

Biometría por detección de luz infrarroja en reflexión y transmisión



*Norma Pilar Castellanos Abrego
Departamento de Ingeniería Eléctrica, UAMI
José Luis Hernández Pozos
Departamento de Física, UAMI*

Resumen.

El campo de la investigación en la detección y procesamiento de datos biométricos es muy actual. La biometría es la medición de datos obtenidos por características físicas o de comportamiento de los individuos con la finalidad de compararlos con una base de datos y determinar la similitud entre ellos como prueba de identidad. Dentro de los datos biométricos físicos se encuentran las venas de los dedos o de la palma de la mano obtenidos por medios ópticos ante una iluminación infrarroja. Las grandes ventajas de emplear las venas de dedos o manos son: las imágenes de las venas permanecen sin cambios con la edad, los sistemas de detección no son peligrosos a la salud del usuario, el estado de la piel como tono y quemaduras no afecta, el patrón venoso presenta un reto de falsificación para delincuentes o el reemplazo mediante cirugías. La luz infrarroja puede penetrar la piel humana, y de 880 a 930 nm provee buen contraste debido a la absorción de estas longitudes de onda por la hemoglobina contenida en la sangre. Un sistema de reconocimiento de imágenes venosas de los dedos o de las manos contiene 3 procesos: preprocesamiento, extracción de patrones, emparejado por aprendizaje maquina o por métodos convencionales o la combinación de ambos. El conjunto de datos es muy importante, es el fundamento de la investigación biométrica; sin embargo, hasta el momento ha sido muy difícil la estandarización ya que es una tecnología reciente y no ha sido discutida ampliamente.

Palabras clave: Biometría, Biometría infrarroja, Extracción de patrones, Reconocimiento de imágenes, Emparejado de patrones

Abstract.

The field of research in the detection and processing of biometric data is very current. Biometrics is the measurement of data obtained by physical or behavioral characteristics of individuals with the purpose of comparing them with a database and determining the similarity between them as proof of identity. Among the physical biometric data are the veins of the fingers or palm of the hand obtained by optical means under infrared illumination. The great advantages of using finger or hand veins are the images of the veins remain unchanged with age, the detection systems are not dangerous to the user's health, the condition of the skin such as tone and burns is not affected. The venous pattern presents a challenge for criminals to falsify or replace through surgery. Infrared light can penetrate human skin, and 880 to 930 nm provides good contrast due to the absorption of these wavelengths by the hemoglobin contained in the blood. A finger or hand vein image recognition system contains 3 processes: pre-processing, pattern extraction, matching by machine learning or by conventional methods or the combination of both. The data set is very important, it is the foundation of biometric research; However, until now standardization has been very difficult since it is a recent technology and has not been widely discussed.

Keywords: Biometrics, Infrared Biometrics, Pattern Extraction, Image Recognition, Pattern Matching

El propósito del presente trabajo es mostrar un panorama de la biometría por detección de luz infrarroja por reflexión y transmisión, desde su fundamento, el estado del arte y las expectativas en cuanto a investigación.

¿Qué es la biometría?

La biometría es la medición de datos obtenidos por características físicas o de comportamiento de los individuos con la finalidad principal de compararlos con una base de datos y determinar la similitud entre ellos como prueba de identidad. En la vida diaria están sustituyendo a las palabras clave, para el acceso a la computadora, la empresa, laboratorios, escuelas, etc. Es una tecnología emergente en la era del internet y las comunicaciones móviles siendo considerada el futuro de la seguridad electrónica la cual, además, provee de autenticación (Gayathry, 2020). Para proveer mayor seguridad se realiza la fusión entre datos biométricos de diferente modalidad (adquiridos con diversos sensores) con diferentes métodos computacionales. Los sistemas biométricos constan de dos opciones: verificación (proceso uno-a-uno) e identificación (proceso uno-a-muchos).

La prueba de identidad de mayor uso es la fotografía (actualmente digital), donde no necesariamente se emplea un sistema digital de reconocimiento sino simplemente con la observación del individuo y su fotografía impresa (en la tarjeta de identificación como la credencial para votar, el pasaporte o la licencia de conducir).

