

DISEÑO DE ALGORITMO BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE TERMOGRAMAS PARA RECONOCIMIENTO FACIAL EN HUMANOS QUE HAN CONSUMIDO TABACO

ALGORITHM DESIGN BASED ON THE PROCESSING OF THERMOGRAMS FOR FACIAL RECOGNITION IN HUMANS WHO HAVE USED TOBACCO

Gianna González González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
giannagg1993@gmail.com

José Alfredo Padilla Medina

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx

Agustín Sancén Plaza

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
asancenp@gmail.com

Recepción: 24/mayo/2021

Aceptación: 30/noviembre/2021

Resumen

Los sistemas de reconocimiento de personas es uno de los temas de mayor auge dentro de los sistemas de visión por computadora y principalmente aquellos que pretenden medir la forma de los patrones que son obtenidos a partir de tejidos biológicos. Sin embargo, estos patrones pueden ser modificados debido al consumo de sustancias que alteran el sistema termorregulatorio del individuo y por consecuencia afectan los porcentajes de reconocimiento de personas. La finalidad del presente estudio es estudiar los efectos que provoca el consumo de tabaco en un sistema de reconocimiento sin restricciones a partir de termogramas de una base de datos de 27 individuos. Para evitar una significativa disminución en la eficiencia de reconocimiento se propone la implementación del modelo de perfusión sanguínea para el preprocesamiento de los termogramas y el método de patrones binarios locales como método de extracción de la información capturada en los termogramas de rostro. En el experimento, los conjuntos de imágenes se

representaron denotándoles como "Clase 1", el caso en el que el participante consumió 1 cigarrillo y "Clase 2", "Clase 3" y "Clase 4" para los casos en los que se consumieron 2, 3 y 4 cigarros respectivamente. El método propuesto obtuvo un 75% para la "Clase 1" por lo que resulta más eficaz ante estas condiciones en comparación con las otras clases analizadas porque obtuvieron porcentajes de 47% para "Clase 2", 66% para "Clase 3" y 54% para "Clase 4".

Palabras Clave: patrones binarios locales, perfusión sanguínea, termogramas.

Abstract

People recognition systems is one of the most popular topics within computer vision systems and mainly those that seek to measure the shape of the patterns that are obtained from biological tissues. However, these patterns can be modified due to the consumption of substances that alter the thermoregulatory system of the individual and consequently affect the percentages of recognition of people. The purpose of this study is to study the effects caused by tobacco consumption in an unrestricted recognition system based on thermograms from a database of 27 individuals. To avoid a significant decrease in recognition efficiency, the implementation of the blood perfusion model for the preprocessing of thermograms and the local binary patterns method is proposed as a method of extracting the information captured in the face thermograms. In the experiment, the sets of images were represented by denoting them as "Class 1", the case in which the participant consumed 1 cigarette and "Class 2", "Class 3" and "Class 4" for the cases in which they were consumed. 2, 3 and 4 cigars respectively. The proposed method obtained 75% for "Class 1" so it is more efficient under these conditions compared to the other classes analyzed because they obtained percentages of 47% for "Class 2", 66% for "Class 3" and 54 % for "Class 4".

Keywords: local binary patterns, blood perfusion, thermograms.

1. Introducción

El consumo de tabaco constituye un problema de salud, la prevalencia del mismo está disminuyendo en muchos países desarrollados, pero aumenta en los países en

desarrollo [Saffer & Chaloupka, 2000]. Según un estudio efectuado en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) de la Ciudad de México, se demostró que existe una relación entre el número de cigarrillos fumados por día y la probabilidad de experimentar enfermedades debido a sus efectos [Rojas-Martínez et al., 2019]. Un cigarrillo contiene, en promedio, de 0.5mg a 1 mg de nicotina, un 25% de esa cantidad llega al cerebro del fumador entre los 8 y 10 segundos después de haber fumado un cigarrillo. Una vez allí, se comienzan a estimular diversos receptores colinérgicos y posteriormente se produce su metabolismo en el hígado y permanece en el organismo durante aproximadamente dos horas [Andrea Poggioli Sieiro, Camila Nereyda Alvarez Torres, 2018][Canalejo González et al., 2017][Alejandro & Andrés, Andueza-pech María Guadalupe Santana-carvajal, CuFarfán-López Julio, 2017].

