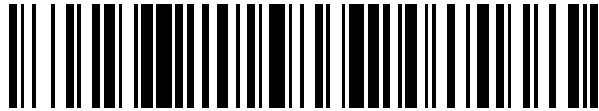


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 373**

21 Número de solicitud: 201731430

51 Int. Cl.:

**G06K 9/62** (2006.01)  
**G06K 9/78** (2006.01)  
**G06K 9/80** (2006.01)  
**G06T 7/00** (2007.01)  
**G06F 15/18** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**19.12.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**02.10.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE LEÓN (100.0%)**  
**Avda. De La Facultad, Nº 25**  
**24071 LEÓN ES**

72 Inventor/es:

**ALEGRE GUTIÉRREZ, Enrique;**  
**MAZO VARGAS, Claudia Ximena;**  
**TRUJILLO URIBE, María Patricia y**  
**FERNÁNDEZ ROBLES, Laura**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE TEJIDOS NO PATOLÓGICOS DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO**

57 Resumen:

Procedimiento y sistema de visión artificial para la descripción y clasificación automática de tejidos no patológicos del sistema cardiovascular humano.

Se describe un procedimiento automatizado para reconocer tejidos no patológicos procedentes del sistema cardiovascular humano, que se basa en el análisis de regiones recortadas de imágenes histológicas digitales de la muestra a clasificar. Dicho procedimiento hace uso de descriptores de textura basados en LBP y a partir de ahí, utilizando un modelo entrenado mediante un SVM en cascada con diferentes kernels, se clasifica el tejido presente en el bloque evaluado como un tejido sano, indicando qué tipo de tejido del sistema cardiovascular humano es, o bien si es un tejido patológico en otro caso.

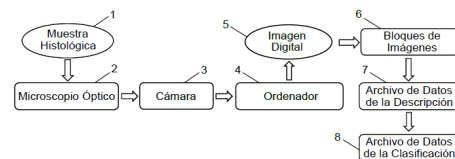


FIG. 1

**PROCEDIMIENTO Y SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA DESCRIPCIÓN Y  
CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE TEJIDOS NO PATOLÓGICOS DEL SISTEMA  
CARDIOVASCULAR HUMANO**

5

**DESCRIPCIÓN**

**OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de la presente invención es un procedimiento y sistema automatizado para clasificar regiones de muestras histológicas, que no presentan patologías, del sistema cardiovascular humano en función de los tejidos fundamentales presentes en ellas. La invención permite reconocer tejido sano indicando al mismo tiempo la clase de tejido a la que pertenece. Esta invención, también permite identificar que un tejido no es normal, posiblemente patológico, pero sin especificar el tipo de patología que presenta.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

El reconocimiento de tejidos en muestras histológicas consiste en identificar la morfología del tejido que a su vez viene determinada por la composición y las características del mismo. El reconocimiento de tejidos y órganos se realiza habitualmente por expertos histólogos, biólogos, patólogos y disciplinas relacionadas en procesos de enseñanza y práctica médica.

20

Sin embargo, el reconocimiento manual de tejidos presenta una serie de inconvenientes. En primer lugar, el número de muestras evaluadas es muy limitado por el elevado tiempo necesario para cada clasificación. Además, el reconocimiento depende en gran medida de la persona que lo ejecuta, aportando subjetividad que genera una disparidad de criterio entre expertos. También, el etiquetado no es siempre fiable, ya que frecuentemente se producen errores derivados por el cansancio y la falta de atención del experto. Por último, es un proceso costoso por los elevados costes asociados al tiempo del experto.

El análisis digital de imagen aplicado al estudio de imágenes médicas en general, y a la clasificación de células, tejido y órganos en imágenes histológicas en particular, empezó a utilizarse hace más de una década. La mayoría de los trabajos realizados hasta el momento en este campo se limitan a la identificación de tejidos patológicos (N. Herv, A. Servais, E. Thervet, J. C. Olivo-Marin, V. Meas-Yedid, "Statistical color texture descriptors for histological images analysis", Biomedical Imaging: From Nano to Macro, 2011 IEEE International Symposium on, 2011, pp. 724-727), la clasificación de órganos en muestras histológicas (D.

35

Zhao, Y. Chen, N. Correa, "Statistical categorization of human histological images", Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference 3,2005, pp. 628-631), y algunos enfocados en el sistema gastrointestinal (DYu, Feiyang, H. Ip, H. S. Horace, "Semantic content analysis and annotation of histological images", Comput. Biol. Med. 38 (6), 2008, pp. 635-649).

