(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 351 052**

(51) Int. Cl.:
G06T 5/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **06717873 .1**
(96) Fecha de presentación : **10.01.2006**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1836680**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **26.09.2007**

(54) Título: **Método para segmentación mejorada de imágenes.**

(30) Prioridad: **10.01.2005 US 642110 P**
09.01.2006 US 328354

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.01.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.01.2011

(73) Titular/es: **CYTYC CORPORATION**
250 Campus Drive
Marlborough, Massachusetts 01752, US

(72) Inventor/es: **Zahniser, Michael**

(74) Agente:
Gómez-Acebo y Duque de Estrada, Ignacio

ES 2 351 052 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).

MÉTODO PARA SEGMENTACIÓN MEJORADA DE IMÁGENES

Descripción

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica el beneficio prioritario y no es provisional de la Solicitud Provisional de Estados Unidos Nº 60/642.110 presentada el 10 de enero de 2005, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

Campo de la invención

La presente invención se refiere de modo general al campo del análisis de imágenes. Más específicamente, la presente invención se refiere a un novedoso método de segmentación de imágenes.

Comentarios sobre la técnica anterior

En patología o citología, es deseable a menudo localizar y medir células o núcleos usando un instrumento automatizado o semiautomatizado. Dichos instrumentos se pueden usar para investigación o para pruebas diagnósticas. Un ejemplo de éste último es la prueba diagnóstica del cáncer de cérvix usando el ensayo de Papanicolou (o ensayo de Pap). Estos instrumentos obtienen y analizan imágenes digitales para localizar células de interés o para clasificar transparencias como normales o sospechosas.

En el análisis de objetos en imágenes digitales es esencial que los objetos se distingan del fondo de la imagen. Para caracterizar las células u objetos, deben localizarse primero los objetos. El proceso de localización de objetos dentro de la imagen digital se conoce como “segmentación”. Se usan una variedad de técnicas en el proceso de segmentación para localizar los objetos de interés de modo que un

análisis por ordenador posterior pueda caracterizar los objetos. Por ejemplo, la segmentación de una imagen que contenga células podría permitir localizar el núcleo y/o citoplasma de la célula.

Un enfoque tradicional de la tarea de localizar y clasificar objetos dentro de una imagen involucra varias etapas: primero - la segmentación de la imagen para crear una máscara binaria de los objetos; a continuación - el etiquetado de los objetos en esta máscara, con cada conjunto de píxeles conectados asignado a una etiqueta diferente y finalmente - la medición de varias características de los objetos etiquetados.

Una de las técnicas usadas para la segmentación de imágenes es la “formación de umbrales”. En esta técnica, se elige un valor de brillo de la imagen y se compara cada píxel de la imagen con este valor de umbral. Los píxeles con un valor de brillo por encima de ese umbral se consideran píxeles de fondo; los píxeles con valores por debajo del umbral se consideran píxeles del objeto. El valor de umbral para la localización de objetos se puede elegir basándose en un histograma de la imagen, que es una distribución de frecuencias de los valores de oscuridad encontrados dentro de una imagen. Un algoritmo de formación de umbrales puede encontrar un valor de umbral único usando estos histogramas. Por ejemplo, el valor de umbral podría estar a medio camino entre los píxeles más oscuros y más brillantes. Alternativamente, el valor de umbral se podría elegir como un punto de inflexión entre los píxeles abundantes de “fondo” y los más raros píxeles del “objeto”. Encontrar un umbral ideal para cada objeto en una imagen es una tarea difícil. A menudo un valor de umbral único no es lo óptimo para múltiples objetos con valores de oscuridad variables dentro de una imagen completa.

Una vez se elige el valor de umbral y se completa el proceso de formación de umbrales, los píxeles del “objeto” pueden formar una máscara binaria de los objetos en la imagen. Se podrían usar unos límites alrededor de la máscara para representar cada objeto. Los límites podrían o no reflejar el objeto con precisión. Se han desarrollado muchos métodos para refinar los límites una vez están localizados. Tales métodos pueden usar la información de la oscuridad cerca de los límites, o restricciones tales como el gradiente, curvatura, “proximidad a un círculo”, etc. para refinar los límites.

Las técnicas actualmente conocidas para la segmentación de imágenes son a menudo complejas y consumidoras de tiempo. Estas técnicas no siempre producen una elevada precisión en el proceso de segmentación, particularmente si hay un pequeño contraste entre el objeto a localizar y el fondo que lo rodea. Consecuentemente, los algoritmos de segmentación actuales fallan a menudo en la localización de modo adecuado de los objetos. En análisis de imágenes de células, por ejemplo, se podía detectar incorrectamente un núcleo de célula porque el límite localizado es demasiado grande o demasiado pequeño. Esto podría dar como resultado casos de falsos positivos (el instrumento detecta incorrectamente un objeto normal como sospechoso) o falsos casos negativos (el instrumento no detecta un objeto en verdad sospechoso).

La Solicitud de Patente Internacional WO 01/11564 se refiere a un método de procesamiento de imágenes que usa técnicas de formación de umbrales convencionales. Los píxeles en o por encima de un valor de intensidad de umbral en la imagen original se extraen y ocupan una matriz de datos intermedia. Se realizan ensayos sobre la matriz de datos intermedia para determinar si el área en el plano de intensidad es consistente con una característica que se ha de detectar. Estas formas que son consistentes se aceptan y los píxeles equivalentes en la imagen original se copian y guardan en una imagen final. No hay clasificación de los píxeles basándose en ningún atributo. Ni hay ninguna creación de un etiquetado de imágenes píxel por píxel para formar objetos. De modo similar, no hay descripción de las características actualizadas de los objetos formados y a continuación la generación de una imagen resultante cuando las características se ajusten a los criterios de aceptación definidos previamente.

Matas y col., (Electronic Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference, 2002, 384-393) describe una estructura de datos que contienen áreas de objeto. Esa estructura de datos se debe procesar a continuación en una etapa separada para encontrar el mínimo local en la relación de cambio de la función de área y aún en otra etapa se debe reconstruir la segmentación para ese nivel de intensidad.

