(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 432 479**

(21) Número de solicitud: 201200635

(51) Int. Cl.:

G06K 1/00 (2006.01)
G06K 1/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A2

(22) Fecha de presentación:

01.06.2012

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

03.12.2013

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (100.0%)
Juan de Quesada, Nº 30
35001 Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, ES

(72) Inventor/es:

TRAVIESO GONZÁLEZ, Carlos Manuel;
TICAY RIVAS, Jaime Roberto;
DEL POZO BAÑOS, Marcos y
ALONSO HERNÁNDEZ, Jesús Bernardino

(54) Título: **Método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña**

(57) Resumen:

Método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña.

La presente invención se refiere a un método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña que comprende las etapas de procesado digital, extracción de características y clasificación de la imagen. El presente método permite la identificación de insectos arácnidos sin necesidad de que estos estén presentes físicamente, ya que el método identifica y clasifica la imagen de la tela de araña y la asocia a la especie de arácnido que la teje.

ES 2 432 479 A2

DESCRIPCIÓN

Método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un método para la identificación y clasificación automática de imágenes. En particular, la presente invención hace referencia a un método que permite comparar una imagen de entrada, siendo esta la imagen de una tela de araña, con una colección de imágenes previamente almacenadas, con el propósito de compararlas.

Antecedentes de la invención

En la actualidad, en el campo de la biología, y más concretamente en el reconocimiento de especies arácnidas, un experto en la materia necesita de la presencia del arácnido para poder identificarlo y clasificarlo. En muchas ocasiones, el experto no dispone del arácnido, porque este no se encuentra físicamente, solo dispone de su tela de araña por lo que no puede identificarlo y clasificarlo.

El documento de patente US 20030026484 A1 hace referencia a un sistema para la clasificación automática y/o identificación de imágenes. En particular, dicha invención se refiere a un sistema para comparar una imagen de entrada, siendo esta la imagen de un insecto, con una colección de imágenes almacenadas, con el propósito de compararlas. Por otro lado, el documento de patente US 8139858 B1 hace referencia a un sistema de identificación de insectos que hace uso de un aparato para tomar las imágenes de entrada y un método para identificar y comparar dichas imágenes de entrada con una base de datos de imágenes previamente almacenadas. El método propuesto difiere de los documentos de patentes citados en que con el método propuesto no es necesaria la presencia física del insecto para poder ser identificado, ya que lo identifica a través de su tela de araña.

El método propuesto soluciona el problema planteado permitiendo la identificación de insectos arácnidos sin necesidad de que estos estén presentes físicamente, ya que el método identifica y clasifica la imagen de la tela de araña y la asocia a la especie de arácnido que la teje.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un método para identificar y clasificar especies arácnidas a través de sus telas de araña que comprende las siguientes etapas:

(i) seleccionar una imagen de una tela de araña, de una pluralidad de imágenes almacenadas,

(ii) eliminar cualquier elemento distinto a la tela de araña de la imagen seleccionada en la etapa (i),

(iii) procesar los contornos de los hilos de la tela de araña de la imagen obtenida en la etapa (ii),

(iii) filtrar la imagen obtenida en la etapa (ii) preservando los bordes y detalles de la tela de araña,

(iv) extraer las características de la tela de araña de la imagen obtenida en la etapa (iii),

(v) comparar las características obtenidas en la etapa (iv) con una pluralidad de imágenes de referencia almacenadas previamente,

(vi) mostrar el resultado más próximo encontrado en la etapa (v)

Descripción de la invención

El Método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña comprende las etapas de procesado digital, extracción de características y clasificación de la imagen.

Primeramente, se realiza un procesado digital de la imagen que consiste en seleccionar la zona de la tela de araña en la imagen adquirida y, a continuación, se ejecutan todas las operaciones de optimización de la imagen tales como realce del contraste, transformación a escala de grises y binarización para eliminar el ruido e información redundate. Posteriormente, se extrae el centro de la tela de araña para usarla como fuente de información y, a continuación, se realiza la extracción de características utilizando las técnicas de Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Componentes Independientes (ICA), Transformadas Discreta del Coseno (DCT) y las familias db1 y Bior de la Transformada Wavelet (DWT dbi, DWT Bior).

Por último, se procede identificar la especie o verificar que la tela de araña pertenece a una determinada especie mediante el empleo de un clasificador que está compuesto por Maquinas de Vector Soporte (SVM) y un modulo de decisión a nivel de puntuación de salida.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra el diagrama de flujo del método para la identificación y clasificación automática de especies arácnidas a través de sus telas de araña.

La figura 2 muestra la selección de la zona de la tela de araña en la imagen adquirida.

La figura 3 muestra la imagen resultante de realizar el filtrado espacial a la imagen en escala de grises.

La figura 4 muestra el relace de la imagen de la tela de araña.

