

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 499**

21 Número de solicitud: 201600236

51 Int. Cl.:

G06K 9/00

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

21.03.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.09.2017

Fecha de concesión:

20.12.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

28.12.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA (100.0%)**

Juan de Quesada, 30

35001 Las Palmas de Gran Canarias, (Las Palmas), ES

72 Inventor/es:

**FERRER BALLESTER, Miguel Ángel y
DIAZ CABRERA , Moises**

54 Título: **Procedimiento para evaluar la autoría común de un conjunto de firmas manuscritas
estáticas dubitadas**

57 Resumen:

La presente invención propone un método para estimar la autoría común de un conjunto de imágenes de firmas estáticas dubitadas. El procedimiento consiste en generar múltiples duplicados de cada una de las firmas mediante distorsiones inspiradas en procesos neurocognitivos de la escritura humana con el fin de crear un modelo para cada firma dubitada. Tras evaluar la similitud de cada firma con cada modelo, se genera una matriz de medidas de similitud enfrentando cada firma con los modelos. La cohesión de la matriz de medidas de similitud permitirá estimar si todas las firmas pertenecen al individuo al cual se le clama su identidad o si fueron producidas por más de un escritor.

ES 2 633 499 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN**PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA AUTORÍA COMÚN DE UN CONJUNTO DE FIRMAS
MANUSCRITAS ESTÁTICAS DUBITADAS****5 SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención pertenece al área científica de Ciencias Computacionales y en concreto a la verificación biométrica de firmas. Los sectores de actividad relacionados con esta invención son la documentoscopia (análisis de documentos) y forense para la verificación de la autoría de imágenes de firmas manuscritas dubitadas.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

Las firmas manuscritas son consideradas como un rasgo biométrico conductual importante para la verificación en la identidad de las personas. En el área de Ciencias Computacionales, la verificación biométrica de firmas manuscritas necesita de un conjunto de firmas indubitadas para
15 aprender la variabilidad personal de un firmante, normalmente 5 ó 10. Una vez los sistemas aprenden, éstos verifican si una firma es realizada por un firmante genuino o por un impostor.

El objetivo de esta invención es evaluar si un conjunto de firmas dubitadas fueron realizadas por el mismo firmante, sin el conocimiento previo de firmas indubitadas. Este caso es esencial para evaluar si varios documentos fueron firmados por el mismo firmante o existe alguno/s con
20 firmas falsificadas.

Debido a ello, el estado de la técnica de este objetivo puede ser abordado en tres pasos: 1) duplicar de manera artificial las firmas a evaluar; 2) Para cada firma (tanto real como sus duplicados) generar un modelo de firma y obtener una puntuación de similitud usando el resto de firmas; 3) Con todas las puntuaciones generadas, crear una matriz de similitud que permita
25 evaluar la posibilidad de autoría común de todas las firmas evaluadas. La novedad de esta invención se encuentra en los pasos 1 y 3.

A continuación se expone el estado de la técnica en cada una de las etapas

1) *Duplicador de imágenes de firmas*

El procedimiento duplica la imagen de una firma para generar otra posible firma hecha por el
30 mismo firmante. En duplicados de firmas dinámicas (firmas realizadas sobre una tableta digital,

por ejemplo tipo WACOM) existe una amplia literatura de la que unos ejemplos se referencian a continuación:

- 5 M. A. Ferrer, M. Diaz-Cabrera, A. Morales, J. Galbally, and M. Gomez-Barrero, "Realistic synthetic off-line signature generation based on synthetic on-line data," in Proc. Int. Conf. on Security Technology, ICCST, 2013, pp. 116–121.
- R. Guest, O. Hurtado, and O. Henniger, "Assessment of methods for image recreation from signature time-series data," IET Biometrics, vol. 3, no. 3, pp. 159–166, 2014.
- M. Diaz-Cabrera, M. Gomez-Barrero, A. Morales, M. A. Ferrer, and J. Galbally, "Generation of enhanced synthetic off-line signatures based on real on-line data," in Proc. IAPR Int. Conf. on Frontiers in Handwriting Recognition, ICFHR, 2014, pp. 482–487.
- 10 J. Galbally, M. Diaz-Cabrera, M. A. Ferrer, M. Gomez-Barrero, A. Morales, and J. Fierrez, "On-line signature recognition through the combination of real dynamic data and synthetically generated static data," Pattern Recognition, 2015,
- M. Diaz-Cabrera, M. Ferrer, and A. Morales, "Cognitive inspired model to generate duplicated static signature images," in Intl. Conf. on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR), 2014, pp. 61–66.
- 15 Rabasse, R. Guest, and M. Fairhurst, "A new method for the synthesis of signature data with natural variability," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, vol. 38, no. 3, pp. 691–699, 2008.
- Moises Diaz, Andreas Fischer, Rejean Plamondon and Miguel A. Ferrer. "Towards an Automatic On-Line Signature Verifier Using Only One Reference Per Signer". 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2015, pp. 631-635

20 Sin embargo, apenas existe literatura sobre sistemas de duplicación de imágenes de firmas manuscritas a partir de imágenes de firmas manuscritas, que es el caso de la patente. Algunos de los duplicadores de imagen de firma a imagen de firma se relacionan a continuación.

En el artículo de Varga et al. 2004 se realiza una comparación entre las mejoras que se obtienen cuando se usa texto real para entrenar sin añadir duplicados y cuando se añaden textos
25 duplicados al entrenamiento. Las muestras de texto artificial se generan mediante un modelo de perturbaciones geométricas que tratan de representar las fuentes de variación de la escritura natural.

Varga, T.; Bunke, H., "Comparing natural and synthetic training data for off-line cursive handwriting recognition," in Frontiers in Handwriting Recognition, pp.221-225, 26-29, 2004

30 Dicho artículo no hace referencia a los aspectos estudiados en neurociencia para la producción de escritura. Además, está centrado en el reconocimiento automático de escritura, el cual requiere de muestras de referencia o indubitadas.

La siguiente contribución emplea un método de duplicado de imágenes escaneadas de firmas aplicando transformaciones afines y geométricas. El objetivo de los autores fue aumentar las
35 muestras de una base de datos sin hacer referencia a la mejora en los resultados cuando éstas son usadas en el entrenamiento de los sistemas.

E. Frias-Martinez, A. Sanchez, and J. Velez, "Support vector machines versus multi-layer perceptrons for efficient off-line signature recognition," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 19, no. 6, pp. 693 – 704, 2006

Usando de nuevo transformaciones afines y geométricas para duplicar firmas, la siguiente contribución científica considera aumentar el conjunto de entrenamiento de un sistema biométrico de verificación de firmas usando duplicados de las firmas indubitadas de referencia para mejorar sus rendimientos. En este caso, los diferentes grados de deformación permiten generar firmas genuinas o falsificaciones.

Kai Huang, Hong Yan, Off-line signature verification based on geometric feature extraction and neural network classification, *Pattern Recognition*, Volume 30, Issue 1, January 1997, Pages 9-17

Por otro lado, Fang et al. 2002 plantea un método de duplicado de firmas que consiste en emparejar dos firmas indubitadas. Tras el emparejamiento, se propone un área de posible variabilidad donde pudiera encontrarse otra posible firma genuina. De esta manera, para aumentar el conjunto de entrenamiento, dicho método requiere de al menos dos firmas de referencia indubitadas.