Debido a que la termografía básicamente consiste en la generación de imágenes mediante sensores electrónicos que responden a la radiación electromagnética en el espectro infrarrojo (IR) no visible por el ojo humano [Pulecio, 2016]; se emplea en la identificación de rostros para analizar de manera detallada los efectos en el patrón térmico que provoca en las personas el consumo de algunas sustancias. Como consecuencia de los efectos que produce el consumo de tabaco, el uso de imágenes térmicas (termogramas) son muy útiles en la medición de patrones biológicos mediante el análisis de las características biométricas del rostro, siendo estas características biométricas únicas para cada individuo y un método de identificación que muestra una alta eficiencia de reconocimiento bajo condiciones muy específicas [Sancen-Plaza et al., 2020]; sin embargo, estos sistemas disminuyen significativamente su eficiencia cuando se presentan casos de personas que han consumido sustancias que modifican la temperatura superficial de su piel.

En este artículo, se tiene como objetivo diseñar un sistema eficaz y eficiente para la identificación automática de rostros en individuos que han consumido tabaco en diferentes proporciones. Para el proceso de identificación de rostros se procesan imágenes térmicas de rostros de humanos que han consumido tabaco en varias proporciones con la finalidad de evaluar los efectos de la nicotina en el sistema termorregulatorio. En la etapa de procesamiento de los termogramas se implementó el modelo de perfusión sanguínea como principal estrategia para mitigar los efectos

que produce el consumo de esta sustancia. En la etapa de entrenamiento del sistema de reconocimiento únicamente se utilizaron los termogramas para el caso en el que los participantes no consumieron ningún cigarrillo.

2. Métodos

Base de datos

El algoritmo de reconocimiento diseñado se evaluó con una base de datos conformada por imágenes térmicas de rostros de personas que consumen tabaco. La base de datos fue generada con 27 participantes, de ellos 8 mujeres y 19 hombres con una edad promedio de 31 años. Estos participantes fueron sometidos a un cuestionario para conocer si presentaban algún problema de salud o si consumían alguna otra sustancia que modificara su sistema termorregulatorio. Se plantearon como criterios de exclusión los siguientes: las mujeres que estuvieran en el periodo menstrual, aquellas personas que hayan presentado días antes algún malestar físico como gripe, fiebre, alguna infección, entre otros; aquellas personas que presentaron enfermedades sistémicas que alteren los mecanismos de sudoración (diabetes, cardiopatías, obstrucción crónica al flujo aéreo, insuficiencia renal crónica, entre otros.), aquellas personas que presenten trastornos dermatológicos o neurológicos y también a quienes tomen fármacos tales como: diuréticos, betabloqueantes, anticolinérgicos, fenotiazinas, litio, anfetaminas, antiparkinsonianos, antidepresivos, antihistamínicos, narcóticos, etc.). En el experimento también se decidió no incluir a participantes que, una vez iniciado la captura de termogramas, experimentaron algún malestar físico, gripe, entre otros y aquellas personas que días antes de la captura de termogramas, hayan ingerido sustancias que modifiquen la temperatura superficial de la piel, tales como: medicamentos, alcohol, entre otros.

Todos los participantes firmaron documento de consentimiento informado y se les pidió no hablar mientras se capturaron los termogramas de sus rostros. La captura de termogramas se realizó con una cámara ThermaCAM E45 configurada con rangos de temperatura entre 28 y 40 grados y una emisividad de 0.98. Los termogramas fueron capturados en un periodo entre las 9:00 y las 11:00 de la

mañana, donde al llegar se tomaron todas las medidas de sanitización que implican el uso de material sanitizante, gel antibacterial y uso de cubrebocas y mascarillas, en el caso del personal encargado de capturar los termogramas. Seguidamente en un periodo de 5 minutos se aplicó a cada participante una técnica de relajación similar a la propuesta en [Blank & Kargel, 2006], lo anterior con la finalidad de que el participante se encuentre lo suficientemente relajado para comenzar el proceso. Durante este tiempo se aplican medidas sanitarias y se mide la temperatura corporal de los participantes.