Hay una necesidad de una segmentación mejorada para el procesamiento automatizado de imágenes y dispositivos de procesamiento automatizado de

imágenes, en particular para la identificación con precisión de los límites de objetos.

Independientemente de los méritos, característicos y ventajas precisas de las técnicas de segmentación actualmente conocidas, ninguna de ellas alcanza o completa las finalidades de la presente invención.

SUMARIO DE LA INTENCIÓN

La presente invención proporciona un método para identificar objetos en una imagen según se define en las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención proporciona un artículo de fabricación como se define en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra un “mapa de contorno” del brillo sobrepuesto a las células en un grupo de células.

La Figura 2 ilustra las etapas del algoritmo de segmentación de imágenes, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las Figuras 3a-3n ilustran colectivamente el procesamiento durante la adición de píxeles en una imagen etiquetada, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 4 ilustra las etapas de un algoritmo de segmentación de imágenes, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La Figura 5 representa el crecimiento de objetos en una imagen en cinco valores de umbral diferentes, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 6 ilustra la imagen de salida que muestra los objetos que se localizaron en diferentes valores de umbral en el que sólo se retiene el mejor estado de un objeto, de acuerdo con una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

En tanto que la invención se ilustra y se describe en una realización preferida, la invención se puede aplicar y producir con muchas configuraciones diferentes. Se representa en los dibujos, y se describirá en el presente documento con detalle, una realización preferida de la invención, bien entendido que la presente descripción se ha de considerar como una ejemplificación de los principios de la invención y las especificaciones funcionales asociadas para su construcción y no se pretende que limite la invención a la realización ilustrada. Los expertos en la materia concebirán muchas otras variaciones posibles dentro del alcance de la presente invención.

Se describe en el presente documento una técnica de segmentación de imágenes mejorada automatizada para la identificación de límites de los objetos en una imagen digital en dos dimensiones. En tanto que la técnica de segmentación de imágenes descrita en el presente documento identifica núcleos, la técnica en sí se puede aplicar a la identificación de cualquier objeto en una imagen digital, tal como citoplasmas o estructuras de tejidos en aplicaciones biológicas, u objetos para aplicaciones no biológicas tales como los diferentes componentes en una tarjeta de circuito impreso, o características naturales o debidas a la manos del hombre en una imagen de satélite. Esta técnica se podía extender a imágenes en tres dimensiones, tal como las producidas por dispositivos de rayos X, escáneres TAC (tomografía axial computarizada) o IRM (procesamiento de imágenes por resonancia magnética). Los elementos de píxeles en tres dimensiones en tales imágenes tridimensionales se conocen como “vóxeles”. Las agrupaciones de vóxeles podrían representar un órgano o un tumor en tres dimensiones.

Una imagen digital en dos dimensiones se podría considerar como una superficie en tres dimensiones, en la que la dimensión de altura representa el nivel de gris (es decir el brillo) de cada píxel. En un mapa de contorno de esa superficie, la identificación del núcleo se podría realizar hallando los contornos que están dentro de un cierto intervalo de tamaño y suficientemente redondos como para ser el núcleo. Si un contorno está contenido dentro de otro, se debe elegir el “mejor” de los dos. La Figura 1 muestra al mapa de contorno sobrepuesto sobre las células en

un grupo de células. Los objetos de interés en la imagen son conjuntos de píxeles conectados.

La generación de estos contornos, que es equivalente a la generación de todos los objetos bajo todos los valores de umbral posibles, es una tarea matemáticamente compleja y consumidora de tiempo. Un enfoque simplista sería segmentar simplemente la imagen bajo cada umbral, etiquetar los objetos, medir sus características, y mantener los objetos con las mejores características, eliminando aquellos objetos que son subconjuntos o superconjuntos de objetos "mejores". Este enfoque sería de lejos demasiado caro computacionalmente.

La Figura 2 ilustra un algoritmo de segmentación de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención que identifica cada objeto hallado en una imagen mediante la realización de las etapas siguientes. Primero el algoritmo clasifica los píxeles basándose en un intervalo de valores y atributos de la imagen (etapa **202**). A continuación se añaden los píxeles clasificados uno por uno a una "imagen de etiquetado" con la finalidad de localizar objetos en la imagen de etiquetado, comenzando con un punto extremo en el intervalo de los valores de atributo (etapa **204**). Una imagen de etiquetado es una imagen en la que los píxeles de cada objeto distinto tienen asignados un valor único o "etiqueta". También, el punto extremo usado como valor de comienzo puede estar en el extremo más bajo o el más alto del intervalo de valores de atributo. Los píxeles se pueden clasificar basándose en atributos tales como, pero sin limitarse a, brillo, matiz, gradiente, etc. Las características de los objetos localizados se comparan a continuación con un criterio predefinido. Si un objeto satisface el criterio, el algoritmo extrae el objeto hacia una imagen de salida, como se muestra en la etapa **206**. Se define también un punto de detención para la imagen. Este punto de detención representa un punto en el intervalo de los valores de atributo en el cual el algoritmo debería parar de realizar repetidamente las etapas **204** y **206** (etapa **208**). Este punto de detención puede ser el otro punto extremo en el intervalo de valores de atributo. En una realización, este punto de detención es un punto que representa los valores de los píxeles de fondo en el intervalo de los valores de atributo. En otra realización, el punto de detención es un punto que representa los valores de los píxeles no relacionados con los objetos a localizar.