Debido a la evaluación subjetiva de fotografías y a los problemas de identificación que pudieran surgir entre gemelos, uso de barba, cirugía estética, edad, etc., surgen otros datos biométricos como son las huellas dactilares. Las huellas dactilares se han incorporado a la identificación de personas, sin embargo, no está libre de inconvenientes como es el deterioro de la piel de los dedos debido a la diversidad de usos y el contacto con sus-

tancias tóxicas, inclusive puede haber pérdida del dedo. Las huellas dactilares son obtenidas mediante un detector de huellas dactilares que puede ser con 4 tipos de tecnología diferente como son sensores ópticos, térmicos, capacitivos y ultrasónicos sensibles a las crestas y valles de la piel de los dedos.

Esta técnica biométrica ha sufrido problemas de exactitud ya que la piel se degrada o puede contener partículas, entre otros problemas asociados (Ruaa, 2022). En estos datos, al ser digitalizados, se extraen patrones como las crestas, valles, islas y lagos, y son comparados con una base de datos para la identificación de identidad o para firmar documentos como contratos bancarios, pasaporte, etc.

Además de la huella dactilar otros datos biométricos son las líneas de la palma de la mano, adquiridas por métodos ópticos (fotografía) o térmicos. También la geometría de la mano es única entre individuos. El iris, contiene una distribución de vasos sanguíneos y fibras único entre personas, difícil de falsificar, donde es empleada una cámara de alta resolución para adquirir una imagen con iluminación infrarroja. El iris se considera el dato biométrico más exacto.

Con la misma técnica se toma la imagen de la retina en el fondo del globo ocular y a través de la pupila del ojo; contiene una red vascular y de nervios única entre individuos. Tiene como limitación que requiere de equipo especializado, la pupila tiene que dilatarse y es sensible al movimiento ocular.

El DNA también es un dato biométrico que requiere de la identificación de 4 bases: adenina (A), guanina (G), citocina (C)

y timina (T). Pueden extraerse de la saliva, sangre o cabello. Desafortunadamente hay que montar un laboratorio para realizar la lectura de DNA haciendo ésta una técnica muy costosa. Útil en criminología.

La forma de la oreja en 2D y 3D; se extraen patrones capturados por una cámara fotográfica. Los datos extraídos pueden considerarse holísticos, locales, geométricos e híbridos. Se emplean varias técnicas de procesamiento digital de imágenes para hacer verificación y autenticación que son costosas computacionalmente y complejas. Este dato biométrico es sensible al envejecimiento del individuo.

Curiosamente el EEG (electroencefalograma) es también un dato biométrico físico; sin embargo, sufre de contaminación por ruido eléctrico y requiere colocar sensores en la cabeza. Se emplean redes neuronales artificiales para extraer patrones característicos y realizar la clasificación.

Entre otros datos biométricos por comportamiento está la voz, difícil de falsificar mas no imposible para la tecnología actual que emplea inteligencia artificial. La firma, otro dato biométrico muy empleado para validar documentos, con características únicas entre individuos pero que mediante un entrenamiento y dependiendo de su complejidad es sensible a falsificación.

El modo de andar (*gait* en inglés), es empleado principalmente en video vigilancia. En este dato biométrico se registra el modo de caminar y el movimiento cíclico. Se requiere gran cantidad de datos para que funcione la técnica de procesamiento digital conocida como aprendizaje maquina (subcampo de la inteligencia artificial:

máquinas de soporte vectorial, árboles de decisión y k-means).

Otro dato biométrico por comportamiento que está teniendo mucho éxito es la dinámica del tacto. Las acciones del tacto como desplazamientos, movimientos del dedo rápidos, introducir caracteres alfabéticos o numéricos, son registradas y capturadas. Aquí se emplea probabilidad para analizar los datos, así como técnicas de reconocimiento de patrones. El sistema Android de los teléfonos móviles usa este dato biométrico.

La dinámica del ratón de computadora es otro dato biométrico. Los movimientos del ratón tales como arrastrar, dejar de presionar, mover y presionar y soltar rápidamente, son registrados. Desafortunadamente para los dedicados al procesamiento de datos digitales, aquí no hay suficientes bases de datos. Se emplean técnicas estadísticas y probabilísticas para la extracción de patrones característicos del individuo.

Dentro de los datos biométricos físicos se encuentran las venas de los dedos o de la palma de la mano obtenidos por medios ópticos ante una iluminación infrarroja. La iluminación infrarroja se refleja o transmite generando una absorción en los vasos sanguíneos. Así que aparecen en la imagen como líneas oscuras, mostrando patrones únicos entre individuos que no cambian con los años, y son diferentes entre gemelos. La adquisición de la imagen se realiza en modo reflexión o en modo transmisión. Actualmente usado en cajeros automáticos o servicios de bancos remotos. Ofrece grandes ventajas, difícil de falsificar, observar, oscurecer, dañar o cambiar. Además, integra

un dato más sobre si el sujeto está vivo (Raut, 2014).

