



## Uso de fluidos newtonianos en la erosión y dilatación de imágenes de iris y huellas dactilares

***Fernando Gudiño Peñaloza\****

### RESUMEN

En este trabajo se presenta una técnica de mejoramiento de imágenes mediante técnicas morfológicas. En particular se utiliza fluido newtoniano mediante la técnica de percolación para lograr la erosión y dilatación de imágenes de huellas dactilares e iris. Los resultados demuestran una mejoría notable comparada con la técnica tradicional a base de strel. Su uso posterior en sistemas de clasificación parece ser viable, dado que reduce la dimensión de los datos, los simplifica al usar datos binarios y la calidad de imágenes ayudaran a los sistemas de clasificación.

### ABSTRACT

This paper presents a technique for image enhancement using morphological techniques. In particular, Newtonian fluid is used through the percolation technique to achieve the erosion and dilation of fingerprint and iris images. The results show a notable improvement compared to the traditional strel-based technique. Its subsequent use in classification systems seems to be viable, since it reduces the dimension of the data, simplifies it by using binary data, and the quality of the images will help classification systems.

**Palabras claves:** Lógica Difusa, Control Inteligente, motor-generator, modelado.

### INTRODUCCIÓN

Las huellas dactilares y los iris de los ojos se utilizan comúnmente como características biométricas para la validación de usuarios en sistemas de seguridad y autenticación. Estas características únicas de cada individuo se utilizan para verificar y confirmar la identidad de una persona (BHATTACHARYYA, 2009).

Tanto las huellas dactilares como los iris ofrecen una alta precisión y confiabilidad en la verificación de la identidad de una persona. Estas características biométricas se utilizan en una variedad de aplicaciones, como desbloqueo de teléfonos móviles, acceso a edificios seguros, sistemas de control de tiempo y asistencia, y sistemas de seguridad en general.

Durante la etapa de adquisición de las imágenes digitales de los identificadores biométricos suele pasar que existe ruido de distintas fuentes, entre ellas los mecanismos de los sensores ópticos, los mecanismos de los sensores eléctricos o electrónicos, mecanismos de apertura en cámaras fotográficas, y también debido a la transmisión de dichas imágenes a través de un canal físico, y a

una gran cantidad de impurezas a la hora de adquirir la imagen, producidas por una gama de factores entre las que se incluyen el ambiente, el estado del sistema de adquisición, el estado del canal de transmisión, los cuales generan distorsión y ruido (KANAGALAKSHMI & CHANDRA, 2011).

Para mejorar la calidad de las imágenes se hace uso de las técnicas de procesamiento digital de imágenes, en este artículo nos referimos en particular a la erosión y la dilatación de imágenes. Operaciones morfológicas utilizadas en el mejoramiento de imágenes (BHOWMIK, 2012). Para ello vamos a utilizar fluidos newtonianos en proceso de percolación (LIU & REGENAUER-LIEB).

### LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN BIOMÉTRICOS

Un sistema de clasificación de parámetros biométricos( iris, huella dactilar, voz, etc.)digitales se utiliza para categorizar y organizar las muestras de dichos biométricos en grupos o clases basadas en sus características comunes.

A continuación, se presentan los pasos generales en un sistema de clasificación de huellas digitales

1. Adquisición de muestras: Se recopilan por ejemplo, las huellas dactilares utilizando un escáner o dispositivo de captura especial. Las huellas dactilares se capturan en forma de imágenes digitales o datos biométricos.

2. Preprocesamiento: Las huellas dactilares capturadas pueden requerir preprocesamiento para eliminar el ruido, mejorar el contraste y la calidad de la imagen.

3. Extracción de características: En esta etapa, se extraen características únicas de las huellas dactilares para su posterior análisis y clasificación. Estas características pueden incluir patrones de crestas, bifurcaciones, deltas, entre otros.

4. Clasificación: Se selecciona y configura un algoritmo de clasificación apropiado. Algunos algoritmos comunes utilizados son: k-NN (k-Nearest Neighbors), SVM (Support Vector Machines) y redes neuronales (YAGER & AMIN, 2004). Dicho sistema se entrena utilizando un conjunto de datos etiquetados, donde cada huella dactilar está asociada con una clase o categoría conocida, para entrenar el modelo de clasificación. Durante el entrenamiento, el modelo aprende a reconocer y asignar correctamente las huellas dactilares a las clases correspondientes. Posteriormente se evalúa el rendimiento del modelo utilizando un conjunto de datos separado y no utilizado en el entrenamiento.