Fang, B.; Leung, C.H.; Tang, Y.Y.; Kwok, P.C.K.; Tse, K.W.; Wong, Y.K., "Offline signature verification with generated training samples," in *Vision, Image and Signal Processing*, IEE Proceedings - , vol.149, no.2, pp.85-90, Apr 2002

Las perturbaciones aplicadas en trabajos de Frias-Martinez et al., 2006, de Huang et al., 1997 y de Fang et al. 2002, no tienen en cuenta los aspectos cognitivos y biológicos que se emplean en la producción de firmas. Nuestra invención usa por primera vez modelos neurocognitivos basados en la teoría motor equivalente y del modelo inverso, ambas clásicas en neurociencia. Esto permite emular con mayor precisión la variabilidad intra-personal de un firmante mostrada en las repeticiones de sus firmas reales, como se planteaba en Fang et al. 2002. Adicionalmente, a diferencia de este último trabajo, nuestra invención permite duplicar a partir de una única firma en vez de las dos requeridas en Fang et al. 2002.

2) *Sistemas automáticos de verificación de imágenes de firmas*

En la literatura existen numerosas referencias sobre sistemas de verificación de firma automática. Estos siguen un procedimiento similar: a partir de un conjunto de firmas indubitadas (firmas cuyo firmante es conocido) se entrena un sistema de verificación automático de firmas manuscritas para autenticar firmas indubitadas (firmas cuyo firmante es desconocido).

Por un lado se mencionan dos patentes que proponen resolver este tipo de verificación biométrica juzgando si la imagen de firma dubitada es válida o no.

Dohle, L., Rudolph, V., & Ruppert, W. (1993). Automatic signature verification, US Patent 5,251,265, October 5, 1993.

Obata, K. and Uchikawa, Y. and Furuhashi, T. and Watanabe, S. (1996). Signature recognition apparatus which can be trained with a reduced amount of sample data. US Patent No. 5,553,156

Por otro lado, muchos de estos sistemas se comercializan en la actualidad y sus resultados en las competiciones internacionales muestran su destacable eficacia.

5 M. I. Malik et al., "ICDAR2015 competition on signature verification and writer identification for on- and off-line skilled forgeries (SigWlcomp2015)," 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2015, pp. 1186-1190.

Entre las diferentes propuestas para verificar las imágenes de firmas recogidas en la literatura destacamos las siguientes por su relevancia. Estos sistemas abordan el problema a través de características geométricas, de texturas; con clasificadores basados en modelos ocultos de Markov o en máquinas de soporte vectorial; a través de sistemas híbridos de clasificación, etc.

10 M. Ferrer, J. Alonso, and C. Travieso, "Offline geometric parameters for automatic signature verification using fixed-point arithmetic," IEEE Trans. on Pattern Analysis & Machine Intel., vol. 27, no. 6, pp. 993-997, 2005.

M. Ferrer, J. Vargas, A. Morales, and A. Ordonez, "Robustness of offline signature verification based on gray level features," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, vol. 7, no. 3, pp. 966-977, 2012.

15 S. Eskander, R. Sabourin, and E. Granger, "Hybrid writer-independent-writer-dependent offline signature verification system," IET Biometrics Journal, vol. 2, no. 4, pp. 169-181, 2013.

En nuestra invención, a partir de un conjunto dubitado de firmas, se evalúa la posibilidad de que todas hayan sido realizadas por el mismo firmante.

3) *Análisis de resultados*

Para estudiar la eficiencia de los sistemas de verificación biométrica, esto es la fiabilidad de la
20 decisión de que una firma dubitada ha sido realizada por el mismo firmante de un conjunto de firmas indubitadas, se calculan dos errores: El error tipo 1 o de falso rechazo y el error tipo 2 o de falsa aceptación. Generalmente, el rendimiento del sistema típicamente se ofrece en forma de curvas de función densidad de probabilidad de las puntuaciones obtenidas con firmas genuinas y falsificaciones tales como las curvas ROC o DET. Otras medidas son la tasa de igual error (EER),
25 donde los errores de falsa aceptación y falso rechazo coinciden o el área debajo de la curva ROC denominada AUC.

Jain, A.; Hong, L. and Pankanti, S. (2000). "Biometric Identification". Communications of the ACM, 43(2), p. 91-98.
DOI 10.1145/328236.328110

En nuestra invención, en lugar de tomar una decisión, proponemos valores de similitud entre
30 firmas que pertenecen a un mismo tipo de variabilidad personal y firmas alejadas de esa variabilidad intra-personal.

SUMARIO. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención consiste en un sistema para estimar la autoría común de un conjunto dubitado de firmas estáticas. Dicho procedimiento duplica repetidamente cada una de las firmas con el de generar un modelo de cada firma y calcular la similitud entre todas las firmas y modelos creando una matriz de medidas de similitud. A partir de transformaciones de dicha matriz se estima si todas las firmas han sido realizadas por el mismo firmante. La figura 1 ilustra el diagrama completo de la invención. Las etapas del duplicador, que tiene en cuenta transformaciones cognitivas, se ilustran en la figura 2, cuyas partes se describen a continuación:

- *Segmentación de firmas.*

Una vez la firma escrita en papel es digitalizada, el proceso de segmentación elimina el fondo de la imagen escaneada, eliminado cuidadosamente el ruido de los bordes de los trazos y recortando el marco de la imagen.

- *Variabilidad intra-componente*

Esta etapa del duplicador modifica la imagen de la firma globalmente y se basa en una distorsión sincrónica que alarga o encoge de manera variable cada trazo de forma similar a la humana. Esta deformación sincrónica puede conseguirse aplicando diferentes deformaciones en la imagen, por ejemplo transformaciones cuadráticas, difeomorfismo, etc. En el caso de transformaciones sinusoidales, se aplicarían las ecuaciones siguientes.

$$x^s = x + A_x \sin(w_x x + \phi_x)$$

$$y^s = y + A_y \sin(w_y y + \phi_y)$$

Siendo x e y las coordenadas de la imagen original, x^s e y^s las coordenadas de la imagen resultante, A_x , A_y , w_x , w_y , ϕ_x y ϕ_y los parámetros de la transformación sinusoidal que controlan la variabilidad intra-componente. Los rangos de dichas componentes se modelan heurísticamente aproximando resultados realistas.

Además de la distorsión sincrónica, la variabilidad intra-componente se completa con transformaciones afines y geométricas. En concreto se propone el escalado y perspectiva:

$$x^f = \frac{x^s L_x}{S_x(L_x - M)}$$

$$y^f = \frac{y^s L_y}{S_y(L_y - N)}$$

Siendo (S_x, S_y) factores de escala, (L_x, L_y) factores del efecto de la perspectiva, N y M las filas y columnas de la imagen y x^f e y^f las coordenadas de la imagen resultante. Este efecto simula el espacio disponible para firmar, especialmente si es libre o limitado por un recuadro o una línea. La perspectiva es un efecto más cercano a los posibles efectos del escaneado de la firma. Los rangos de dichas variables se definen heurísticamente con el fin de obtener resultados realistas

Por otro lado, se propone añadir el efecto de la cursividad variable de las letras, realizando las diferentes velocidades con las que se firma. Dicho efecto modificaría la componente horizontal de la firma como sigue:

$$x^s = x - y \cdot \tan(\theta)$$

$$y^s = y$$

Donde θ es un ángulo que modifica la inclinación de la cursiva que se modela a través de una función de probabilidad.