5

Sin embargo, no se ha descrito específicamente un método y un sistema para realizar la descripción y clasificación automática de los tejidos normales (sin patologías) del sistema cardiovascular humano.

10 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

El procedimiento y sistema para la clasificación de muestras histológicas de la presente invención permite clasificar y etiquetar automáticamente grandes repositorios de imágenes histológicas obtenidas mediante tecnología digital (cámara digital conectada a un microscopio para capturar imágenes) disponible en hospitales o distribuidos a través de los dispositivos de almacenamiento de histólogos.

15

El etiquetado automático frente al etiquetado manual por un experto anula la subjetividad, los errores por cansancio y falta de atención, la disparidad de criterio entre expertos, los costes asociados al tiempo del experto, disminuye el tiempo necesario para la clasificación y aumenta la fiabilidad del etiquetado. Por este motivo, este procedimiento puede ser utilizado en hospitales y clínicas, para realizar una detección temprana de tejidos considerados como "anormales". La presente invención puede ser también aplicada en el entrenamiento o aprendizaje a distancia de histólogos. La disposición de grandes conjuntos de imágenes histológicas etiquetadas y las posibilidades actuales para adquirirlas y enviarlas a un sistema de forma remota, permite que estudiantes de histología mejoren su conocimiento de los tejidos, pudiendo recibir realimentación, en este caso un diagnóstico automático, para las imágenes digitales de muestras que envíen al sistema, lo que aumentaría su conocimiento del aspecto normal del tejido y del aspecto que refleja cuando sufre patologías.

20

25

30 El procedimiento de la invención permite realizar la clasificación automática de tejidos no patológicos del sistema cardiovascular mediante la descripción de la textura de bloques, de tamaño 100x100 píxeles, de una imagen histológica obtenida mediante microscopio. Los tejidos clasificados son: (i) tejido muscular cardíaco de corazón, (ii) tejido muscular liso de arteria muscular, (iii) tejido muscular liso de arteria elástica, (iv) tejido muscular liso de vena de gran calibre, y (v) tejido conectivo laxo.

35

En una realización preferente de la invención este procedimiento se aplica a imágenes histológicas del sistema cardiovascular humano, aunque se puede extender a otro tipo de imágenes histológicas de otros sistemas del cuerpo humano o animal, como al sistema digestivo.

En la presente descripción, se entiende que las operaciones basadas en los tamaños de los bloques se realizan teniendo en cuenta los aumentos a los que se toma la imagen en cada aplicación concreta. En la presente invención, el término “bloque” se emplea de manera general para designar un área cuadrada de la imagen histológica de un tamaño tal que contenga únicamente tejido cardiovascular perteneciente a una clase y no se solape con otros bloques. Por otro lado, se emplea de manera general el término “imagen” para hacer referencia tanto a imágenes fijas (o fotografías) como a cada una de las imágenes presentes en una secuencia (o vídeo).

El procedimiento para la clasificación automática de tejidos del sistema cardiovascular de la presente invención comprende las siguientes etapas:

1. Preparación de muestras histológicas: Se adquiere una muestra histológica de diferentes órganos que se desea analizar, siguiendo un protocolo de laboratorio para controlar el proceso de tinción con Hematoxilina Eosina y Tricrómica de Masson.

2. Adquisición y particionamiento de las imágenes: Se adquiere una imagen de la muestra histológica que se desea analizar, capturada como una imagen fija o procedente de una secuencia de vídeo, utilizando una cámara digital acoplada al microscopio. La cámara digital envía la imagen digital adquirida a un ordenador, en el cual se analiza. Esta imagen, por tanto, contiene una zona o área de la muestra histológica la cual alcanza a cubrir el campo de visión del microscopio. A continuación, y de acuerdo con una realización preferente de la invención, se realiza un particionamiento de las imágenes en bloques con el objeto de mejorar la eficiencia computacional y la precisión de la clasificación. En una realización preferente se fija el tamaño de un bloque a 100x100 píxeles teniendo en cuenta que no se solape con otros bloques.

3. Descripción de los tejidos: Los bloques de los tejidos a identificar presentan visualmente similitud intra-clase y diferencia inter-clase. Los bloques se describen extrayendo

características de su textura, la cual está relacionada con la morfología y disposición del tejido. Por lo tanto, la descripción de la información visual de la imagen en cuanto a su textura proporciona información relevante y discriminatoria para el reconocimiento y clasificación de los tejidos. El procedimiento se basa en aplicar un descriptor de textura a los bloques. De acuerdo con una realización preferente de la invención, la descripción de un bloque se realiza mediante un vector de características numérico de 292 elementos obtenido mediante la concatenación de patrones binarios locales (LBP, "Local Binary Pattern") y de patrones binarios locales invariantes a la rotación (LBPri, "Local Binary Pattern Rotation Invariant").

