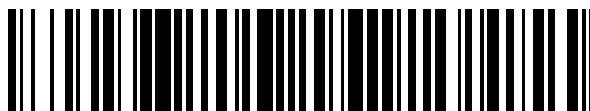


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 591 228**

51 Int. Cl.:

G07D 7/187 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2015** **E 15155865 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016** **EP 2911123**

54 Título: **Método y dispositivo para la caracterización del estado de uso de los billetes de banco y su clasificación como aptos y no aptos para la circulación**

30 Prioridad:

21.02.2014 ES 201430239

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.11.2016

73 Titular/es:

BANCO DE ESPAÑA (100.0%)
Alcala nº 48
28014 Madrid, ES

72 Inventor/es:

KROPNICK CARVAJAL, EDUARDO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 591 228 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para la caracterización del estado de uso de los billetes de banco y su clasificación como aptos y no aptos para la circulación

5 **Objeto de la invención**

10 La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, consiste en un método y dispositivo para la caracterización del estado de uso de los billetes de banco y su clasificación como aptos o no aptos para la circulación, que tiene por objeto evitar errores en dicha clasificación, impidiendo que billetes no aptos sean erróneamente clasificados como aptos y puestos de nuevo en circulación debiendo haber sido destruidos, y evitando que billetes aptos sean erróneamente clasificados como no aptos y en consecuencia sean destruidos de forma prematura.

15 **Antecedentes de la invención**

Una de las labores que llevan a cabo los Bancos Centrales Nacionales en relación con el efectivo, es la clasificación por estado de uso de los billetes que retornan de la circulación, separando los aptos para seguir en circulación de aquellos que no lo son.

20 Normalmente, los billetes aptos se preparan para ser puestos de nuevo en circulación y los billetes no aptos se destruyen.

25 Esta clasificación por estado de uso se lleva a cabo mediante la detección y evaluación de diversas características en los billetes, como por ejemplo el grado de suciedad de los billetes; la existencia de agujeros y determinación de su tamaño; la existencia de esquinas dobladas y/o que faltan y determinación de su tamaño; la existencia de rasgaduras y determinación de su tamaño; la existencia de cintas adhesivas y determinación de su tamaño; la existencia de manchas y determinación de su tamaño; etc.

30 De todas ellas, la que presenta una mayor dificultad es la medición del grado de suciedad de los billetes, siendo además la que origina que un mayor número de billetes sean clasificados como no aptos, y por tanto, destruidos.

35 Los sistemas y métodos existentes en la actualidad se basan exclusivamente en el análisis de las imágenes de los billetes en el dominio espacial, es decir en descomponer las imágenes en los tres canales RGB (Red (rojo), Green (verde), Blue (azul)) y en medir sobre ellos o sobre ciertas combinaciones de estos canales, la media y desviación estándar de los píxeles encuadrados en determinadas regiones de interés. En este sentido puede citarse el documento de patente WO 2012165959 referente a "Method and device for classifying security documents such as banknotes".

40 El anterior documento, al igual que el resto de los métodos y dispositivos existentes en la actualidad, presenta una serie de problemas para la caracterización de la suciedad de los billetes y su clasificación como aptos o no aptos. Estos problemas básicamente son de tres tipos:

45 1. Baja repetitividad y reproducibilidad: el mismo billete, procesado en el mismo sistema varias veces o en sistemas diferentes del mismo tipo, produce resultados diferentes.

50 2. Tasas de errores cruzados ("crossovers"): existe la tasa "False Fit Rate FFR" (billetes sucios erróneamente clasificados como limpios) y la tasa "False Unfit Rate FUR" (billetes limpios erróneamente clasificados como sucios). Con los sistemas actuales, para conseguir FFR por debajo del 10 % se obtienen FUR por encima del 15 y del 20 %. Mientras que la FFR "contamina" los billetes en circulación con billetes contaminados, la FUR representa directamente una pérdida económica para los Bancos Centrales, al tratarse de billetes aptos para seguir en circulación que se están destruyendo de una forma prematura.

55 3. Baja correlación con la percepción humana de la suciedad en los billetes: en muchas ocasiones, los billetes clasificados como contaminados por los sistemas actuales no son percibidos como tales por los seres humanos y viceversa, billetes clasificados como limpios presentan para el observador humano un grado de suciedad inaceptable.

60 Si se tiene en cuenta que los Bancos Centrales Nacionales de todo el mundo clasifican por estado de uso miles de millones de billetes cada año, se puede llegar a tener una idea de la magnitud del problema que representa la inconsistencia en la caracterización de la suciedad de los billetes por los métodos o sistemas actuales.