Las grandes ventajas de emplear las venas de dedos o manos son (Ruua, 2022):

- Las imágenes de las venas permanecen sin cambios con la edad
- Los sistemas de detección no son peligrosos a la salud del usuario
- El estado de la piel como tono y quemaduras no afecta la detección de las venas
- El patrón venoso presenta un reto a la falsificación por delincuentes o el reemplazo mediante cirugías.

Tiene la limitación de ser sensible al estado de salud del individuo, como son los problemas circulatorios, el flujo sanguíneo y a la postura durante la toma de la imagen. Hablaremos de esta técnica biométrica con más detalle a continuación.

¿Por qué luz infrarroja?

La luz infrarroja cercana es una región del espectro electromagnético contenido dentro de los 700 a los 1000 nm de longitud de onda (figura. 1).

Puede penetrar la piel humana, y en el sub-rango de 880 a 930 nm (conocido como infrarrojo cercano-NIR) (Jia, 2021) provee buen contraste de las venas subcutáneas debido a la absorción de estas longitudes de onda por la hemoglobina contenida en la sangre (fig. 2). La luz infrarroja puede atravesar el grosor de los dedos y de la palma de la mano generando una imagen contrastada conocida como de transmisión; pero también hay reflexión, la cual también puede ser capturada con una cámara infrarroja.

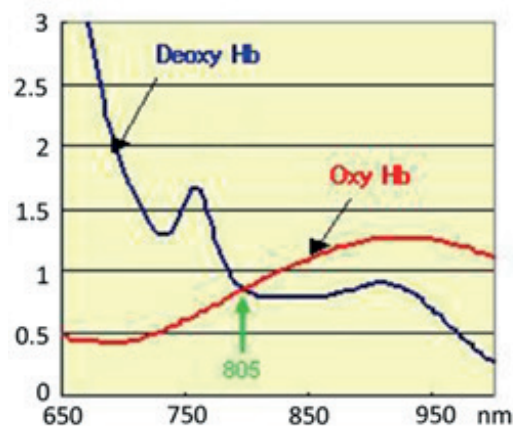


Figura 2. Espectro de absorción de la hemoglobina, se muestra la absorción tanto para hemoglobina oxigenada como sin oxígeno.

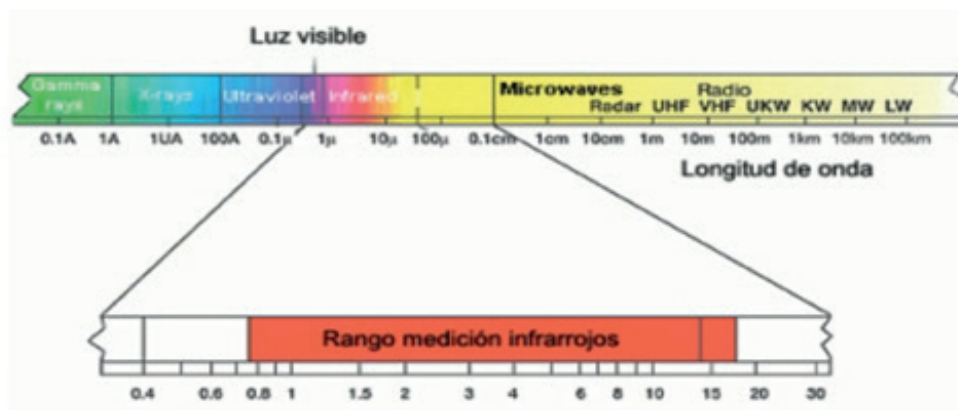


Figura 1. Rango de longitudes de onda para el infrarrojo dentro de todo el espectro electromagnético.

La palma de la mano tiene un patrón venoso más complejo que los dedos y es más fácil la autenticación (ver figura 3).

