



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 147 533**
②① Número de solicitud: 009802509
⑤① Int. Cl.⁷: A61B 5/00
G06T 7/00

①②

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **30.11.1998**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.2000**

Fecha de concesión: **12.02.2001**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.04.2001**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
01.04.2001

⑦③ Titular/es: **UNIVERSIDAD DE SEVILLA,
Vicerrectorado de Investigación
Valparaíso, 5, 2 planta
41013 Sevilla, ES**

⑦② Inventor/es: **Gómez González, Emilio**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía mediante combinación de filtrado de histogramas e identificación holográfica.**

⑤⑦ Resumen:

Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía mediante combinación de filtrado de histogramas e identificación holográfica.

Método para el análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía mediante combinación de filtrado e identificación holográfica que permite cuantificar, de manera automatizada, el grado de coincidencia de la imagen de un elemento, estructura o lesión -de interpretación conocida- en cada punto o zona de otra imagen (obtenida por el mismo procedimiento).

Este método comprende una cierta combinación de técnicas de filtrado de histogramas con un proceso de filtrado e identificación holográfica de imágenes. De esta manera, resulta posible localizar en una imagen la presencia total o parcial de elementos similares al buscado de interpretación conocida- aún cuando éste proceda de otra imagen (del mismo tipo), aparezca en una escala de tamaño u orientación diferentes o se encuentre aparentemente oculto en un fondo complejo.

Resulta particularmente útil en el análisis de imágenes médicas obtenidas mediante cualquiera de los procedimientos y/o técnicas disponibles (tomografía, ecografía, resonancia magnética nuclear, radiografía, ...). También puede ser aplicado a la interpretación y análisis de imágenes obtenidas mediante las diversas técnicas de microscopía.

ES 2 147 533 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía mediante combinación de filtrado de histogramas e identificación holográfica.

Objeto de la invención

Se presenta un método para el análisis de coincidencias de imágenes médicas mediante filtrado e identificación holográfica.

El método propuesto permite cuantificar, de manera automatizada, el grado de coincidencia de la imagen de un elemento, estructura o lesión -de interpretación conocida- en cada punto o zona de otra imagen (obtenida por el mismo procedimiento).

Este método comprende una cierta combinación de técnicas de filtrado de histogramas con un proceso de filtrado e identificación holográfica de imágenes. De esta manera, resulta posible localizar en una imagen la presencia total o parcial de elementos similares al buscado -de interpretación conocida- aún cuando éste proceda de otra imagen (del mismo tipo), aparezca en una escala de tamaño u orientación diferentes o se encuentre aparentemente oculto en un fondo complejo.

Resulta particularmente útil en el análisis de imágenes médicas obtenidas mediante cualquiera de los procedimientos y/o técnicas disponibles (tomografía, ecografía, resonancia magnética nuclear, radiografía, ...). También puede ser aplicado a la interpretación y análisis de imágenes obtenidas mediante las diversas técnicas de microscopía.

Estado de la técnica

Desde el descubrimiento de la radiografía convencional y el desarrollo de sus diferentes modalidades (mamografía, angiografía, ...) hasta los recientes avances en las técnicas más modernas (resonancia magnética nuclear, tomografía por emisión de positrones, ...) las interacciones de los elementos del cuerpo humano y sus procesos bioquímicos con los diversos agentes físicos -rayos X, ultrasonidos, ondas de radiofrecuencia, partículas radiactivas, radiación luminosa visible, infrarroja y ultravioleta- permiten obtener una imagen de la anatomía, fisiología y/o actividad de la región del cuerpo considerada, bien mediante la impresión directa sobre una superficie sensible, bien mediante una reconstrucción informática de los datos registrados.

Las imágenes así obtenidas se caracterizan, en general, por su complejidad y dificultad de interpretación, debidas, entre otros factores, a los efectos originados por la superposición de diferentes estructuras y órganos, la propia complejidad y variabilidad de los mismos, los diversos mecanismos simultáneos de interacción de los agentes físicos, y los niveles de ruido de fondo asociados a los detectores y procedimientos de medida y caracterización utilizados.

La generalización del uso y disponibilidad de ordenadores de gran capacidad y velocidad de cálculo así como la rápida evolución de los sistemas de captación (digitalización) de imágenes originalmente no disponibles en soporte informático -las radiografías convencionales, por ejemplo- abren la puerta a un prometedor cam-

po de investigación y desarrollo tecnológico, genéricamente denominado procesado de imágenes médicas.