- Etiquetado de las componentes

En este caso se buscan aquellos trazos que no están conectados y se separan. La imagen se preprocesa con al menos alguna operación morfológica que facilite separarla en trazos. La búsqueda de posibles conexiones se hace en las 8 direcciones de cada pixel de la imagen.

- Variabilidad entre-componentes

Esta variabilidad se consigue perturbando la posición de las componentes detectadas. Simula la variabilidad que aparece en la posición inicial de un trazo. Debido a ello, al menos una función de probabilidad usada en el modelado de fenómenos físicos, como la distribución de Valores Extremos Generalizados (GEV), entre otras, sería requerida para aplicar desplazamientos aleatorios en la dirección vertical y horizontal.

- Inclinación y de la firma

Esta característica es común en las diferentes repeticiones de la firma. Se imita principalmente la pose del firmante respecto al papel. El grado de inclinación es modelado también por otra función de probabilidad.

A modo de ejemplo, en la figura 3 se ilustra una firma real y sus duplicados.

Una vez que cada una de las imágenes de firmas dubitada son duplicadas varias veces, se procede a la creación de un modelo de cada firma usando dicha firma más sus duplicados. El modelo se puede crear de forma generativa (clasificadores tipo máquinas de vectores soporte

(SVM), modelos ocultos de Markov (HMM), etc.) o discriminativa (clasificadores basados en distancias tipo Mahalanobis, etc.)

Tras haber creado el modelo, se procede a la fase de estimación de la similitud de cada firma con cada modelo, almacenando los resultados en una matriz cuadrada de similitud. Las filas de dicha matriz corresponden con los modelos mientras que Las columnas corresponden con las firmas.

Dicha matriz es procesada para mejorar la fiabilidad de la decisión sobre la autoría común de todas las firmas. En primer lugar los valores de la matriz son transformados con el fin de realzar aquellos resultados de la matriz más fiables, esto es, aquellas medidas que se consideran muy fiables por ser mayores o menores al umbral de fiabilidad de similitud o disimilitud se realzan mediante la función:

$$\hat{s}_{ij} = \begin{cases} s_{ij} + R_1, & s_{ij} > T_1 \\ s_{ij} - R_2, & s_{ij} < T_2 \\ s_{ij}, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

Donde s_{ij} es la medida de similitud perteneciente a la fila i y columna j , (R_1, R_2) los factores de realzado, T_1 el umbral de fiabilidad de similitud y T_2 el umbral de fiabilidad de disimilitud. Dichos valores se definen heurísticamente. Dicha función se representa en la figura 4.

Finalmente, un promedio es calculado para cada una de las filas de la matriz de similitud, sin considerar el elemento localizado en la diagonal principal. El resultado final mostrará una estimación de la similitud de cada modelo a las firmas restante. Mientras mayor sea la medida de similitud, mayor será la similitud de la firma con respecto al resto. En caso contrario, menor será el parecido.

Si todos los promedios son mayores que un umbral, se estima que todas las firmas han sido realizadas por el mismo firmante.

Descripción detallada de la invención

La invención se presenta a continuación detallando cada una de las partes a través de varios pasos. Este apartado tiene como objetivo desarrollar a nivel de detalle la figura 1.

Paso 1. Duplicador de imágenes de firmas. Sea un conjunto de n imágenes de firmas, cada una de ellas es duplicada al menos 20 veces con el siguiente duplicador.

// Segmentación de la imagen de una firma con el fin de separar la parte de tinta con respecto al fondo.

Paso 1.1.1 Sea $I_{in}(x, y)$ la imagen de una firma de 256 niveles, extraída de un documento con M filas y N columnas.

5 Paso 1.1.2 Sea $I_p(x, y)$ una imagen de igual tamaño que $I_{in}(x, y)$ construida a partir de la siguiente relación:

$$I_p(x, y) = \text{round} \left(\text{round} \left(\frac{I_{in}(x, y) n_L}{255} \right) \frac{255}{n_L} \right)$$

Siendo n_L un factor de posterización cuyo valor debe ser al menos 3 y $\text{round}(\cdot)$ una operación que redondea los elementos al entero más próximo.

10 Paso 1.1.3 Sea $I_{bw}(x, y)$ una imagen binarizada de igual que $I_{in}(x, y)$ y $I_p(x, y)$ construida a partir de una simple operación de umbralizado:

$$I_{bw}(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{si } I_p(x, y) = 255 \\ 255, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

Paso 1.1.4 Con el fin de suavizar los trazos de tinta, los cuales presentan ruido a lo largo de la firma, se realiza la siguiente operación basada en el operador XOR (OR exclusiva).

$$15 \quad I_A(x, y) = \begin{cases} 0, & \begin{aligned} &\text{si } I_{bw}(x-1, y) = 0 \\ &\wedge I_{bw}(x, y) = 255, \quad 2 \leq x \leq N-1 \\ &\wedge I_{bw}(x+1, y) = 0, \quad 1 \leq y \leq M \end{aligned} \\ I_{bw}(x, y), & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$I_{NR}(x, y) = \begin{cases} 0, & \begin{aligned} &\text{si } I_A(x, y-1) = 0 \\ &\wedge I_A(x, y) = 255, \quad 1 \leq x \leq N \\ &\wedge I_A(x, y+1) = 0, \quad 2 \leq y \leq M-1 \end{aligned} \\ I_A(x, y), & \text{Otherwise} \end{cases}$$

Siendo $I_{NR}(x, y)$ una imagen usada como máscara para segmentar la imagen original.

Paso 1.1.5. La segmentación final se llevará a través de la siguiente operación:

$$I_G(x, y) = \begin{cases} I_{in}(x, y), & \text{si } I_{NR}(x, y) = 255 \\ 255, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

20 Paso 1.1.6 Los bordes de la imagen segmentada final $I_G(x, y)$ con píxeles propios del fondo se eliminan con una operación de recorte como se indica a continuación:

$$I_B(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{si } I_G(x, y) = 255 \\ 255, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$h \leftarrow \text{sum}\{I_B(x, y)\}$ // Cálculo de la distribución horizontal de píxeles

$i^* \leftarrow \text{find}\{h > 0\}$

$$I_B(x, \hat{y}) \leftarrow I_B(x, i^*)$$

$$I_G(x, \hat{y}) \leftarrow I_G(x, i^*)$$

$$v \leftarrow \text{sum}\{I_B(x, y)^T\} \quad // \text{ Cálculo de la distribución vertical de píxeles}$$

$$j^* \leftarrow \text{find}\{v > 0\}$$

$$5 \quad I_G(\hat{x}, \hat{y}) \leftarrow I_G(j^*, \hat{y})$$

// Variabilidad intra-componente. Esta fuente de variabilidad afecta a la imagen entera de la firma. Para una mejor realización de esta invención se han empleado transformaciones sinusoidales y transformaciones afines.

10 Paso 1.2.1 Sean las siguientes variables definidas con el fin de introducir variabilidad sinusoidal a la amplitud, periodo y pendiente de la senoide: $\alpha_A, \alpha_P, \alpha_S$. Estos valores serán determinados aleatoriamente a través de alguna distribución, por ejemplo una distribución uniforme.