La Figura 4 ilustra un algoritmo de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. En la etapa **402**, los píxeles en una imagen se clasifican basándose en un intervalo de valores de atributo de la imagen. El intervalo de valores de atributo corresponde a una pluralidad de valores de umbral en la imagen. Los valores de umbral se determinan a partir de un histograma de los valores de atributo que se están usando. Los píxeles se pueden clasificar basándose en atributos tales como, pero sin limitarse a, brillo, matiz, gradiente, etc. También, el indexado sobre un histograma se podría realizar por el brillo, matiz, gradiente, etc. En lugar de segmentar la imagen para cada valor de umbral, los píxeles clasificados se añaden a una imagen etiquetada en blanco uno por uno, comenzando con un punto extremo en el intervalo de valores de atributo como se muestra en la etapa **404**, en la que se crean nuevos objetos o se actualizan objetos antiguos en el proceso. Si el píxel añadido no está adyacente a otro píxel u objeto ya colocado en la imagen de etiquetado (objeto antiguo) se crea un nuevo objeto (véanse las figuras 3a, 3b y 3e). Si el píxel añadido está adyacente a un objeto antiguo, el píxel se combina con el objeto antiguo para actualizar el objeto antiguo (véanse las figuras 3c, 3d, 3f, 3g, 3h, 3i, 3j, 3k, 3m y 3n). Adicionalmente, si el píxel añadido une dos objetos antiguos, los dos objetos antiguos se actualizan y mezclan en un objeto (véase la figura 3l). En la etapa **406**, se calculan las características de estos objetos nuevos o actualizados. Estas características se comparan entonces con un criterio de aceptación predefinido en la etapa **408**. Si hay una coincidencia (es decir se satisfacen los criterios de aceptación), el objeto nuevo o actualizado (que representa un núcleo localizado) se extrae sobre la imagen de salida en la etapa **410**. El algoritmo realiza las etapas **404-410** de modo repetido hasta que se alcanza un punto de detención (etapa **411**). Nótese que los objetos se pueden extraer hacia la imagen de salida en cualquier momento durante el procesamiento de un valor de umbral (es decir, valor de atributo). De nuevo, este punto de detención puede ser el otro punto extremo en el intervalo de valores de atributo. En una realización, este punto de detención es un punto que representa los valores de los píxeles de fondo en el intervalo de valores de atributo. En otra realización, el punto de detención es un punto que representa los valores de píxeles no relacionados con los objetos a localizar.

El algoritmo sigue la pista de los objetos creados o actualizados en las etapas descritas anteriormente, junto con sus características. Los objetos tienen

también etiquetas asignadas (por ejemplo véanse las figuras 3a y 3b). El caso de que un píxel que se añade toque un objeto existente, se le asigna la etiqueta del objeto y se actualizan las características de ese objeto para reflejar la adición del nuevo píxel (por ejemplo, véanse las figuras 3d y 3g). Cuando se añade un píxel que une dos objetos, las etiquetas y características de los dos se mezclan en una (por ejemplo, véase la figura 3l). Las figuras 3a-3n muestran como se añaden los píxeles en una imagen de máscara/etiquetado originalmente en blanco uno cada vez y se asignan las etiquetas a cada píxel según sea necesario.

Como resultado de la forma en la que se diseña el algoritmo, hay un registro de la máscara de imagen durante el procesamiento de la imagen en cualquier momento dado bajo un umbral particular, así como las etiquetas y características de todos los objetos hallados en ese umbral particular. Pero en lugar de generar esos datos de nuevo para cada valor de umbral, el algoritmo agrega los datos a partir del umbral previo. Esto aumenta grandemente la eficiencia del algoritmo.

En una realización de la presente invención, se extrae un objeto a la imagen de salida solamente si sus características actuales calculadas con un umbral actual son una mejor coincidencia con los criterios de aceptación que sus características calculadas en todos los umbrales previos. Para determinar una mejor coincidencia, se usan los datos de las mejores coincidencias previas. Para calcular un conjunto óptimo de objetos que coincide mejor con los criterios de aceptación entre todos los objetos en todos los umbrales, se usa un método denominado programación dinámica. El programa pasa a través de los umbrales uno cada vez, manteniendo el registro del mejor conjunto de objetos que se puede formar usando sólo los objetos localizados hasta el momento. Cada objeto “recuerda” el mejor estado que ha alcanzado hasta el momento. La Figura 5 representa el crecimiento de objetos en una imagen en cinco valores de umbral diferentes. Los objetos individuales que se separaron en un umbral se pueden unir en otro umbral. Cada objeto en la figura “apunta hacia” su mejor estado previo. Los objetos sin flecha apuntan a sí mismos (no mostrada). Esto significa que el estado actual de estos objetos es mejor que cualquiera de sus estados previos. Por ello, el nuevo estado de cualquier objeto sólo necesita ser comparado con el estado al que apunta la flecha, dado que este estado representa el mejor estado alcanzado hasta el momento. Si los objetos se mezclan en un umbral dado, la flecha para el objeto nuevo, mezclado apunta al

mejor de los dos objetos que forman el objeto mezclado.

Mientras se pasa a través de cada umbral, el programa mantiene una imagen de salida que contiene los mejores objetos del conjunto de objetos formados hasta el momento. En cualquier caso en que un objeto crezca hacia un nuevo estado mejor que su mejor estado previo registrado, el objeto actualizado se dibuja en la imagen de salida. La Figura 6 muestra la imagen de salida cuando está creciendo. Primero contiene los objetos de un primer umbral. A continuación contiene los mejores objetos a partir del primer y segundo umbrales, a continuación los mejores objetos a partir de los primeros tres umbrales, y así sucesivamente. La imagen de salida final contiene todos los objetos que se marcaron como mejores objetos y no se rechazaron posteriormente en favor de un objeto mejor (compárese con la Figura 5).

Por ello, de acuerdo con una realización del algoritmo, cuando un objeto coincide con los criterios de aceptación, en lugar de ser extraído directamente a una imagen de salida, se puede extraer condicionalmente basándose en la comparación entre el estado actual del objeto y su estado o estados previos.