En este último, los procesos de manipulación y análisis de las imágenes médicas son la base de los denominados sistemas de diagnóstico asistido por ordenador (NOTA (Conocidos también por sus siglas en inglés, computer-aided diagnosis, (CAD))), orientados a facilitar al usuario de los mismos la interpretación y evaluación correcta de las imágenes consideradas, especialmente en cuanto se refiere a la posible presencia en las mismas de elementos difícilmente discernibles pero de interés diagnóstico y/o clínico.

Dentro del campo del procesado de imágenes médicas, los métodos utilizados en la actualidad, incluyendo los implementados en programas informáticos distribuidos comercialmente, se centran, en su práctica totalidad, en procedimientos de realce de formas y contornos, segmentación de imágenes, suavizados y análisis de texturas, opacidades y densidades ópticas.

Se han localizado métodos para procesado de imágenes médicas basados en algunas de las técnicas expuestas en los epígrafes anteriores, como detección de sombras o regiones con puntos de similar intensidad (US5732121. Fuji Photo, Film Co. Ltd, "Abnormal shadow detecting method. in radiated picture for medical diagnosis of injury or illness involves detecting abnormal shadow, based on information search corresponding to obtained histogram") (JP8111817. Toshiba Medical Eng. Co. Ltd. "Shadow detector for medical diagnosis of neoplasm such as cancer adds and displays number of images extracted by filter whose characteristic corresponds to size of each shadow"), identificación de objetos con alto contraste respecto al tejido que lo rodea (US5544219. GE Medical System S.A. "Automatic location of salients in mammographic images uses thresholding of digitised X-ray image to produce binary version that is filtered under morphological criteria to form projections"), determinación de las características de intensidad de los puntos en un cierto entorno (EPO766205. Philips Electronics NV. "Image processing technique for digital medical images for detection of cancer analysing vectors surrounding points within image to determine probability that specific image features correspond to cancer regions"), métodos de selección y optimización continua del ancho de banda de las imágenes visualizadas (E95307168. Advanced Technology Laboratories Inc. "Sistema de formación de imágenes de diagnóstico ultrasónico con una función de ampliación mejorada") y procedimientos de generación de imágenes tridimensionales y cálculos de áreas y volúmenes.

Sin embargo, no se encuentran referencias en el campo a ningún método orientado a identificar una imagen total o parcialmente contenida en otra, ni a cuantificar el grado de coincidencia de dos imágenes. Tampoco hay referencias acerca de la combinación de las diversas técnicas de filtrado de histogramas con el procesado de filtrado holográfico empleada en el método propuesto.

Los más recientes trabajos de investigación en técnicas de diagnóstico por imagen y diagnóstico asistido por ordenador se orientan, principal-

mente, al almacenamiento e interconexión de las imágenes en bases de datos y a su análisis e interpretación mediante algoritmos basados en redes neuronales, lógica difusa, y otros procedimientos combinados con los métodos de procesado de imagen anteriormente citados, sin ninguna referencia a combinaciones con filtrado holográfico ni similares.

Asimismo, existen patentes de procesos de reconocimiento en aplicaciones muy concretas, como el análisis de la estructura de las imágenes de microcalcificaciones (E94107336. Visit Gmbh. Personal Datacard Systems. "Proceso para el reconocimiento de modificaciones de estructuras agrupadas de forma enclaustrada en el diagnóstico medicinal bajo utilización de una imagen correspondiente, en particular para el reconocimiento de sedimentaciones microcalcáreas en forma de puntos en mamografía"), procesos de filtrado de ruido de las imágenes de rayos-X, medida de las diferencias entre las imágenes filtradas y sin filtrar (DE3826285. University of Chicago. Detection of abnormal anatomical regions in digital X-ray image differencing noise enhanced and noise suppressed images and evaluating large amplitude pixel regions") y procesos automatizados de interpretación de datos relacionados con la diabetes (E91117600. Bayer Corporation. "Análisis de datos de diabetes y sistema de interpretación").