La figura 5 muestra el proceso de binarización para diferenciar y procesar los contornos de los hilos de la telaraña en la imagen.

La figura 6 muestra como se extrae el centro de la tela de araña para usarla como fuente de información.

La figura 7 muestra las imágenes normalizadas a un tamaño de 10x10 pixels.

La figura 8 representa el espacio del vector resultante de la vectorización de la imagen.

La figura 9 representa la clasificación multiclase, en concreto una clasificación para 4 clases o especies de arañas: Allocyclosa, Anapisona Simoni, Micrathena Duodimspinosa y Zosis Geniculata.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

Aunque la invención se describe en términos de una realización específica preferida, será fácilmente evidente para los expertos en esta técnica que se pueden hacer diversas modificaciones, redisposiciones y reemplazos. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

Tal y como muestra la figura 1, el método comprende las siguientes etapas:

Procesado digital de la imagen

En primer lugar se aísla la tela de araña del fondo de la imagen, como pueden ser las hojas, reflejos y demás elementos que se encuentren presentes en las imágenes, tal y como se muestra en la figura 2. Posteriormente, se recorta la imagen para que sea cuadrada, es decir que tenga el mismo tamaño en los dos lados. Este paso es necesario básicamente para que las imágenes no pierdan la relación de aspecto al redimensionarla, de forma que se recorta en la dimensión mayor de la imagen al mismo tamaño que la dimensión menor, quedando las dos dimensiones de igual tamaño.

Para mejorar el contorno de los hilos de la telaraña y diferenciar la telaraña del fondo de la imagen se aplica un incremento del contraste, que consiste en aumentar el cambio de luminosidad entre las zonas más oscuras o más claras de la imagen obteniendo un mejor enfoque y claridad. Para su implementación, primero se convierte la imagen original a escala de grises, que es el tipo de imagen compatible con las siguientes operaciones, para posteriormente realizar un filtrado espacial a la imagen.

El filtrado espacial es la operación que se aplica a una imagen para resaltar o atenuar detalles espaciales con el fin de mejorar la interpretación visual o facilitar un procesamiento posterior. Mediante el filtrado espacial se modifica el valor de cada píxel de acuerdo con los valores de los píxeles que lo rodean tratando de transformar los niveles de gris originales de tal forma que se parezcan o diferencien más de los correspondientes a los píxeles cercanos.

En general, la convolución de una imagen f de MxN dimensiones con una máscara h de mxn está dada por la siguiente expresión:

$$g(x,y) = \sum_{a=-a}^{a} \sum_{b=-b}^{b} f(x+a, y+b)h(a,b)$$

Donde $f(x+a, y+b)$ es el valor de los píxeles del bloque seleccionado, $h(a,b)$ los coeficientes que se aplicarán al bloque (máscara) y $g(x,y)$ es la imagen resultante. Siendo la matriz del bloque m (filas)=2a+1 y n (columnas)=2b+1. Para este caso, el tamaño del bloque es de 3x3.

En la figura 3, se puede observar la imagen resultante de realizar el filtrado espacial a la imagen en escala de grises con este filtro, con el fin de incrementar el contraste de la misma para destacar en la medida de lo posible la tela de araña.

El proceso de binarización consiste en transformar la imagen a un formato binario, es decir, en una imagen en blanco y negro, de tal forma que se preserven las propiedades esenciales de la imagen, lo que permite diferenciar claramente y procesar los contornos de los hilos de la telaraña en la imagen, tal y como se muestra en la figura 5.

Esta función convierte imágenes en color o escala de grises en imágenes binarias basándose en un determinado umbral (que se obtiene utilizando el método estándar de Otsu). Este proceso se puede resumir mediante la siguiente ecuación:

Sea $f(x,y)$ la imagen original y $g(x,y)$ la imagen resultante,

$$g(x,y) = \begin{cases} 0, & f(x,y) < \text{umbral} \\ 1, & f(x,y) \geq \text{umbral} \end{cases}$$

El realce de la imagen de la tela de araña consiste en eliminar, en la medida de lo posible, el ruido de la imagen, tal y como se muestra en las figura 4, el cual se corresponde con todo elemento que no pertenezca a la tela de araña. Para ello se han usado las siguientes herramientas:

- Filtrado Wiener de la imagen. Es un proceso de filtrado espacial de la imagen utilizando métodos estadísticos, con el fin de reducir el ruido y suavizar las formas.
- Operaciones morfológicas. Son transformaciones que modifican la estructura o forma de los objetos presentes en una imagen pudiendo simplificar los datos y eliminar aspectos irrelevantes como el ruido.

Uno de los propósitos en el filtrado de imágenes es reducir el ruido y preservar de los bordes y detalles. Para diseñar un filtro Wiener se necesita tener un conocimiento previo apropiado de las propiedades estadísticas de la imagen de entrada. El problema reside en que este conocimiento generalmente no se puede obtener. Por eso en su lugar se usan filtros adaptativos, que hacen uso de los datos de entrada como las características de varianza locales de la imagen.