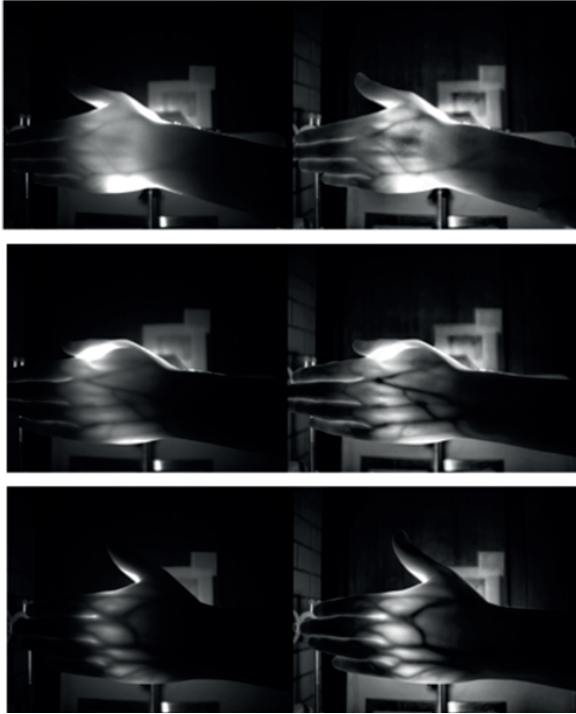


Figura 3. Imágenes de patrón de venas usando transmisión de luz en el NIR (840 nm) de la palma de la mano. Note que el patrón es completamente diferente para cada individuo. En la columna de la izquierda se muestran las imágenes directamente obtenidas por la cámara, las de la derecha después de ser procesadas.

De hecho, este patrón es considerado con un alto nivel de exactitud en la autenticación por la complejidad de los patrones formados por los vasos sanguíneos de la palma de la mano y una más compleja comparación con los patrones de otros individuos (Raut, 2014).

¿Cómo es un sistema de emisión-recepción de luz infrarroja?

Un sistema de detección de las venas ya sea de los dedos o de la palma de la mano requiere del diodo emisor (LED) o un diodo láser a una longitud de onda en el infrarrojo cercano (700 a 1000 nm), típicamente 760 nm para dedos (Ruaa, 2022). Puede emplearse una configuración en modo transmisión o reflexión, en la figura 4 se muestra un diagrama a bloques de un sistema para un modo de transmisión.

Se observa cómo el diodo de estado sólido debe alimentarse con una fuente que le proporcione la potencia adecuada, típicamente 100 mW con voltaje de 4.5 a 12 v en corriente continua con un diámetro aproximado de 4 mm.

Esta radiación se dirige hacia un sistema óptico que incrementa el diámetro del haz tal que pueda cubrir la zona de interés donde se coloca la mano o el dedo.

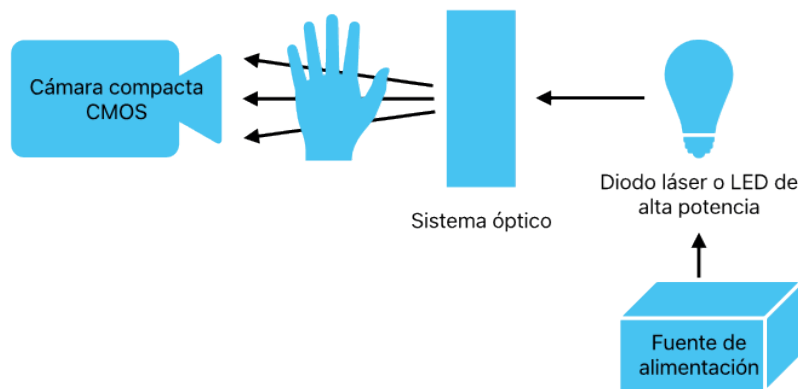


Figura 4. Diagrama a bloques de un sistema de detección de venas de la palma de la mano en modo transmisión con radiación en el infrarrojo cercano (NIR).

La radiación se transmite a través de la mano a excepción de la zona de las venas que la absorben. Como ejemplo, para una configuración para la mano (imágenes mostradas en la figura 3) se emplea una lente de 2.5 cm de diámetro y longitud focal de -75.0 mm. La radiación transmitida es captada por una cámara CMOS especializada en radiación IR marca Thorlabs modelo DCC1645C (Hernández, 2018). La lente puede sustituirse por un vector de LEDs (Ruuaa, 2022).

Una vez que se tiene la imagen digitalizada, ésta es procesada en una computadora con algoritmos de procesamiento digital de imágenes a fin de extraer los patrones más relevantes. Posteriormente se emplean algoritmos para la autenticación o verificación comparando con una base de datos. Se han empleado diversas metodologías, cada una con ventajas y desventajas, en la siguiente sección se mencionan algunas de ellas.

Métodos de pre-procesamiento y emparejado de imágenes biométricas

En general, un sistema de reconocimiento de imágenes venosas de los dedos o de las manos contiene 3 procesos:

1. Preprocesamiento de la imagen
2. Extracción de patrones
3. Emparejado por aprendizaje maquina, métodos convencionales y la combinación de ambos.