Mientras que el algoritmo de la presente invención descrita en el presente documento, identifica núcleos de célula basándose en características tales como el área y el perímetro y acepta objetos que se ajustan al criterio de aceptación de circularidad (perímetro al cuadrado dividido por el área), se pueden usar otras características y criterios para identificar objetos. Los criterios de aceptación se pueden afinar para la aplicación de procesamiento de imágenes particular (biológico o no biológico). Cuando los objetos se identifican basándose en criterios distintos de la circularidad, se podrían usar en su lugar otras características. El momento de inercia, la excentricidad, ejes de elipse más largos y más cortos, la mejor adaptación a una elipse, el contraste con los píxeles que lo rodean, el valor de gris o densidad óptica media o desviación estándar y características de textura son unos pocos de entre otros ejemplos de características que se podrían medir fácilmente y usar para especificar criterios de aceptación para la mejor segmentación. Se pueden usar también otros criterios de aceptación tales como el tamaño, forma, textura, color, densidad, contraste, etc. Múltiples conjuntos de criterios pueden permitir la localización a la vez de diferentes clases de objetos

tales como núcleos, núcleos de diferentes formas, citoplasmas, “inclusiones” nucleares o citoplasmáticas y agrupaciones de células, en una única imagen. Sin embargo, se debería entender que la presente invención no está limitada al uso de estas características o criterios de aceptación.

La actualización del perímetro de medición de un objeto cuando se añade un píxel a él se puede realizar usando solamente los cuatro píxeles inmediatamente adyacentes a ese píxel si todo lo que se requiere es una aproximación razonable al perímetro. Por lo tanto, cada vez que se “coloca” un píxel, solamente se necesita examinar ese píxel y sus cuatro vecinos más próximos para determinar cómo deberían actualizarse las características del objeto. La única situación en la que influencian más de estos cuatro vecinos es cuando se mezclan dos objetos y se debe asignar a uno la etiqueta del otro de los dos. Sin embargo, optimizaciones en el proceso de mezcla permiten que el tiempo de ejecución del algoritmo se aproxime a un tiempo de ejecución lineal en proporción al número de píxeles. Por ello, esta medición del perímetro muestra cómo se pueden calcular las características del objeto a partir de objetos previos, es decir, muestra que el algoritmo agrega los datos a partir de los umbrales previos y aumenta la eficiencia del algoritmo.

Como otro ejemplo, la elipticidad (comparación del objeto medido con una elipse definida por la matriz del momento de inercia) se puede usar como una característica para identificar núcleos. La segmentación basada en la elipticidad puede dar resultados de segmentación mejores, dado que distinguiría núcleos alargados de artificiosidades, conformadas irregularmente.

Se puede ver por ello que el algoritmo de la presente invención proporciona varias mejoras: la reducción en el tiempo de procesamiento para la segmentación en imágenes, la eliminación de procesamientos previos consumidores de tiempo para localizar objetos potenciales de interés y establecer a continuación regiones de interés para definir con más precisión un objeto en un proceso secundario, el manejo de imágenes con oscuridad y contraste variable para minimizar los casos de falsos negativos, el manejo de imágenes con agrupaciones anormales para minimizar los casos de falsos negativos, la identificación a la vez de múltiples objetos en una única imagen usando múltiples criterios de aceptación.

Se debería hacer notar que el algoritmo de la presente invención difiere de otras técnicas interactivas de análisis de imágenes publicadas tales como algoritmos de crecimiento de regiones y contornos activos (también denominado “serpientes”). Los algoritmos de crecimiento de regiones trabajan mediante la división en primer lugar de la imagen en muchas regiones separadas (píxeles individuales, pequeños grupos de píxeles, píxeles contiguos con el mismo nivel de gris, etc.). A continuación, las regiones “crecen” mediante la mezcla con otras regiones que las tocan y que tienen características similares. Normalmente éste es un proceso interactivo que se detiene una vez que no se puedan realizar más mezclas de regiones similares. El objetivo de la técnica es que el conjunto de regiones final corresponda a los objetos que se están segmentando.

En el algoritmo de segmentación de la presente invención, la forma en las que los objetos “crecerán” está determinada previamente: sólo hay una trayectoria que pueda tomar el crecimiento y el algoritmo simplemente “observa” las características de los objetos que cambian cuando viajan a través de la trayectoria. Las características que se miden no influencian qué píxel se añade a continuación o qué regiones se mezclan. Después de un simple paso a través de la imagen, se informa de los “mejores objetos” observados en la trayectoria.

En la técnica de crecimiento de región, las características de las regiones determinan qué regiones se hacen crecer o mezclan. En lugar de seguir una trayectoria lineal, la técnica de crecimiento de región es como una búsqueda a través de un árbol con muchas ramas. Las características del objeto se usan para determinar qué rama tomar. Normalmente se realizan múltiples pasos a través de la imagen y se notifica el estado final de las regiones. Los algoritmos de crecimiento de región no almacenan los mejores estados obtenidos por los objetos; por el contrario, el algoritmo puede tener que “hacer una reserva” para volver a un mejor estado.

Los “contornos activos”, también denominados “serpientes”, son trazados de objetos representados bien por polígonos o bien por ecuaciones paramétricas, sobrepuestas sobre la imagen. En una técnica de análisis de imágenes de contornos activos, estas líneas “evolucionan” para mejorar su propia forma y su correspondencia con la imagen subyacente. De nuevo, éste es un proceso

interactivo que finaliza cuando los trazados no se pueden mejorar mediante una evolución adicional.

La presente invención funciona sobre píxeles individuales y realiza operaciones usando sólo los vecinos inmediatos a cada píxel. En la técnica de contornos activos, los contornos se representan, no por píxeles, sino por funciones matemáticas. Las diferencias entre el algoritmo presente y las técnicas de contornos activos son las mismas que las diferencias indicadas respecto a la técnica de crecimiento de región.

Una diferencia clave que distingue el algoritmo de la presente invención de otros algoritmos de segmentación es que los otros algoritmos involucran un proceso interactivo que busca la mejor trayectoria a través de un árbol o grafo, usando las características del objeto para elegir hacia qué dirección moverse a continuación. A veces esto requiere la vuelta atrás dado que el algoritmo opera para finalizar con el resultado mejor posible. El presente algoritmo sigue una trayectoria lineal, predeterminada, que pasa a través y recordando todos los “mejores” objetos en su camino.