El procedimiento para la captura de termogramas fue el siguiente: se capturaron 25 imágenes por participante, de ellas 5 imágenes de rostro al individuo cuando no había consumido sustancia que modifique su temperatura corporal, luego 5 imágenes de rostro al individuo luego de haber consumido el primer cigarrillo, 5 imágenes de rostro luego de haber consumido el segundo cigarrillo, 5 imágenes de rostro luego de haber consumido el tercer cigarrillo y 5 imágenes de rostro luego de haber consumido el cuarto cigarrillo. La base de datos de termogramas capturados tiene un total de 675 termogramas. El cigarrillo que se utilizó en el experimento fue de la marca Marlboro, debido a que es una de las marcas más consumidas [Bate, Kallen, & Mathur, 2020] y el consumo de cada cigarrillo en los participantes fue en un periodo entre 3 y 8 minutos aproximadamente, ya que fue consumido como cotidianamente lo hacen.

Debido a que los termogramas fueron capturados en espacios cerrados, al final de la captura de termogramas de cada participante se procedió a sanitizar el área de trabajo.

Modelo de perfusión sanguínea

Antes de presentar el modelo híbrido de bioalentamiento en 2001, el modelo de bioalentamiento de Pennes [KARVONEN, 1962] y la ecuación de conductividad efectiva habían sido las principales herramientas para modelar los aspectos térmicos de la perfusión sanguínea [Wren, Loyd, & Karlssont, 2004]. Ante la necesidad de convertir los termogramas en información de perfusión sanguínea se crea un modelo matemático basado en la termodinámica y en la fisiología térmica.

El primer modelo creado se plantea en [S. Q. Wu et al., 2005], pero luego en un estudio posterior [S. Wu, Gu, Kia, & Sim, 2007] se modifica esta propuesta original y se define un modelo más simple y fácil de comprender. Los resultados mostraron que el desempeño de ambos modelos era comparable y superaba al enfoque basado en información térmica cuando son sometidos a condiciones no controladas. De hecho, el modelo de perfusión sanguínea modificado es superior al modelo original cuando son comparados en términos de experimentos de prueba realizados en lapsos de tiempo distintos.

El modelo de perfusión sanguínea es una transformación no lineal que se aplica a cada pixel de la imagen. La ecuación 1 expresa la definición matemática del modelo de perfusión sanguínea modificado [Aguilar Figueroa, Santiago Montero, & Sossa Azuela, 2018].

$$\omega = \frac{\varepsilon\sigma(T^4 - T_e^4)}{\alpha c_b(T_a - T)} \quad (1)$$

Donde ε , σ , T , T_e , α , c_b y T_a son emisividad de la piel, constante de Stefan-Boltzmann, temperatura de la zona a analizar, temperatura ambiente, relación de intercambio tejido / piel, calor específico de la sangre y temperatura de la arteria/vena, respectivamente.

La ecuación 2 define el principio de equilibrio térmico donde Q_r representa el flujo de calor de radiación, Q_e , el flujo de calor de evaporación, Q_f , el flujo de calor de convección. Hay que destacar que estos flujos de calor son generados de la piel del individuo hacia el ambiente, mientras que Q_c , Q_m , y Q_b que representan el flujo de calor debido a la conducción de cuerpo, el metabolismo y el flujo de sangre respectivamente, el flujo de calor generado es desde el cuerpo del individuo hacia la piel.

$$Q_r + Q_e + Q_f = Q_c + Q_m + Q_b \quad (2)$$

Para aplicar este modelo primero se ecualiza el histograma del termograma y posteriormente se aplica la ecuación discreta de Pennes, definida por ecuación 3.

$$W_b(i,j) = \frac{-K\lambda(T(i-1,j) + T(i+1,j) + T(i,j-1) + T(i,j+1) - 4T(i,j)) - q_m}{C_b(T_a - T)} \quad (3)$$

Donde $T(i, j)$ es la temperatura del pixel i, j , C_b es el calor específico de la sangre, T_a la temperatura de la arteria/vena, q_m es la tasa de dispersión del calor de la sangre, y λ es una constante de corrección de profundidad debido a que se utilizan representaciones bidimensionales de objetos tridimensionales. Luego de aplicado el modelo se obtiene una nueva imagen que representa este modelo de perfusión sanguínea del termograma del individuo.

