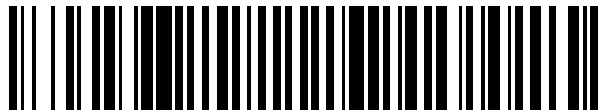


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 003**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/11** (2007.01)

**G06T 5/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2010 PCT/EP2010/054016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2010 WO10112426**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2010 E 10713323 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2415017**

54 Título: **Proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos en imágenes de SAR adquiridas en la misma área**

30 Prioridad:

**03.04.2009 IT MI20090535**

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

**20.02.2019**

73 Titular/es:

**TRE ALTAMIRA S.R.L. (100.0%)  
Ripa di Porta Ticinese 79  
20143 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**FERRETTI, ALESSANDRO y  
LOCATELLI, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 701 003 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos en imágenes de SAR adquiridas en la misma área

5 La presente invención se refiere a un proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos en imágenes de SAR adquiridas en la misma área.

10 Como se conoce, un sistema de radar de apertura sintética (o SAR) produce una imagen de dos dimensiones. Una dimensión de la imagen se llama el alcance y es la medición de la distancia en una línea de visión desde el radar del objeto que se está iluminando. La otra dimensión se llama el acimut y es perpendicular al alcance.

15 El radar SAR opera en una frecuencia que se comprende generalmente entre 400 Mhz y 10 Ghz, y normalmente se instala en aviones o plataformas de satélite que orbitan a una altura de entre 250 y 800 Km. La antena del radar apunta a la tierra ortogonalmente a la dirección de movimiento de la plataforma (avión o satélite) en un ángulo conocido como el ángulo "fuera del nadir" comprendido entre 20 y 80 grados comparados con la dirección de nadir, es decir perpendicularmente a la tierra.

20 Con este sistema pueden generarse imágenes de la superficie de la tierra con una resolución espacial de unos pocos metros, sintetizando por lo tanto (de ahí el nombre del sensor) en la dirección del acimut una antena de dimensiones mucho más grandes que las dimensiones reales por medio de algoritmos apropiados que se conocen muy bien en la bibliografía.

25 La característica más importante del SAR es que es un sensor consistente y por lo tanto las imágenes son matrices de números complejos cuyos valores de amplitud se vinculan a la potencia que se retrodispersa por los objetos iluminados (es decir a la sección transversal de radar de los mismos), mientras que la etapa se determina mediante la naturaleza del objetivo y la distancia del objeto del radar. Debido a la posibilidad de obtener imágenes independientemente de las condiciones de luz y nubosidad, las imágenes de SAR son adecuadas para diferentes aplicaciones; entre estas, las aplicaciones vinculadas a la identificación y calcificación de objetivos, "detección de cambios" y aplicaciones de interferometría son de primordial importancia. La última normalmente tiene por objetivo la obtención de modelos de elevación digitales y/o el análisis de deformación de superficie del terreno a partir de datos de SAR multitemporales.

35 A menudo, en los procesos usados para extraer información de interés a partir de datos de radar, es útil agrupar juntos píxeles homogéneos de las imágenes que son estadísticamente homogéneos, es decir cuya firma de radar es sustancialmente idéntica. Basta con pensar en los problemas conectados con datos de filtrado (eliminación de ruido): reducción de ruido, ya sea de amplitud o de fase, normalmente se realiza con el detrimento de la resolución espacial de los datos. En términos prácticos, de hecho, la eliminación de ruido casi siempre se traduce en una operación de promedio móvil realizada en una ventana de estimación alrededor de cada píxel de imagen. Un enfoque similar se usa también para estimar otros parámetros de interés vinculados, por ejemplo, a propiedades geofísicas o electromagnéticas de los objetivos iluminados, tal como consistencia temporal, la matriz de dispersión en datos polarimétricos, etc.

45 Una imagen de SAR general recopila datos provenientes de objetivos de diversas naturalezas: natural (bosques, rocas, praderas, etc.) o artificial (productos fabricados, estructuras de metal, vehículos de motor, etc.). Las características electromagnéticas pueden variar por lo tanto significativamente incluso entre píxeles adyacentes de una imagen de radar. También pueden ser objetivos distribuidos que generan características de radar casi idénticas de la señal de radio, para todo un grupo de píxeles, tanto puntiforme o caracterizando un único píxel o como mucho un pocos otros píxeles conectados al mismo. Estos dos tipos de objetivos normalmente requieren procesamiento que es sustancialmente diferente en aplicaciones actuales. Por ejemplo, adoptando técnicas de filtrado que prueban ser útiles para el primer tipo de objetivo (distribuido) es dañino para el segundo (puntiforme) que se caracterizan habitualmente por altos valores de relación de señal a ruido (SNR), y en la que la operación promedio espacial realizada en píxeles adyacentes, caracterizada por SNR más bajas, es contraproducente.

55 El artículo "Adaptive-neighborhood speckle removal in multitemporal synthetic aperture radar images" APPLIED OPTICS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC vol. 40, n.º 32, 10 de noviembre de 2001, páginas 5954-5966, ISSN: 0003-6935 divulga un proceso para identificar píxeles en imágenes adquiridas en la misma área por medio de un radar de apertura sintética según se define en el preámbulo de la reivindicación 1.

60 El documento EP 1387317 divulga un método de procesamiento de imágenes en el que la similitud entre un primer píxel y un segundo píxel que constituyen una imagen se proporciona numéricamente mediante pruebas estadísticas, y los valores del primer y segundo píxeles se promedian cuando la similitud proporcionada numéricamente es alta, mientras que el primer y segundo valores de píxel no se promedian cuando la similitud determinada es baja, con lo que se obtiene una imagen con ruidos suprimidos sin dañar una resolución espacial así como una resolución temporal. En vista de la técnica anterior, el objeto de la presente invención es proporcionar un proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos de imágenes de SAR adquiridas en la misma área, es decir caracterizadas por propiedades electromagnéticas similares, en las que es posible hacer estimadas estadísticas

fiables, en un soporte seleccionado de una manera adaptativa.

De acuerdo con la presente invención, este objeto se consigue mediante un proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos en imágenes adquiridas en la misma área por medio de un radar de apertura sintética (sensor de SAR) como se define en la reivindicación 1.