Paso 1.2.2 Sea α_A elegida aleatoriamente según: $\alpha_A \leftarrow U(\alpha_A^{\min}, \alpha_A^{\max})$. Donde α_A^{\min} puede ser como mínimo 5 y α_A^{\max} como máximo 30.

15 Paso 1.2.3 Sea α_P elegida aleatoriamente según: $\alpha_P \leftarrow U(\alpha_P^{\min}, \alpha_P^{\max})$. Donde α_P^{\min} puede ser como mínimo 0.5 y α_P^{\max} como máximo 1.

Paso 1.2.4 Sea α_S elegida aleatoriamente según: $\alpha_S \leftarrow U(\alpha_S^{\min}, \alpha_S^{\max})$. Donde α_S^{\min} puede ser como mínimo 0 y α_S^{\max} como máximo 1.

Paso 1.2.5 Sea (A_x, A_y) la amplitud de la senoide horizontal y vertical elegida como:

$$20 \quad (A_x, A_y) = \left(\frac{M}{\alpha_A}, \frac{N}{\alpha_A} \right)$$

Paso 1.2.6 Sea (ω_x, ω_y) la frecuencia angular de la senoide horizontal y vertical elegida como:

$$(\omega_x, \omega_y) = \left(\frac{2\pi\alpha_P}{M}, \frac{2\pi\alpha_P}{N} \right)$$

Paso 1.2.7 Sea (ϕ_x, ϕ_y) la fase de la senoide horizontal y vertical elegida como:

$$(\phi_x, \phi_y) = (2\pi\alpha_S, 2\pi\alpha_S)$$

25 Paso 1.2.8 Sea $I_S(x^s, y^s) = \{\}$ una imagen vacía de P filas y Q columnas, obtenida tras esta distorsión que será construida según el paso 1.13. Sean (\hat{x}, \hat{y}) las coordenadas de la imagen $I_G(\hat{x}, \hat{y})$ y sean (x^s, y^s) las coordenadas de la nueva imagen obtenidas como:

$$x^s \leftarrow x + A_x \sin(\omega_x x + \phi_x)$$

$$y^s \leftarrow y + A_y \sin(\omega_y x + \phi_y)$$

Paso 1.2.9 La imagen $I_S(x^s, y^s)$ previamente definida es construida según la siguiente operación:

$$5 \quad I_S(x_i^s, y_j^s) = \begin{cases} I_G(\hat{x}_i, \hat{y}_j), & \text{si } (0 < \hat{x}_i < P - 1) \wedge (0 < \hat{y}_i < Q - 1) \\ 1, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

Donde (i) toma los valores: $\{i\}_0^{P-1}$ y (j) los valores $\{j\}_0^{Q-1}$

Paso 1.2.10 A las coordenadas de la imagen $I_S(x^s, y^s)$ se les aplica la siguiente ecuación con la finalidad de introducir los efectos de escalado y perspectiva, creando la imagen $I'_S(x^f, y^f)$:

$$10 \quad x^f = \frac{x^s L_x}{S_x(L_x - M)}$$

$$y^f = \frac{y^s L_y}{S_y(L_y - N)}$$

Donde (S_x, S_y) son los valores de escalado que pueden variar entre (0.75, 1.25). Donde (L_x, L_y) son los parámetros relacionados con la perspectiva que se estiman en al menos 0.1% del valor de (M, N) respectivamente.

15 Paso 1.2.11 La cursividad de las firmas genera la imagen $I''_S(x^c, y^c)$ aplicando a las coordenadas (x^f, y^f) la siguiente ecuación:

$$x^c = x^f - y^f \cdot \tan(\theta)$$

$$y^c = y^f$$

En este caso, θ ha de ser un valor con una variación de al menos el diez por ciento de $\frac{\pi}{4}$

20 // *Etiquetado de las componentes*. En este caso se elige cada componente no 8-conectada con las anteriores.

Paso 1.3.1 Sea una imagen $I_{bw}(x, y)$ del mismo tamaño que la imagen $I''_S(x^c, y^c)$, siguiendo el paso 1.1.3 se procede a su binarización.

25 Paso 1.3.2 Sea una matriz tridimensional $I_l(x, y, i)$ cuyas dimensiones (x, y) coinciden con (x^c, y^c) y donde i adquiere los valores $\{i\}_1^L$, siendo L el número de componentes no conectadas.

Paso 1.3.3 La matriz tridimensional $I_l(x, y, i)$ se construye a partir de la búsqueda de todos los objetos 8-connectados en la matriz $I_{bw}(x, y)$ del paso 1.3.1 usando el algoritmo flood fill.

A. Glassner, "Fill 'er up! [graphics filling algorithms]," Computer Graphics and Applications, IEEE, vol. 21, no. 1, pp. 78–85, 2001.

Comenzando con el primer pixel detectado, el algoritmo busca los píxeles conectados en las 8 direcciones. Una vez cada objeto (componente) es detectado, se construye una imagen i y se almacena en la matriz $I_l(x, y, i)$.

// Variabilidad entre-componente

10 Paso 1.4.1 Sea $\Gamma_i = \gamma_i/\gamma_T$ un ratio que denota la relación entre el número de píxeles con tinta de cada componente (γ_i) y el número de píxeles totales de tinta en la imagen de la firma (γ_T) en $I''_s(x^c, y^c)$. De donde:

- $\gamma_i = \#[I_l(x, y, i) < 255]$
- $\gamma_T = \#[I''_s(x^c, y^c) < 255]$

15 Paso 1.4.2 Sean (δ_x, δ_y) dos parámetros que introducen desplazamientos horizontales y verticales a cada componente. Usando el ratio presentado en el paso 1.4.1, a cada componente detectada se le asigna una categoría y, en consecuencias, un valor de desplazamiento diferente a (δ_x, δ_y) como sigue:

$$\delta_{x_i} = \begin{cases} \text{gevrnd}\{a_1^x, b_1^x, c_1^x\}, & \text{si } \Gamma_i < \kappa_1 \\ \text{gevrnd}\{a_2^x, b_2^x, c_2^x\}, & \text{si } \kappa_1 \leq \Gamma_i < \kappa_2 \\ \text{gevrnd}\{a_3^x, b_3^x, c_3^x\}, & \text{si } \Gamma_i \geq \kappa_2 \end{cases}$$

20
$$\delta_{y_i} = \begin{cases} \text{gevrnd}\{a_1^y, b_1^y, c_1^y\}, & \text{si } \Gamma_i < \kappa_1 \\ \text{gevrnd}\{a_2^y, b_2^y, c_2^y\}, & \text{si } \kappa_1 \leq \Gamma_i < \kappa_2 \\ \text{gevrnd}\{a_3^y, b_3^y, c_3^y\}, & \text{si } \Gamma_i \geq \kappa_2 \end{cases}$$

Siendo (κ_1, κ_2) valores de categorización de las componentes de al menos 0.33 y 0.67, respectivamente y siendo $\text{gevrnd}\{\cdot\}$ una función de Valores Extremos Generalizados (GEV) cuyos parámetros representan la localización, escala y forma de la función y están definidos a continuación:

- 25
- $\{a_1^x, b_1^x, c_1^x\}$ al menos de $\{-0.5, 20, 40\}$
 - $\{a_2^x, b_2^x, c_2^x\}$ al menos de $\{-0.5, 30, 60\}$
 - $\{a_3^x, b_3^x, c_3^x\}$ al menos de $\{-0.5, 40, 80\}$