1. Preprocesamiento de la imagen

Las imágenes, sobre todo las de los dedos son muy ruidosas, pequeñas y de bajo contraste, más que las de las manos, por lo que

el pre-procesamiento es muy importante. La exactitud del proceso de identificación requiere y depende su éxito, de la detección de la región de interés (ROI), el realce de los patrones de interés, la segmentación de los vasos sanguíneos y el filtrado empleado para la eliminación de ruido.

2. Extracción de patrones venosos.

La extracción de patrones venosos es muy importante porque simplifica la tarea del apareamiento con fines de comparación con una base de datos. Existen varias técnicas clasificadas en 3 categorías:

- a) Reducción de la dimensión: Reduce la dimensión de la información contenida a fin de simplificación y, por tanto, más fácil visualización de los patrones de interés desembocando en una mayor interpretabilidad y predicción. Generalmente emplea técnicas de aprendizaje maquina. El análisis por componentes principales (conocido como PCA por sus siglas en inglés) es una herramienta utilizada, aunque tiene el inconveniente de que los patrones globales son altamente dependientes de la localización, oclusión, distorsión e iluminación.
- b) Binomios locales: Generalmente evalúa un píxel de la imagen y una vecindad para generar descriptores específicos a los patrones encontrados. Estos descriptores pueden encontrar información sobre la textura, forma y variaciones de intensidad del vecindario. Tienen la ventaja de ser altamente robustos, con una discriminación potente. Tiene la desventaja de requerir cálculos numerosos y alto consumo de tiempo.
- c) Basados en venas: La extracción del patrón de las venas puede simplificarse si

la imagen no es muy ruidosa. Entonces puede aplicarse un método de segmentación por umbral donde los niveles por debajo de cierto umbral son llevados a cero, y en otro caso al valor de 1. También puede aplicarse un filtrado. Tiene la ventaja de que es insensible al ancho de las venas, así como a la extracción de venas del núcleo. Tiene la desventaja de que es poco robusto.

3. Emparejado.

Es el paso final, cuando se compara con una base de datos para asegurar si pertenece a una persona. Hay 2 tipos de métodos de emparejado: i) los basados en distancia y, ii) los métodos conocidos como 'matching classics' (funciones basadas en distancia o en la similitud como la distancia cuadrática media, entropía de Shannon, información mutua normalizada, etc.). Las venas menores pueden compararse usando los algoritmos de aprendizaje maquina como el análisis por componentes principales (PCA), máquinas de soporte vectorial (SVM), aprendizaje profundo, lógica difusa, procesamiento de lenguaje natural (NLP), Redes neuronales Artificiales (ANN), son más fuertes contra los datos ruidosos. Todos ofrecen ventajas y desventajas; en general, los métodos de aprendizaje profundo son más robustos, pero requieren de bases de datos muy grandes para entrenarlos, limitando su aplicabilidad. Los basados en distancia son menos robustos, pero son simples y por lo tanto se implementan más fácilmente.

Es posible que se necesite un procedimiento previo al emparejamiento que es un proceso de alineación de imágenes que contemple transformaciones lineales como la rotación y la traslación, para ubicar la imagen a verificar dentro del mismo sis-

tema coordinado de la imagen de la base de datos con la finalidad de simplificar la tarea de la comparación.

Datos

El conjunto de datos es muy importante, es el fundamento de la investigación biométrica; sin embargo, hasta el momento ha sido muy difícil la estandarización ya que es una tecnología reciente y no ha sido discutida ampliamente. Muchas veces los investigadores construyen su propia base de datos ante la escasez de datos públicos, sobre todo en imágenes de las venas de la palma de la mano. Cada sistema de rastreo de la imagen de las venas tiene sus propias características proporcionando diferente calidad a la imagen final.

Los escasos conjuntos de datos proporcionados por diferentes universidades no están perfectamente organizados y, por tanto, hacen difícil la conclusión sobre la utilidad de las medidas de reconocimiento de biometría. Por ejemplo, los conjuntos de datos deben incluir una clasificación de género, tipo de sangre, color de la piel y nacionalidad. Toda esta información es crucial en la funcionalidad del dispositivo.