4. Clasificación de tejidos: Por último, se procede a la clasificación de los bloques utilizando una técnica de aprendizaje supervisado. De acuerdo con una realización preferente de la invención, el método de clasificación supervisada óptimo es una máquina de vectores de soporte (SVM, "Support Vector Machine"). La clasificación se lleva a cabo en dos fases. En una primera fase se clasifican los bloques en alguno de los siguientes tejidos: (i) tejido muscular liso de vena de gran calibre y de arteria elástica; (ii) tejido muscular liso de arteria muscular; (iii) tejido muscular cardiaco de corazón; y (iv) tejido conectivo laxo. De acuerdo con una realización preferente de la invención se utiliza una SVM con un kernel o núcleo lineal. En la segunda fase, los bloques de la clase (i) tejido muscular liso de vena de gran calibre y de arteria elástica se vuelven a clasificar en los tejidos: (a) tejido muscular liso de vena de gran calibre y (b) tejido muscular liso de arteria elástica. Según la realización preferente de la invención para esta segunda clasificación se utiliza una SVM con un kernel o núcleo polinomial.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de visión artificial para la descripción y clasificación automática de tejidos no patológicos del sistema cardiovascular a partir de imágenes digitales de muestras histológicas. El sistema comprende medios de procesamiento de datos, tales como un ordenador, configurados para adquirir una imagen digital de una muestra histológica de tejido cardiovascular no patológico; dividir la imagen digital en bloques de imágenes no solapadas de tamaño rectangular; seleccionar los bloques de imágenes que contienen un solo tipo de tejido; describir los bloques de imágenes seleccionados mediante descriptores de textura, generando un vector de características; determinar la clase de tejido presente en cada bloque de imágenes seleccionado utilizando el vector de características de los bloques y un algoritmo de aprendizaje supervisado en cascada, y clasificar los bloques de imágenes según la clase de tejido determinada.

35

En una realización preferente de la invención, el sistema comprende una cámara digital acoplada a un microscopio óptico y que está configurada para capturar la imagen digital a partir de la muestra histológica. El sistema también puede comprender unos medios de almacenamiento de datos donde se almacena un archivo de datos de la descripción con los resultados obtenidos de la descripción, y un archivo de datos de la clasificación con los resultados de la clasificación.

Por último, la presente invención también se refiere a un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a la práctica el procedimiento anteriormente descrito cuando el programa se ejecuta en un procesador. El producto de programa está preferentemente almacenado en un medio de soporte de programas. Los medios de instrucciones de programa pueden tener la forma de código fuente, código objeto, una fuente intermedia de código y código objeto, por ejemplo, como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para uso en la puesta en práctica de los procesos según la invención.

El medio de soporte de programas puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de soportar el programa. Por ejemplo, el soporte podría incluir un medio de almacenamiento, como una memoria ROM, una memoria CD ROM o una memoria ROM de semiconductor, una memoria flash, un soporte de grabación magnética, por ejemplo, un disco duro o una memoria de estado sólido (SSD, del inglés *solid-state drive*). Además, los medios de instrucciones de programa almacenados en el soporte de programa pueden ser, por ejemplo, mediante una señal eléctrica u óptica que podría transportarse a través de cable eléctrico u óptico, por radio o por cualquier otro medio.

Cuando el producto de programa va incorporado en una señal que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, el soporte de programa puede estar constituido por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Como variante, el soporte de programa puede ser un circuito integrado en el que va incluido el producto de programa, estando el circuito integrado adaptado para ejecutar, o para ser utilizado en la ejecución de los procesos correspondientes.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

A continuación, se describen de manera muy breve una serie de figuras que ayudan a

comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

5 La Fig. 1 muestra un esquema simplificado de un sistema capaz de llevar a cabo el procedimiento de la invención.

La Fig. 2 muestra ejemplos de bloques de imágenes histológicas de cada clase de tejido.

10 La Fig. 3 muestra una representación numérica del procedimiento para la obtención del valor del descriptor de textura LBP para un píxel cualquiera.

La Fig. 4 muestra los patrones uniformes y no uniformes en el cálculo del descriptor de textura LBPri para un píxel cualquiera.