- $\{a_1^y, b_1^y, c_1^y\}$ al menos de $\{-0.5, 8, 8\}$
- $\{a_2^y, b_2^y, c_2^y\}$ al menos de $\{-0.5, 10, 10\}$
- $\{a_3^y, b_3^y, c_3^y\}$ al menos de $\{-0.5, 12, 12\}$

5 Paso 1.4.3 Sea $I_{dis}(x^d, y^d)$ una imagen vacía que se llenará con la superposición de las imágenes individuales $I_l(x, y, i)$ a la cual se les aplica los desplazamientos siguientes, de acuerdo al paso 1.4.2:

$$I_{dis}(x^d, y^d) = \sum_{i=1}^L I_l(x + \delta_{x_i}, y + \delta_{y_i}, i)$$

// Inclinación y de la firma

10 Paso 1.5.1 Sea ρ_R un ángulo de rotación global para rotar la firma, el cual se establece a partir de una función de Valores Extremos Generalizados (GEV), cuyos parámetros $\{a^R, b^R, c^R\}$ son de al menos $\{-0.19, 3.28, -1.30\}$. Estos valores son obtenidos tras estudiar la mejor función (GEV) que aproxima distribución real de variación de la inclinación de la firma.

15 Paso 1.5.2 Una vez obtenido el ángulo ρ_R , una rotación se produce con origen en el centro de la imagen de la firma $I_{dis}(x^d, y^d)$ obteniendo la imagen $I_{rot}(x^{rot}, y^{rot})$ a través de la siguiente relación matricial

$$\begin{pmatrix} x^{rot} \\ y^{rot} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\rho_R) & \sin(\rho_R) \\ -\sin(\rho_R) & \cos(\rho_R) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x^d \\ y^d \end{pmatrix}$$

Paso 1.5.3 El paso 1.1.6 se repite a continuación con la finalidad de recortar los bordes que no son tinta de la imagen $I_{dis}(x^d, y^d)$ obteniendo la imagen de firma duplicada $I_{dup}(x, y)$

20 Paso 2. *Sistemas automáticos de verificación de imágenes de firmas.* En este paso es necesario disponer un clasificador generativo de imágenes de firmas, el cual puede ser comercial o no.

Paso 2.1 Sea un clasificador comercial de imágenes firmas manuscritas dado. El clasificador se usa a partir de dos funciones:

25 • Función de entrenamiento: $M^f = \text{trainclasificador}(I_1^{ref}, I_2^{ref}, \dots, I_N^{ref})$. Esta función permite generar el modelo de firmante a partir de un conjunto N de imágenes de firmas indubitadas de referencia I_i^{ref} . Estas imágenes son los elementos de entrada de la función. La salida de la función será un modelo M^f .

- Función de score: $s = \text{scoreclasificador}(M^f, I^{dub})$. Esta función es usada para obtener un score cuando se quiere conocer el grado de pertenencia de una firma dubitada (I^{dub}) al modelo (M^f) generado en la función anterior.

5 Paso 2.2 Usamos una firma cualquiera procedente del conjunto de firmas del cual deseamos evaluar su similitud. Dicha firma la duplicamos al menos 20 veces repitiendo para cada duplicado el paso 1. En total dispondremos de al menos 21 firmas (1 real + 20 duplicadas).

10 Paso 2.3 Sea el conjunto de firmas del paso 2.2 considerado como un conjunto de firmas de referencias. Sea $\text{trainclasificador}(\cdot)$ la función de entrenamiento del clasificador. Suponiendo que en el paso 2.2 hemos seleccionado la firma i , en este paso creamos el modelo de firma como sigue:

$$M_i^f = \text{trainclasificador}(I_i^{dub}, I_{i,1}^{dup}, \dots, I_{i,L}^{dup})$$

15 Donde I_i^{dub} es la firma dubitada seleccionada, $I_{i,1}^{dup}$ la firma duplicada a partir de la dubitada i y L el número de firmas duplicadas (al menos 20 para un funcionamiento óptimo de la invención).

Paso 2.4 Sea N el número de imágenes de firmas que queremos evaluar. Usando la función $\text{scoreclasificador}(\cdot)$, se calcula el score (puntuación) de todas las N firmas con el modelo calculado en el paso 2.3:

$$s_{i,j} = \text{scoreclasificador}(M_i^f, I_j^{dub}), \quad j \in \{1, \dots, N\}$$

20 Paso 2.5 Los pasos 2.2, 2.3 y 2.4 se repiten N veces con cada una de las firmas que queremos evaluar generando una matriz de similitud como sigue:

$$\begin{pmatrix} s_{1,1} & \dots & s_{n,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n,1} & \dots & s_{n,n} \end{pmatrix}$$

25 Paso 3. *Análisis de resultados.* La matriz obtenida en el paso 2.5 se transforma en este apartado para obtener una matriz de similitud final, la cual permitirá evaluar la similitud de las firmas reales disponibles.

Paso 3.1 La matriz obtenida en el paso 2.3 es transformada (figura 4) a través de la siguiente función escalonada definida en tres trozos:

$$\hat{s}_{ij} = \begin{cases} s_{ij} + R_1, & s_{ij} > T_1 \\ s_{ij} - R_2, & s_{ij} < T_2 \\ s_{ij}, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

Por simplificación, los parámetros se pueden establecer en al menos $R_1 = R_2 = T_1 = T_2 = 0.5$.

Paso 3.2 La siguiente operación consiste en una ponderación. La finalidad de este paso es evaluar la similitud de todas ellas a través de los valores de similitud de cada firma.

$$\hat{s}_i = \frac{1}{N} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \hat{s}_{ij}$$

Breve descripción de la invención

La novedad de esta invención consiste en un método de evaluación de la autoría común de un conjunto de firmas dubitadas. La invención usa de un método novedoso para duplicar firmas estáticas considerando por primera vez modelos neurocognitivos basados en la teoría motor equivalente y el modelo inverso, ambas clásicas en neurociencia. Otra novedad de esta invención es la generación de la matriz cuadrada de similitud que permite evaluar la disimilaridad del conjunto de firmas dubitadas en conjunto. Debido a ello, el problema técnico que resuelve la presente invención es reducir drásticamente la carga de trabajo manual en la verificación de la autoría de un conjunto de documentos firmados supuestamente por la misma persona, problema clásico en la custodia de documentos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

Este ejemplo evalúa la autoría de un conjunto de tres firmas dubitadas, mostradas en la figura 5, presuntamente atribuidas a un firmante. Aunque sabemos que la primera es una falsificación mientras las otras no, el sistema no presupone conocer dicha información.

Tal como muestra la figura 1, el paso inicial de nuestra invención es la generación de firmas duplicadas de cada una de las tres firmas con el duplicador propuesto, cuyo funcionamiento se basa en procesos cognitivos inspirados.

Una vez se generan las firmas (figura 3, por ejemplo), el siguiente paso es la creación de un modelo de cada firma, esto es tres modelos, y se calcula la similitud de cada modelo con cada firma, esto es, una matriz de tres filas y tres columnas que conforma la matriz de similitud. En éste caso se ha utilizado como modelo el propuesto en

M. Ferrer, J. Vargas, A. Morales, and A. Ordonez, "Robustness of offline signature verification based on gray level features," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, vol. 7, no. 3, pp. 966–977, 2012.

