

## ALGORITMOS DE IDENTIFICACIÓN DE IMPRESIONES DACTILARES Y PALMARES

**ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL:** Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada (División de Investigaciones, CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas)

**AUTOR PRINCIPAL:** Alfredo Muñoz Briseño (CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas)

**OTROS AUTORES:** Andrés Gago Alonso (CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas), José Hernández Palancar (CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas)

**COLABORADORES:** Niusvel Acosta Mendoza (CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas), Gustavo Lara Álvarez (CENATAV, Datys Soluciones Tecnológicas)

### **AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA:**

Alfredo Muñoz Briseño

Dirección: 7ma #21406e/214y 216, Reparto Siboney, Playa, C.P. 12200

Fax: (+)5372730045

Correo electrónico: amunoz@cenatav.co.cu

### **RESUMEN**

La presente investigación trata el problema de la identificación de personas por sus impresiones dactilares y palmares. Este es un tema de gran actualidad debido a lauge que están teniendo los sistemas de identificación biométricos, y a las facilidades que esta técnica en específico brinda. En este trabajo se propone una representación de impresiones basada en triángulos de puntos característicos la cual es tolerante a desplazamientos presentes en las minucias, como lo muestran los experimentos realizados en bases de datos de impresiones distorsionadas. Además, se propone un rasgo que elimina falsas correspondencias para los casos de impresiones dactilares, conjuntamente con un algoritmo de localización del punto de referencia. También se introduce un método de indexación y recuperación que es aplicable tanto al caso dactilar como al palmar que hace uso de la representación propuesta. Finalmente, se define un algoritmo de cotejo de impresiones dactilares, el cual parte de grafos geométricos etiquetados que capturan rasgos identificativos de cada impresión. Este algoritmo utiliza un enfoque basado en minería de subgrafos geométricos. Todas las propuestas mencionadas han sido validadas mediante la evaluación experimental en bases de datos de dominio público o proporcionadas por otros autores de la literatura. Como antecedente de este trabajo se puede mencionar la investigación titulada: "Algoritmos y métodos para la verificación e identificación de impresiones dactilares y palmares", la cual fue ganadora del premio MININT al mejor resultado científico y tecnológico, y

del premio Academia de Ciencias de Cuba en el año 2014. Las principales novedades y diferencias de la presente investigación con respecto a este trabajo se encuentran en las nuevas representaciones de impresiones definidas, la estrategia utilizada por los algoritmos de indexación y recuperación, la introducción de nuevos rasgos en la construcción de los vectores con información identificativa y el paradigma utilizado en el cotejo de impresiones dactilares. Además, la definición de un nuevo algoritmo de localización de puntos de referencia y de dos algoritmos de minería de subgrafos geométricos frecuentes constituye una novedad adicional.

Todos los resultados obtenidos contribuyen a elevar la eficacia global de los algoritmos de identificación de impresiones dactilares y palmares y parte de ellos han sido introducidos con éxito en la práctica social. En particular el algoritmo de localización de un punto de referencia se encuentra en explotación en el sistema de identificación de impresiones implantado en el país. Además, dicho algoritmo también se encuentra en uso en el sistema de identificación criminal usado en Nicaragua y por desplegado por la empresa DATYS, con resultados muy satisfactorios. Por otro lado, se espera que la fusión de representaciones propuesta en el presente trabajo, se introduzca en el próximo año. También, los resultados teóricos logrados fueron publicados en tres revistas internacionales de impacto, tres eventos internacionales de alto prestigio y cinco eventos nacionales, mostrando su efectividad con respecto al estado del arte de la temática. De igual manera la novedad científica de este trabajo está avalada por la Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas del autor principal.

## COMUNICACIÓN CORTA DEL RESULTADO

### Introducción

La biometría es la ciencia que estudia la identificación de personas usando rasgos físicos de comportamiento tales como la voz, el iris de los ojos, la forma de caminar o la estructura de la cara, por solo citar algunos. Una de las técnicas más utilizadas por los sistemas biométricos es la comparación de impresiones dactilares. Los patrones de crestas encontrados en las yemas de los dedos y en otras partes del cuerpo humano son únicos, y proveen suficiente información como para distinguir a una persona de un específico del resto. Las imágenes obtenidas a partir de las marcas producidas por el contacto de los dedos y de las palmas de las manos con una superficie en un ambiente controlado, son denominadas impresiones dactilares e impresiones palmares, respectivamente. Estas se obtienen haciendo presión del dedo y/o de la palma de la mano de manera uniforme en una superficie determinada, normalmente con la ayuda de algún especialista o bajo condiciones muy controladas.