Los filtros Wiener suavizan gradualmente la imagen cambiando las áreas donde el ruido es muy aparente, pero manteniendo las áreas donde los detalles están presentes y el ruido es menos aparente, ya que el filtro Wiener se adapta a la varianza local de la imagen. Donde ésta es mayor, el filtro realiza un suavizado menor y donde la varianza es menor, realiza un mayor suavizado con lo que se consigue un mayor realce de la tela de araña de la imagen ya binarizada.

Para la invención propuesta se implementaron Wiener2, el cual estima la media local y la varianza alrededor de cada píxel de la imagen a

$$\mu = \frac{1}{NM} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} a(n_1, n_2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{NM} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} a^2(n_1, n_2) - \mu^2$$

Donde es la vecindad local NxM para cada píxel de la imagen a. En nuestro caso se ha elegido un bloque de 2x2, con el cual se obtuvo el mejor efecto deseado de la imagen. Wiener2 después filtra la imagen a usando estas estimaciones, siendo b la imagen resultante.

$$b(n_1,n_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - \nu^2}{\sigma^2}(a(n_1,n_2) - \mu)$$

Siendo ν^2 la varianza del ruido. Si no es dada, wiener2 usa la media de todas las varianzas locales estimadas.

Las operaciones morfológicas son aquellas transformaciones que modifican la estructura o forma de los objetos presentes en la imagen basándose en la geometría y la forma, simplificando las imágenes. Se utilizan además de la eliminación de ruido como es el caso, para la extracción de características y el tratamiento de regiones.

Para la tarea de eliminación del ruido se utilizan operaciones de morfología matemática. Se implementan las operaciones "clean" y "spur", cuya función es remover los píxeles aislados que generalmente son producto del ruido de la imagen.

La operación "clean", remueve los píxeles aislados (unos individuales que son rodeados por ceros). Una explicación gráfica de esta operación se puede observar en la figura 4, donde se presta atención a la zona interior del círculo y luego cómo en la imagen derecha se muestra la zona limpia de píxeles aislados que son considerados como ruido.

En cambio, la operación "spur" permite eliminar las componentes de ruido como ramas o esquinas salientes, este efecto se puede observar en el siguiente ejemplo:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ Se convierte en } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Un ejemplo ilustrativo de esta operación se muestra en la figura 4, donde los salientes (en la zona interior del círculo) son eliminados, obteniendo unos contornos mas uniformes. A continuación las imágenes son normalizadas a un tamaño de 10x10 pixels, tal y como se muestra en la figura 7.

Extracción de características de la imagen

Posteriormente se realiza la extracción de características, que consiste en transformar un conjunto de características originales, que se corresponden con los píxeles que componen cada imagen (de dimensión m), en otro conjunto de características (generalmente, de dimensión n<m), lo que se denomina como técnicas de dominio transformado. La extracción de características, además de poder reducir la dimensionalidad de los datos, puede mejorar la tasa de generalización y disminuir los requisitos computacionales del clasificador.

Para la invención propuesta se utilizaron los siguientes extractores de características: Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Componentes Independientes (ICA), Transformada Discreta del Coseno (DCT) y las familias db1 y BIOR de la Transformada de Wavelet (DWT).

La idea básica de PCA es encontrar las direcciones de proyección que maximicen la matriz de dispersión total de las muestras para obtener un sub-espacio más representativo donde discriminar las imágenes o muestras.

El Análisis de Componentes Independientes, es una técnica para extraer las variables estadísticamente independientes desde una mezcla de ellas. ICA puede ser considerada como una generalización de las entradas basadas en variables incorreladas, donde ICA proporciona una representación basada en las variables independientes estadísticamente.

La DCT produce un vector de coeficientes donde cada elemento en el vector DCT representa una frecuencia de la imagen. Los componentes con mayor energía se ubican en las primeras posiciones por lo que se usarán estos coeficientes como las características para diferenciar una imagen de otra.

La DWT es un método basado en un análisis tiempo-frecuencia que descompone una imagen o una señal en dos vectores. Un vector que contiene los coeficientes aproximados de la entrada, que se corresponden con la baja frecuencia y otro vector en el que se ubican los coeficientes de detalle que representan la alta frecuencia. Los componentes de baja frecuencia tienen la suficiente energía que es usada para reconocer una imagen, ya que normalmente el contenido de baja frecuencia es el más importante.

Para poder aplicar estos extractores las columnas de las respectivas imágenes se concatenan para formar un vector de dimensión $d = w \times h$, normalmente de grandes dimensiones. El espacio del vector resultante de la vectorización de la imagen, se llama espacio de imagen, tal y como se representa en la figura 8.