Las bases de datos públicas de venas de los dedos pertenecen principalmente a universidades orientales: Universidad de Pekín, Politécnico de Hong Kong, Universidad de Malasia, Universidad Chonbuk en Corea del Sur, Universidad Shandong de China y la Universidad de Twente en Países Bajos. Ofrecen conjuntos de datos pequeños de 60 muestras hasta más de 5000 con resoluciones de imagen: la más pobre de 320x240 pixeles y la más alta de 720x576 pixeles (Ruaa, 2022).

En el caso de bases de datos de las venas de las manos hay más opciones, sin embargo, de 35 solo 4 son públicas. A diferencia de los dedos, las imágenes de las manos se reportan en modo reflexión y transmisión, y algunas son pequeñas, con 125 muestras hasta 6160 formadas desde el 2004 (Wei, 2021).

Seguridad

La mayoría de los datos biométricos emplean encriptación fuerte para garantizar seguridad en el almacenamiento. Se emplea, esteganografía, marca de agua y encriptación visual. De todos, la encriptación visual gana terreno para compartir los datos biométricos en forma segura.

Los datos biométricos han reducido la actividad de delincuentes, sin embargo, no al 100%; esta inclinación de ciertas personas por lo ajeno continuará existiendo. Así como aparece tecnología más sofisticada, también hay ladrones cada vez técnicamente mejor preparados para hackear los sistemas de seguridad de las diferentes empresas.

La tendencia actual en sistemas de seguridad biométrica incluye aplicaciones como carros con ECG (Electrocardiografía) para vigilar el estado de salud del conductor y los pasajeros, así como la detección del patrón de las venas de la palma de la mano en carros autónomos.

Cosas por hacer en la investigación

Actualmente mejorar la seguridad se ha convertido en una prioridad. Dentro de las cosas que se han hecho está la fusión de datos usando biometría multimodal. Esto es, a los datos obtenidos por radiación infrarroja se fusiona típicamente con el patrón de las marcas de la piel obtenida con fotografía convencional de la palma de la mano.

Aunque el aprendizaje profundo y el aprendizaje maquina están tomando mucha utilidad recientemente, es necesario mejorar y ampliar las bases de datos de prueba para mejorar la robustez y buen funcionamiento de esta técnica.

Actualmente, existen productos comerciales para tanto venas de la palma de la mano como de los dedos. Por ejemplo, Fujitsu Ltd. en Japón ofrece un sistema bastante confiable llamado PalmSecure. Otro sistema comercial es el producido por Techsphere Co. Ltd de Corea del Sur, llamado VP-II Hand Vascular Scanner, que es de contacto, tiene rápida verificación (0.4 seg/persona) y excelente exactitud.

Aunque existen bases de datos públicas, éstas están limitadas en tamaño y diversidad. Se desea que los métodos de reconocimiento biométrico sean robustos y que puedan aplicarse a una gran cantidad de imágenes con diferentes características como la edad, género, color de la piel, etnia, resolución de la imagen, una o dos manos (1 o 10 dedos), longitud de onda empleada, traslaciones y rotaciones, etc.

El campo de la investigación en la detección y procesamiento de datos biométricos es muy actual. Específicamente hablando de imágenes obtenidas mediante iluminación infrarroja el reto es encontrar el método suficientemente robusto que incluya el pre-procesamiento, extracción de patrones en la región de interés (ROI) y emparejado con una base de datos para su verificación, ahí deberá dirigirse la investigación.

Referencias.

Gayathri M., Malathy C., Prabhakaran M., "A review on various biometric techniques, its features, methods, security is-

sues and application areas”, Springer Nature Switzerland, pp 931-941, 2021.

Hernández García A. A., “Estudio comparativo de la robustez de 4 medidas de similitud como método de autenticar personas, con imágenes de luz infrarroja de la mano”, Proyecto terminal de Ing. Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana, 2018.

Jia W., Xia W., Zhang B., Zhao Y., Fei L., Kang W., Huang D., Guo G., “A survey on dorsal hand vein biometrics”, *Pattern Recognition* 120, 2021.

Raut S. D., Humbe V. T., “Review of Biometrics: Palm Vein Recognition System”, *Journal of Management and Research*, 3(1), pp. 217-223, 2014.

Ruaa S.S. Al-Khafaji, Mohammed S.H. Al-Tamimi, “Vein Biometric Recognition Methods and Systems: A Review”, *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16(1), pp. 36-46, 2022.

Wei Jia, Wei Xia, B. Zang, Y. Zhao, L. Fei, W. Kang, D. Huang, G. Guo, “A survey on dorsal hand veins biometrics”, *Pattern Recognition*, 120, 2021.