En el campo genérico de las técnicas de filtrado óptico, incluyendo métodos de filtrado holográfico basados en filtros de VanderLugt, las aplicaciones desarrolladas se centran en métodos de procesado de imágenes de radares de apertura sintética, sistemas de seguimiento de objetivos, identificadores de caracteres tipográficos y métodos de análisis de imágenes astronómicas y de satélites meteorológicos.

Sin embargo, no se encuentra ninguna referencia a la aplicación de este tipo de filtros complejos al procesado y/o análisis de imágenes médicas y/o de microscopía.

En cuanto a la síntesis por ordenador de hologramas e interferogramas, los algoritmos y procedimientos analizados en las referencias se restringen, en su práctica totalidad, a la generación de visualizaciones tridimensionales y a la identificación de signos tipográficos binarios (blancos sobre fondo negro) y sus aplicaciones comerciales en sistemas de identificación de escritura, dactilógrafos y similares.

Dentro de las aplicaciones específicas de la holografía en medicina, objeto de investigaciones publicadas muy recientemente, las referencias disponibles se orientan a la generación y/o reconstrucción tridimensional de imágenes, la superposición de imágenes holográficas en algunas aplicaciones quirúrgicas, y la posibilidad de archivos holográficos de imágenes. No se encuentran referencias acerca de la posibilidad de técnicas de reconocimiento holográfico aplicado a imágenes médicas.

De todas las referencias obtenidas en las dos búsquedas, únicamente una (US5233519. Fuji Photo Film Co. Ltd. Radiation image diagnosis appts. Reproduces and displays object image for diagnosing disease") plantea un método de

diagnóstico basado en el cálculo de la correlación entre imágenes, cuyo fundamento es, sin embargo, completamente diferente del que se propone en el método que presentamos. En la citada patente no se hace ninguna alusión a la utilización de técnicas de filtrado de histogramas -ni previas ni posteriores al procesado- ni al uso de un método basado en la identificación holográfica para evaluar la coincidencia entre las imágenes, sino que se obtiene directamente la correlación entre la imagen a estudiar y la imagen del elemento conocido, escogiéndose de entre las imágenes de lesiones almacenadas en una base de datos aquella que proporciona la correlación más alta con la imagen a estudiar.

En el método propuesto no se trata, además, de escoger la imagen de lesión o elemento que más se aproxime -de entre varias disponibles- a la observada en la imagen a estudiar, sino de determinar el grado de presencia de un elemento cualquiera -lesión, estructura- en cada punto (zona) una imagen dada arbitraria.

Descripción detallada de la invención

El método propuesto parte de dos conjuntos genéricos de imágenes, denominadas respectivamente imágenes a estudiar e imágenes referentes de búsqueda. Estas últimas son los elementos de interpretación conocida (lesiones, estructuras, ...) que se desean localizar en las imágenes a estudiar. En lo que sigue, haremos referencia a una única imagen de cada tipo, entendiendo que ambas han sido obtenidas mediante el mismo procedimiento (ecografía, tomografía, radiografía, ...) y con valores de los parámetros de cada método que las hacen comparables, por ejemplo, misma frecuencia en las ecografías.

Supondremos, asimismo, que ambas imágenes se encuentran digitalizadas en forma de mapa de bits, de manera que a cada punto de una imagen se le asocia el número correspondiente al color del mismo en una cierta escala, pudiendo representarse ésta indistintamente en una gama de tonos de gris o de color. Consideraremos además que el color negro corresponde, en cada caso, al valor mínimo de la escala de colores, y que el fondo de escala de ésta viene definida por el número de bits por punto, es decir, por el número de tonos distintos que pueden distinguirse en la imagen.

Una vez que se dispone de las dos imágenes la imagen a estudiar y la imagen a buscar, en las condiciones anteriores, se procede a aplicar a las mismas los filtrados que se describen en los epígrafes siguientes. En todos los casos los umbrales de aplicación así como los valores a que se igualan los elementos filtrados pueden ser definidos por el usuario, si bien se pueden preseleccionar unos conjuntos de parámetros que los particularizan en función del tipo de imagen analizada. Para facilitar estas opciones resulta conveniente implementar en el programa informático de aplicación del método la posibilidad de visualizar en tiempo real el histograma de cada imagen analizada.