## 15 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

Se describe a continuación un ejemplo de procedimiento de acuerdo con la invención, haciendo referencia a las figuras adjuntas. La **Figura 1** muestra un esquema simplificado de un sistema de captura que comprende a un microscopio óptico 2 (que podría ser, por ejemplo, un modelo Leica DM750-M), donde se dispone una muestra de tejido o muestra histológica 1. El microscopio óptico 2 tiene acoplada una cámara digital 3, y a su vez está conectado a un ordenador 4, bien mediante una tarjeta digitalizadora, mediante una conexión FireWire, mediante una conexión inalámbrica, o bien de la forma que el microscopio óptico 2 requiera para que la imagen capturada llegue al ordenador 4 como una imagen digital 5 de la muestra histológica 1. La imagen digital 5 es particionada (esto es, separada o dividida) en bloques de imágenes 6 o pequeñas particiones no solapadas de tamaño rectangular, que son almacenados en el ordenador 4. Un archivo de datos de la descripción 7 permite almacenar los resultados obtenidos de la descripción y un archivo de datos de la clasificación 8 permite almacenar los resultados de la clasificación. A continuación, se describe cada paso del procedimiento de la invención.

30 La preparación de las muestras histológicas 1 comprende un proceso que sigue un protocolo de laboratorio que incluye toma de la muestra, deshidratación, inclusión, fijación, corte, coloración y montaje. En la etapa de coloración se utilizan las tinciones Hematoxilina Eosina y Tricrómica de Masson. El objeto de esta operación es obtener las muestras histológicas de  
35 diferentes órganos.

A continuación, se procede a la adquisición y particionamiento de las imágenes. En primer lugar, siguiendo el esquema presentado en la Figura 1, se deposita en el microscopio 2 la muestra histológica 1 que se quiere analizar y se ilumina y enfoca apropiadamente para que la imagen aparezca nítida. El sistema se ha evaluado con imágenes tomadas a 10x, pero el mismo método puede funcionar con otras configuraciones. La ventaja de utilizar un aumento de 10x es que se analizan con el mismo objetivo que utilizan los expertos del área médica para analizar las muestras.

La **Figura 2** muestra ejemplos de bloques de imágenes de cada clase de tejido, agrupados por filas: tejido muscular cardíaco del corazón 6a; tejido muscular liso de arteria muscular 6b; tejido muscular liso de arteria elástica 6c; tejido muscular liso de vena de gran calibre 6d; tejido conectivo laxo 6e. Aunque lo ideal sería conseguir bloques de imágenes que contengan únicamente un tejido, tal y como se muestra en la Figura 2, en la práctica, al realizar el particionamiento automático, hay situaciones en las que en cada bloque aparecen varios tejidos. Para evitar esta situación, se realiza un procesamiento de la imagen digital 5 obtenida para obtener regiones no superpuestas de tamaño 100x100 píxeles y seleccionar aquellas que contienen información de un solo tejido. La partición de las imágenes en bloques se obtiene mediante el uso de una ventana deslizante de tamaño 100x100 píxeles que recorre la imagen por completo, trasladándose una distancia de 100 píxeles en cada movimiento para evitar solapamientos con su anterior o posterior ubicación. Para determinar si en un bloque aparece más de un tejido, se utiliza una medida de homogeneidad de los niveles de gris de la imagen. La medida utilizada puede ser el valor de homogeneidad propuesto por Haralick que se calcula sobre sobre la matriz de coocurrencia de los niveles de grises (GLCM) o cualquier otro descriptor de textura que permita determinar dicho valor.

En la siguiente etapa se procede a la descripción de los tejidos. Para describir un bloque se obtiene un vector de características que contiene información sobre su textura. La obtención del vector se realiza como se explica a continuación.

Se calculan descriptores de texturas basados en patrones binarios locales, LBP (T. Ojala, M. Pietikäinen, T. Mäenpää, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 24 (7), 2002, pp. 971–987) y en patrones binarios locales invariantes a la rotación, LBPri (M. Pietikinen, T. Ojala, Z. Xu, "Rotation-invariant texture classification using feature distributions", Pattern



Recognition 33, 2000, pp. 43–52). Dado un bloque a evaluar, se obtiene un vector descriptor concatenando los valores de los descriptores de textura LBP y LBPri, ambos con un radio igual a 1 y 8 vecinos.