\*FES-C, Departamento de Ingeniería,  
fernando.gudino@comunidad.unam.mx





5. Clasificación de nuevas huellas dactilares: Una vez que el modelo ha sido entrenado y evaluado, se puede utilizar para clasificar nuevas huellas dactilares. Se aplican las etapas de preprocesamiento y extracción de características a las nuevas huellas dactilares, y luego se utilizan las características para realizar la clasificación utilizando el modelo entrenado.

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Las técnicas de procesamiento digital de imágenes se pueden clasificar de diversas formas, dependiendo de los criterios utilizados (JAYARAMAN, ESAKKIRAJAN, & VEERAKUMAR, 2009). Según la naturaleza de la operación podemos encontrar:

- Mejora de imagen: Técnicas que mejoran la calidad visual de la imagen, como el ajuste de contraste, la eliminación de ruido y el realce de bordes.
- Restauración de imagen: Técnicas utilizadas para recuperar una imagen original a partir de una imagen degradada, como la eliminación de manchas, la eliminación de artefactos y la corrección de desenfoque.
- Segmentación de imagen: Técnicas que dividen la imagen en regiones o segmentos significativos basados en características específicas.
- Reconocimiento de patrones: Técnicas utilizadas para extraer características y realizar tareas de reconocimiento y clasificación de objetos o patrones en la imagen.

Dentro de las operaciones de mejoramiento de imágenes existen dos técnicas ampliamente utilizadas: La erosión y la dilatación consideradas como operaciones morfológicas que manipulan y modifican la forma y estructura de los objetos en una imagen.

**Erosión:** Se utiliza para reducir el tamaño de los objetos en una imagen y eliminar detalles pequeños. De manera común la operación se realiza deslizando un elemento estructurante -strel- (una matriz de valores) sobre la imagen y comparando los píxeles de la imagen con los elementos del elemento estructurante. Si todos los píxeles coinciden, el píxel central se mantiene en la imagen de salida; de lo contrario, se elimina.

Esto tiene el efecto de "erosionar" los bordes y reducir el tamaño de los objetos en la imagen.

**Dilatación:** Esta técnica se utiliza para aumentar el tamaño de los objetos en una imagen y rellenar huecos o brechas en ellos. Al igual que con la erosión, se desliza un elemento estructurante, ver figura 1, sobre la imagen y se compara con los píxeles. Si al menos un píxel coincide, se agrega el píxel central al resultado. Esto tiene el efecto de "dilatarse" los objetos y expandirlos.

La dilatación es útil para cerrar huecos, unir objetos cercanos y engrosar los contornos de los objetos.

Podemos decir entonces que, la erosión reduce el tamaño de los objetos y la dilatación los aumenta. Estas operaciones se utilizan en combinación con otras operaciones morfológicas para realizar tareas más complejas, como la eliminación de ruido, la segmentación de objetos y la transformación de imágenes.

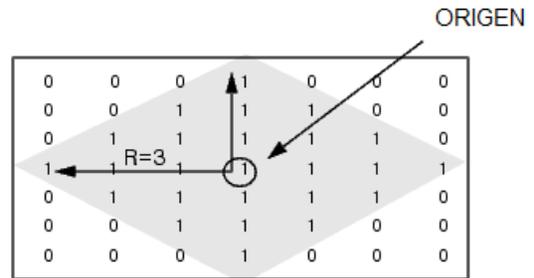


Figura 1 Strel tipo diamante de longitud  $R=3$ . El origen indica el píxel de una imagen sobre el cual se aplicará la operación morfológica correspondiente

## MEJORAMIENTO DE IMÁGENES POR FLUIDOS. PERCOLACIÓN

La percolación se refiere al estudio de la propagación o flujo a través de medios porosos, redes interconectadas o estructuras aleatorias. Tiene aplicaciones en diversos campos y proporciona herramientas para comprender la conectividad y la propagación en sistemas complejos.

Se puede entender como el flujo de un líquido a través de un medio poroso. Su principal característica es que se puede definir la probabilidad de lo que se desea trasladar de un punto a otro, es decir que se toma la decisión de que tanta conectividad existe entre un espacio y otro para permitir el paso de un fluido. En el caso de procesamiento de imágenes el algoritmo de percolación, define que tan juntas pueden estar las partículas para poder generar un conjunto interconectado, clúster. Para poder realizar este modelo se requiere: un valor crítico de unión, una distribución de probabilidad del tamaño del clúster (YAMAGUCHI & HASHIMOTO, 2006) Para cumplir su objetivo el fluido en el proceso de percolación el fluido debe cumplir con la propiedad de ser newtoniano.