Clasificación de la imagen

La clasificación se realizó utilizando Máquinas de Vector Soporte (SVM). Los SVM se crearon como herramienta para la clasificación binaria, es decir, entre dos tipos de clase. Para la invención propuesta, se empleó una clasificación multiclase, en concreto una clasificación para 4 clases o especies de arañas: Allocyclosa, Anapisona Simoni, Micrathena Duodimspinosa y Zosis Geniculata, tal y como se muestra en la figura 9.

La estrategia utilizada para la clasificación de las diferentes clases fue la denominada "uno contra todos". Esta metodología realiza tantas combinaciones como clases existen, indicando en cada pareja de clases, una como positiva y otra negativa. En concreto para este sistema, se obtuvieron cuatro SVMs donde cada una de ellas calcula el valor para una clase con respecto al resto. De esta forma, el sistema completo de clasificación está formado por los cinco extractores de características que proporcionan cada uno de ellos los datos a cuatro SVM de forma independiente, teniendo así un total de 20 SVMs. De las características extraídas se toman 10 características de PCA, 10 características de ICA, 60 características de DCT y 50 características para db1 y Bior respectivamente. El subsistema de decisión consiste en realizar la suma (adding-scores) de los vectores con los valores de salida que proporciona la SVM para posteriormente aplicar la regla del máximo, donde la clase determinada es aquella que obtenga la puntuación o valor más alto.

El funcionamiento del sistema basado en SVM en tareas de verificación, consiste en introducir un vector de características que pertenece a una telaraña de una especie de araña, el cual se va a verificar (pertenecer a una determina clase i) en una SVM en modo test, la cual, ha sido entrenada previamente, de forma que los vectores de características de la clase i han sido etiquetados con "+1". Si la salida supera un determinado umbral, el vector de características de entrada corresponde a la clase que se está verificando. Al igual que para el modo reconocimiento, se usa un clasificador basado en SVM multiclase que sigue la estrategia de uno frente al resto, por lo que existirá una SVM por clase. En la implementación del clasificador basado en SVM que sigue la estrategia de uno frente al resto, se necesitan tantas SVM como clases admite el sistema. Por ello, por cada una de las clases a verificar se necesita una SVM.

La metodología seguida para la verificación usando el clasificador basado en SVM multiclase es la siguiente:

1. Se entrenan las N SVM del sistema, donde hay una SVM por clase a verificar. El modelo seguido para el entrenamiento del clasificador basado en SVM multiclase es similar al seguido en reconocimiento.

2. Se preprocesa la imagen a clasificar. Se calcula el vector de características de la imagen a verificar. A continuación se selecciona el modelo obtenido del entrenamiento de la SVM perteneciente a la clase a verificar y se pasa el vector de características a verificar por este

modelo. Si la salida supera un umbral, la telaraña a verificar, será verificada como de la clase a la cual el usuario dice pertenecer. De lo contrario será rechazada.

REIVINDICACIONES

1.- Método para identificar y clasificar especies arácnidas a través de sus telas de araña que comprende las siguientes etapas:

(i) seleccionar una imagen de una tela de araña, de una pluralidad de imágenes almacenadas,

(ii) eliminar cualquier elemento distinto a la tela de araña de la imagen seleccionada en la etapa (i),

(iii) procesar los contornos de los hilos de la tela de araña de la imagen obtenida en la etapa (ii),

(iii) filtrar la imagen obtenida en la etapa (ii) preservando los bordes y detalles de la tela de araña,

(iv) extraer las características de la tela de araña de la imagen obtenida en la etapa (iii),

(v) comparar las características obtenidas en la etapa (iv) con una pluralidad de imágenes de referencia almacenadas previamente,

(vi) mostrar el resultado más próximo encontrado en la etapa (v)

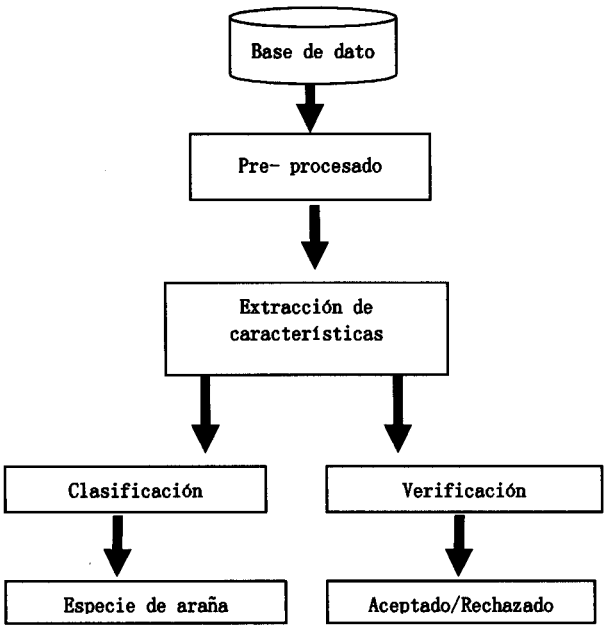

Figura 1

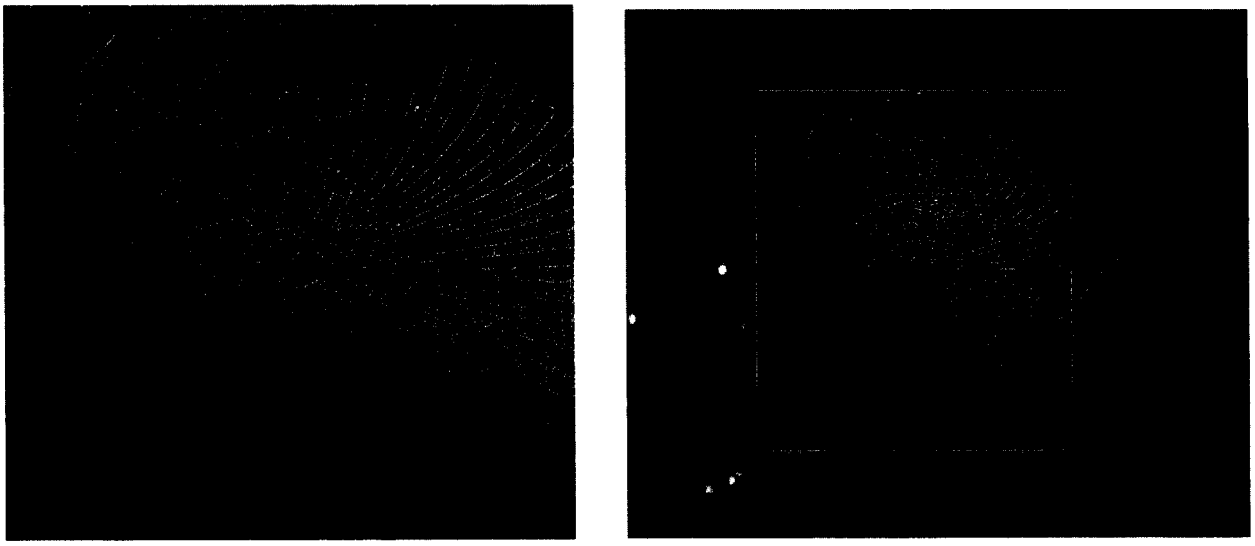

Figura 2

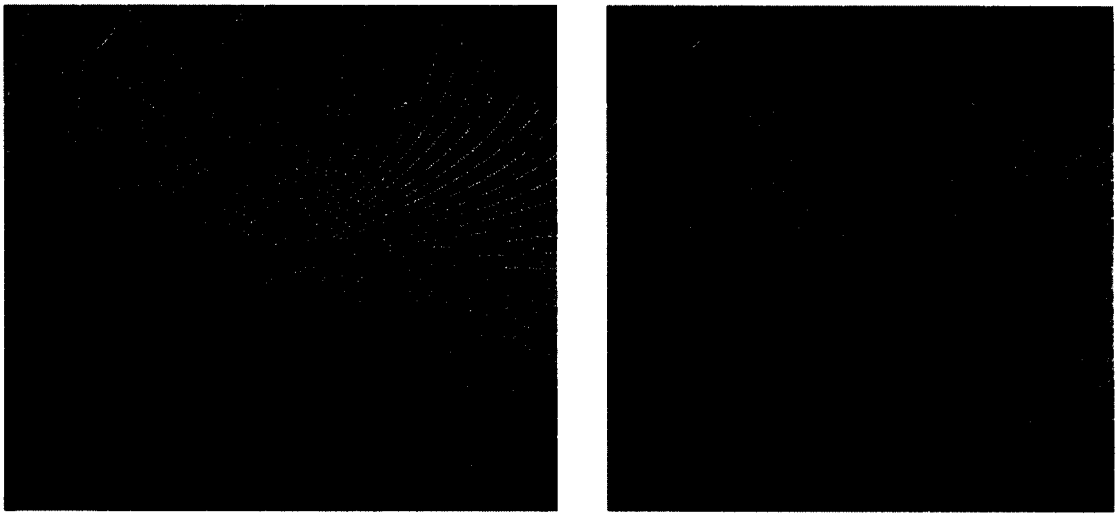

Figura 3

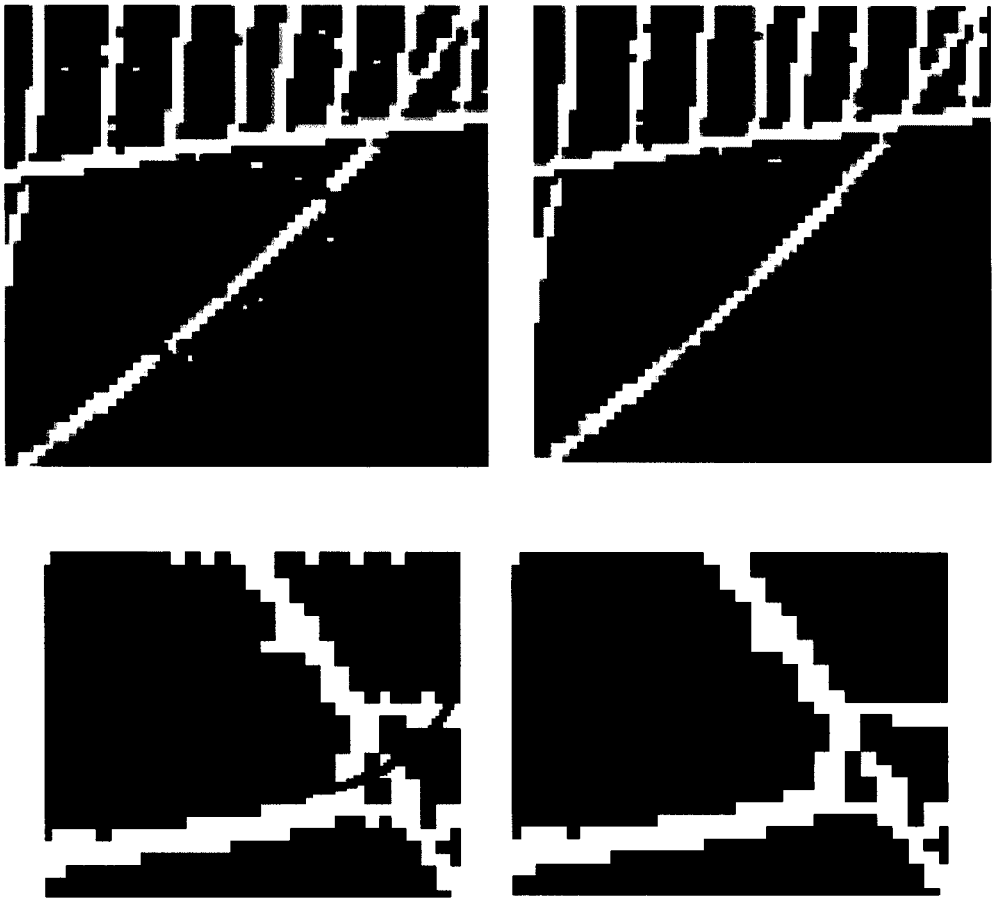

Figura 4

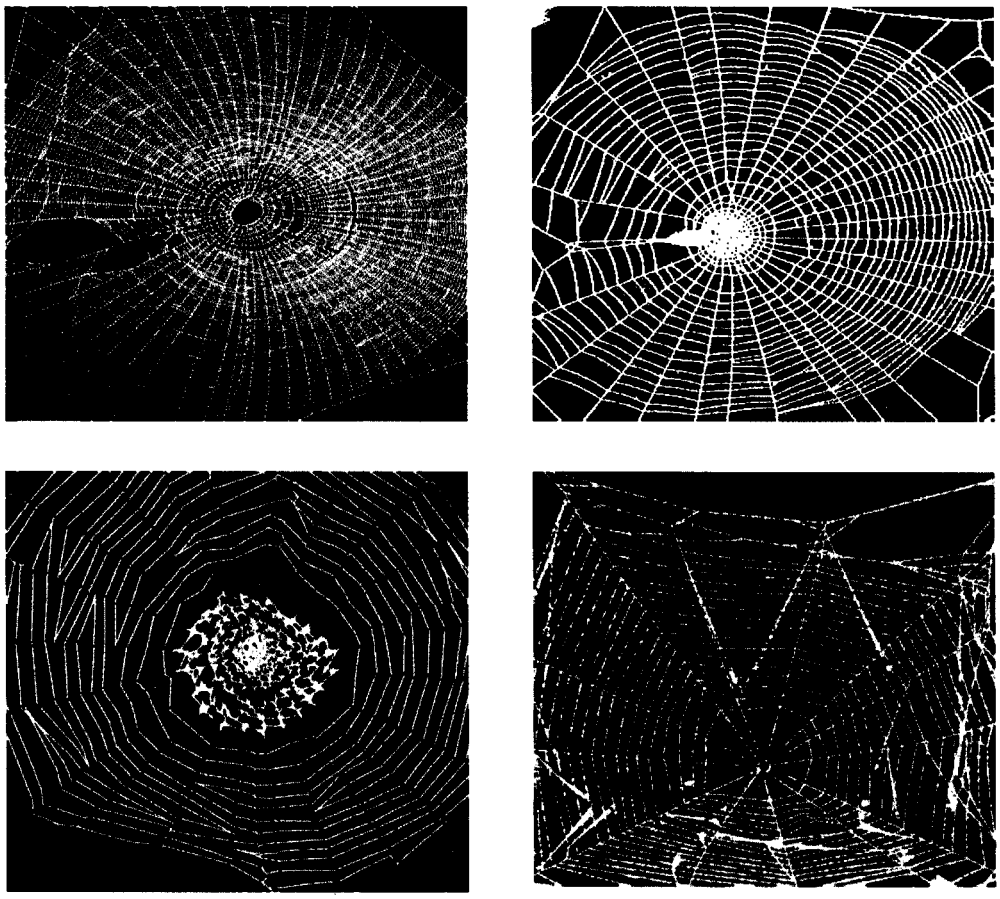

