

Método Hernández-Corvo para clasificar huellas plantares mediante inteligencia artificial

Hernández-Corvo method for footprints classification using artificial intelligence

Método Hernández-Corvo para classificação de pegada plantar usando inteligência artificial

July Paola Moreno Alvarado¹

✉ jmorenoa10@ucentral.edu.co

Leonardo Rodríguez Perdomo²

✉ leorodriguezp@sena.edu.co

¹Universidad Central, Colombia.

²Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Colombia.

Resumen

El uso de la inteligencia artificial (IA) en el análisis de datos e imágenes ha ido ganando reconocimiento por su gran validez y fiabilidad. El método del índice Hernández-Corvo se utiliza ampliamente en el diagnóstico podológico y campos afines para clasificar las huellas plantares. Por ello, el objetivo de este estudio fue clasificar las huellas plantares mediante el método de Hernández-Corvo aplicando redes neuronales convolucionales (CNN) como herramienta de medición. Se utilizó un diseño observacional con enfoque descriptivo transversal. En el estudio participaron 275 personas sin problemas de movilidad. Antes de registrar la huella plantar, los participantes descansaron durante 15 minutos para minimizar la vascularización del pie.

Las huellas se clasificaron como normales, cavas o planas, y se tomaron fotografías para generar un conjunto de datos de 551 imágenes para el entrenamiento con redes neuronales convolucionales (CNN). Se modelaron diferentes arquitecturas convolucionales y se aplicaron técnicas como el aumento de datos y la regularización. La extracción de características se realizó mediante aprendizaje por transferencia con la red VGG16 previamente entrenada. Se entrenaron varios modelos de CNN con distintas técnicas. La arquitectura básica alcanzó una precisión de validación del 53 %. La incorporación de la regularización L2 y el abandono en las capas centrales mejoró el rendimiento del modelo en términos de control del sobreajuste sin perder precisión de validación. Al descongelar las dos últimas capas de las CNN y utilizar el modelo VGG16, se alcanzó una precisión de validación del 91 %. Sin embargo, siguieron observándose errores significativos en la clasificación de los tipos de pie cavo y normal. Se ha demostrado la viabilidad de entrenar una red previamente entrenada con recursos informáticos limitados. El uso de la red VGG16, más pequeña, facilitó el entrenamiento sin tener que empezar desde cero, lo que pone de relieve la eficacia del aprendizaje por transferencia para mejorar la detección de objetos. Debido a las limitaciones computacionales, la red VGG16 permitió procesar imágenes de cada tipo de pie, para lo que solo fue necesario entrenar la capa final del modelo. El uso de las CNN para clasificar huellas plantares basadas en el método Hernández-Corvo en individuos aparentemente sanos ha demostrado ser muy eficaz.

Palabras clave: diagnóstico podológico, huellas plantares, inteligencia artificial, método Hernández-Corvo, redes neuronales convolucionales.

Abstract

The use of artificial intelligence (AI) in data analysis and image processing has gained recognition for its high validity and reliability. The Hernández-Corvo Index method is widely used in podiatric diagnostics and related fields to classify plantar footprints. Therefore, the objective of this study was to classify plantar footprints using the Hernández-Corvo method by applying convolutional neural networks (CNNs) as a

measurement tool. An observational design with a descriptive cross-sectional approach was used. A total of 275 subjects without mobility problems participated in the study. Prior to recording the plantar footprint, participants rested for 15 minutes to minimize foot vascularization. Footprints were classified as normal, cavus, or planus, and photographs were taken to generate a dataset of 551 images for CNN training. Different convolutional architectures were modeled, and techniques such as data augmentation and regularization were applied. Feature extraction was performed using transfer learning with the pre-trained VGG16 network. Several CNN models were trained using different techniques. The basic architecture achieved a validation accuracy of 53%. Incorporating L2 regularization and dropout in the central layers improved model performance in terms of overfitting control while maintaining validation accuracy. By unfreezing the last two layers of the CNN and using the VGG16 model, a validation accuracy of 91% was achieved. However, significant errors were still observed the classification of cavus and normal foot types. The feasibility of training a pre-trained network with limited computational resources has been demonstrated. The use of the smaller VGG16 network facilitated training without starting from scratch, highlighting the effectiveness of transfer learning in improving object detection results. Due to computational limitations, VGG16 facilitated image processing for each foot type, requiring only training of the final model layer. The use of CNNs to classify plantar footprints based on the Hernández-Corvo method in apparently healthy individuals has shown high efficacy.

Keywords: podiatric diagnosis, plantar footprints, artificial intelligence, Hernández-Corvo method, convolutional neural networks.

Resumo

O uso da inteligência artificial (IA) na análise de dados e no processamento de imagens ganhou reconhecimento por sua alta validade e confiabilidade. O método do Índice Hernández-Corvo é amplamente utilizado em diagnósticos podológicos e áreas relacionadas para classificar as pegadas plantares. Portanto, o objetivo deste estudo foi

classificar as pegadas de plantas usando o método Hernández-Corvo, aplicando redes neurais convolucionais (CNNs) como ferramenta de medição. Foi adotado um estudo observacional com abordagem descritiva de corte transversal. Um total de 275 indivíduos sem problemas de mobilidade participou da pesquisa. Antes de registrar a pegada plantar, os participantes descansaram por 15 minutos para minimizar a vascularização do pé. As pegadas foram classificadas como normais, cavo ou plano, e foram tiradas fotografias para gerar um conjunto de dados composto por 551 imagens para o treinamento da rede neural convolucional (CNN). Diferentes arquiteturas convolucionais foram modeladas e foram aplicadas técnicas como aumento de dados e regularização. A extração de recursos foi realizada usando a aprendizagem por transferência com a rede VGG16 previamente treinada. Vários modelos de CNNs foram treinados com técnicas diferentes. A arquitetura básica alcançou uma precisão de validação de 53 %. A incorporação da regularização L2 e do abandono nas camadas principais melhorou o desempenho do modelo em termos de controle de sobreajuste, mantendo a precisão da validação. Ao descongelar as duas últimas camadas das CNN e usar a rede VGG16, foi obtida uma precisão de validação de 91 %. Entretanto, ainda foram observados erros significativos na classificação dos tipos de pé cavo e normal. Foi demonstrada a viabilidade de treinar uma rede pré-treinada com recursos de computação limitados. O uso da rede VGG16, mais pequena, facilitou o treinamento, tornando desnecessário começar do zero, e destacou a eficácia da aprendizagem por transferência para melhorar a detecção de objetos. Devido às limitações computacionais, o processamento de imagens para cada tipo de pé com a rede VGG16 tornou-se mais simples, exigindo apenas o treinamento da camada final do modelo. O uso das CNN para classificar as pegadas plantares com base no método Hernández-Corvo em indivíduos aparentemente saudáveis mostrou-se altamente eficaz.

Palavras-chave: diagnóstico podiátrico, pegadas plantares, inteligência artificial, método Hernández-Corvo, redes neurais convolucionais.

Referencias

1. Berenguer, L. O. (2022). *Clasificación de huellas dactilares mediante redes neuronales convolucionales* [Tesis de maestría, Universidad Europea de Madrid]. <http://hdl.handle.net/20.500.12880/2999>
2. Butler, R. J., Hillstrom, H., Song, J., Richards, C. J., y Davis, I. S. (2008). Arch Height Index Measurement System: Establishment of Reliability and Normative Values. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 98(2), 102-106. <https://doi.org/10.7547/0980102>
3. Gutiérrez-Vilahú, L., Massó-Ortigosa, N., Costa-Tutusaus, L., y Guerra-Balic, M. (2015). Reliability and Validity of the Footprint Assessment Method Using Photoshop CS5 Software. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 105(3), 226-232. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-105.3.226>
4. Laritza, P., y Raquel, D. (2022). Implementación de CNN basada en una arquitectura VGG16 para detección y clasificación de árboles mediante la segmentación semántica en imágenes aéreas. *Research in Computing Science*, 151(7), 157-170. https://rcs.cic.ipn.mx/2022_151_7/Implementacion%20de%20CNN%20basada%20en%20una%20arquitectura%20VGG16%20para%20deteccion%20y%20clasificacion.pdf#:~:text=En%20este%20trabajo%20se%20propone%20aplicar%20una%20red,especies%20de%20%CC%81rboles%20aunado%20finalmente%20a%20la%20apli
5. Ruiz, R. B., y Velásquez, J. D. (2023). Inteligencia artificial al servicio de la salud del futuro. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 34(1), 84-91. <https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2022.12.001>
6. Scano, A., Molteni, F., y Tosatti, L. M. (2019). Low-Cost Tracking Systems Allow Fine Biomechanical Evaluation of Upper-Limb Daily-Life Gestures in Healthy People and Post-Stroke Patients. *Sensors*, 19(5), 1224. <https://doi.org/10.3390/S19051224>