Metodología

El sistema propuesto se basa en la extracción de características a partir de los termogramas de rostro capturados y está diseñado en dos etapas:

- **Modelo de perfusión sanguínea.** El pre-procesamiento de los termogramas de rostros aplicando el modelo de transferencia de perfusión sanguínea posibilita reducir los efectos del aumento de temperatura superficial del rostro que son generados a causa del consumo de cigarrillos. Para aplicar este modelo primeramente se ecualiza el histograma del termograma con la finalidad de obtener una imagen resultante con una distribución de intensidades uniforme. Tal como se puede observar en la figura 1, los pixeles de la imagen que corresponden a una mayor temperatura superficial del rostro tienen mayor intensidad, mientras sucede de manera contraria a que aquellos pixeles que representan una temperatura más baja.



a) Tomada en LWIR



b) Después de aplicar el modelo perfusión sanguínea

Figura 1 Imágenes térmicas de rostro.

- **Extracción de características.** La extracción de características es una de las etapas en el proceso de reconocimiento de rostros en la que se extrae la información más discriminante de un rostro, eliminando la información que

resulte irrelevante para el reconocimiento. La extracción de características se realiza utilizando patrones binarios locales (LBP). Hay varias configuraciones con las que LBP puede ser usado. El operador original LBP se generalizó para operar sobre vecindades de distintos tamaños. Para ello, se establecen vecindades circulares. Es muy común utilizar la notación (P,R) para especificar una vecindad de P puntos uniformemente distribuidos sobre una circunferencia de radio R . Consideremos la ecuación 4 donde tenemos la imagen $l(x,y)$, si representamos por g_c el nivel de gris de un pixel cualquiera (x_c, y_c) , es decir, $g_c = l(x_c, y_c)$, y sea g_p el nivel de gris de los P puntos muestreados sobre una vecindad circular de radio R alrededor del punto (x_c, y_c) .

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} 2^p s(g_p - g_c) \quad (4)$$

Donde $s(g_p - g_c)$ denota el signo de la diferencia $g_p - g_c$, siendo $s(g_p - g_c) = 1$ si $g_p - g_c \geq 0$, en caso contrario $s(g_p - g_c) = 0$ [Sancen-Plaza et al., 2020].

En este estudio se utilizará LBP con un valor de $p = 8$ y un radio de elemento de estructura de 2 y solamente se empleará los patrones binarios uniformes de la cadena binaria generada por $s(x)$. La utilización de estos patrones tiene como objetivo mitigar el efecto de variaciones en la orientación de los rostros. La ecuación 5, reformula el cálculo de LBP para la extracción de patrones locales binarios uniformes no invariantes a la rotación [Sancen-Plaza et al., 2020]:

$$LBP_8^{riu2}(x_c, y_c) = \begin{cases} \sum_{i=1}^8 s(g_p - g_c) & \text{if } U(LBP_8(x_c, y_c)) \leq 2 \\ 9 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

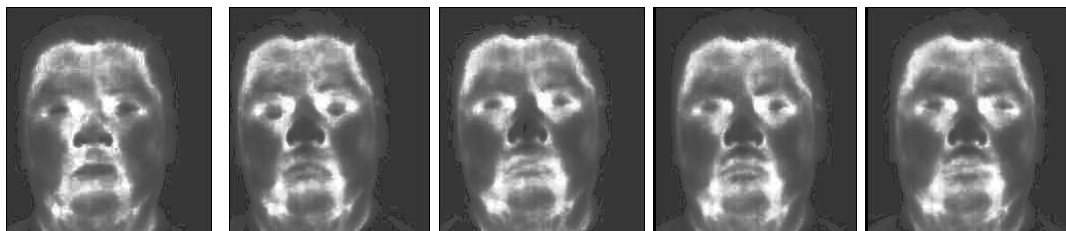
Siendo la función U indica la cantidad de transiciones en las cadenas binarias generadas por $LBP_8(x_c, y_c)$.

El histograma LBP contiene información acerca de la distribución de los patrones locales del rostro, tales como líneas, puntos y diferentes áreas del rostro. Para una

representación eficiente del rostro, se debe mantener también la información global del rostro. Por este motivo es que la imagen del rostro es dividida en bloques de 20 líneas por 4 columnas, donde es calculado el histograma sobre los códigos LBP obtenidos en cada región. Finalmente, los histogramas de cada región son concatenados en un sólo histograma que representa la imagen del rostro. El reconocimiento es realizado usando un clasificador de Fisher, que clasifica las imágenes de los participantes en base a un análisis discriminante lineal, con el fin de encontrar una combinación lineal que permita diferenciar mejor a los participantes.

