenido de aplicar una combinación de filtros espaciales y frecuenciales.

El método de PDI fue convalidado por Peritos dactiloscópicos y el Juez que atendía la causa. Luego de las presentaciones correspondientes a la Justicia, se realizaron dos identificaciones positivas a través de los dactilogramas procesados.

Se deben continuar aplicando las técnicas conocidas y explorando nuevas, para realizar una contribución en un método científico-tecnológico en el área forense a través del PDI para obtener resultados que involucran aspectos estrictamente humanos con un alto impacto en lo afectivo.



Fig.1 (a) Imagen original; (b) Imagen procesada utilizando de filtros espaciales no lineales

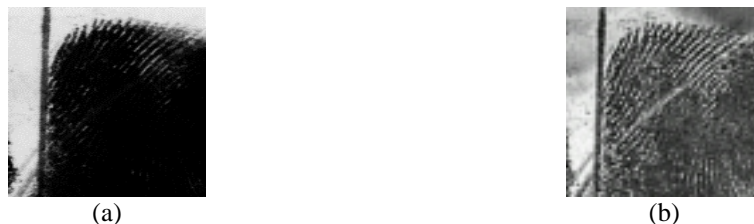


Fig.2 (a) Imagen original; (b) Imagen procesada utilizando de filtros pasabajos e Histéresis Diferencial

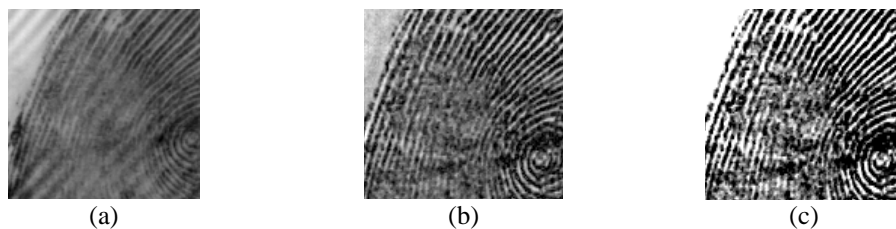


Fig.2 (a) Imagen original; (b) Imagen procesada utilizando de filtros espaciales; (c) Imagen procesada utilizando filtros espaciales y frecuenciales.

## **Bibliografía**

- Cohen Salama M.(1994): 'Tumbas anónimas: Informe sobre la identificación de restos de desaparecidos en Argentina,' CATALOGOS, Buenos Aires, 1994.
- Ge, Y. and Fitzpatrick, J. (1996): 'On the generation of skeletons from discrete Euclidean distance maps,' IEEE Trans.Pattern Anal.Mach.Intell, 11, pp. 1055 -1066.
- Gonzalez, R. & Woods, R. (1992): 'Digital Image Processing,' (Adison -Wesley, New York).
- Haralick, R. and Shapiro, L. (1992): 'Computer and Robot Vision,' (Addison-Wesley, New York).
- Image Pro-Plus (1999): The Proven Solution for Image Analysis. Image Pro-Plus Reference Guide for Windows<sup>TM</sup>. Version 4.1 Media Cybernetics.
- Jain, A. (1989): 'Fundamentals of Digital Image Processing,' (Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Klaus-Ruediger, P. (1996): 'Collection Deficiencies of Scanning Electron Microscopy Signal Contrasts Measured and Corrected by Differential Hysteresis Image Processing', Scanning, 18, pp.539-555.
- Moler, E et al.(1998): 'Fingerprint Identification using Image Enhancement Techniques,' J. Forensic Sci. 43, pp: 689-692.
- Reichs Kathleen J. (1997):'Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains,' Illinois.
- Scott T. et al. (2001): 'Oriented Texture Completion by AM-FM Reaction-Difusion,' IEEE Transactions on Image Processing, 10, pp. 885-896
- Serra, J. (1982): 'Image Analysis and Mathematical Morphology,' (Academic Press, London).