Debido a la presente invención es posible implementar un proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos de imágenes de SAR adquiridas en la misma área en la que realizar procesamiento general, por lo tanto reduciendo drásticamente los problemas generados por los promedios y estimadas realizadas en demografías estadísticas de datos fuertemente no homogéneos que pueden conducir a los resultados de filtrado y, más en general, distorsionándose el análisis completamente.

Además, el proceso de acuerdo con la invención también habilita que se preserve la respuesta de los objetivos de radar puntiformes.

Las características y ventajas de la presente invención serán claras a partir de la siguiente descripción detallada de una realización práctica de la misma, se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 muestra una serie de imágenes de SAR que se adquieren y remuestran en una cuadrícula común;
- la Figura 2 muestran esquemáticamente una ventana de estimación con píxeles que son homogéneos con el píxel de muestra, pero no se conectan al píxel de muestra y píxeles que son homogéneos con y se conectan al píxel de muestra;
- la Figura 3 muestra el mapa de reflectividad promedio del área del volcán Etna;
- la Figura 4 muestra para cada píxel el número de píxeles estadísticamente homogéneos asociados con el mismo, de acuerdo con el proceso de la invención;
- la Figura 5a muestra una imagen antes de que se aplica el filtro antimanchas de acuerdo con el proceso de la invención;
- la Figura 5b muestra la misma imagen de la Figura 5a después de la aplicación del filtro antimanchas de acuerdo con el proceso de la invención;
- la Figura 6a muestra un interferograma antes de la aplicación del filtro para interferogramas de acuerdo con el proceso de la invención;
- la Figura 6b muestra la misma imagen como la Figura 5a después de la aplicación del filtro para interferogramas de acuerdo con el proceso de la invención;
- la Figura 7a muestra un mapa de consistencia estimado con un método convencional, o en ventana de estimación rectangular no adaptativa;
- la Figura 7b muestra un mapa de consistencia estimado en una ventana adaptiva, o en grupos de píxeles estadísticamente homogéneos, con un proceso de acuerdo con el proceso de la invención.

El proceso de acuerdo con la invención funciona en colecciones (o conjuntos de datos) de N imágenes de radar A1...AN (Figura 1) con relación a la misma área, detectada en momentos diferentes y/o en diferentes ángulos de visión, pero tal como para consentir el remuestreo de datos de cuadrícula común. Aguas abajo del remuestreo, todas las imágenes de conjunto de datos se hacen que se puedan superponer una encima de otra en una cuadrícula común, de tal forma que píxeles homólogos en dos imágenes generales del conjunto de datos corresponden a la misma porción de terreno iluminado por el radar.

Los valores en los que opera el proceso son los valores de amplitud de la señal que se adquiere por el SAR con relación a una cierta célula de píxeles de resolución en la tierra, a saber los N valores de amplitud grabados en un cierto píxel en las N adquisiciones disponibles en el área de interés. Operar únicamente en los valores de amplitud habilita que se haga un cálculo computacional más pequeño y habilitan que el proceso se haga independiente de toda una serie de efectos, que se conocen bien en la infometría de SAR, que alteran el valor de fase de la señal, pero que mantienen el módulo del mismo sustancialmente inalterado, tal como, por ejemplo, los efectos atmosféricos y las variaciones de trayectoria del satélite. El proceso también puede aplicarse a los valores de intensidad de las imágenes, es decir los valores de amplitud al cuadrado.

El proceso comprende seleccionar un píxel como un píxel de muestra.

Por medio de dichas N imágenes de radar remuestradas en una cuadrícula común A1...AN (Figura 1), para cada píxel de muestra se construye un vector de N valores de amplitud con relación al área iluminada por el radar durante el curso de las adquisiciones. Se obtienen por lo tanto vectores de valores de amplitud con N dimensiones. El valor de amplitud A se calcula mediante la ecuación  $A = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}$  en la que Re es la parte real e Im es la parte imaginaria de cada número complejo del píxel bajo examen, ya que las imágenes de SAR están disponibles como matrices de números complejos. El vector de amplitud del píxel de muestra se define como el vector de muestra.

El proceso de acuerdo con la invención comprende (Figura 2), para cada píxel de muestra 1 (indicado por un cuadrado negro), la definición de un área de interés 10, dicha ventana de estimación, dentro de la que buscar los

píxeles que son estadísticamente homogéneos al píxel de muestra. La forma y dimensión de la ventana de estimación son parámetros que pueden variar de una aplicación a otra pero normalmente se selecciona una ventana rectangular que comprende unos pocos cientos de píxeles.

5 Para cada píxel que pertenece a la ventana de estimación 10 el vector de N valores de amplitud se calcula de la misma manera que el vector de muestra.

10 La ventana de estimación identifica un conjunto de píxeles y un conjunto de vectores de amplitud que tienen la misma dimensión N que el vector de muestra y que pueden compararse con el vector de muestra en la búsqueda de comportamiento estadísticamente homogéneo. El problema es rastrear a la comparación entre dos vectores de variables aleatorias que contienen el mismo número N de muestras, sobre las cuales es deseable comprobar si se consideran que son dos realizaciones de la misma función de distribución o realizaciones de diferentes funciones de distribución.

15 Es necesario realizar una prueba para comparar cada vector asociado con el píxel de la ventana de estimación 10 y el vector de muestra.

20 Para hacer el procedimiento tan generalizable como sea posible y para no tener que suponer que el algoritmo es válido únicamente dentro de una familia específica de distribuciones estadísticas, la prueba puede ser del tipo no paramétrico. Este tipo de prueba de comparación se conoce en la técnica anterior; una de las usables y conocidas es la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), que de hecho requiere únicamente que se seleccione el grado de significancia deseada, y que proporciona resultados razonables con dimensiones limitadas de los vectores de prueba. Dicha prueba se divulga en el capítulo 14, páginas 620-628 del libro "Numerical recipes in C: the art of scientific computing" (ISBN 0-521-43108-5), 1988-1992 publicado por la Universidad de Cambridge o el artículo de Massey, F. J. "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit." Journal of the American Statistical Association, Vol. 46, N.º 253, 1951, pp. 68-78.

30 Obviamente, cuanto más completo esté conjunto de datos (es decir cuanto mayor sea el número N de imágenes disponibles), más fiables serán los resultados. La prueba adoptada puede refinarse si se desea usar una información a priori sobre las estadísticas de señal. La prueba de KS también se ha encontrado que es válida también en el caso de calibración radiométrica menos que perfecta de los diversos disparos de radar.

35 Después de que se haya completado dicha prueba de comparación realizada en todos los vectores de amplitud con relación a la ventana de estimación 10, los píxeles 2 y 3 (Figura 2) se marcarán como que son homogéneos con el píxel de muestra 1 (en la que los píxeles 3 se indican mediante círculos grises y los píxeles 2 se indican mediante círculos negros) y los píxeles 4 se marcarán como que no son homogéneos con el píxel de muestra (indicado por círculos blancos).

40 Posteriormente, existe una etapa de verificación de que los píxeles marcados como que son homogéneos con el píxel de muestra se conectan al mismo, para constituir un objetivo distribuido y no un conjunto desconectado de objetos. La prueba de conexión entre cada píxel marcado como que son homogéneos en la ventana de estimación 10 y el píxel de muestra se puede implementar fácilmente y es de todos modos una prueba conocida en la técnica anterior (véase, por ejemplo, en el libro "Binary digital image processing" de S. Marchand-Maillet y Y.M. Sharaiha, Academic press, 2000).

45 El proceso de acuerdo con la invención por lo tanto comprende las siguientes etapas:

- adquirir una pluralidad de N imágenes de radar A1...AN por medio de un SAR en la misma área con geometrías de adquisición similares y tal como para consentir el remuestreo de datos de cuadrícula común,
- 50 – aguas abajo del remuestreo, seleccionar un píxel e identificar el píxel como un píxel de muestra 1,
- calcular un vector de N valores de amplitud con relación al píxel de muestra en las N imágenes disponibles e identificar el vector como un vector de muestra,
- definir una ventana de estimación 10 (Figura 2) para el píxel de muestra, para identificar un conjunto de píxeles en la vecindad del píxel de muestra,
- 55 – calcular los vectores de N valores de amplitud para cada otro píxel contenido en la ventana de estimación, de forma similar a lo que se hace para el píxel de muestra;
- comparar, a través de una prueba estadística, cada vector de amplitud asociado con los píxeles que pertenecen a la ventana de estimación con el vector de muestra para comprobar qué vectores de amplitud se generan mediante la función de distribución del vector de muestra,
- 60 – identificar como píxeles (Figura 2) que son homogéneos con el píxel de muestra aquellos píxeles que se asocian con los vectores de valores de amplitud que han pasado la prueba estadística 2, 3 e identifican como píxeles que no son homogéneos con el píxel de muestra aquellos píxeles 4 que se asocian con los vectores de valores de amplitud que no han pasado la prueba estadístico,
- eliminar los píxeles contenidos en la ventana de estimación 10 que, aunque se asocian con vectores que han pasado la prueba, sin embargo, no se conectan 3 al píxel de muestra 1, directamente o por medio de otros

- píxeles que son homogéneos al mismo,
- identificar el conjunto de píxeles que son homogéneos con y se conectan al píxel de muestra como píxeles 2 que son estadísticamente homogéneos con el píxel de muestra 1.

5 El conjunto de los píxeles que son estadísticamente homogéneos con el píxel de muestra puede usarse para realizar estimadas de promedios o otras estimadas.

Cada punto de la imagen puede seleccionarse como un píxel de muestra y el proceso por lo tanto puede realizarse en todos los píxeles del área de interés.

10 Algunos píxeles de muestra pueden no tener píxeles homogéneos contenidos en la respectivas ventanas de estimación. Este último caso es típico de los así llamados píxeles puntiformes, con comportamiento electromagnético que es distintivamente diferente de el del terreno circundante.

15 En la presencia de píxeles distribuidos con una extensión que es mayor o la misma que la de la ventana de estimación, todos los píxeles serán en general similares al píxel de muestra, habilitando por lo tanto que se haga una estimación en un número alto de muestras.

20 Por lo tanto es posible implementar una estrategia de filtrado y/o estimación adaptativa que mantiene los detalles con relación a píxeles de radar puntiformes pero también permite filtrado robusto de las áreas homogéneas de la imagen de una manera que es automática y transparente al usuario.

25 El proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos de imágenes de SAR de acuerdo con la invención se implementa mediante software de aplicación instalado en una memoria de un dispositivo de procesamiento; la última comprende un microprocesador que conversa con la memoria para ejecutar dicho software de aplicación. La ventana de estimación se elige por el usuario.

A continuación se divulgan tres diferentes aplicaciones del proceso de acuerdo con la invención.

30 El proceso de acuerdo con la invención se usa para reducir el ruido de manchas de una imagen de SAR. Un conjunto de datos que consiste en 75 datos de radar multitemporales adquiridos por los satélites ERS-1 y ERS-2 de la Agencia Espacial Europea se usa para crear, para cada píxel de la imagen, el conjunto de píxeles que son estadísticamente homogéneos con el proceso de acuerdo con la invención.

35 La ventana de estimación usada en este y en los ejemplos posteriores tiene forma rectangular y mide 13 x 25 píxeles (respectivamente en las direcciones de alcance y acimut): por lo tanto puede contener un valor máximo de 325 píxeles homogéneos. En la Figura 3 para una interpretación más simple de los resultados, se muestra el mapa de la reflectividad promedio del área de interés, es decir el promedio de los valores de amplitud con relación a los 75 datos de radar multitemporales adquiridos por los satélites ERS-1 y ERS-2 sobre el Monte Etna; la dimensión horizontal es la coordinada de acimut mientras que la dimensión vertical es la coordinada de alcance. En la Figura 4 para cada píxel se muestra el número de elementos estadísticamente homogéneos asociados con el mismo identificados por el proceso, mientras que la Figura 5b muestra los beneficios del uso del proceso de acuerdo con la invención como un filtro antimanchas comparado con un filtro antimanchas de tipo conocido (Figura 5a). El ruido de manchas corresponde a variaciones en los valores de amplitud de la señal que también se ubican en objetivos homogéneos que se observan en los datos obtenidos por los así llamados sistemas de observación consistentes, tal como los sistemas de SAR. El ruido de manchas se reduce por medio de un algoritmo simple que es movable únicamente en los valores de amplitud con relación a los píxeles que son estadísticamente homogéneos con el píxel actual. El resultado del filtrado realizado de acuerdo con el proceso de acuerdo con la invención es notable, tal como para ser capaz de comparar la única adquisición (filtrada en ventanas adaptativas que corresponden a los píxeles estadísticamente homogéneos) con el mapa de reflectividad promedio (Figura 3), en el que se usan todas las 75 imágenes disponible. Esto, mientras que la resolución espacial de los datos se mantiene inalterada, no hace, sin embargo un análisis multitemporal de los valores de reflectividad posibles pero pueden, por otra parte, mostrar variaciones con el paso del tiempo de los valores de RCS originados por diversos fenómenos tal como cambios en humedad del terreno, variaciones en vegetación, presencia de objetivos artificiales, etc.

55 La segunda aplicación del proceso de acuerdo con la invención es el uso del mismo como una herramienta de filtrado de interferogramas de SAR.

60 Usando la misma base de datos de imágenes de SAR adquiridas por los satélites ERS del ejemplo anterior, en las Figuras 6a y 6b se muestran las franjas interferométricas de la zona del Valle del Bove, obtenidas por un par de imágenes de ERS. Cada 'franja' corresponde a un movimiento del terreno a lo largo de la línea de visión de algo menos de 3 cm.

65 Las mismas franjas se muestran con y sin la acción de filtrado de los píxeles homogéneos, la última se obtiene simplemente mediante el promedio de los valores complejos (módulo y base) de los objetivos homogéneos. En la Figura 6b el beneficio del promedio para los píxeles homogéneos se muestra claramente en términos de la mejora

de la relación de señal/ruido, que es inicialmente rastreable a la claridad de las franjas interferométricas con las franjas interferométricas originales. Se ha de observar que la acción de filtrado no conduce, donde existen variaciones repentinas en la reflectividad local, a ninguna pérdida significativa (efecto borroso) que es típico de acciones de filtrado tradicionales.

5 La tercera aplicación del proceso de acuerdo con la invención se refiere a la estimación de consistencia de dos imágenes de SAR. Las Figuras 7a y 7b se comparan con lo que es obtenible con el proceso adaptativo divulgado en los párrafos anteriores y el resultado de estimación de consistencia tradicional, es decir por medio de un proceso de  
10 un promedio móvil en una ventana de muestras de 13x25, es decir de las mismas dimensiones que la ventana de estimación de los píxeles homogéneos usada en los ejemplos pero sin ninguna selección de los píxeles homogéneos; una definición de consistencia se divulga en el artículo por Touzi, Lopes, Bruniquel, Vachon, "Coherence estimation for SAR imagery" IEEE, Trans. Geosc. Remote Sensing, vol. 37, N.º 1, páginas 135-149, enero de 1999. La comparación se hizo a lo largo de una zona de costa y muestra claramente cómo la pérdida típica  
15 de detalle de la técnica tradicional (Figura 7a) no está presente cuando se adopta la estrategia de selección adaptativa de los objetivos estadísticamente homogéneos (Figura 7b). Esta confirmación encuentra una correspondencia inmediata en la mayor claridad de la consistencia estimada de los píxeles homogéneos: la línea costera parece estar mejor definida, de hecho mientras que la estimación tradicional de un promedio móvil no distingue entre píxeles, la estimación en píxeles homogéneos evita que los píxeles de mar se promedien con los  
20 píxeles de tierra.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos en imágenes adquiridas en la misma área por medio de un radar de apertura sintética, sensor de SAR, comprendiendo las siguientes etapas:

- 5 (a) adquirir una pluralidad de N imágenes de radar (A1...AN) por medio de un sensor de SAR en una misma área,
- (b) seleccionar un píxel e identificarlo como píxel de muestra (1),
- 10 (c) definir una ventana de estimación (10) para que el píxel de muestra identifique un conjunto de píxeles alrededor del píxel de muestra, dicha etapa de adquisición (a) formada con geometrías de adquisición adecuadas para consentir el remuestreo de cuadrícula común de datos y dicha etapa (b) formada después del remuestreo de cuadrícula común, dicho proceso **caracterizado por** comprender después de la etapa (c) las siguientes etapas:
- 15 (d) calcular un vector de N valores de amplitud o intensidad con relación al píxel de muestra en las N imágenes disponibles e identificarlo como vector de muestra,
- (e) calcular los vectores de N valores de amplitud o intensidad para cada píxel contenido en la ventana de estimación, de forma similar a lo que se ha hecho para el píxel de muestra,
- 20 (f) comparar, por medio de una prueba de Kolmogorov-Smirnov, cada vector de valores de amplitud o intensidad de los píxeles que pertenecen a la ventana de estimación con el vector de muestra para verificar cuáles de los vectores de valores de amplitud o intensidad están generados por la misma función de distribución de probabilidad del vector de muestra,
- (g) identificar como píxeles homogéneos (2, 3) al píxel de muestra los píxeles asociados a los vectores de valores de amplitud o intensidad que han pasado la prueba estadística de la etapa (f) e identificar como píxeles no homogéneos (4) al píxel de muestra aquellos píxeles asociados a los vectores de valores de amplitud o
- 25 intensidad que no han pasado la prueba (f),
- (h) efectuar una prueba de conexión de los píxeles homogéneos (2, 3) al píxel de muestra,
- (i) eliminar los píxeles contenidos en la ventana de estimación (10) que, incluso si están asociados a vectores que han pasado la prueba (f), aún no resultan conectados (3) al píxel de muestra, directamente o por medio de otros píxeles que resultaron homogéneos al mismo,
- 30 (j) identificar como píxeles estadísticamente homogéneos los píxeles que resultaron homogéneos y conectados al píxel de muestra.

2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada valor de amplitud del vector se calcula por medio de la ecuación:

35 
$$A = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}$$
 en la que A es el valor de amplitud, Re es la parte real e Im es la parte imaginaria del número complejo asociado al píxel.

3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada valor de intensidad del vector se calcula por medio de la ecuación:

40 
$$A^2 = \text{Re}^2 + \text{Im}^2$$
 en la que A<sup>2</sup> es el valor de amplitud elevado al cuadrado, Re es la parte real e Im es la parte imaginaria del número complejo asociado al píxel.

45 4. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichas N imágenes adquiridas por medio de un SAR se adquieren en momentos diferentes.

50 5. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichas N imágenes adquiridas por medio de un SAR se adquieren con diferentes ángulos de visión.

6. Ordenador que comprende una memoria y un microprocesador adecuados para intercambiar datos con la memoria, comprendiendo dicha memoria un software aplicativo que se instala en la memoria y es adecuado para implementar, cuando lo ejecuta el microprocesador, el proceso para identificar píxeles estadísticamente homogéneos de imágenes de SAR adquiridas en la misma área de acuerdo con una cualquiera de las

55 reivindicaciones anteriores.

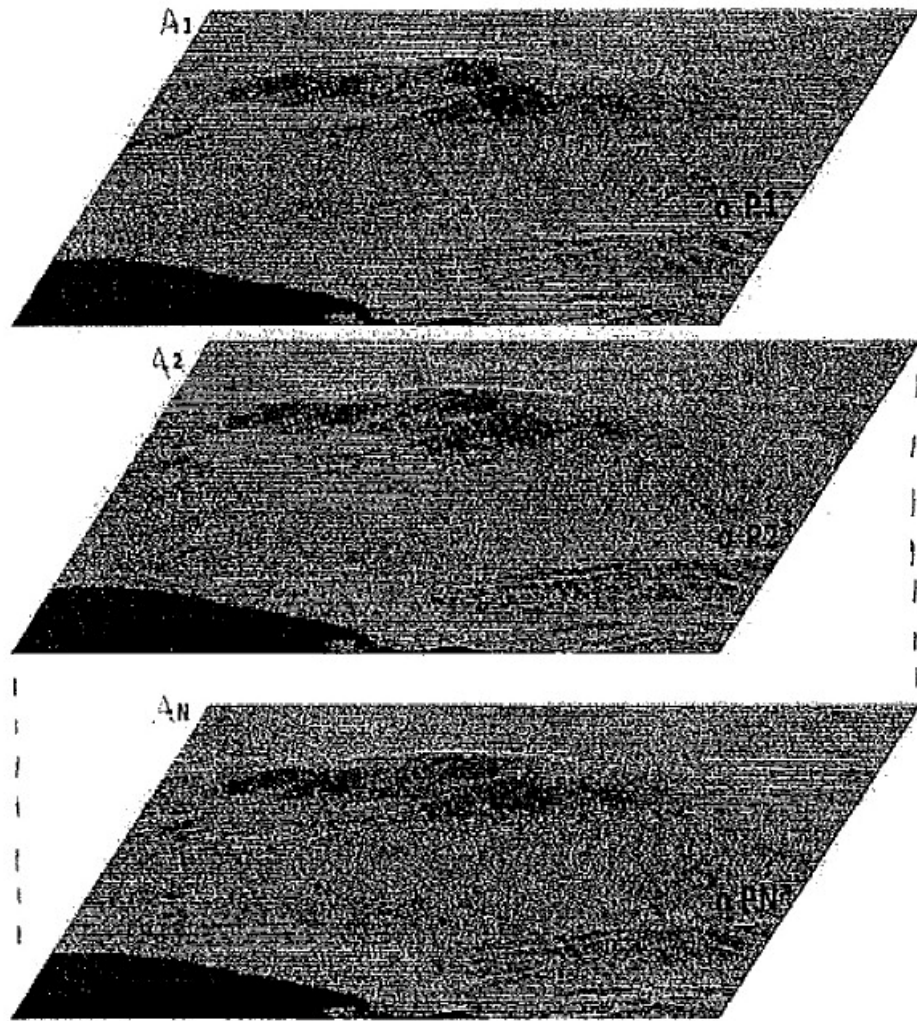


Fig. 1



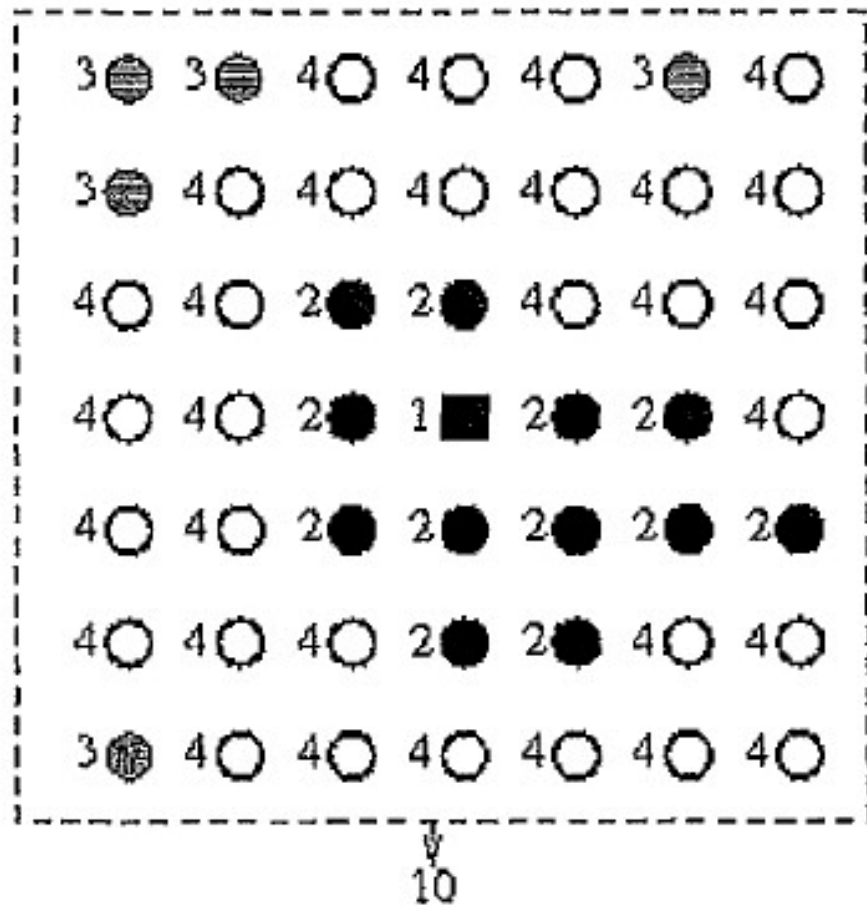


Fig. 2

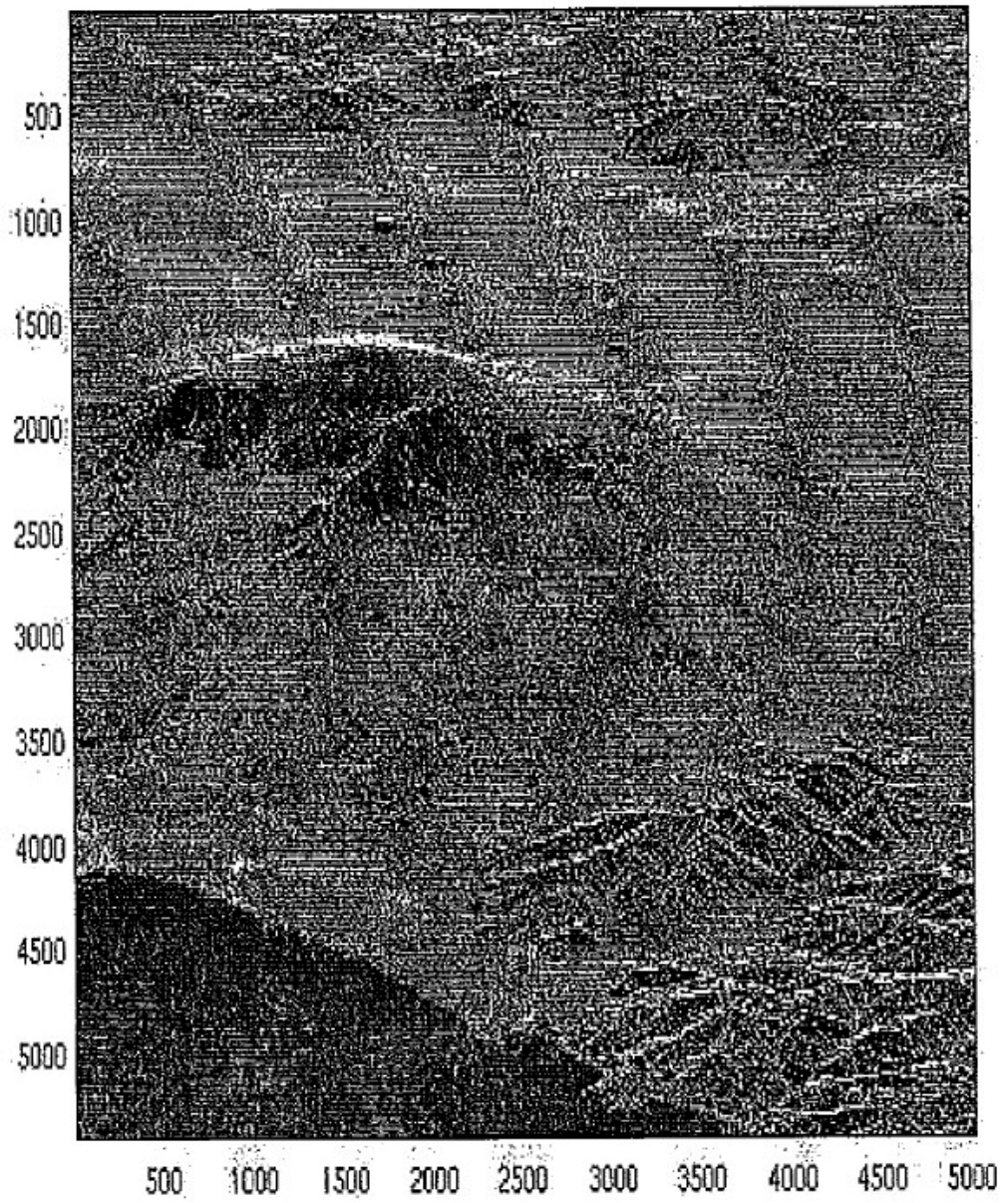


Fig. 3

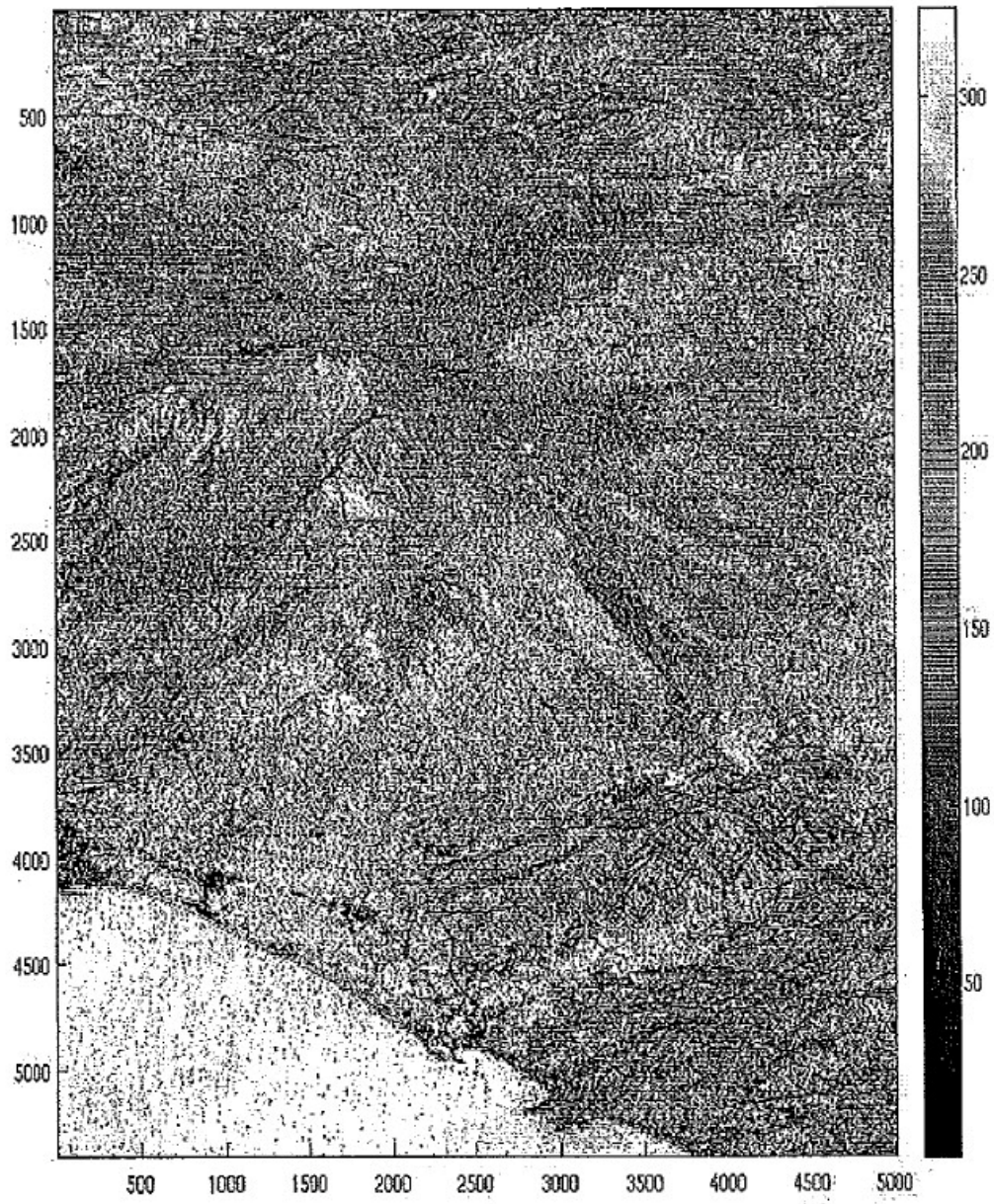


Fig. 4

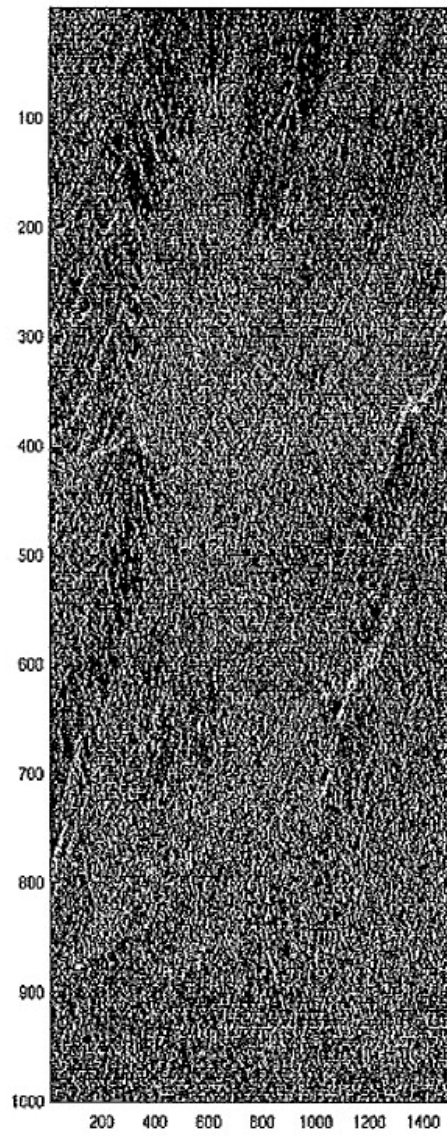


Fig. 5a

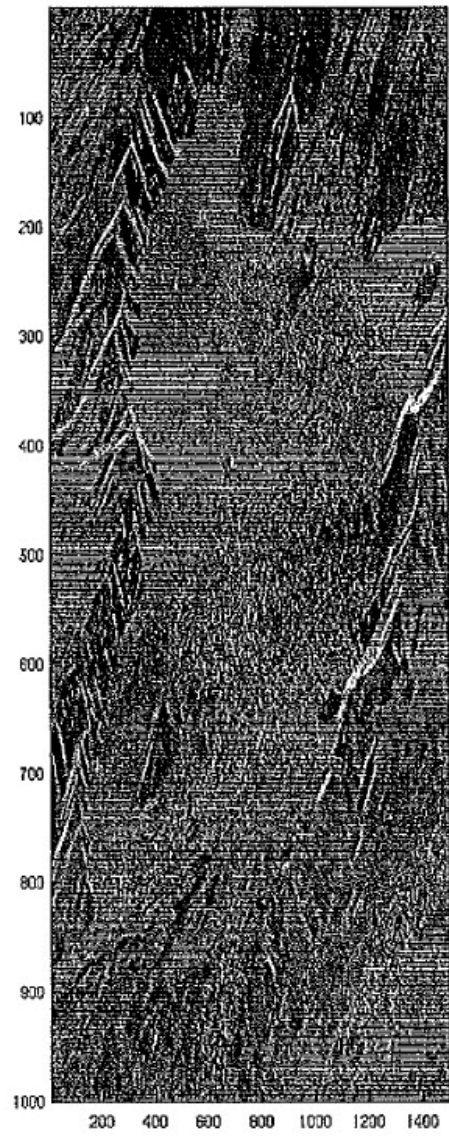


Fig. 5b

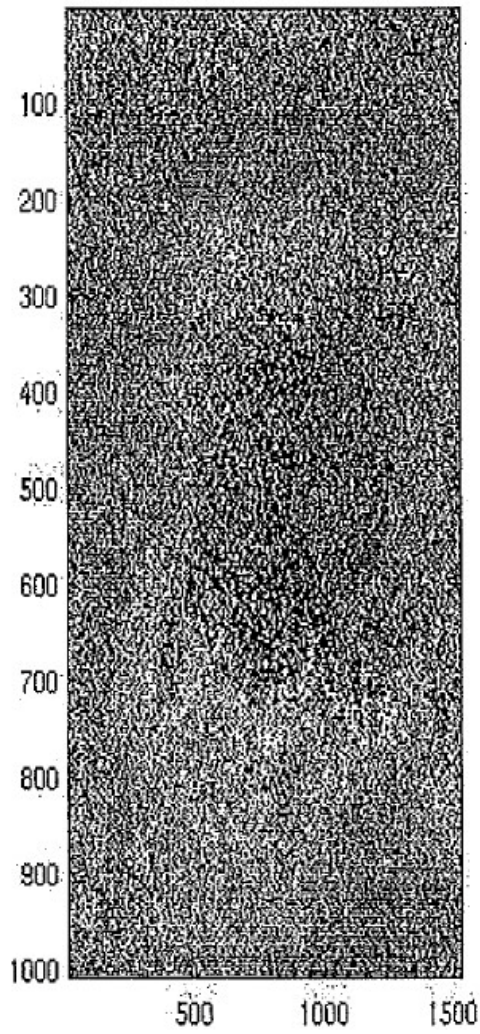


Fig. 6a

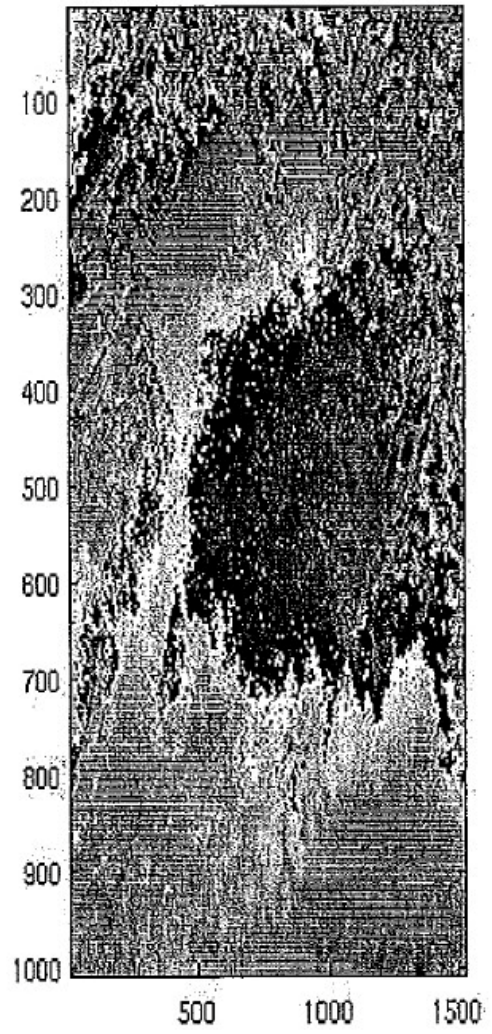


Fig. 6b

Fig. 7a

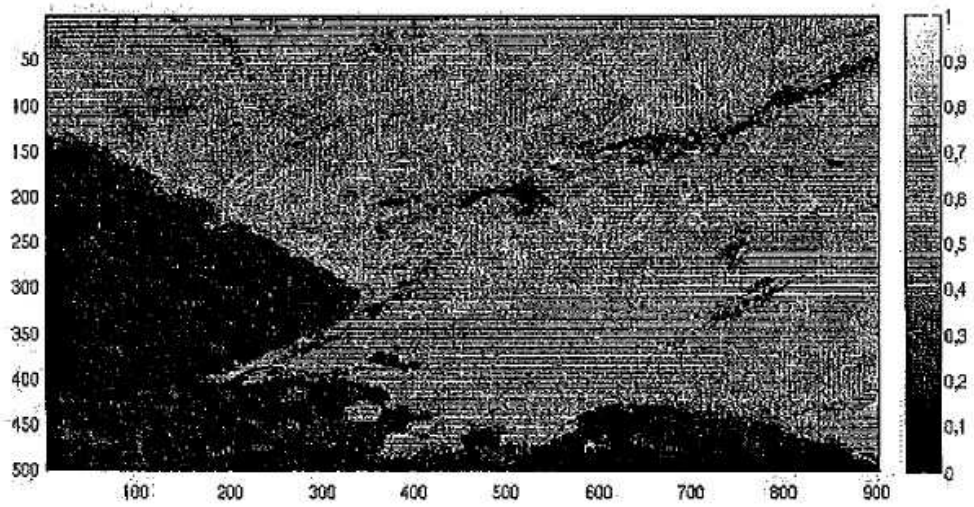
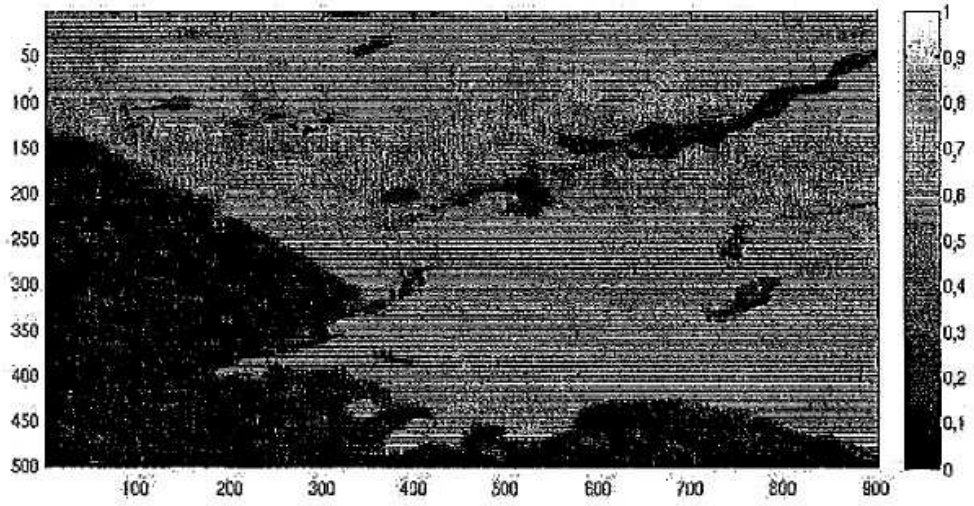


Fig. 7b