Adicionalmente, la presente invención proporciona un artículo de fabricación que comprende un código de programa que puede leer un ordenador contenido dentro uno o más módulos de implementación para segmentar imágenes e identificar objetos. Adicionalmente, la presente invención incluye un producto basado en un código de programa de ordenador, que es un medio de almacenamiento que tiene un código de programa almacenado en él que se puede usar para instruir a un ordenador para realizar cualquiera de los métodos asociados con la presente invención. El medio de almacenamiento de ordenador incluye cualquiera de, pero no se limita a, los siguientes: CD-ROM, DVD, cinta magnética, disco óptico, disco duro, disco flexible, memoria ferro-eléctrica, memoria flash, memoria ferro-magnética, almacenamiento óptico, dispositivos de acoplamiento de carga, tarjetas magnéticas u ópticas, tarjetas inteligentes, EEPROM, EPROM, RAM, ROM, DRAM, SRAM, SDRAM o cualquier otro dispositivo apropiado de memoria estática o dinámica o de almacenamiento de datos.

Módulos de software implementado en productos basados en códigos de

programa de ordenador para:

a) clasificar píxeles basándose en un intervalo de valores de atributo de una imagen;

b) añadir los píxeles clasificados, uno por uno, a una imagen de etiquetado para localizar objetos en la imagen de etiquetado, comenzando con un punto extremo en el intervalo de valores de atributo;

c) la extracción de los objetos sobre una imagen de salida si las características de los objetos satisfacen un criterio de aceptación predefinido; y

d) la realización de las etapas (b) y (c) repetidamente hasta que se alcanza un punto de detención, representando dicho punto de detención otro punto extremo en dicho intervalo de valores de atributo.

CONCLUSIÓN

Se ha mostrado en las anteriores realizaciones un sistema y método para la implementación efectiva de un método para la segmentación mejorada de imágenes. Mientras que se han mostrado y descrito varias realizaciones preferidas, se debe entender que no hay intención de limitar la acción mediante tal descripción, sino que por el contrario, se intenta cubrir todas las modificaciones que caigan dentro del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, la presente invención no se debería limitar mediante el software/programa, entorno operativo de los ordenadores o hardware de cálculo específico. Asimismo, el algoritmo de la presente invención no se debería limitar por el tipo de imagen (biológica, no biológica, en dos o tres dimensiones, etc.), el número de valores de umbral en una imagen, el tipo de los objetos a identificar en una imagen o las características y los criterios de aceptación usados para identificar los objetos.

REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar objetos en una imagen, comprendiendo dicho método las etapas de:

a) clasificación de los píxeles basándose en un intervalo de valores en el píxel de un atributo simple de dicha imagen;

b) generación de una imagen de etiquetado que comprende el comienzo con una imagen de etiquetado en blanco y la colocación de dichos píxeles clasificados, uno por uno, sobre la imagen de etiquetado en blanco en una localización en la imagen de etiquetado que corresponde a la localización de dichos píxeles en dicha imagen, comenzando con un punto extremo en dicho intervalo de valores de píxel, asignándose a cada píxel un valor que corresponde a un nuevo objeto, un objeto existente, o un objeto mezclado, en el que los píxeles colocados que no tocan un objeto existente corresponden a nuevos objetos, a los píxeles colocados que tocan un objeto existente se les asigna a un valor correspondiente a ese objeto particular, y a los píxeles colocados que unen dos objetos existentes se les asigna un valor que corresponde a los objetos mezclados;

c) actualización de las características de los objetos generados en la imagen de etiquetado según cada píxel clasificado se coloca en la imagen de etiquetado;

d) generación de una imagen de salida que comprende la información de los límites sobre los objetos si dichas características de dichos objetos satisfacen un criterio de aceptación predefinido; y

e) realización de las etapas b, c y d repetidamente hasta que se alcanza un punto de detención, representando dicho punto de detención otro punto extremo en dicho intervalo de valores de píxel.

2. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos píxeles se clasifican basándose en cualquiera de los siguientes atributos: brillo, matiz o gradiente.

3. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas características de dichos objetos se calculan

basándose en el píxel colocado y los cuatro píxeles vecinos más próximos.

4. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha imagen de salida se genera si dichas características de los objetos calculados cuando se coloca dicho píxel clasificado son una mejor coincidencia con dicho criterio de aceptación que dichas características del objeto calculadas para todos los píxeles colocados previamente.

5. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho método se realiza sobre imágenes en dos o tres dimensiones de aplicaciones biológicas o no biológicas.

6. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dichos objetos en dichas aplicaciones biológicas son cualquiera de los siguientes: células, núcleos, citoplasmas, inclusiones nucleares o citoplasmáticas, agrupaciones de células u objetos dentro de las imágenes producidos mediante dispositivos de procesamiento de imágenes tales como rayos X, escáneres TAC o procesamiento de imágenes por resonancia magnética.

7. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dichos objetos en dichas aplicaciones no biológicas son cualquiera de los siguientes: componente sobre una tarjeta de circuito impreso u objetos artificiales o naturales en una imagen de satélite.

8. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas características son cualquiera de las siguientes: perímetro, área, momento de inercia del objeto, excentricidad, ejes de la elipse, mejor adaptación a la una elipse, contraste, valor de gris, densidad óptica media, desviación estándar o textura.

9. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho criterio de aceptación es cualquiera de los siguientes: tamaño, forma, textura, color o densidad.

10. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la

reivindicación 1, en el que dicho método usa múltiples criterios de aceptación para identificar diferentes clases de objetos simultáneamente en dicha imagen.

11. Un método para identificar objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho punto de detención es un punto que representa los valores de los píxeles de fondo en dicho intervalo de valores de píxel o un punto que representa uno los valores de píxel no relacionados con dichos objetos a localizar.