Preprocesado de la imagen a buscar

El método comienza obteniendo el histograma de la imagen a buscar. Este corresponde a un cierto intervalo de la escala de valores -de colores o de tonos de gris- que denominaremos franja de

interés, FI. Evidentemente, el valor inferior de la franja de interés puede o no coincidir con el fondo negro correspondiente al valor mínimo de la escala de valores -colores- de la imagen.

A continuación puede aplicarse un filtrado a este histograma consistente en dejar inalterados los valores de los puntos de la imagen que estén en un cierto intervalo de la franja de interés y modificar el resto, igualando al fondo negro del fichero los valores superiores e inferiores.

De esta manera se pueden eliminar, por ejemplo en una imagen de TAC de un tumor, los valores altos (blancos) correspondientes a una estructura ósea que pueda estar rodeada por las células tumorales, obteniéndose la denominada franja de interés filtrada, FIF, dentro de la cual únicamente quedan los valores correspondientes a los puntos verdaderamente pertenecientes al tumor.

Preprocesado de la imagen a estudiar

Se obtiene, como en el caso anterior, el histograma de la imagen y a continuación pueden aplicarse uno o varios de los filtrados siguientes:

- Filtro de ventana: consiste en seleccionar una subfranja del histograma de la imagen a estudiar. Su modificación interactiva por el usuario permite visualizar la contribución de las distintas densidades ópticas -distintas sustancias- a la imagen global.
- Filtro basado en la FIF: es un filtrado que elimina de la imagen a estudiar -igualándolos a un cierto valor- todos los puntos cuyos valores no estén comprendidos dentro de la franja de interés filtrada de la imagen a buscar.
- Filtro de realce: es un filtrado que realza, igualando a un cierto porcentaje del fondo de escala, determinados rangos de valores de la imagen original o de las imágenes filtradas. Sirve, por ejemplo, para hacer visibles en la imagen de coincidencia -resultado de la búsqueda- algunas estructuras u órganos conocidos que puedan resultar de interés y que en principio no serían visibles en la misma.

Proceso de filtrado e identificación holográfica

Una vez que se dispone de las imágenes a estudiar y a buscar convenientemente filtradas, podemos elegir dos variantes distintas de método de búsqueda para evaluar la presencia de la segunda en la primera.

En el modo denominado búsqueda positiva se genera un holograma de Fourier -filtro de VanderLugt- de la imagen a buscar filtrada. Este filtro holográfico puede ser procesado, a su vez, mediante la aplicación de algún filtro como de altas o bajas frecuencias, de ventana, etc. A continuación se calcula la transformada de Fourier bidimensional de la imagen a estudiar filtrada, se evalúa el producto de esta última con la intensidad -transmitancia- del filtro holográfico anterior y se realiza una transformada de Fourier bidimensional inversa. Se puede demostrar que la intensidad de la imagen resultante es la suma de dos términos, la autocorrelación de la imagen a buscar y la correlación cruzada de esta con el

resto ("ruido") de la imagen a estudiar. Al haberse reducido este término por medio de los filtrados intermedios realizados, la matriz -imagen- de coincidencia resultante posee valores más altos en los puntos -zonas- donde la coincidencia entre la imagen a estudiar y la imagen a buscar es mayor. Su visualización con una escala de colores que varíe desde el azul -valores pequeños- hasta el rojo valores grandes- permite apreciar de manera muy intuitiva las regiones donde existen lesiones similares a la utilizada como referente de búsqueda.

El modo denominado búsqueda negativa es de aplicación cuando los valores de la franja de interés de la imagen a buscar son mucho menores en magnitud (o hay muchos menos puntos con esos valores) que el resto de puntos de la imagen a estudiar.

En este caso, debido a que el producto de valores grandes de la imagen a estudiar por valores pequeños de la FIF de la imagen a buscar es mayor que el producto de los valores de la FIF por los valores comprendidos en esa misma franja de la imagen a estudiar, los verdaderos picos de correlación alta entre ambas imágenes quedan ocultos por el "ruidonumérico". Este efecto se elimina casi por completo si anulamos a propósito los valores de los puntos de la imagen a estudiar comprendidos dentro de la FIF y simultáneamente reescalamos los valores superiores e inferiores a la misma. Así, puesto que en la zona de coincidencia completa los productos que se efectúan en el procesado toman valores estrictamente nulos, se consigue que al visualizar la imagen de coincidencia obtenida en una escala de colores, como la citada de azul a rojo, los picos de correlación alta sean los valores extremos -azules- de la escala, no quedando ocultos por ningún otro.