Muchos de los algoritmos relacionados con impresiones usan las llamadas minucias como forma de representación. Estas son singularidades de las crestas y usualmente son clasificadas en dos tipos: bifurcaciones y terminaciones. Las minucias poseen además una dirección asociada. Estos rasgos locales poseen gran valor identificativo, por lo que son el punto de partida para los algoritmos desarrollados en esta investigación. Además, en las comparaciones manuales realizadas por los peritos,

estas gotas tienen un gran peso, por lo que los métodos basados en minucias pueden ser implementados en un ambiente de mayor interacción con los expertos.

En el proceso de captura de las impresiones, a menudo ocurren situaciones que afectan contra la calidad de la imagen resultante. Estos factores dependen en cierto grado de la técnica utilizada para obtener las marcas producidas por las crestas, pero también son determinantes otras situaciones. Por ejemplo, al hacer presión sobre el dedo de manera no uniforme o en una dirección determinada a la hora de recolectar la impresión, pueden ocurrir variaciones en los patrones de las crestas producto de la elasticidad de la piel. Esto trae como consecuencia que las distancias entre rasgos tales como las minucias o puntos singulares varíen entre dos impresiones de un mismo dedo o palmar, introduciéndose así distorsiones no uniformes. Por otro lado, un entintado excesivo sobre los dedos o la palma de la mano, puede provocar que las crestas se distorsionen y se unan, al punto de no poder distinguirlas. Finalmente, un dedo puede tener surcos muy gastados o grandes cicatrices dando como resultado la localización de falsas minucias. Los dos últimos problemas descritos son fuentes de oclusiones y ruidos en las imágenes. Por lo anteriormente expuesto, todos los métodos de identificación de impresiones dactilares y palmares, deben tener mecanismos para atenuar el impacto de estos factores en el proceso de identificación.

De manera general, existiendo tipos de problemas relacionados con los sistemas de reconocimiento de impresiones cuya resolución motiva a los objetivos del presente trabajo: identificación y verificación o cotejo. El primero consiste en establecer la identidad de una persona a partir de la comparación de su impresión con otras previamente almacenadas. Por otro lado, el propósito de la verificación es confirmar la identidad de un individuo en particular, por lo que solo se hace necesario hacer comparaciones con las impresiones que presumiblemente pertenecen a él. Como puede apreciarse, la identificación requiere de un abanico de búsquedas sobre todas las impresiones almacenadas. Sin embargo, una comparación exhaustiva en la mayoría de los casos resulta impracticable, debido a que las bases de datos modernas, usualmente contienen millones de entradas. Es por ello que para implementar un algoritmo de identificación, se hace necesario reducir el espacio de búsqueda.

Como antecedente principal del presente trabajo se encuentra la investigación titulada: "Algoritmos y métodos para la verificación e identificación de impresiones dactilares y palmares", la cual fue ganadora del premio Academia de Ciencias de Cuba en el año 2014. Las principales novedades y diferencias de la presente investigación con respecto a este trabajo se encuentran en las nuevas representaciones de impresiones definidas, la estrategia utilizada por los algoritmos de indexación y recuperación, la introducción de nuevos rasgos en la construcción de los vectores con información identificativa y el paradigma utilizado en el cotejo de impresiones dactilares. Además, la definición de un nuevo algoritmo de localización de puntos de referencia y de dos algoritmos de minería de subgrafos geométricos frecuentes constituye una novedad adicional.

### **Novedad científica**

Sobre la base de lo explicado anteriormente y los problemas detectados en la literatura relacionada, en el marco de la investigación, se obtuvieron los siguientes resultados los cuales constituyen aportes en el área de estudio:

1. Una nueva representación de impresiones dactilares y palmares basada en minucias, tolerante a distorsiones.
2. Un algoritmo para localizar el punto de referencia en las impresiones dactilares, necesario para encontrar el rasgo propuesto con posterioridad.
3. Un nuevo rasgo que disminuye la ocurrencia de falsas correspondencias en el proceso de indexación de impresiones dactilares.
4. Un algoritmo de indexación y recuperación de impresiones dactilares y palmares que reporta una eficacia superior a los encontrados en la literatura, a partir de la nueva representación y el rasgo propuesto.
5. Una representación de impresiones dactilares en forma de grafo geométrico necesaria para definir el algoritmo de cotejo.
6. Dos algoritmos de minería de subgrafos geométricos frecuentes llamados *gsm-gdFil* y *geoSuM*, necesarios para introducir un nuevo enfoque de cotejo.
7. Un algoritmo de cotejo de impresiones dactilares basado en *gsm-gdFil* y *geoSuM*, para el cual se define además una nueva representación de las impresiones basada en grafos geométricos.

### **Impacto del resultado**

Contar con algoritmos con conocimiento propio, constituye un aspecto básico para garantizar la sostenibilidad de los resultados alcanzados. Con ello no solo es posible incursionar en nuevos campos teóricos novedosos desde el punto de vista científico, sino que se hace posible enfrentar nuevas problemáticas en diversas áreas de aplicabilidad, aportando soluciones completamente novedosas y propias. La presente investigación es un paso de avance en la evolución natural de los algoritmos de reconocimiento de impresiones dactilares y palmares desarrollados en el país por la empresa *Datys*. A partir de los conocimientos adquiridos será posible seguir mejorando los AFIS civil y criminal cubanos tanto en eficiencia como en eficacia. Además, se identificarán problemas y aplicaciones nuevas que garantizarán la continuidad del impacto de los resultados alcanzados.

Por otro lado, algunos de los resultados alcanzados ya han tenido un gran impacto económico y social. En específico, el algoritmo de localización de un único punto de referencia en impresiones dactilares se encuentra actualmente desplegado en el AFIS civil utilizado en las oficinas de carné de identidad del país. Además, dicho algoritmo también se encuentra en uso en el AFIS criminal desarrollado por la empresa *Datys* y desplegado en Nicaragua, con un gran impacto en el esclarecimiento de casos delictivos, lo cual fue objeto de reconocimiento por parte de la policía nicaragüense. Esto último dota a la propuesta de un alcance internacional.

También, varios de los algoritmos obtenidos tienen un impacto potencial, debido a que estos no podrán ser apreciados en su total magnitud, hasta tanto no se encuentren desplegados algunos de los productos de la empresa Datys en los que se proyecta la implantación de los aportes científicos del trabajo. No obstante, la nueva fusión de representaciones y el rasgo basado en el punto de referencia propuesto, serán introducidos en un futuro cercano en los sistemas de identificación de impresiones dactilares comercializados por Datys, tanto en el contexto civil como en el criminal. Esto propiciará un aumento considerable de la eficacia en ambos casos, como avalan los experimentos sobre bases de datos internacionales realizados en este trabajo.

El impacto científico se encuentra dado por el hecho de que los resultados obtenidos constituyen una fuente de conocimiento propio, que el país puede utilizar para desarrollar nuevos productos. Además, todos los aportes introducidos se encuentran publicados en eventos y revistas de alto impacto internacional, lo que contribuye a la visibilidad científica en nuestro país.

### Publicaciones obtenidas en el marco de la investigación

En el marco de la investigación, se presentaron los resultados obtenidos en las siguientes publicaciones:

- 1.A. Muñoz-Briseño, J. Hernández-Palancar and A. Gago-Alonso. "Minutiae Based Palmprint Indexing". In Proceedings of 6th IAPR International Workshop on Computational Forensics (IWCF). Springer LNCS 8915, pp 10-19, 2015.
2. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Fingerprint Matching Using a Geometric Subgraph Mining Approach". In Proceedings of 20th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition (CIARP 2015). Springer LNCS, 9423, pp 160-167, 2015.
3. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Using Reference Point As Feature for Fingerprint Indexing". In Proceedings of 19th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition (CIARP 2014). Springer LNCS, 8827, pp 367-374, 2014.
4. Gago-Alonso, A. Muñoz-Briseño and N. Acosta-Mendoza. "A new proposal for graph classification using frequent geometric subgraphs". Data and Knowledge Engineering, 87, 243-257, 2013. (Factor de Impacto: 2,981).
5. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Fingerprint indexing with bad quality areas". Expert Systems with Applications, 40(5), 1839-1846, 2013. (Factor de Impacto: 1,965).
6. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "State of the Art of Fingerprint Indexing Algorithms". Computación y Sistemas. 15(1), 2011. (Indexado por SciELO y Scopus).
7. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Algoritmos de indexación de impresiones dactilares: Un análisis crítico". En Memorias del 13 Congreso Nacional de Reconocimiento de Patrones (RECPAT 2015). Santiago de Cuba, 2015.
8. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "La minería de subgrafos geométricos aplicada al cotejo

- de impresiones dactilares". En Memorias del 12 Congreso Nacional de Reconocimiento de Patrones (RECPAT 2014). Las Tunas, 2014.
9. G. Lara-Alvarez, A. Muñoz-Briseño and A. Gago-Alonso. "GeoSuM: Nuevo algoritmo para la minería de subgrafos geométricos frecuentes". En Memorias del 12 Congreso Nacional de Reconocimiento de Patrones (RECPAT 2014). Las Tunas, 2014.
  10. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Indexación de impresiones dactilares con alto grado de distorsión". En Memorias del 10mo Congreso Nacional de Reconocimiento de Patrones (RECPAT 2012). Camagüey, 2012.
  11. A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso and J. Hernández-Palancar. "Algoritmos de Indexación de Impresiones Dactilares". En Memorias de la Jornada de Identificación Biométrica (TECNICRIM 2012). La Habana 2012.

También en el año 2013, Alfredo Muñoz Briseño y Andrés Gago Alonso realizaron la tutoría de tesis de grado titulada "Minería de Subgrafos Frecuentes sobre Colecciones de Grafos Geométricos" de la estudiante de ciencias de la computación Gustavo Lara Álvarez.