12. Un artículo de fabricación que comprende un medio que pueda leer un ordenador que tiene un código de programas que pueda leer un ordenador incluido en él que identifique objetos en una imagen, comprendiendo dicho medio:

a) un código de programa que pueda leer un ordenador que clasifique los píxeles basándose en un intervalo de valores de píxel de un atributo simple de dicha imagen;

b) un código de programa que pueda leer un ordenador configurado para colocar dichos píxeles clasificados, uno por uno, sobre una imagen de etiquetado inicialmente en blanco, comenzando con un punto extremo en dicho intervalo de valores de píxel, asignándose a cada píxel un valor que corresponde a un nuevo objeto, un objeto existente, o un objeto mezclado, en el que los píxeles colocados que no tocan un objeto existente corresponden a nuevos objetos, a los píxeles colocados que tocan un objeto existente se les asigna un valor correspondiente a ese objeto particular, y a los píxeles colocados que unen dos objetos existentes se les asigna un valor que corresponde a los objetos mezclados;

c) un código de programa que pueda leer un ordenador configurado para actualizar las características de los objetos generados en la imagen de etiquetado según cada píxel clasificado se coloca en la imagen de etiquetado;

d) un código de programa que pueda leer un ordenador que configurado para generar una imagen de salida que comprenda la información de los límites sobre los objetos si dichas características de dichos objetos satisfacen un criterio de aceptación predefinido; y

e) un código de programa que pueda leer un ordenador que realiza las

etapas (b) a (d) repetidamente hasta que se alcanza un punto de detención, representando dicho punto de detención otro punto extremo en dicho intervalo de valores de píxel.

13. Un artículo de fabricación que comprende un medio que pueda leer un ordenador que tenga un código de programa que pueda leer un ordenador incluido en él que identifique objetos en una imagen, de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho punto de detención es un punto que representa los valores de píxeles de fondo en dicho intervalo de valores de píxel o un punto que representa valores de píxel no relacionados con dichos objetos a localizar.

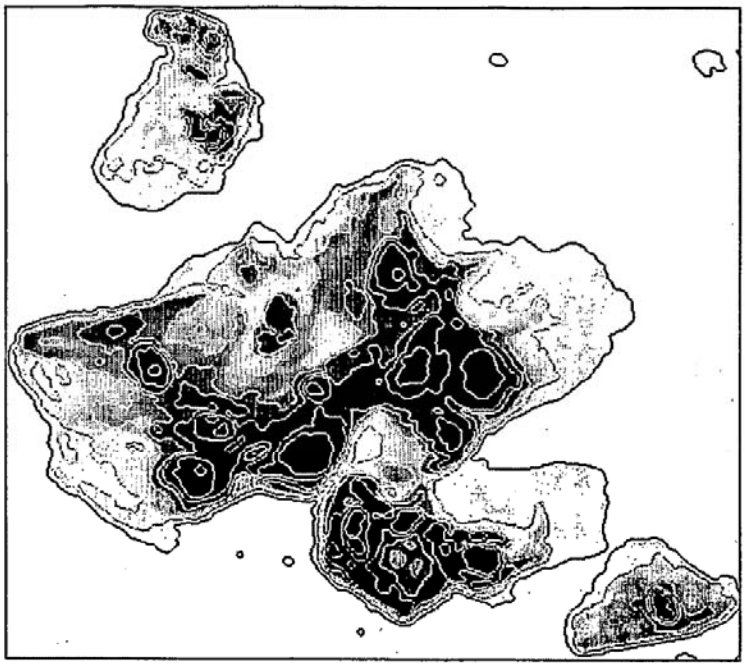


Figura 1

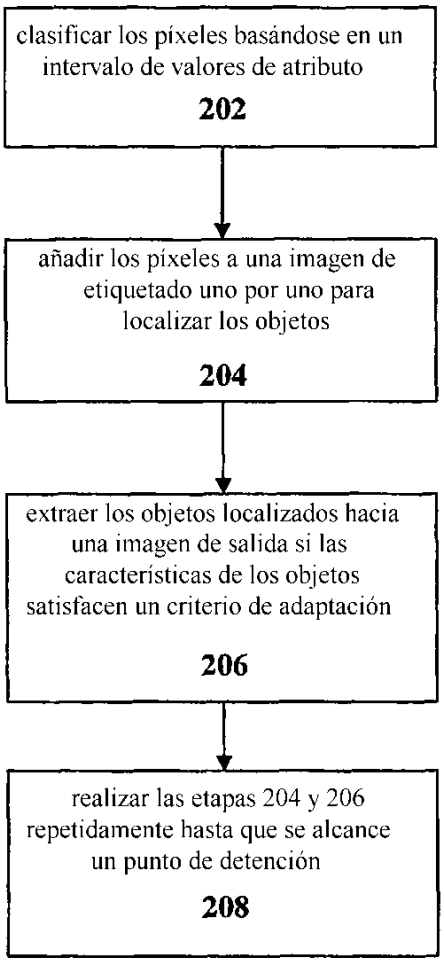

clasificar los píxeles basándose en un intervalo de valores de atributo
202
añadir los píxeles a una imagen de etiquetado uno por uno para localizar los objetos
204
extraer los objetos localizados hacia una imagen de salida si las características de los objetos satisfacen un criterio de adaptación
206
realizar las etapas 204 y 206 repetidamente hasta que se alcance un punto de detención
208