Debe reconocerse el documento de los Estados Unidos US 2003/031340 A1. Este documento divulga unas técnicas útiles para resolver la autenticación de un documento de identificación de billete de banco que incluye un potenciador de seguridad.

65 También debe reconocerse el documento de los Estados Unidos US 5175775 A, siendo este documento relativo a un método de reconocimiento de patrón óptico que puede aplicarse a un correlador de transformada conjunto

operativo para efectuar un procesamiento de correlación entre una pluralidad de imágenes de referencia y al menos una imagen de objeto única para producir unos picos de correlación que corresponden a las imágenes de referencia respectivas.

5 El documento europeo EP 0691632 A1 se refiere a un método y un aparato para detectar billetes de banco falsificados, incluyendo el aparato una cámara electrónica que forma una representación digital de una pequeña área del billete de banco. La imagen digital se almacena en una memoria de imagen. La transformada de Fourier de la imagen digital se calcula entonces y se analiza para determinar si contiene unos componentes de frecuencia espacial alta, y si es así, el billete se identifica como falsificado.

10 El documento WO 2008/014090 A2 divulga unas técnicas para la autenticación de documentos de seguridad que tienen unas imágenes de seguridad que incorporan características de seguridad múltiples. Las técnicas pueden ser particularmente útiles para la validación de un documento de seguridad que tiene una imagen de seguridad compuesta por una o más imágenes retrorreflectantes "virtuales" formadas sobre unos antecedentes de una imagen retrorreflectante de repetición.

15 Finalmente, también debe reconocerse el documento europeo EP 1011079 A1, haciendo este documento referencia a un aparato para determinar el grado de suciedad de un objeto impreso.

20 Descripción de la invención

Para conseguir los objetivos y resolver los inconvenientes anteriormente señalados, la invención proporciona un nuevo método y dispositivo para la caracterización del estado de uso de los billetes de banco y su clasificación como aptos y no aptos para la circulación. La invención tiene por objetivo principal la caracterización y detección de la suciedad de los billetes, aunque también permite detectar otras características como por ejemplo manchas y escrituras o "graffitis".

Es conocido que para la caracterización de la suciedad de los billetes de banco se empleen métodos que comprenden capturar, por reflexión, al menos una imagen de al menos una de las caras de un billete, mediante un dispositivo digital de captura de imágenes por reflexión. Seguidamente se almacena la imagen captada en un formato estándar, se corrige el color de la imagen captada, utilizando el perfil de color ICC (perfil de color estandarizado por el International Color Consortium) del dispositivo empleado para la captura de la imagen. A continuación se analiza en el dominio espacial la imagen captada, para lo que su imagen se descompone en los canales de color RGB y se calcula en al menos uno de los tres canales RGB y sobre el valor de los píxeles que comprenden dicha imagen captada uno o más estadísticos (variables) de los píxeles de la imagen de la imagen captada. Los estadísticos que se calculan están seleccionados entre la media aritmética, desviación típica, máximo, mínimo, mediana, modo, coeficiente de Kurtosis, y coeficiente de simetría.

La principal novedad de la invención radica en que tras el análisis en el dominio espacial, se realiza un análisis en el dominio de la frecuencia de la imagen captada para lo que se aplica la transformación matemática conocida como transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) a dicha imagen captada en al menos uno de los canales R, G y B, de forma que se obtiene una nueva imagen denominada "espectro de potencias" ("power spectrum"). Además para realizar el análisis en el dominio de la frecuencia, se calcula, sobre los píxeles de la imagen captada del espectro de potencias, uno o más de los estadísticos comentados anteriormente.

La realización del análisis de las imágenes en el dominio de la frecuencia, proporciona una información complementaria a la obtenida mediante el análisis tradicional en el dominio espacial.

El método de la invención también comprende calificar previamente visual e individualmente, como aptos o no aptos para la circulación, un conjunto de billetes usados de la misma denominación que los billetes a analizar. Esta clasificación se realiza por un grupo de expertos prestando especial interés a la región de la imagen captada del billete a analizar.

Se prevé realizar la captura de las imágenes individuales del conjunto de los billetes usados que anteriormente fueron calificados visualmente, para seguidamente analizar estas imágenes en todos los canales RGB, tanto en el dominio espacial como en el de la frecuencia, y obtener todos los estadísticos mencionados anteriormente. Las imágenes captadas se han de corresponder con la imagen captada del billete a analizar.