3. Resultados

En el diseño del experimento se representaron los conjuntos de imágenes denotando como “Clase 0”, el caso donde el individuo no haya consumido cigarrillos, “Clase 1”, “Clase 2”, “Clase 3” y “Clase 4” para los casos donde se consumieron 1, 2, 3 y 4 cigarrillos respectivamente. Para el desarrollo del experimento se tomó el conjunto de imágenes “Clase 0”, como el conjunto de entrenamiento del clasificador. Los termogramas capturados de los participantes fueron procesados previamente. Primeramente, se ecualiza el histograma de cada uno de los 5 termogramas capturados a cada participante en cada clase, luego se aplica el modelo de perfusión sanguínea como filtro a los termogramas con el fin de minimizar los efectos que provoca en el sistema termorregulador el consumo de cigarrillos, obteniendo una nueva representación del termograma en cada caso, tal como se muestra en la figura 2.



a) No ha consumido cigarro. b) Un cigarrillo (c) Dos cigarrillos (d) Tres cigarrillos (e) Cuatro cigarrillos

Figura 2 Imágenes térmicas de rostro aplicando el modelo de perfusión sanguínea.

Posteriormente, se aplica el algoritmo de patrones binarios locales (LBP), como se muestra en la figura 3. Finalmente, el reconocimiento se realiza utilizando el clasificador de Fisher y analizando los vectores de características de los histogramas de la imagen una vez calculado el LBP.

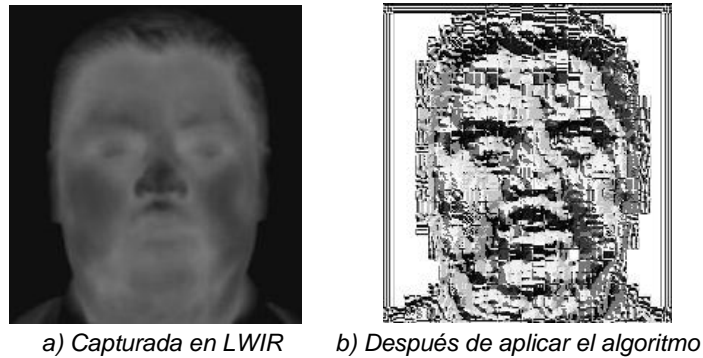


Figura 3 Imagen térmica de rostro.

En la figura 4, se muestran los resultados obtenidos al usar el clasificador de Fisher, donde el mejor resultado fue para “Clase 1” con un 75% de reconocimiento, mientras que las demás clases obtuvieron un 47% para la “Clase 2”, un 66% para la “Clase 3” y un 54% para la “Clase 4”.

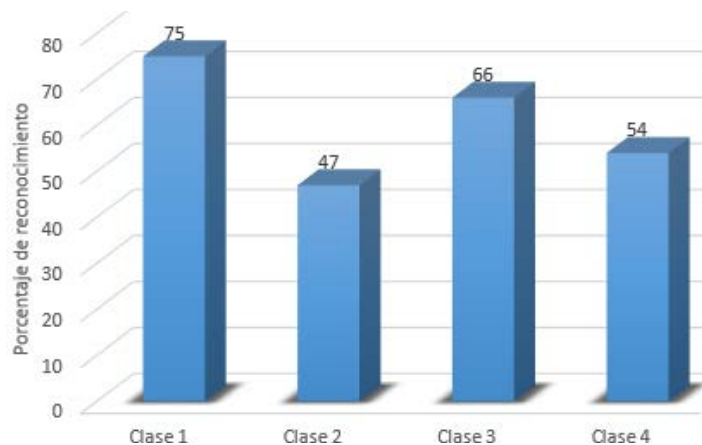


Figura 4 Porcentaje de reconocimiento para Clases 1, 2, 3 y 4.

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que el consumo de esta sustancia afecta los patrones térmicos del individuo y por consecuencia influye en la eficacia de los sistemas de reconocimientos. En general, el mejor porcentaje de reconocimiento se

obtuvo para la “Clase 1” con un 75%, mientras que la clase que obtuvo peor porcentaje de reconocimiento fue la “Clase 2”, esto se basa independientemente del efecto que provoca el consumo de esta sustancia, en que algunos algoritmos de reconocimiento bajan las tasas de reconocimiento producto de diversos factores que alteran la imagen térmica, cómo cambios corporales, cambios en condiciones de captura de la muestra, ingesta de alimentos antes de la captura de los termogramas, entre otros.

Los resultados obtenidos muestran que el consumo de nicotina afecta el sistema termorregulatorio del individuo en mayor grado en comparación con otras sustancias, como el alcohol, debido a que un estudio similar realizado por [Sancen-Plaza et al., 2020] obtuvo porcentajes de reconocimiento superiores al 80% en todas las clases.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian el fuerte efecto que provoca el consumo de cigarrillos en el organismo y principalmente en el rostro del individuo, provocando alteraciones en el sistema termorregulatorio debido al aumento de la temperatura en algunas partes del rostro, lo que ocasiona que los sistemas de reconocimiento diseñados ante estas condiciones puedan disminuir su eficiencia, ya que a pesar de haber realizado un preprocesamiento de los termogramas con el modelo de perfusión sanguínea que logra disminuir en gran medida los efectos que provoca esta sustancia, no se obtienen elevados porcentajes de reconocimiento, siendo la “Clase 1” con un 75%, la de mejor porcentaje de reconocimiento.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Saffer, H., & Chaloupka, F. (2000). The effect of tobacco advertising bans on tobacco consumption. *Journal of Health Economics*, 19, 1117–1137.
- [2] Rojas-Martínez, R., Escamilla-Núñez, C., Meza, R., Vázquez-Salas, R. A., Zárate-Rojas, E., & Lazcano-Ponce, E. (2019). Mortalidad por cáncer de pulmón en México de 1990 a 2016: efecto edad-periodo-cohorte. *Salud Pública de México*, 61(3, may-jun), 230.

- [3] Andrea Poggioli Sieiro, Camila Nereyda Alvarez Torres, R. D. la G. A. (2018). Los efectos inmediatos del consumo del cigarro en el sistema cardiovascular. *Rev. Ciencias de La Salud*, 5(2), 17–22.
- [4] Canalejo González, D., García Rodríguez, M. E., Navas López, V. M., Sánchez Valderrábanos, E., Charlo Molina, M. T., & Alonso Salas, M. T. (2017). Tabaquismo parental y cáncer pediátrico. *Revista Espanola de Pediatría*, 60(3), 211–216.
- [5] Alejandro, S., & Andrés, Andueza-pech María Guadalupe Santana-carvajal, CuFarfán-López Julio, H.-S. J. J. (2017). Características sociodemográficas y perfil de consumo de tabaco y drogas en estudiantes de dos universidades de México. *Revista Biomédica*, 28(1), 11–27.
- [6] Pulecio, C. G. R. (2016). Face recognition on distorted infrared images augmented by perceptual quality-aware features. Universidad Javeriana, Colombia.
- [7] Sancen-Plaza, A., Contreras-Medina, L. M., Barranco-Gutiérrez, A. I., Villaseñor-Mora, C., Martínez-Nolasco, J. J., & Padilla-Medina, J. A. (2020). Facial Recognition for Drunk People Using Thermal Imaging. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.
- [8] Blank, M., & Kargel, C. (2006). Infrared imaging to measure temperature changes of the extremities caused by cigarette smoke and nicotine gums. *Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, (April), 794–799.
- [9] Bate, R., Kallen, C., & Mathur, A. (2020). The perverse effect of sin taxes: the rise of illicit white cigarettes. *Applied Economics*, 52(8), 789–805.
- [10] Karvonen, M. J. (1962). *Applied physiology*. Suomen Lääkärilehti. Finlands Läkartidning, 17, 1865–1871.
- [11] Wren, J., Loyd, D., & Karlssont, M. (2004). Investigation of medical thermal treatment using a hybrid bio-heat model. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 26 IV, 2507–2509.
- [12] Wu, S. Q., Song, W., Jiang, L. J., Xie, S. L., Pan, F., Yau, W. Y., &

- Ranganath, S. (2005). Infrared face recognition by using blood perfusion data. *Lecture Notes in Computer Science*, 3546, 320–328.
- [13] Wu, S., Gu, Z., Kia, A. C., & Sim, H. O. (2007). Infrared facial recognition using modified blood perfusion. 2007 6th International Conference on Information, Communications and Signal Processing, ICICS, 0–4
- [14] Aguilar Figueroa, R., Santiago Montero, R., & Sossa Azuela, J. H. (2018). Estudio comparativo del reconocimiento de rostros térmicos basado en características invariantes. *Research in Computing Science*, 147(7), 215–228.