Figura 2

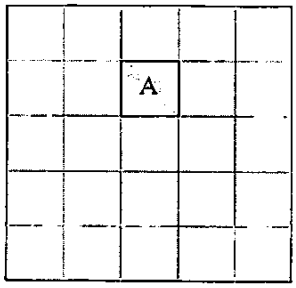


Figura 3a

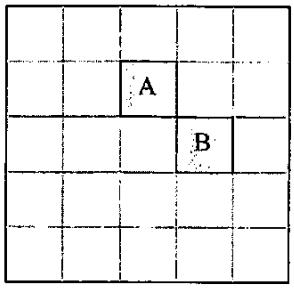


Figura 3b

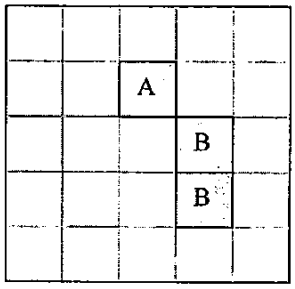


Figura 3c

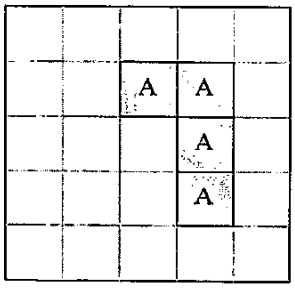


Figura 3d

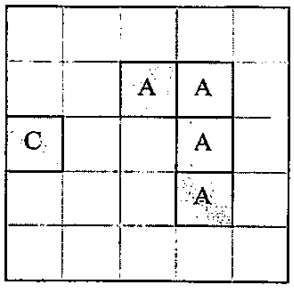


Figura 3e

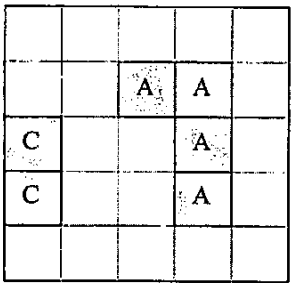


Figura 3f

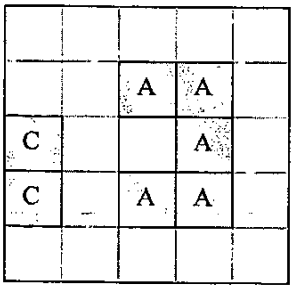


Figura 3g

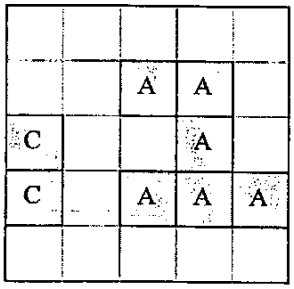


Figura 3h

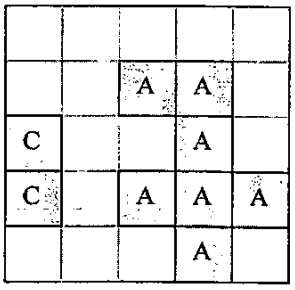


Figura 3i

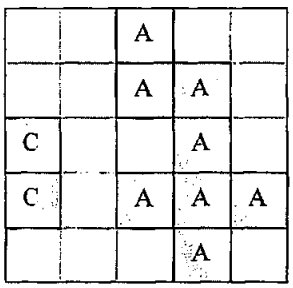


Figura 3j

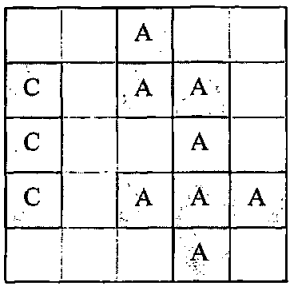


Figura 3k

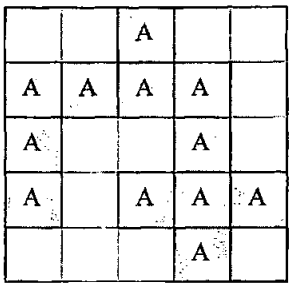


Figura 3l

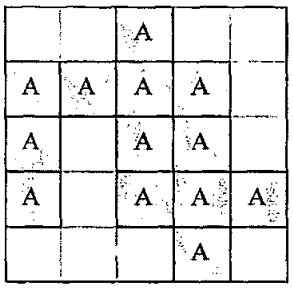


Figura 3m

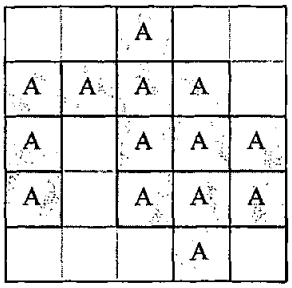


Figura 3n

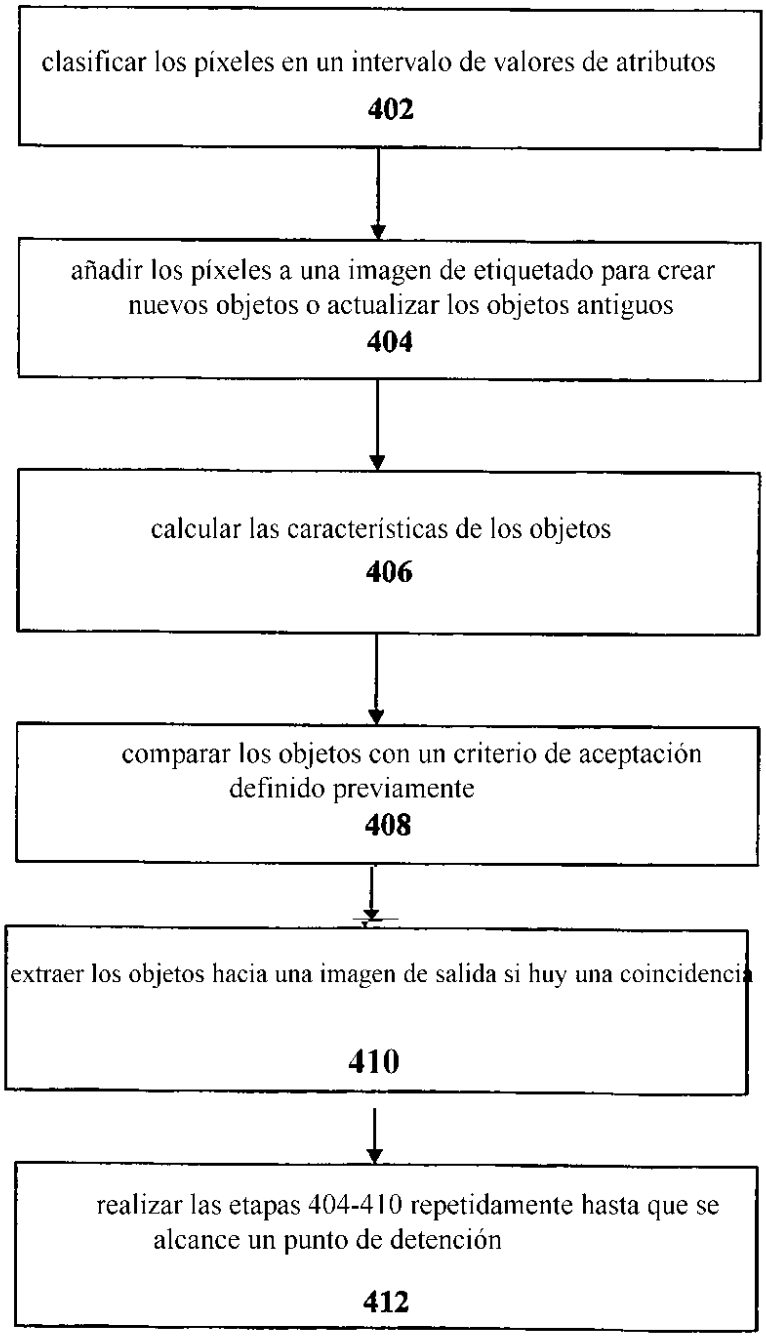

clasificar los píxeles en un intervalo de valores de atributos
402
añadir los píxeles a una imagen de etiquetado para crear nuevos objetos o actualizar los objetos antiguos
404
calcular las características de los objetos
406
comparar los objetos con un criterio de aceptación definido previamente
408
extraer los objetos hacia una imagen de salida si huy una coincidencia
410
realizar las etapas 404-410 repetidamente hasta que se alcance un punto de detención
412

Figura 4

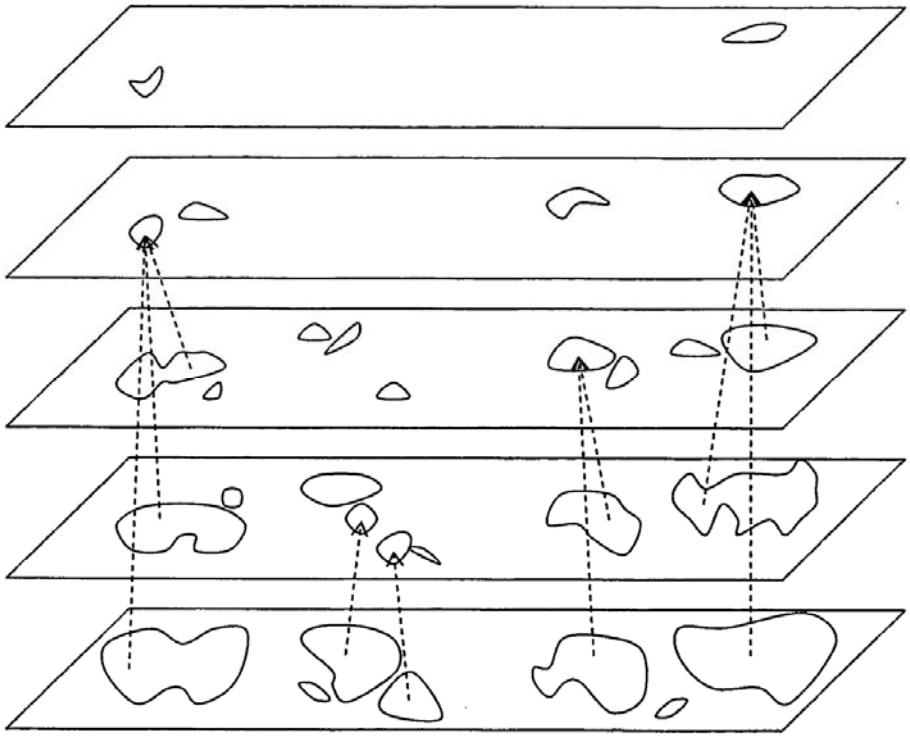


Figura 5

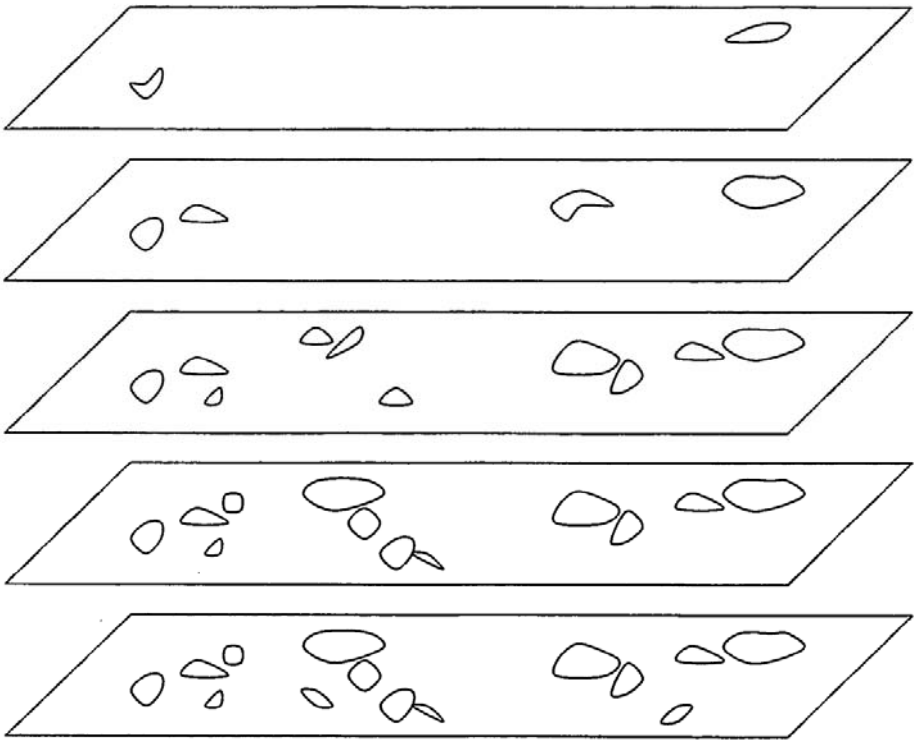


Figura 6