- 5 Para cada píxel A del bloque, el método LBP calcula un código comparando el nivel de gris del píxel con los niveles de gris de los píxeles vecinos utilizando la fórmula:

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} S(g_p - g_c) 2^p \quad s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0; \end{cases} \quad (1)$$

10 donde  $g_c$  es el valor del píxel central,  $g_p$  es el valor de sus píxeles vecinos, P es el número total de vecinos (P=8) y R es el radio utilizado para determinar el vecindario (R=1). La **Figura 3** muestra un ejemplo del procedimiento utilizado para la obtención del valor numérico del descriptor de textura LBP para un píxel A cualquiera, con 8 vecinos y radio 1. El recuadro central izquierdo corresponde a  $s(g_p - g_c)$  y el recuadro central derecho a  $2^p$ , de forma que multiplicando los valores de ambos recuadros según la ecuación (1) se obtiene el LBP del  
15 píxel A:

$$LBP(A) = 1 + 2 + 4 + 8 + 128 = 143$$

Por otro lado, el método LBPri asigna un identificador único para cada rotación de LBP definido por la siguiente ecuación:

20

$$LBP_8^{ri36} = \min ROR(LBP_8, i), \quad i = \{0, 1, \dots, 7\}, \quad (2)$$

Donde  $ROR(x, i)$  realiza un desplazamiento circular a la derecha sobre los N-vecinos  $i$  veces. La **Figura 4** representa un ejemplo de los 36 patrones binarios invariantes a la rotación de  
25 LBPri con 8 vecinos y radio 1, donde los círculos negros corresponden a los píxeles con valor 0 y los círculos blancos los píxeles con valor 1. La primera fila representa los nueve patrones uniformes, mientras que el resto no son uniformes. La Figura 4 muestra por tanto los posibles patrones generados por LBPri que pueden ser considerados como detectores de características, por ejemplo: el patrón #0 detecta puntos brillantes, el patrón #3 esquinas  
30 brillantes, el patrón #4 bordes y el patrón #5 áreas oscuras o planas.

El descriptor final de cada bloque se conforma mediante la concatenación de los vectores obtenidos mediante LBP y LBPri. De esta manera, teniendo un bloque se obtendrá  $LBP = [l_0, l_1, \dots, l_{255}]$ , donde  $l_i$  contiene el número de píxeles cuyo valor de LBP es "i", para dicho bloque,

y  $LBP_{ri} = [lr_1, lr_2, \dots, lr_{36}]$ , donde  $lr_i$  contiene el número de veces que el patrón “ri” aparece en el bloque analizado. Finalmente, el vector que describe la información de textura será:

$$F_{TD} = [LBP, LBPri] = [l_0, l_1, \dots, l_{255}, lr_1, lr_2, \dots, lr_{36}], \quad (3)$$

5

donde  $F_{TD}$  es el descriptor característico del bloque. La concatenación entre LBP y LBPri aumenta la dimensión del vector característico y también mejora la descripción del bloque. LBP genera un vector de 256 elementos y LBPri genera un vector de tamaño 36, lo que significa que la dimensión del descriptor  $F_{TD}$  es de 292 (que resulta de la suma de 256 y 36).

10

A continuación, se utilizan algoritmos de aprendizaje supervisado para la clasificación de tejidos y para determinar el tejido presente en un bloque. Los bloques se clasifican en una de las siguientes cinco clases de tejidos: (i) tejido muscular cardiaco de corazón, (ii) 30 tejido muscular liso de arteria muscular, (iii) tejido muscular liso de arteria elástica, (iv) tejido muscular liso de vena de gran calibre, y (v) el tejido conectivo laxo. El proceso de clasificación se realiza en dos pasos, o cascada, como se describe a continuación.

15

El primer paso consiste en la clasificación de cada bloque en cuatro posibles clases utilizando una máquina de vectores de soporte (SVM) con kernel lineal: (i) tejido muscular liso de vena de gran calibre y de arteria elástica; (ii) tejido muscular liso de arteria muscular; (iii) tejido muscular cardiaco de corazón; y (iv) tejido conectivo laxo. El segundo paso consiste en una reclasificación de la clase (i) tejido muscular liso de vena de gran calibre y de arteria elástica utilizando una máquina de vectores de soporte (SVM) con kernel polinomial para diferenciar las clases de tejido: (a) tejido muscular liso de vena de gran calibre y (b) tejido muscular liso de arteria elástica.