Un fluido newtoniano es un tipo de fluido que sigue la ley de viscosidad de Newton. Esta ley establece que la viscosidad del fluido es constante y no depende de la fuerza de corte o la velocidad de deformación a la que se somete el fluido. Un ejemplo común de un fluido newtoniano es el agua. Cuando se aplica una fuerza de corte a una capa de agua, la velocidad de deformación es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza de corte aplicada. En un fluido newtoniano, la relación entre la tensión de corte (fuerza de corte por unidad de área) y la velocidad de deformación se describe mediante la ley de viscosidad de Newton, que establece que la tensión de corte es igual al producto de la viscosidad del fluido y la velocidad de deformación.

Es importante tener en cuenta que no todos los fluidos se comportan como fluidos newtonianos. Algunos fluidos, como las suspensiones coloidales, tienen propiedades viscosas que varían



con la fuerza de corte o la velocidad de deformación, lo que los hace más complejos en su comportamiento de flujo (NOURI, UMUR, & WHITELAW, 1993).

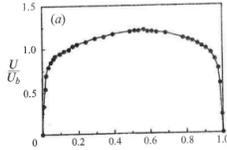


Figura 2.-Perfil de velocidad de un fluido newtoniano en un contenedor radial (Nouri, 2004)

Como podemos observar en la figura 2, los fluidos newtonianos presentan un máximo esfuerzo en la parte central del medio conductor y una resistencia constante a las orillas. Matemáticamente se expresa como:

$$\sigma_{ij} = -p\delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ij}\nabla \cdot \mathbf{v} \right) \quad (1)$$

Que relaciona el vector tensión, el gradiente de velocidad y la presión del fluido.

En términos del procesamiento de imágenes, esto genera que en el centro de la imagen se de el fenómeno de erosión y n las orillas el de la dilatación( agregación) lo que permite una mejor definición de los bordes de una imagen en particular.

### MEJORAMIENTO DE IMÁGENES POR FLUIDOS NEWTONIANO

A continuación se describe el diseño de un sistema de mejoramiento de imágenes de huellas dactilares e iris con la ayuda de transformaciones morfológicas, tal como se ve en la figura 3



Figura 3.-Proceso de mejoramiento digital en imágenes con operadores morfológicos

Como es común en los algoritmos de procesamiento de imágenes, es mejor trabajar en imágenes binarias, dado que el sistema se enfoca en identificar elementos continuos( crestas ,valles), y por lo tanto el color y otras características no son relevantes.

Una vez que se han obtenido las muestras estas pueden ser preprocesadas o directamente ingresadas al punto de operación morfológica.

En dicho punto debemos de seguir los siguientes pasos.

1. Definir un área de interés de dimensión NXN, por ejemplo 5X5. 9X9 pixeles,
2. Colocar un elemento estructurante en el centro de la región seleccionada
3. Aleatoriamente visitar cada uno de los puntos cardinales vecinos del centro de la imagen.
4. Dependiendo del valor p( valor critico de agregación) determinar si se debe de unir( dilatar) al elemento central o por el contrario se debe de eliminar(erosionar) dicho pixel.
5. Recorrer y sobreponer la malla en forma vertical u horizontal, primero a la izquierda y después de arriba hacia abajo para cubrir la totalidad de la imagen.

Una de las desventajas de los algoritmos de vecindario como lo es este método, se refiere al hecho que en las orillas no se puede realizar una operación pues mas allá de la imagen no hay datos de calculo.

### EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

Para validar el sistema se decidió usar la base de daos CASIA Fingerprint Image Database Version 5.0 (Institute of Automation of the Chinese Academy of Sciences (CASIA), 2009), compuesta por 2000 imágenes de 500 individuos utilizando el sensor de huella dactilar URU4000, en formato .tif y de 300X300 pixeles de resolución . de igual manera de la misma institución se obtuvo la base de datos de iris, la cual contiene 5 imágenes del iris derecho y 5 del izquierdo para 50 individuos, generando un total de 500 imágenes a color. Los resultado del procesamiento de imágenes se puede ver en las figuras 4,5 6 y 7.



Figura 4.- Obtención de imágenes de huellas digitales mediante el procedimiento de percolación de fluido newtonianos. En (a) imagen original, en (b) imagen binarizada (0,1), en (c) el resultado final de la operación.

A continuación podemos observar un comparativo entre las técnicas clásicas de erosión-dilatación y nuestra propuesta. Para dicho experimento se utilizo un strel tipo diamante de dimensión 5.

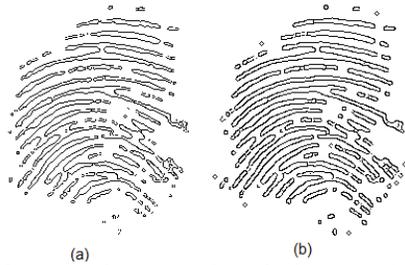


Figura 5.- Comparativo entre las técnicas en el proceso de mejoramiento de señales. En (a) la técnica de erosión-dilatación, en (b) mediante fluidos newtoniano para huellas dactilares.