Visualización e interpretación de los resultados

Una vez que se ha obtenido la matriz de coincidencia, también denominada imagen de correlación NOTA (Aunque no se ha obtenido como en otros métodos indicados en las referencias, calculando la correlación entre las imágenes.), puede ser visualizada por cualquiera de los procedimientos disponibles de representación gráfica de matrices numéricas. Una de las visualizaciones más intuitivas y, por tanto, más adecuadas para facilitar la interpretación de las imágenes es el anteriormente citado "mapa de colores" de azul a rojo.

Para regular la sensibilidad del método propuesto y permitir el discernimiento de los falsos positivos, se incluye un filtrado de visualización de la correlación mediante el que se pueden igualar los valores superiores y/o inferiores a un cierto umbral con el valor máximo y/o mínimo de la imagen, respectivamente.

Este método puede ser aplicado a cualquier tipo de imagen médica y/o de microscopía (TAC, ecografía, radiografía convencional, tomografía PET, resonancia magnética, xerox-radiografía, etc.) modificando los valores de los parámetros correspondientes en los diversos filtros.

Una vez obtenida la citada matriz de coincidencias, puede analizarse asimismo, mediante cualquier método de interpretación basado, por ejemplo, en redes neuronales, que permita la tra-

ducción de los valores numéricos de coincidencia en una determinada zona (total o parcial) de la imagen a una escala (porcentual o de otro tipo)

de más fácil interpretación para un usuario específico.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía **caracterizado** por desarrollarse según las siguientes etapas:

- a) Selección de dos imágenes, una a estudiar y otra a buscar, obtenidas mediante el mismo procedimiento.
- b) Obtención del histograma de las imágenes digitalizadas
- c) Aplicación a través de un programa informático de un filtrado cruzado (controlable por el usuario) a los histogramas de las imágenes a estudiar y a buscar. Estos filtrados son, asimismo, dependientes del tipo y características particulares de cada una de las imágenes.
- d) Evaluación numérica de la coincidencia entre imagen a estudiar e imagen a buscar por un procedimiento de filtrado e identificación holográfica de las imágenes filtradas según las etapas anteriores.

2. Método de análisis de coincidencias de imá-

genes médicas y/o de microscopía, según reivindicación 1, **caracterizado** porque la determinación del grado de coincidencia en forma, tamaño, orientación, densidad óptica y aspecto de la imagen utilizada se realiza en cada punto de la imagen a estudiar.

3. Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía, según reivindicación 1 y 2, **caracterizado** porque el resultado del filtrado de los histogramas de las imágenes puede ser un filtro de ventana, un filtro basado en la franja de interés filtrada o un filtro de realce o cualquier otro, aplicables de forma aislada o conjuntamente.

4. Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía, según reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** porque la matriz de coincidencias puede ser visualizada/representada mediante cualquiera de los métodos/procedimientos de visualización/interpretación de datos numéricos disponibles.

5. Método de análisis de coincidencias de imágenes médicas y/o de microscopía, según reivindicaciones 1, 2, 3, y 4 **caracterizado** porque la matriz de coincidencias obtenida puede ser analizada mediante métodos basados en sistemas expertos, redes neuronales, etc.

30

35

40

45

50

55

60

65



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 147 533

② N.º solicitud: 009802509

③ Fecha de presentación de la solicitud: 13.11.1998

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁷: A61B 5/00, G06T 7/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 0801361 A2 (PHILIPS) 15.10.1997, todo el documento.	1-5
A	EP 0726060 A2 (FUJI PHOTO FILM) 14.08.1996, todo el documento.	1
A	US 5732121 A (TAKEO et al.) 24.03.1998, todo el documento.	1
A	US 5544219 A (MULLER et al.) 06.08.1996, todo el documento.	1
A	EP 0766205 A (LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE PHILIPS) 02.04.1997, todo el documento.	1
A	WO 9515537 A1 (ARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 08.06.1995, todo el documento.	1
A	US 5233519 A (ITO) 03.08.1983, todo el documento.	1
A	DE 3036912 A1 (SIEMENS) 13.05.1982, reivindicaciones 1-4.	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 n.º:

Fecha de realización del informe

12.07.2000

Examinador

A. Cardenas Villar

Página

1/1