Figura 5

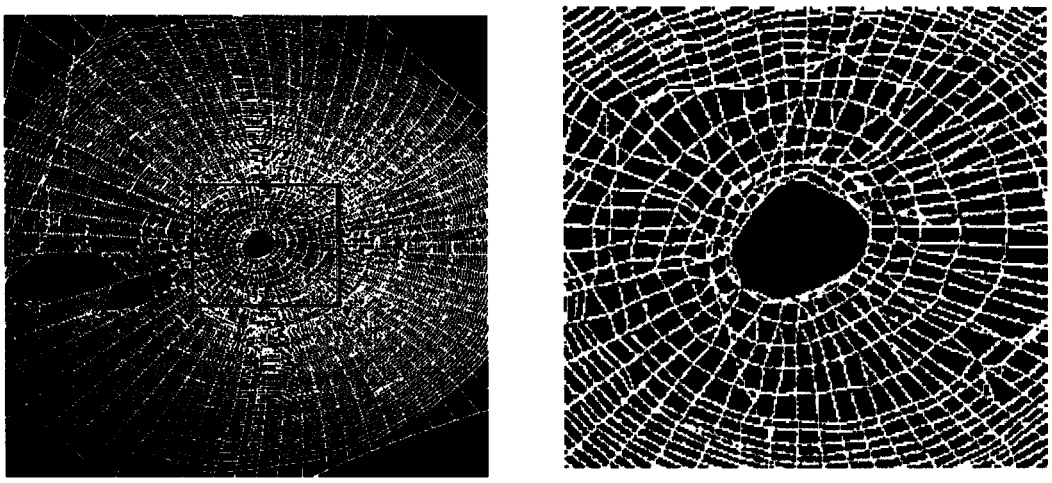

Figura 6

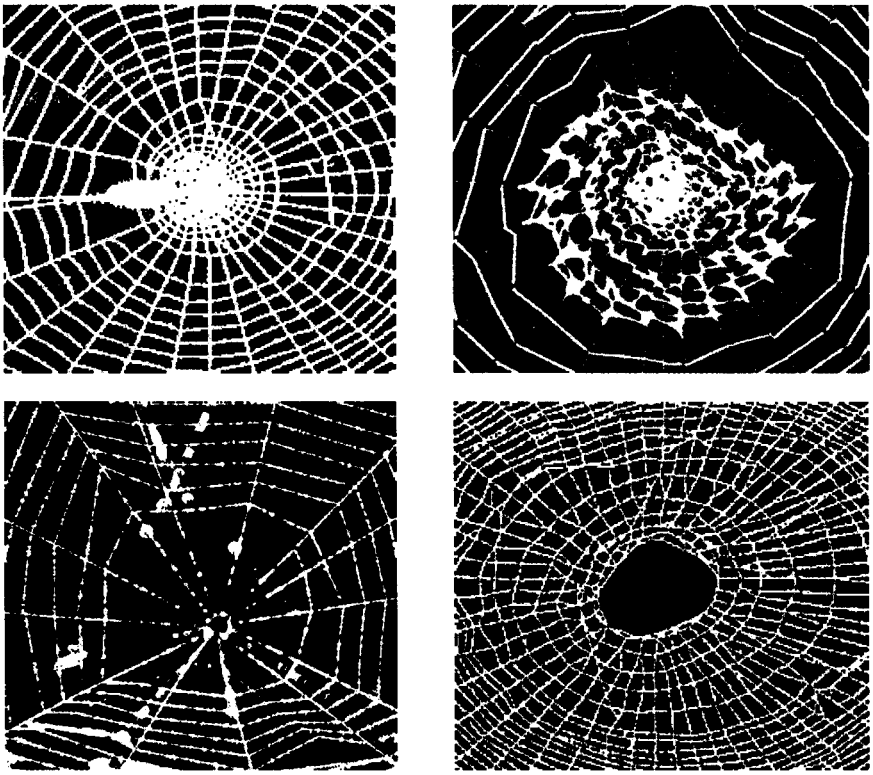

Figura 7

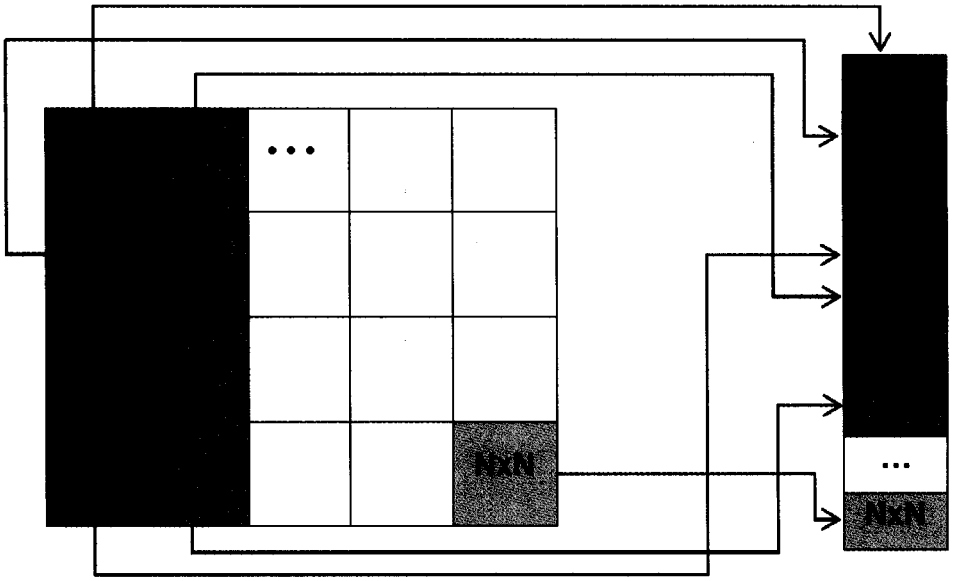

Figura 8

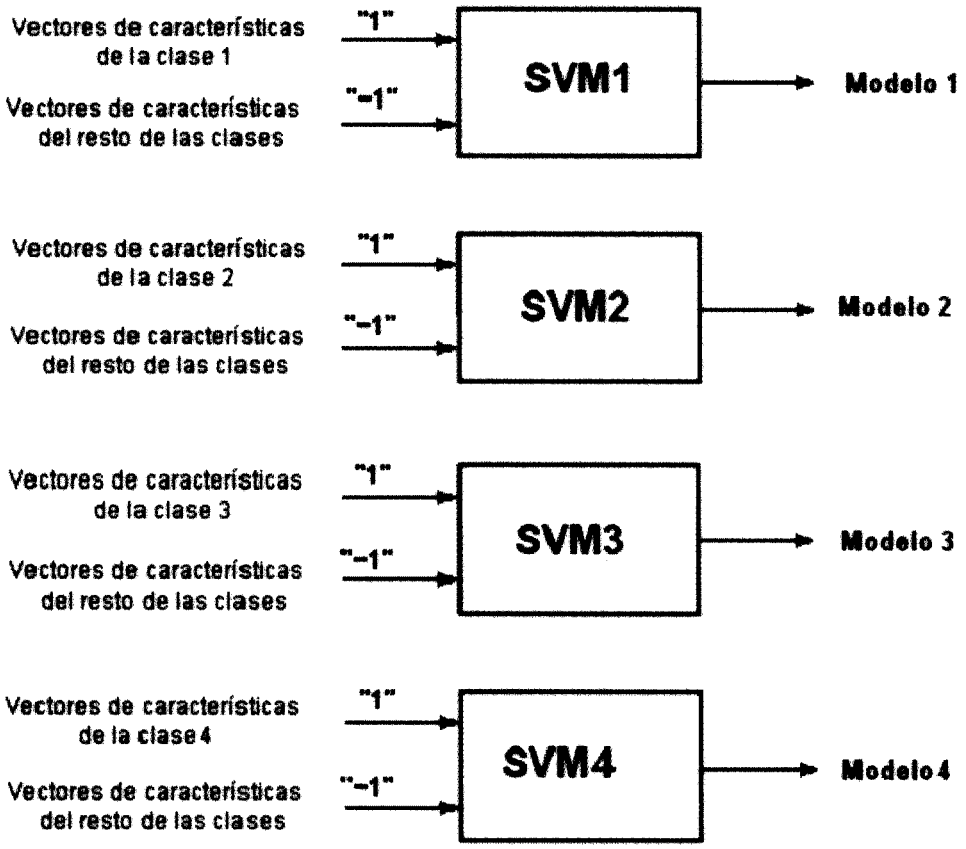
Vectores de características de la clase 1
"1"
Vectores de características del resto de las clases
"-1"
SVM1
Modelo 1
Vectores de características de la clase 2
"1"
Vectores de características del resto de las clases
"-1"
SVM2
Modelo 2
Vectores de características de la clase 3
"1"
Vectores de características del resto de las clases
"-1"
SVM3
Modelo 3
Vectores de características de la clase 4
"1"
Vectores de características del resto de las clases
"-1"
SVM4
Modelo 4

Figura 9