En este caso, el rango de las medias de similitud es (-1,1) siendo 1 máxima similitud y -1 máxima disimilitud. Al estimar la similitud de cada modelo con cada firma se obtiene la siguiente matriz de similitud:

	Firma 1	Firma 2	Firma 3
Modelo 1	1.03	-0.15	0.12
Modelo 2	-0.07	1.07	0.73
Modelo 3	0.34	0.63	1.09

- 5 Para mejorar la frontera entre los diferentes resultados, se aplica la función de transferencia (figura 4). Suponiendo $R_1 = R_2 = T_1 = T_2 = 0.5$, los valores de similitud ($\hat{s}_1, \hat{s}_2, \hat{s}_3$) de cada modelo se calcularían como sigue:

$$\hat{s}_1 = \frac{(-0.15) + (0.12)}{2} = -0.02$$

$$\hat{s}_2 = \frac{(-0.07) + (0.73 + 0.5)}{2} = 0.58$$

10 $\hat{s}_3 = \frac{(0.34) + (0.63 + 0.5)}{2} = 0.74$

En éste caso se informaría negativamente sobre la autoría común de todas las firmas.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LAS FIGURAS

- 15
- La figura 1 describe el esquema genérico para estimar la autoría común de un conjunto de firmas estáticas manuscritas dubitadas
 - La figura 2 muestra un esquema general del duplicador de firmas manuscritas.
 - La figura 3 muestra un ejemplo de firma real y sus duplicados usando el duplicador basado en procedimientos cognitivos.
 - La figura 4 muestra la función de realce de las medidas de similitud.
 - 20 - La figura 5 muestra un conjunto de 3 firmas presuntamente atribuidas a un firmante.

REIVINDICACIONES

1. Método y sistema para evaluar la autoría común de un conjunto de imágenes de firmas manuscritas dubitadas que se caracteriza por las siguientes etapas:

5 a) Realizar, a partir de cada imagen real de firma dubitada que se desea comparar, un mínimo de 20 duplicados.

b) El duplicador de firmas comprende las siguientes etapas: i) un proceso de segmentación; ii) una variabilidad intra-componente con una función síncrona, transformaciones afines y geométricas; iii) un proceso de etiquetado de componentes de la firma; iv) una variabilidad entre-componentes a partir de desplazamientos aleatorios; y v) una inclinación ascendente, horizontal o descendente de la firma.

c) Repetir el apartado a) para cada una de las n imágenes de firmas reales dubitadas.

d) Generar un modelo de la firma con una función de entrenamiento genérica usando la imagen de una firma dubitada real y sus duplicados.

15 e) Repetir el apartado d) de manera independiente para cada imagen de firma dubitada real y sus respectivos duplicados.

f) Calcular un valor de puntuación que determine el grado de pertenencia de cada imagen de firma dubitada real con cada modelo de firma.

20 g) Construir una matriz de similitud colocando por filas las puntuaciones obtenidas tras la comparación de pertenencia de las imágenes de firmas dubitadas reales del conjunto que queremos evaluar con el modelo de cada firma individual.

h) Transformar las puntuaciones de la matriz de similitud mediante una función matemática (e.j. función escalón) para evidenciar la pertenencia (o la no pertenencia) de una imagen de firma dubitada real a un modelo de firma.

25 i) Estimar el siguiente parámetro de verosimilitud para cada imagen de firma dubitada real: Promedio de los elementos de cada fila de la matriz de similitud transformada omitiendo la puntuación relativa a la firma real con su propio modelo de firma.