20

25

El procedimiento concluye cuando se clasifican los bloques en una de las cinco clases posibles, obteniendo un listado con la clase asignada para cada bloque.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la descripción y clasificación automática de tejidos no patológicos del sistema cardiovascular a partir de imágenes digitales (5) de muestras histológicas (1),  
5 caracterizado porque comprende los siguientes pasos:
- adquirir una imagen digital (5) de una muestra histológica (5) de tejido cardiovascular no patológico;
  - dividir la imagen digital (5) en bloques de imágenes (6) no solapadas de tamaño rectangular;
  - 10 - seleccionar los bloques de imágenes (6) que contienen un solo tipo de tejido utilizando una medida de homogeneidad de la textura del bloque;
  - describir los bloques de imágenes (6) seleccionados mediante descriptores de textura, generando un vector de características;
  - 15 - determinar la clase de tejido presente en cada bloque de imágenes (6) seleccionado utilizando el vector de características de los bloques y un algoritmo de aprendizaje supervisado en cascada, y clasificar los bloques de imágenes (6) según la clase de tejido determinada.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la adquisición de la imagen digital (5)  
20 comprende la captura de dicha imagen digital (5) a partir de la muestra histológica (1) mediante una cámara digital (3) acoplada a un microscopio óptico (2).
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la descripción de los bloques de imágenes (6) comprende:
- 25 - calcular un vector de textura resultante de aplicar un descriptor de patrones binarios locales, LBP, de tamaño 256;
  - obtener un vector de textura resultante de aplicar un descriptor de patrones binarios locales invariantes a la rotación, LBPr<sub>i</sub>, de tamaño 36;
  - 30 - concatenar dichos vectores de textura, formando un único vector de características de 292 elementos, usado como descriptor final de cada bloque de imágenes (6).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de clasificación de los bloques de imágenes (6) comprende:
- 35 - entrenar un sistema de aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado utilizando una máquina de vectores de soporte, SVM, con kernel lineal;

- entrenar un sistema de aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado utilizando una máquina de vectores de soporte, SVM, con kernel polinomial;

- clasificar, utilizando el sistema de aprendizaje automático entrenado en cascada, el tejido del sistema cardiovascular humano presente en cada bloque de imágenes (6) en una de las cinco clases definidas:

5

- tejido muscular cardiaco de corazón,
- tejido muscular liso de arteria muscular,
- tejido muscular liso de arteria elástica,
- tejido muscular liso de vena de gran calibre, y
- tejido conectivo laxo.

10

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende mostrar una etiqueta de cada bloque de imágenes (6) una vez ha sido clasificado.

15

6. Sistema de visión artificial para la descripción y clasificación automática de tejidos no patológicos del sistema cardiovascular a partir de imágenes digitales (5) de muestras histológicas (1), caracterizado por que comprende medios de procesamiento de datos (4) configurados para:

20

- adquirir una imagen digital (5) de una muestra histológica (5) de tejido cardiovascular no patológico;

- dividir la imagen digital (5) en bloques de imágenes (6) no solapadas de tamaño rectangular;

- seleccionar los bloques de imágenes (6) que contienen un solo tipo de tejido utilizando una medida de homogeneidad de la textura del bloque;

25

- describir los bloques de imágenes (6) seleccionados mediante descriptores de textura, generando un vector de características;

- determinar la clase de tejido presente en cada bloque de imágenes (6) seleccionado utilizando el vector de características de los bloques y un algoritmo de aprendizaje supervisado en cascada, y clasificar los bloques de imágenes (6) según la clase de tejido determinada.

30

7. Sistema según la reivindicación 6, que comprende una cámara digital acoplada a un microscopio óptico (2) y configurada para capturar la imagen digital (5) a partir de la muestra histológica (1).

35

8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, que comprende unos medios de almacenamiento de datos donde se almacena un archivo de datos de la descripción (7) con los resultados obtenidos de la descripción, y un archivo de datos de la clasificación (8) con los resultados de la clasificación.

5

9. Un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 cuando el programa se ejecuta en un procesador.

10 10. Un producto de programa según la reivindicación 9, almacenado en un medio de soporte de programas.