Así mismo se incluyen las imágenes de iris, antes de poder ser procesadas, la imagen se sometió a un proceso de recorte para dejar solamente la parte central del iris

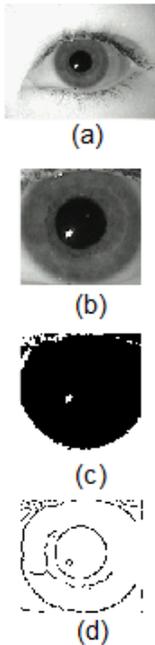


Figura 6.- Obtención de imágenes de iris ocular mediante el procedimiento de percolación de fluido newtonianos. En (a) imagen original, en (b) la imagen recortada, en (c) imagen binarizada (0,1), en (d) el resultado final de la operación.

Así mismo presentamos los comparativos con la técnica de dilatación erosión con la misma configuración de strel que el ejemplo anterior

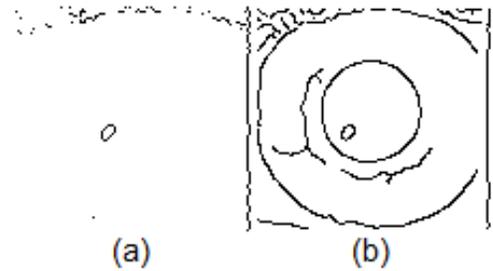


Figura 7.-Comparativo entre las técnicas en el proceso de mejoramiento de señales. En (a) la técnica de erosión-dilatación, en (b) mediante fluidos newtoniano para iris derecho.

De la observación de los ejemplos expuestos podemos ver que las técnicas de percolación nos dan imágenes mas detalladas comparadas con las técnicas de erosión y dilatación tradicional. Si bien no se comparó con todas las estructuras disponibles en la literatura( cuadro, círculo, línea, etc) podemos decir que es notable la diferencia.

#### Agradecimientos.

Este proyecto fue realizado gracias al apoyo de PIAPIME PE105123 Y PAPIIT IA102323

#### CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La metodología propuesta ha mostrado ser una forma interesante de abordar el problema de detección de bordes, si bien existen filtros especializados en ello y las técnicas de erosión y dilatación nos acercan a resultados buenos, la técnica propuesta reduce el costo computacional al reducir la dimensión por el tipo de datos, usa binario, adicionalmente se demuestra que la técnica puede dar buenos resultados en situaciones en las que las otras técnicas no han sido efectivas, por ejemplo en el procesamiento de iris.

Como trabajo futuro queda utilizar las imágenes en sistemas de clasificación como lo es redes neuronales artificiales, o similares para ver si la calidad de las mismas sirve en estos sistemas de clasificación



## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- BHATTACHARYYA, D. e. (2009). Biometric authentication: A review. *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, 2(3), 13-28.
- BHOWMIK, P. e. (2012). Fingerprint Image Enhancement And It's Feature Extraction For Recognition. *Int J Sci Technol Res*, 1(5), 117-121.
- Institute of Automation of the Chinese Academy of Sciences (CASIA). (2009). CASIA Fingerprint Image Database Version 5.0. Obtenido de [http://english.ia.cas.cn/db/201611/t20161101\\_169922.html](http://english.ia.cas.cn/db/201611/t20161101_169922.html)
- JAYARAMAN, S., ESAKKIRAJAN, S., & VEERAKUMAR, T. (2009). *Digital image processing*. New Delhi: TATA McGraw-Hill.
- KANAGALAKSHMI, K., & CHANDRA, E. (2011). Performance evaluation of filters in noise removal of fingerprint image. 3rd International Conference on Electronics Computer Technology (págs. 117-121). IEEE.
- LIU, J., & REGENAUER-LIEB, K. (s.f.). Application of percolation theory to microtomography of rocks. *Earth-Science Reviews*, 214, 103519.
- NOURI, J. M., UMUR, H., & WHITELAW, J. H. (1993). Flow of Newtonian and non-Newtonian fluids in concentric and eccentric annuli. *Journal of Fluid Mechanics*, 617-643.
- YAGER, N., & AMIN, A. (2004). Fingerprint classification: a review. *Pattern Analysis and Applications*, 77-93.
- YAMAGUCHI, T., & HASHIMOTO, S. (2006). Image processing based on percolation model. *IEICE transactions on information and systems*, 2044-2052.

## INFORMACIÓN ACADÉMICA

**Fernando Gudiño Peñaloza:** Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Ciencias de la Computación egresado del Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey y Doctor en Ciencia Computacionales por dicho instituto. Su campo de especialización es Inteligencia artificial y Computo Evolutivo.