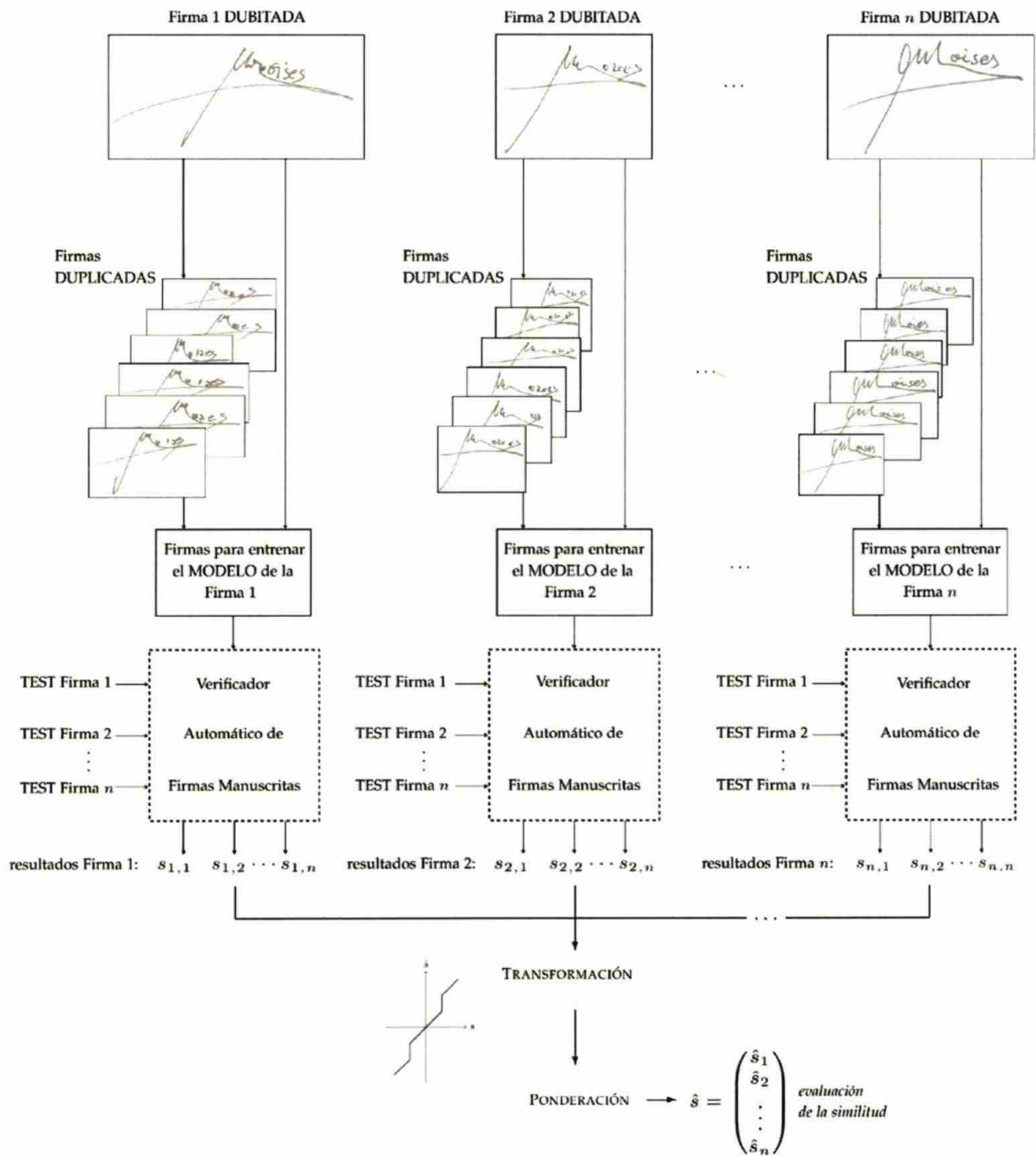


Figura 1

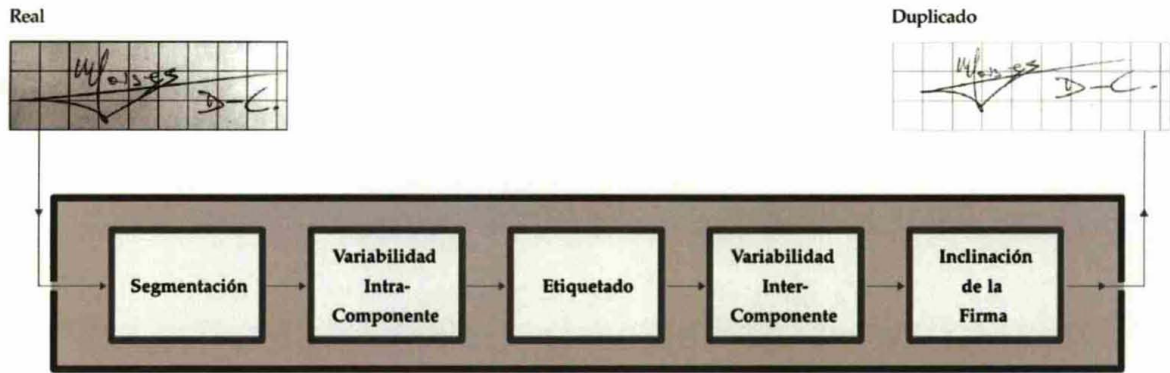


Figura 2

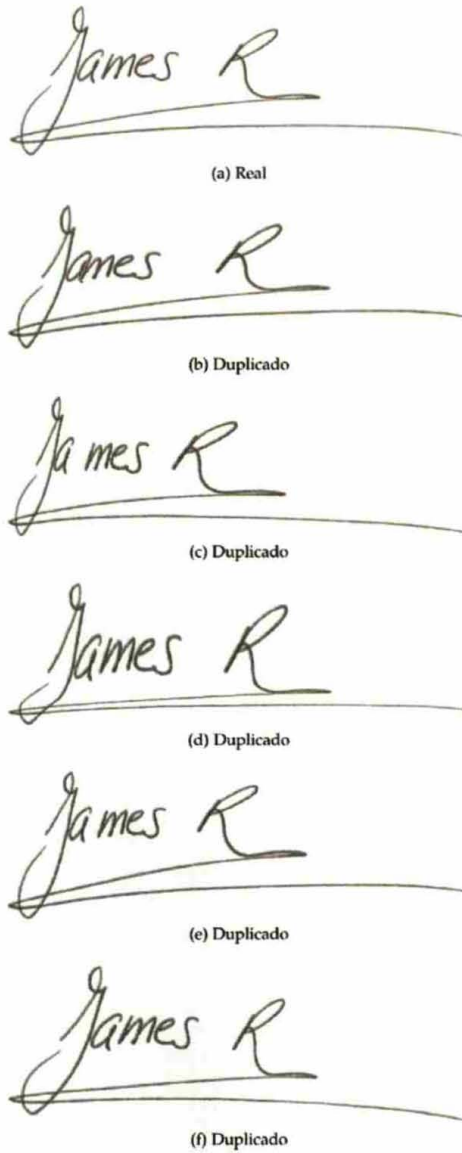


Figura 3

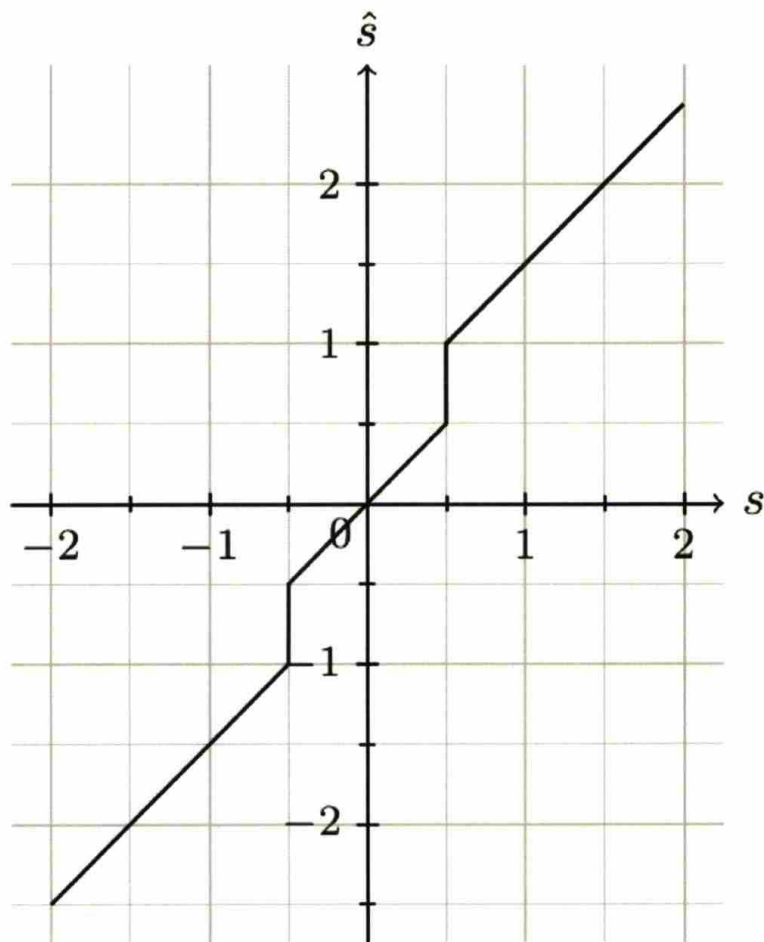


Figura 4

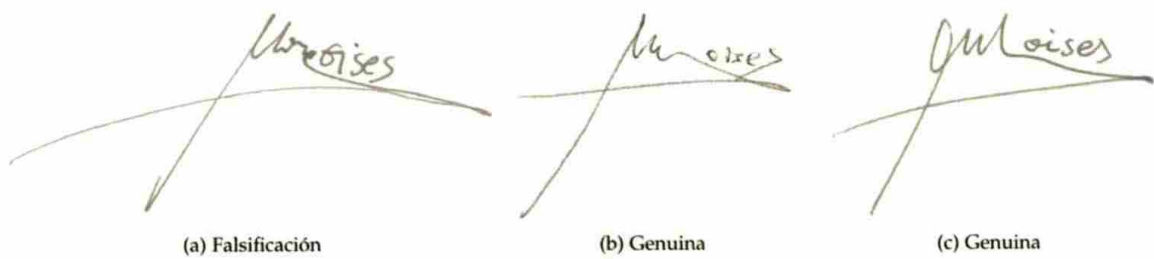


Figura 5



②① N.º solicitud: 201600236

②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.03.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G06K9/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DIAZ-CABRERA MOISES et al. Cognitive Inspired Model to Generate Duplicated Static Signature Images.2014 14th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, 20140901 IEEE 01/09/2014 VOL: Pags: 61 - 66 ISSN 2167-6445 Doi: doi:10.1109/ICFHR.2014.18 todo el documento.	1
A	DIAZ MOISES et al. Towards an automatic on-line signature verifier using only one reference per signer.2015 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 20150823 IEEE 23/08/2015 VOL: Pags: 631 - 635 Doi: doi:10.1109/ICDAR.2015.7333838 todo el documento.	1
A	JARAD MUJAHED et al. Offline handwritten signature verification system using a supervised neural network approach.2014 6th International Conference on Computer Science and Information Technology (CSIT), 20140326 IEEE 26/03/2014 VOL: Pags: 189 - 195 ISBN 978-1-4799-3998-5 ; ISBN 1-4799-3998-6 Doi: doi:10.1109/CSIT.2014.6805999 todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
15.02.2017