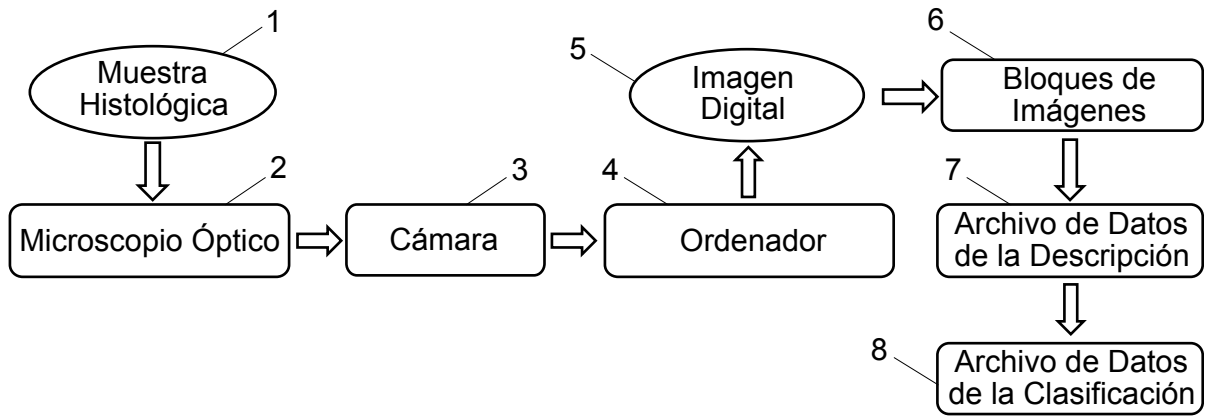


FIG. 1

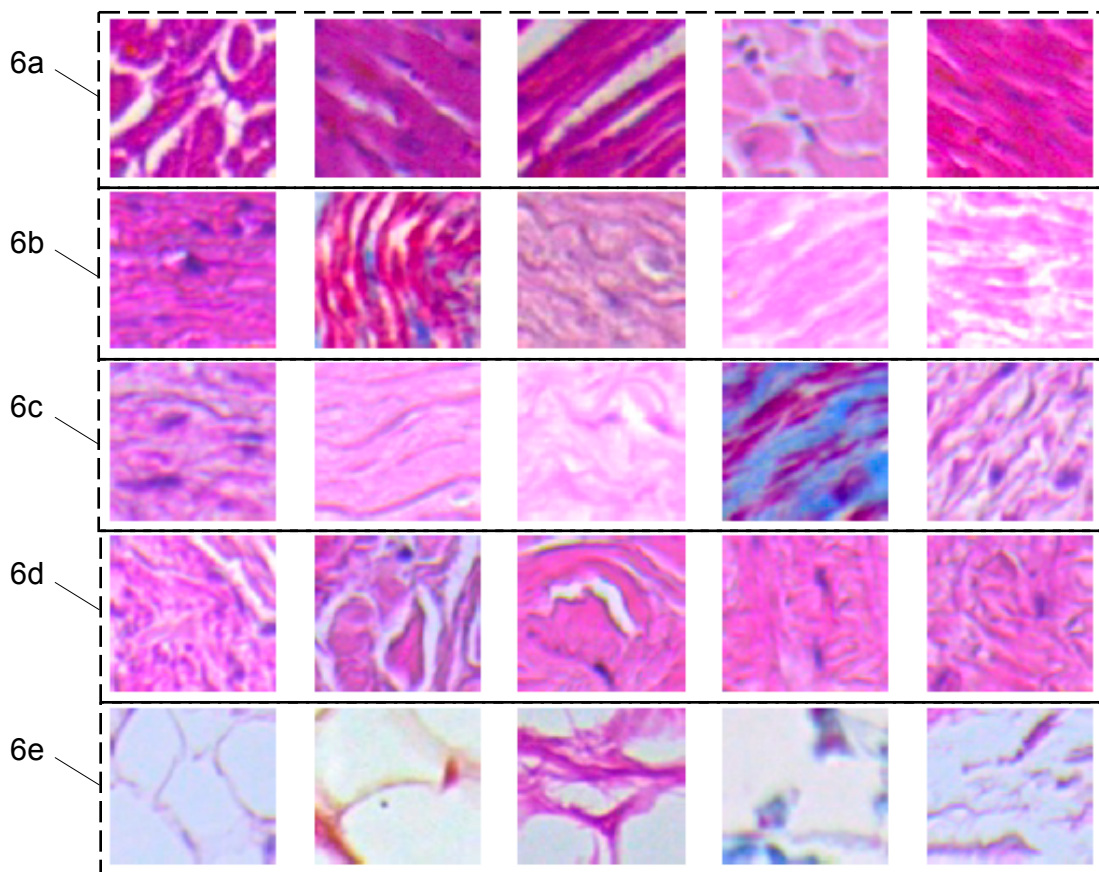


FIG. 2

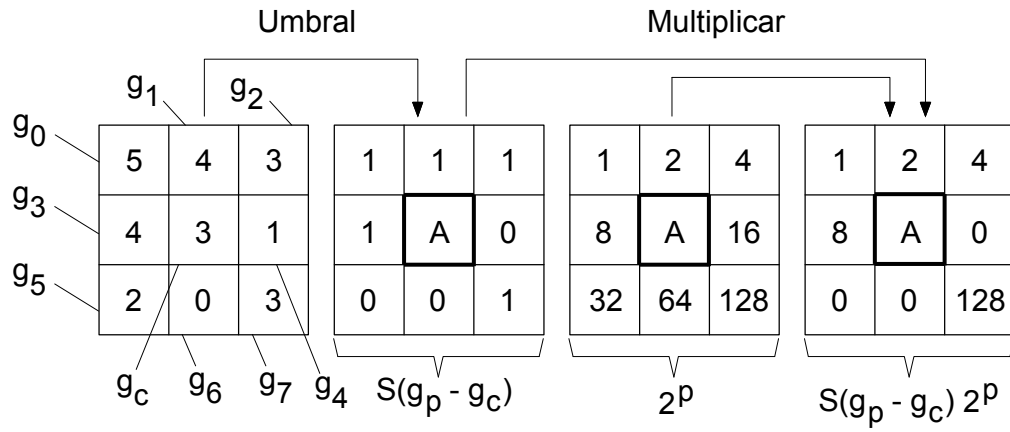


FIG. 3

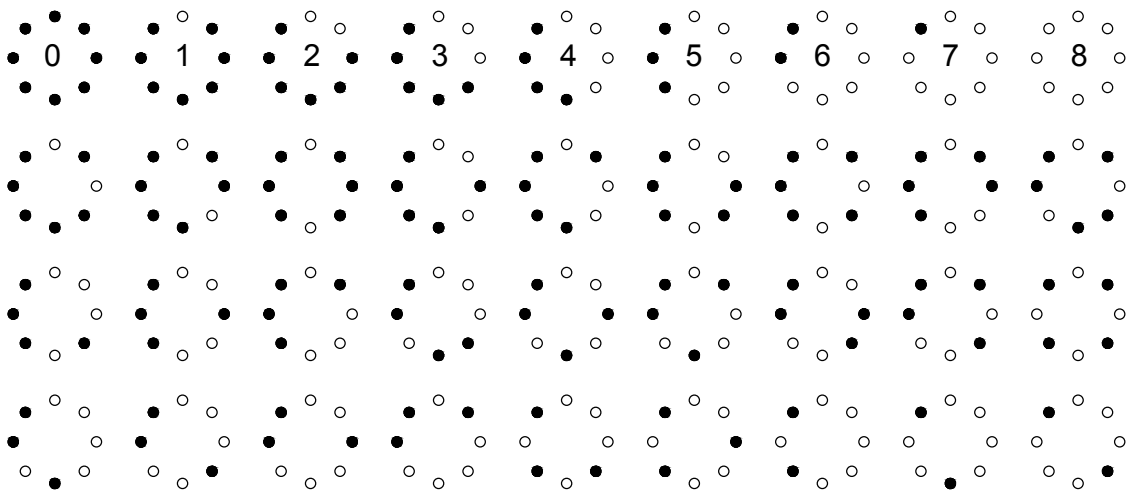


FIG. 4



- ②① N.º solicitud: 201731430  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.12.2017  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	MAZO, CLAUDIA et al. Classification of cardiovascular tissues using LBP based descriptors and a cascade SVM. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 10/06/2017, Vol. 147, Páginas 1-10	1-10
X	US 2017243051 A1 (CHUKKA et al.) 24/08/2017, párrafos [2, 22, 23, 32, 33, 43, 48, 88];	1-10
X	WO 2013019856 A1 (SIEMENS HEALTHCARE DIAGNOSTICS INC) 07/02/2013, párrafos [6 - 12]; párrafos [36 - 100];	1-10
A	WO 2017051190 A1 (PATHXL LTD.) 30/03/2017, página 1, líneas 4 - 8; página 4, línea 4 - página 35, línea 24;	1-10
A	US 2017169276 A1 (AGAIAN et al.) 15/06/2017, párrafos [3, 189, 198, 216, 260];	1-10
A	WO 2017051195 A1 (PATHXL LTD) 30/03/2017, página 1, líneas 5 - 9; página 4, línea 5 - página 12, línea 5;	1-10

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  
24.09.2018

Examinador  
A. Cárdenas Villar

Página  
1/2



## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**G06K9/62** (2006.01)  
**G06K9/78** (2006.01)  
**G06K9/80** (2006.01)  
**G06T7/00** (2017.01)  
**G06F15/18** (2006.01)

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

G06K, G06T, G06F

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

INVENES, EPODOC, DWPI, NPL, INSPEC, BIOSIS, MEDLINE