A continuación se analiza la correlación existente entre la clasificación visual realizada por el grupo de expertos y los datos obtenidos en el análisis en los dominios espacial y de la frecuencia de dichas imágenes individuales de los billetes calificados visualmente, para determinar los canales RGB y los estadísticos que ofrecen una mayor correlación y una mejor caracterización del estado de uso del billete. Este análisis de la correlación se realiza de forma convencional por lo que no se describe en mayor detalle.

65 Seguidamente se combina al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio espacial con al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio de la frecuencia, del billete en análisis, para

calcular un único valor numérico, denominado FV (Fitness Value). Para realizar este cálculo se emplean los estadísticos del análisis descrito en el párrafo anterior que ofrecen una mayor correlación en la clasificación realizada visualmente por el grupo de expertos.

5 Posteriormente se obtienen unos valores de referencia de los estadísticos con mayor correlación del punto anterior, para un billete en perfecto estado del mismo tipo que el billete a analizar. Para ello se captan imágenes individuales de un conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar, correspondientes a la imagen captada del billete a analizar; se calculan los estadísticos seleccionados que ofrecen una mayor correlación en la clasificación realizada visualmente; y se toman los valores mínimos como valores de referencia.

10 Además la invención prevé fijar un valor FV umbral arbitrario y finalmente se compara el FV calculado, con el FV umbral, y se clasifica el billete analizado como apto o no apto para la circulación, en función de que dicho FV calculado sea inferior o superior al FV umbral.

15 Con el procedimiento descrito se evitan los problemas comentados en el estado de la técnica referentes a baja repetitividad y reproducibilidad, tasas de errores cruzados ("crossovers") y baja correlación con la percepción humana de la suciedad en los billetes, ya que la invención, en comparación con los sistemas existentes en la actualidad, presenta alta repetitividad y reproducibilidad, mejores valores de FFR y FUR y alta correlación con la percepción humana de la suciedad en los billetes.

20 En la realización preferente de la invención el FV se calcula como una distancia, desde el billete objeto del análisis hasta un billete perfectamente limpio tomado como referencia, comentado anteriormente, mediante la ecuación:

25
$$FV = \left(\sum_{i=1}^m C_i * (X_i - X_{Ri})^n \right)^{1/n}$$
; donde Xi son los estadísticos seleccionados, X_{Ri} son los valores de referencia para esos estadísticos, C_i son los factores de corrección de escala, n es un exponente que consiste en un número positivo y m es el número de estadísticos seleccionados en el cálculo de FV. Por lo tanto para la obtención del FV calculado, se emplea un algoritmo que se calcula como la raíz n de la suma de la diferencia de los valores elevados a n de los estadísticos seleccionados con respecto a los valores de referencia correspondientes a un billete en perfecto estado con nivel de suciedad nulo. Los factores de corrección de escala C_i se pueden obtener convencionalmente.

30 En una realización de la invención se prevé que entre la fase de corregir el color de la imagen captada y la fase de analizar en el dominio espacial, comprende realizar una selección de al menos una región de interés de la imagen captada para la caracterización del estado de uso de los billetes. En este caso tanto el análisis espacial como el análisis en frecuencia, únicamente se realiza sobre dicha región de interés e igualmente, la calificación visual por un grupo de expertos, se realiza prestando especial interés en la región de interés seleccionada. También, en este caso, los valores de referencia se obtienen seleccionando dicha región de interés en las imágenes individuales del conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar.

40 Cuando se selecciona al menos una región de interés de la imagen captada, la invención prevé la posibilidad de que dentro de dicha región de interés se seleccione al menos una zona de la región de interés de la imagen referida como "espectro de potencias". En este caso el análisis espacial y en frecuencia se realiza sobre dicha zona de la región de interés. De la misma forma la calificación visual por un grupo de expertos, se realiza prestando especial interés en la zona seleccionada de la región de interés, y los valores de referencia se obtienen seleccionando dichas zonas de dicha región de interés en las imágenes individuales del conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar.

En la invención se establece que cuando el valor FV calculado es inferior al valor FV umbral, el billete analizado es clasificado como apto y cuando es superior es clasificado entonces como no apto.

50 Además se prevé que las imágenes captadas han de tener al menos una resolución de 150 puntos por pulgada, con una profundidad de color de al menos 24 bits por pixel y en un formato con compresión sin pérdidas.

55 En la fase de selección de una región de interés que se efectúa para caracterizar la suciedad de los billetes, se selecciona una región que carezca de impresión y que represente un porcentaje igual o mayor a un porcentaje previamente establecido de la superficie total del billete. En la realización preferente este porcentaje es igual o menor al 10 % de la superficie total de billete.

60 Además la invención se refiere a un dispositivo que funciona de acuerdo con el método descrito que se caracteriza por que comprende un módulo de captura digital de imágenes por reflexión, mediante el que se capta al menos una imagen digital de al menos una de las caras del billete. Además incluye un procesador de la imagen digital captada, que está configurado para procesar las imágenes captadas de acuerdo con el método anteriormente descrito.

65 Respecto al módulo de captura digital de imágenes por reflexión se ha previsto que pueda ser un escáner, una cámara digital, o un array CCD (Dispositivo de Carga Acoplada, Charge Coupled Device).

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompaña una única figura en la que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

5 Descripción de un ejemplo de realización de la invención

Figura 1.- Muestra una representación esquemática de las fases que constituyen el método de la invención.

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

10 A continuación para facilitar una mejor comprensión de la invención se describe un ejemplo de realización de la invención.

15 Como ya ha sido indicado, la invención se refiere a un método y a un dispositivo que permiten caracterizar la suciedad en los billetes de banco y su clasificación como aptos y no aptos para la circulación.

20 Referente al método, cabe señalar que en el estado de la técnica es conocido que para determinar el estado de suciedad de los billetes de banco y clasificarlos como aptos o no aptos para la circulación, se realiza la captura (1) de imágenes por reflexión de los billetes a analizar. Esta captura puede ser de solo el anverso, solo del reverso o del anverso y reverso, mediante el empleo de un escáner, una cámara, un array CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) o cualquier otro tipo de módulo de captura digital de imágenes que forma parte del dispositivo de la invención. En el ejemplo de realización se capta la imagen del anverso del billete a analizar y la imagen captada de cada billete ha de tener una resolución suficiente, considerándose el mínimo recomendable 150 dpi (Dots Per Inch o ppp en español), una profundidad de color mínima de 24 bits por pixel y ha de estar en un formato con compresión sin pérdidas.

25 La imagen captada se almacena (2) en un formato estándar con compresión sin pérdidas y se realiza una corrección (3) del color de la imagen captada utilizando el perfil de color ICC del módulo empleado para la captura de la imagen.

30 Es conocido que el perfil ICC del módulo de captura se construye mediante un proceso de calibración, capturando una tarjeta de calibración y comparando el resultado con los valores de referencia proporcionados por el suministrador de la tarjeta de calibración, por lo que no se describe en mayor detalle.

35 El objeto de la fase de corrección de color es garantizar la repetitividad y reproducibilidad del método y del dispositivo, ya que gracias a esta corrección se minimizan las variaciones debidas al módulo de captura. Mediante esta corrección se logra que imágenes del mismo billete procedentes de distintos módulos de captura, o del mismo módulo pero captadas en diferentes momentos, sean semejantes.

40 Sobre la imagen corregida en color se seleccionan (16) una o varias regiones de interés. En el ejemplo de realización de la invención se selecciona una única región de interés de forma rectangular que comprende la zona de la marca de agua del billete, que es la zona en la que el papel no tiene impresión. En cualquier caso, puede utilizarse más de una región de interés y de formas diferentes a la rectangular.

45 Seguidamente se realiza el análisis (4) en el dominio espacial de la región de interés seleccionada. En el caso en que se seleccionaran más regiones de interés, dicho análisis en el dominio espacial se realiza sobre dichas regiones de interés seleccionadas.

En caso de no definirse ninguna región de interés, el análisis se llevara a cabo sobre toda la superficie del billete.

50 Para realizar el análisis (4) en el dominio espacial, la imagen corregida en color se descompone (4a) en los tres canales: Rojo (R), Verde (G) y Azul (B). En cada uno de estos canales se calculan (4b) unos estadísticos seleccionados entre la media aritmética, desviación típica, mediana, modo, máximo, mínimo, coeficiente de Kurtosis y coeficiente de simetría. En el ejemplo de realización de la invención, el análisis se realiza para un billete de 50 € y se ha determinado experimentalmente, tal y como será explicado con posterioridad, que para el análisis en el dominio espacial se obtiene una buena caracterización del estado de uso, calculando la media en el canal verde y la desviación típica en el canal azul de los pixeles encuadrados en la región de interés. En caso de haberse definido más de una región de interés, estos cálculos se realizan sobre los pixeles encuadrados en estas regiones de interés y si no se ha definido ninguna región de interés, estos cálculos se hacen para todos los pixeles de la imagen.

60 En el ejemplo de realización la imagen corregida en color es de 24 bits por pixel y se descompone en los tres canales RGB, cada uno de los cuales tiene 8 bits por pixel. Además los cálculos realizados para el ejemplo de realización se obtuvieron como valor de la media en el canal verde = 45,724 y un valor de la desviación típica en el canal azul = 8,142.

65 Seguidamente sobre el canal verde, se realiza el análisis (5) en el dominio de la frecuencia, para lo que se aplica (5a) la transformada rápida de Fourier o FFT (Fast Fourier Transform), obteniendo entonces una nueva imagen que

recibe el nombre de Power Spectrum. A su vez sobre el Power Spectrum se puede definir una o varias regiones de interés de cualquier forma, calculándose (5b) al menos un estadístico de entre todos los comentados con anterioridad en la zona o zonas de interés del Power Spectrum. En el ejemplo de realización no se ha definido ninguna zona de interés de la región de interés, por lo que este cálculo se hace sobre todos los píxeles del Power Spectrum y se ha determinado experimentalmente, tal y como será explicado con posterioridad, que se obtiene una buena caracterización del estado de uso mediante el cálculo de la desviación típica del valor de los píxeles en la imagen que se obtiene al aplicar la transformada rápida de Fourier en la imagen de la región de interés.

Concretamente en el ejemplo de realización el valor de la desviación típica en el espectro de potencias = 19,436.

En caso de no haberse definido ninguna región de interés en las imágenes corregidas en color, la FFT se aplica a la totalidad de la imagen del billete.

Para establecer experimentalmente los estadísticos que se han de calcular, previamente se realiza una clasificación (6) visual e individual de un conjunto de billetes de la misma denominación que los billetes a analizar, como aptos o no aptos para la circulación. Esta clasificación (6) se realiza por un grupo de expertos prestando especial interés en la región de interés.

Además se capturan (7) las imágenes individuales del conjunto de billetes anteriormente calificados visualmente y se analizan (8), en todos los canales RGB, en el dominio espacial y de la frecuencia, las imágenes individuales de los billetes calificados visualmente, y se obtienen todos los estadísticos mencionados anteriormente (media aritmética, desviación típica, mediana, modo, máximo, mínimo, coeficiente de Kurtosis y coeficiente de simetría).

Seguidamente se analiza (9) la correlación entre la clasificación visual realizada por el grupo de expertos y los datos obtenidos en el análisis en los dominios espacial y de la frecuencia de las imágenes individuales de dichos billetes calificados (6) visualmente, para establecer los canales RGB y los estadísticos que ofrecen una mayor correlación y una mejor caracterización del estado de uso del billete y se toman los valores mínimos como valores de referencia. En el ejemplo de realización los estadísticos calculados que ofrecen una mayor correlación se corresponden con los especificados anteriormente; esto es desviación media en el canal verde, desviación típica en el canal azul y desviación típica en el espectro de potencias del canal verde.

En el ejemplo de realización los estadísticos calculados de los billetes de referencia son: media en el canal verde = 39,440, desviación típica en el canal azul = 6,940 y desviación típica en el espectro de potencias = 10,183.

Se obtienen unos valores de referencia (12) de los estadísticos con mayor correlación del punto anterior, correspondiente a un billete en perfecto estado del mismo tipo que el billete a analizar, para lo que se captan (10) imágenes individuales de un conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar, se selecciona la misma región de interés que en los billetes a analizar, se calculan (11) los estadísticos seleccionados que ofrecen una mayor correlación en la clasificación realizada visualmente, y se toman los valores mínimos como valores de referencia (12).

Seguidamente se combina (13) al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio espacial con al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio de la frecuencia, del billete en análisis, para calcular un valor único denominado FV, en cuyo cálculo se emplean los estadísticos del análisis (9) descrito en el punto anterior que ofrecen una mayor correlación en la clasificación realizada visualmente por el grupo de expertos.

El valor FV se calcula como una distancia, desde el billete objeto de análisis hasta un billete perfectamente limpio tomado como referencia, comentado anteriormente, mediante la ecuación: $FV = (\sum_{i=1}^m C_i * (X_i - X_{Ri})^n)^{1/m}$; donde X_i son los estadísticos seleccionados, X_{Ri} son los valores de referencia para esos estadísticos (p. ej. los valores mínimos), C_i son los factores de corrección de escala, el exponente n es un número positivo y m es el número de estadísticos seleccionados en el cálculo de FV.

El valor del exponente n se obtiene experimentalmente de forma que se maximice el porcentaje de coincidencia entre la clasificación visual realizada y el análisis de dichos billetes clasificados visualmente, tal y como ya fue descrito con anterioridad.

En el ejemplo de realización se han seleccionado los tres estadísticos ya comentados y por tanto $m = 3$ que fue indicado, se obtiene experimentalmente (media canal verde, desviación típica canal azul y desviación típica de la FFT del canal verde). Normalmente m está comprendido entre 2 y 4, ya que con un mayor número de estadísticos el cálculo de FV aumenta mucho en complejidad y los resultados en la clasificación de los billetes como aptos o no aptos para la circulación no mejora casi nada.

En este ejemplo los factores de corrección de escala C_i son 3,37, 107,88 y 26,96, que se obtienen convencionalmente, y el exponente $n = 2,4$.

ES 2 591 228 T3

Por lo tanto, de acuerdo con el ejemplo de realización el $FV = (3,37 \cdot (45,724 - 39,440)^{2,4} + 107,88 \cdot (8,142 - 6,940)^{2,4} + 26,96 \cdot (19,436 - 10,183)^{2,4})^{1/2,4} = 62,66$.

Además se fija (14) un valor FV umbral que en el caso de los billetes de 50 € del ejemplo de realización, es de 50.

- 5 Finalmente se compara (15) el FV calculado, con el FV umbral, para clasificar el billete analizado como apto o no apto para la circulación, en función de que dicho FV calculado sea inferior o superior al FV umbral.

- 10 De acuerdo con el ejemplo de realización si el valor obtenido para el billete objeto del estudio es superior al valor umbral, el billete no es apto para seguir en circulación, y en caso contrario, sí que es apto para seguir en circulación. En el caso que nos ocupa como el valor FV obtenido es 62,66 que es mayor que el valor FV umbral de 50, entonces el billete analizado no es apto para seguir en circulación.

- 15 De acuerdo con la descripción realizada para el cálculo del FV se toman todas o parte de las mediciones obtenidas mediante los análisis en el dominio espacial y en el dominio de la frecuencia, y cuáles se utilizan y cuáles se descartan depende de las características del billete analizado y especialmente del color del papel. En cualquier caso, el mínimo a utilizar en el cálculo del FV es una media o desviación procedente del análisis en dominio espacial y una media o desviación típica procedente del análisis en el dominio de la frecuencia.

- 20 Además la invención se refiere a un dispositivo que, tal y como fue descrito comprende un módulo de captación de imágenes por reflexión (escáner, etc.) que se complementa con un procesador de la imagen digital captada que está configurado para procesar la imagen digital captada de acuerdo con las anteriores fases descritas del método.

REIVINDICACIONES

1. UN MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, que comprende:

- 5 - capturar (1) por reflexión al menos una imagen de al menos una de las caras del billete de banco a analizar, mediante un módulo digital de captura de imágenes por reflexión,
- almacenar (2) la imagen captada en un formato estándar,
- 10 - corregir (3) el color de la imagen captada, utilizando el perfil de color ICC del módulo empleado para la captura de la imagen,
- analizar (4) en el dominio espacial la imagen captada de acuerdo con las siguientes fases:
 - o descomponer (4a) cada imagen captada en los tres canales RGB: Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Blue),
 - o calcular (4b) en al menos uno de los tres canales R, G y B, y sobre el valor de los píxeles que comprenden dicha imagen captada, al menos un estadístico seleccionado entre media aritmética, desviación típica, mediana, modo, máximo, mínimo, coeficiente de Kurtosis y coeficiente de simetría;

caracterizado por que además comprende:

- 20 - analizar (5) en el dominio de la frecuencia la imagen captada de acuerdo con las siguientes fases:
 - o aplicar (5a) la transformación matemática conocida como transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) a la imagen captada en al menos uno de los canales R, G y B, para obtener una nueva imagen denominada “espectro de potencias” (“power spectrum”),
 - 25 o calcular (5b) sobre los píxeles de la imagen captada, del espectro de potencias al menos un estadístico seleccionado entre media aritmética, desviación típica, mediana, modo, máximo, mínimo, coeficiente de Kurtosis y coeficiente de simetría,
- calificar (6) previamente visual e individualmente, como aptos o no aptos para la circulación, un conjunto de billetes de la misma denominación que los billetes a analizar, por un grupo de expertos, prestando especial interés en la región de la imagen captada del billete a analizar,
- 30 - capturar (7) las imágenes individuales del conjunto de billetes previamente calificados visualmente, donde dichas imágenes se corresponden a las imágenes captadas del billete a analizar,
- 35 - analizar (8) en todos los canales RGB y en los dominios espacial y de la frecuencia, las imágenes individuales de los billetes calificados visualmente y obtener todos los estadísticos mencionados previamente,
- analizar (9) la correlación entre la clasificación visual realizada por el grupo de expertos y los datos obtenidos en el análisis en los dominios espacial y de la frecuencia de las imágenes individuales de dichos billetes calificados visualmente, para establecer los canales RGB y los estadísticos que ofrecen una mayor correlación y una mejor caracterización del estado de uso del billete,
- 40 - combinar (13) al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio espacial con al menos un estadístico obtenido mediante el análisis en el dominio de la frecuencia, del billete en análisis, para calcular un único valor numérico, denominado FV (Fitness Value), donde en este cálculo se emplean los estadísticos del análisis (9) descrito en el punto anterior que ofrecen una mayor correlación en la clasificación (6) visual realizada por el grupo de expertos,
- 45 - obtener unos valores de referencia (12) de los estadísticos con una mayor correlación del punto anterior, correspondientes a un billete en perfecto estado del mismo tipo que el billete a analizar, para lo que se captan (10) imágenes individuales del conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar, correspondiente a las imágenes captadas del billete a analizar, se calculan (11) los estadísticos seleccionados que ofrecen una mayor correlación en la clasificación realizada visualmente, y se toman los valores mínimos como valores de referencia (12),
- 50 - fijar (14) un FV umbral y comparar (15) el FV calculado, con el FV umbral, para clasificar el billete analizado como apto o no apto para la circulación, en función de que dicho FV calculado sea inferior o superior al FV umbral.

55 **2. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 1, caracterizado por que** el FV se calcula como una distancia, desde el billete objeto del análisis hasta el billete perfectamente limpio tomado como referencia, mediante la ecuación: $FV = (\sum_{i=1}^m C_i * (X_i - X_{Ri})^n)^{1/n}$, donde X_i son los estadísticos seleccionados, X_{Ri} son los valores de referencia para esos estadísticos, C_i son factores de corrección de escala, m es el número de estadísticos seleccionados en el cálculo de FV que se obtiene experimentalmente y el exponente n es un número positivo que se obtiene experimentalmente de forma que se maximice el porcentaje de coincidencia entre la clasificación visual (6) realizada y el análisis (9) de dichos billetes clasificados visualmente.

65 **3. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 1, caracterizado**

por que entre la fase de corregir (3) el color de la imagen captada y la fase de analizar (4) en el dominio espacial, comprende seleccionar (16) al menos una región de interés de la imagen captada para la caracterización del estado de uso de los billetes, realizándose el análisis espacial (4) y en frecuencia (5) únicamente sobre dicha región de interés, donde la calificación (6) visual por un grupo de expertos se realiza prestando especial interés en la región de interés seleccionada, y donde los valores de referencia (12) se obtienen seleccionando dicha región de interés en las imágenes individuales del conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar.

4. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** comprende seleccionar al menos una zona de la región de interés, de la imagen denominada "espectro de potencias", realizándose el análisis espacial (4) y en frecuencia (5) sobre dicha zona de la región de interés, donde la calificación (6) visual por un grupo de expertos, se realiza prestando especial interés en la zona seleccionada de la región de interés, y donde los valores de referencia (12) se obtienen seleccionando dicha zona de dicha región de interés en las imágenes individuales del conjunto de billetes nuevos de la misma denominación que el billete a analizar.

5. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** cuando el FV calculado es inferior al valor umbral, el billete analizado es clasificado como apto y cuando es superior es clasificado como no apto.

6. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la al menos imagen captada ha de tener al menos una resolución de 150 puntos por pulgada, con una profundidad de color de al menos 24 bits por pixel y en un formato con compresión sin pérdidas.

7. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la selección de una región de interés para la caracterización de la suciedad de los billetes comprende seleccionar una región que carezca de impresión y que represente un porcentaje igual o mayor a un porcentaje previamente establecido de la superficie total del billete.

8. EL MÉTODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el porcentaje previamente establecido que carezca de impresión ha de ser igual o menor que el 10 % de la superficie total del billete.

9. UN DISPOSITIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, **caracterizado por que** comprende:

- un módulo de captura digital de imágenes por reflexión, para capturar al menos una imagen digital de al menos una de las caras de un billete,
- un procesador de la imagen digital captada, configurado para funcionar de acuerdo con el método de las reivindicaciones 1 a 8.

10. EL DISPOSITIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE USO DE LOS BILLETES DE BANCO Y SU CLASIFICACIÓN COMO APTOS Y NO APTOS PARA LA CIRCULACIÓN, según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el módulo de captura digital de imágenes por reflexión está seleccionado entre un escáner, una cámara digital y un array CCD (Dispositivo de Carga Acoplada, Charge Coupled Device).

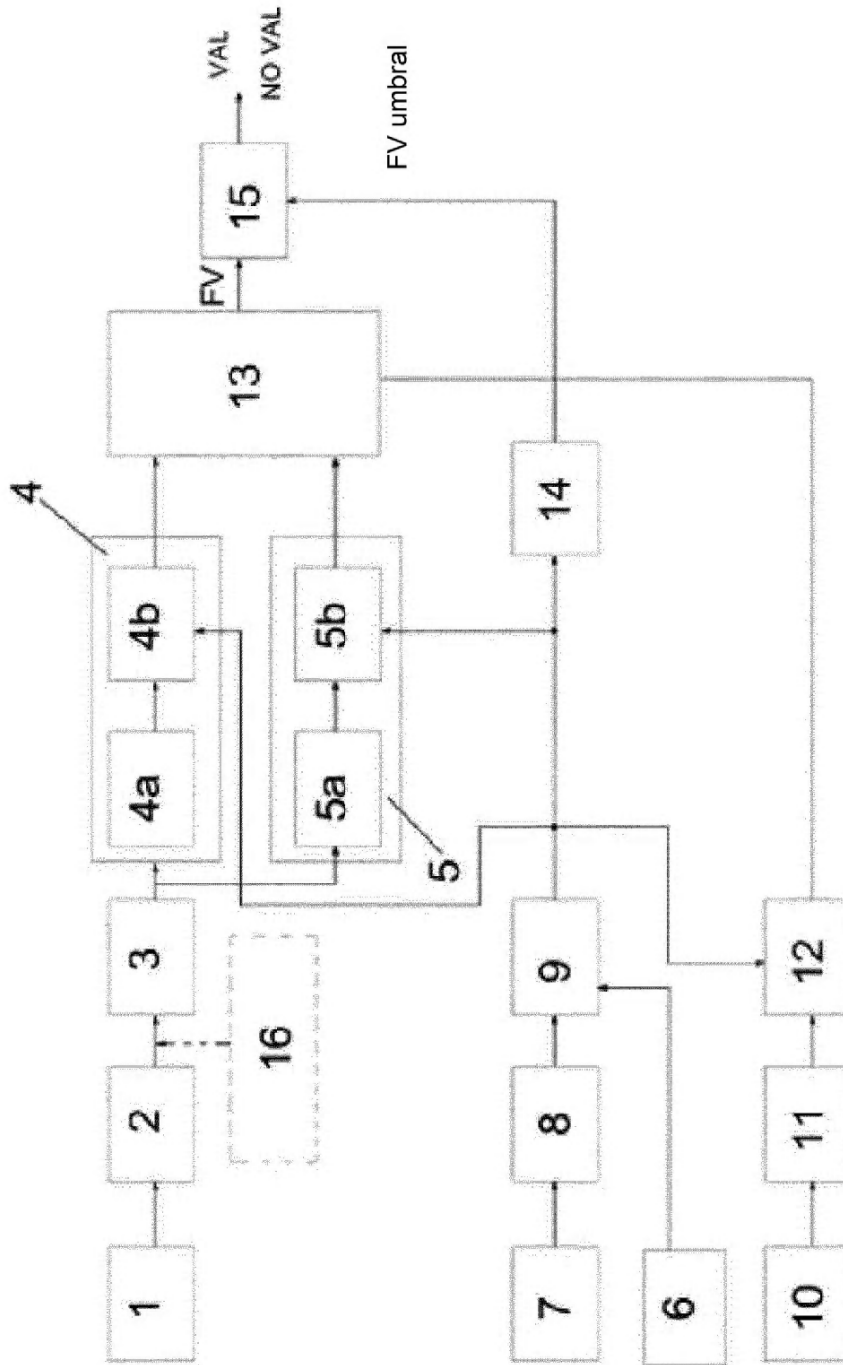


FIG.1