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
1/6



- ②① N.º solicitud: 201600236
②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.03.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G06K9/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	KAI H et al. Off-line signature verification based on geometric feature extraction and neural network classification.PATTERN RECOGNITION, 19970101 ELSEVIER, GB 01/01/1997 VOL: 30 No: 1 Pags: 9 - 17 ISSN 0031-3203 Doi: doi:10.1016/S0031-3203(96)00063-5 Impedovo Sebastiano Liu Cheng-Lin Impedovo Donato Pirlo Giuseppe todo el documento.	1
A	KAUR HARMAN PREET et al. Offline Handwritten Signature Verification using Zernike Moments.2015 Fifth National Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, Image Processing and Graphics (NCVPRIPG), 20151216 IEEE 16/12/2015 VOL: Pags: 1 - 4 Doi: doi:10.1109/NCVPRIPG.2015.7489949 todo el documento.	1
A	SAULO HENRIQUE LEONCIO DE MEDEIROS NAPOLES et al. Offline handwritten signature verification through network radial basis functions optimized by Differential Evolution.Neural Networks (IJCNN), The 2012 International Joint Conference on, 20120610 IEEE 10/06/2012 VOL: Pags: 1 - 5 ISBN 978-1-4673-1488-6 ; ISBN 1-4673-1488-9 Doi: doi:10.1109/IJCNN.2012.6252720 todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
15.02.2017

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
2/6

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 15.02.2017

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones 1
Reivindicaciones

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	DIAZ-CABRERA MOISES et al. Cognitive Inspired Model to Generate Duplicated Static Signature Images.2014 14th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, 20140901 IEEE 01/09/2014 VOL: Pags: 61 - 66 ISSN 2167-6445 Doi: doi:10.1109/ICFHR.2014.18 Todo el documento.	01.09.2014
D02	DIAZ MOISES et al. Towards an automatic on-line signature verifier using only one reference per signer.2015 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 20150823 IEEE 23/08/2015 VOL: Pags: 631 - 635 Doi: doi:10.1109/ICDAR.2015.7333838 Todo el documento.	23.08.2015
D03	JARAD MUJAHED et al. Offline handwritten signature verification system using a supervised neural network approach.2014 6th International Conference on Computer Science and Information Technology (CSIT), 20140326 IEEE 26/03/2014 VOL: Pags: 189 - 195 ISBN 978-1-4799-3998-5 ; ISBN 1-4799-3998-6 Doi: doi:10.1109/CSIT.2014.6805999 Todo el documento.	26.03.2014
D04	KAI H et al. Off-line signature verification based on geometric feature extraction and neural network classification.PATTERN RECOGNITION, 19970101 ELSEVIER, GB 01/01/1997 VOL: 30 No: 1 Pags: 9 - 17 ISSN 0031-3203 Doi: doi:10.1016/S0031-3203(96)00063-5 Impedovo Sebastiano Liu Cheng-Lin Impedovo Donato Pirlo Giuseppe Todo el documento.	01.01.1997
D05	KAUR HARMAN PREET et al. Offline Handwritten Signature Verification using Zernike Moments.2015 Fifth National Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, Image Processing and Graphics (NCVPRIPG), 20151216 IEEE 16/12/2015 VOL: Pags: 1 - 4 Doi: doi:10.1109/NCVPRIPG.2015.7489949 Todo el documento.	16.12.2015
D06	SAULO HENRIQUE LEONCIO DE MEDEIROS NAPOLES et al. Offline handwritten signature verification through network radial basis functions optimized by Differential Evolution.Neural Networks (IJCNN), The 2012 International Joint Conference on, 20120610 IEEE 10/06/2012 VOL: Pags: 1 - 5 ISBN 978-1-4673-1488-6 ; ISBN 1-4673-1488-9 Doi: doi:10.1109/IJCNN.2012.6252720 todo el documento.	10.06.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

No se ha encontrado ningún documento que expresamente evalúe la autoría común de un conjunto de imágenes de firmas manuscritas sin conocimiento previo de ninguna firma indubitada. Los documentos encontrados evalúan una posible falsificación; es decir, la posible pertenencia de una imagen de firma sobre la que se tienen dudas a un modelo de firma generado a partir de una o varias imágenes de firma real conocida.

D01 muestra que la utilización de firmas artificiales es una tendencia actual en el campo del reconocimiento y verificación de firmas (tanto estáticas como dinámicas). D01, al igual que en la reivindicación, modela la variabilidad de una firma de forma semejante a la solicitud y utiliza este conjunto de muestras duplicadas para incrementar la secuencia de entrenamiento del clasificador correspondiente. Concretamente, muestra la existencia de etapas de segmentación, introducción de variabilidad intra-componente (mediante transformaciones únicamente sinusoidales), introducción de variabilidad entre-componentes (a partir de desplazamientos aleatorios). Para finalizar, incorpora otro tipo de modificaciones relacionadas con la velocidad de la trayectoria. El conjunto de muestras duplicadas se utiliza sobre diferentes modelos de entrenamiento para evaluar el comportamiento del sistema de verificación ante falsificaciones aleatorias o deliberadas.

Entre otras características, D01 se diferencia de la reivindicación 1 en que en la duplicación no se incorporan transformaciones afines y geométricas que proporcionen escalado y perspectiva, ni se incorpora una etapa de inclinación ascendente, horizontal o descendente de la firma que modele la pose del firmante respecto al papel. Tampoco se derivan del documento las etapas de generación de múltiples modelos de firma (uno por cada firma genuina de la que se disponga) con los que posteriormente se pueda verificar la pertenencia o no de cada una de ellas a cada modelo y combinar los resultados obtenidos en la forma mostrada en la reivindicación para evaluar la autoría común de todas las firmas.

D02 muestra la tendencia actual a generar duplicados artificiales de firmas reales mediante la aplicación de ciertas distorsiones. Estas firmas artificiales, duplicadas mediante la aplicación de transformaciones afines y geométricas, permiten ampliar el número de elementos disponibles para el entrenamiento del sistema. En el método mostrado en D02 se aplica un modelo neuromuscular mediante el que se descompone la firma en una secuencia de trazos elementales. A diferencia de la reivindicación en estudio, este documento utiliza información dinámica (online) para generar los duplicados. Entre otras diferencias, el procedimiento seguido para generar los duplicados es distinto al definido en la reivindicación. Aunque se muestra la inclusión de etapas de segmentación e incorporación de variabilidad intra-personal, no incorpora ningún tipo de variabilidad intra-componente, etiquetado, variabilidad entre-componentes o inclinaciones.

D03 a D06 se citan por mostrar distintos métodos de verificación de firmas estáticas. En ninguno de los casos se utilizan duplicados artificiales de una única firma real como base para generar el modelo de verificación de firmas.

Tomando en consideración los documentos anteriores, la reivindicación 1 cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes.