

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 068**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2010 E 10711823 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **28.12.2011 EP 2399241**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de curvas del borde de un objeto basada en la entropía**

30 Prioridad:

**19.02.2009 DE 102009009572**

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

**16.01.2013**

73 Titular/es:

**EADS DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)  
Willy-Messerschmidt-Strasse 1  
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**HIEBL, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 394 068 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**

Procedimiento para la determinación de curvas del borde de un objeto basada en la entropía.

La invención concierne a un procedimiento para la determinación de curvas del borde de un objeto basada en la entropía según las características de la reivindicación 1 vigente.

5 Es sabido que el contenido de información medio de una imagen se caracteriza por la entropía. El valor absoluto de la entropía da información sobre el número mínimo de bits que son necesarios para almacenar los píxeles de una imagen. Se informa con esto también acerca de si se puede conseguir con técnicas de compresión una reducción de la demanda de espacio de memoria, sin que se origine con ello una pérdida de información.

10 Se conoce por A. Shiozaki: "Edge extraction using entropy operator"; Academic Press Inc. 1986; Computer vision graphics, and image processing, 1986, vol. 36, páginas 1-9, el recurso de emplear operadores de entropía para la detección del borde de un objeto en imágenes.

15 Se conocen también por el estado de la técnica procedimientos que aprovechan la entropía en el procesamiento de imágenes tomadas por medio de un reconocimiento aéreo del suelo, por ejemplo en rastreadores de cantos. En un rastreador de cantos se analiza la imagen a analizar atendiendo a cantos paralelos. Se interrumpe la búsqueda cuando el grosor de un canto cae por debajo de un valor umbral prefijable. Con estos procedimientos es posible, por ejemplo, la detección de carreteras y caminos. La desventaja de este procedimiento es que proporciona buenos resultados solamente en aquellos objetos que presentan un contorno de objeto fijamente perfilado.

20 H. D. Cheng et al., "Color image segmentation: advances and prospects", Pattern Recognition 34, Elsevier Science Ltd. 2001, páginas 2259-2281, se ocupa de la segmentación de imágenes en color, especialmente imágenes multispectrales.

WENZAHN DAI et al: "An Image Edge Detection Algorithm Based on Local Entropy", Integration Technology, 2007. ICIT'07, IEEE International Conference on, IEEE, PI, 1 de Marzo de 2007, páginas 418-420, se ocupa de la detección de cantos basada en la entropía.

25 El cometido de la invención consiste en indicar un procedimiento con el cual se puedan detectar y clasificar objetos en base a su color y tamaño.

Este problema se resuelve con las características de la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas del procedimiento son objeto de reivindicaciones subordinadas.

El procedimiento según la invención para determinar curvas del borde de un objeto en una imagen tomada de una cámara multispectral comprende los pasos de procedimientos siguientes:

- 30 a. conversión de la imagen tomada en una imagen en color falsa,
- b. en la imagen en color falsa se adjudica a cada píxel un valor de tono de color del espacio de color HSV, correspondiendo el valor de tono de color a un ángulo de color H en un círculo de color prefijado,
- c. clasificación de los píxeles como píxeles de objeto y píxeles de fondo, definiéndose como píxeles de objeto los píxeles cuyos valores de tono de color están situados dentro de un intervalo de valores prefijado,
- 35 d. determinación de un perfil de entropía (figura 5) por medio de una ventana de evaluación desplazable, calculándose para cada píxel en la imagen tomada la entropía de mezcla S de píxeles de objeto y píxeles de fondo según

$$S = -k \left( n_A \ln \frac{n_A}{n_A + n_B} + n_B \ln \frac{n_B}{n_A + n_B} \right)$$

40 en donde  $n_A$  indica el número de píxeles del objeto dentro de la ventana de evaluación,  $n_B$  indica el número de píxeles de fondo dentro de la ventana de evaluación y k indica un factor de proporcionalidad,

realizándose una diferenciación y una consideración de valores extremos del perfil de entropía obtenido.

45 En el procesamiento de imágenes que se toman por medio de un reconocimiento aéreo del suelo, se diferencia entre objetos artificiales y naturales. Se pueden definir objetos monocromos debido a que se les puede adjudicar un tono de color determinado. Los objetos multicromos se pueden definir como la suma de varios objetos monocromos. El procedimiento según la invención se puede emplear en la clasificación de objetos monocromos, es decir, de un solo color, y también de objetos multicromos, es decir, de varios colores.

En las modernas cámaras multispectrales el material de imagen de partida se presenta en forma de imágenes RGB (RGB = rojo, verde, azul). Además, algunas cámaras tienen disponible también un color más que está en el dominio

de infrarrojos y que se denomina IR. Dado que el color sólido posee poca fuerza expresiva debido a la llamada confusión del color (por consiguiente, un automóvil pintado de verde no se puede diferenciar de la pradera verde en la que está aparcado), tiene que ser transformado, para hacer posible la diferenciación, en otro espacio de color, el llamado espacio HSV (HSV = Hue(tono de color), S = Saturation(saturación), V = Volume(valor de claridad). Para el cálculo de conversión existen varios procedimientos diferentes conocidos para un experto, pero que son equivalentes en su resultado.

Una diferencia esencial entre representación de color y representación de tono de color está formada por la invarianza del tono de color frente a las fluctuaciones de la claridad, es decir que mientras que el color varía a consecuencia de condiciones de iluminación modificadas, el tono de color permanece inalterado dentro de un amplio intervalo, de modo que se puede volver a localizar un objeto con ayuda del tono de color (H) incluso después de transcurrir un período de tiempo determinado.

En lo que sigue se explican la invención y ejecuciones ventajosas con ayuda de figuras. Muestran:

La figura 1, un fragmento a modo de ejemplo de una imagen tomada con los valores de tono de color de los distintos píxeles,

La figura 2, el fragmento de la figura 1 con píxeles definidos como píxeles de objeto y píxeles de fondo,

La figura 3, un fragmento a modo de ejemplo de una imagen tomada con una ventana de evaluación dada a título de ejemplo,

La figura 4, el fragmento de la figura 2 con los valores de entropía correspondientes calculados con una ventana de tiempo según la figura 3, y

La figura 5, una representación en perspectiva a modo de ejemplo de un objeto clasificado con un embudo de entropía.

En el procedimiento según la invención se convierte la imagen tomada, en un primer paso, en una imagen en color falsa. Por tanto, la imagen tomada puede considerarse como una superficie pixelada constituida por un número prefijable de filas y columnas.

En esta imagen en color falsa se asigna seguidamente a cada píxel un valor de tono de color del espacio de color HSV, correspondiendo el valor de tono de color a un ángulo de color H en un círculo de color prefijado. La representación de un espacio de color HSV es conocida para un experto, por ejemplo por <http://de.wikipedia.org/wiki/HSV-Farbraum>.

La figura 1 muestra un fragmento de una imagen tomada en el que se ha asignado un valor de tono de color a los distintos píxeles. Por motivos de facilidad de representación, no se han representado las gradaciones de color tal como éstas son conocidas en una imagen en color falsa.

En un paso siguiente se clasifican los distintos píxeles como píxeles de objeto y píxeles de fondo. Como píxeles de objeto se definen aquí aquellos píxeles cuyo valor de tono de color está dentro de un intervalo de valores prefijado. Los píxeles cuyo valor de tono de color están fuera de este intervalo de valores se definen como píxeles de fondo. El intervalo de valores prefijado se toma aquí de un banco de datos que está entrenado para los objetos a encontrar de conformidad con sus tonos de color.

La figura 2 muestra el fragmento conocido por la figura 1 con los píxeles identificados como píxeles de objeto. A título de ejemplo, se han definido en la figura 2 como píxeles de objeto aquellos píxeles que presentan un valor de tono de color de  $(189 \pm 10)^\circ$ . Esta clasificación corresponde entonces a un objeto determinado, por ejemplo una excavación del terreno llena de agua. Una excavación del terreno llena, por ejemplo, de aceite tendría que clasificarse, por ejemplo, con valores de tono de color entre  $(151 \pm 10)^\circ$ .

En el paso siguiente del procedimiento se determina un perfil de entropía para la imagen clasificada mostrada en la figura 2, calculándose para cada píxel la entropía de mezcla S de píxeles de objeto y píxeles de fondo. Se entra aquí brevemente sobre el antecedente teórico del método y se le explica brevemente con ayuda de la definición de entropía de Boltzmann: Se considera una distribución de píxeles de n píxeles con  $n_A$  píxeles de objeto y  $n_B$  píxeles de fondo. El punto de partida es la definición de entropía de Boltzmann

$$S = k \ln \Omega \quad (1)$$

siendo k el factor de Boltzmann y  $\Omega$  el número de posibilidades de disposición de los  $n_A$  píxeles de objeto y los  $n_B$  píxeles de fondo.

Se busca el número de diferentes posibilidades de realización para disponer los  $n_A$  píxeles de objeto y los  $n_B$  píxeles

de fondo en una rejilla. El número de posibilidades para distribuir  $n_A$  píxeles de objeto y  $n_B$  píxeles de fondo diferenciables sobre  $n$  lugares viene dado por

$$\Omega = \frac{n!}{n_A! n_B!} \quad (2)$$

5 La incorporación de la ecuación (2) en la ecuación (1) y la aplicación de la fórmula de Stirling  $\ln n! \approx n \ln n - n$  proporcionan la entropía de mezcla

$$S = \Delta S_{mix} = -k \left( n_A \ln \frac{n_A}{n_A + n_B} + n_B \ln \frac{n_B}{n_A + n_B} \right) \quad (3)$$

en donde el subíndice mix significa mezcla.

La entropía se indica en unidades arbitrarias. Convenientemente, se utiliza el factor de proporcionalidad (constante de Boltzmann) igual a uno.

10 En una realización ventajosa de la invención se define una ventana de evaluación con una longitud y anchura prefijables, estando el tamaño de la ventana de evaluación convenientemente acomodado al tamaño esperado del objeto. La figura 3 muestra a modo de ejemplo una ventana de evaluación de 4x4 píxeles de tamaño. La entropía de mezcla según la ecuación (3) se calcula de manera ventajosa localmente dentro de la ventana de evaluación A. En este caso,  $n_A$  indica el número de los píxeles del objeto y  $n_B$  el número de los píxeles del fondo, los cuales están  
 15 ambos dentro de la ventana de evaluación. La entropía de mezcla calculada con la ecuación (3) se asigna al píxel que forma el píxel del centro de gravedad de la ventana de evaluación A. En el caso representado en la figura 3 se define como píxel del centro de gravedad, por ejemplo, el píxel S cuya esquina superior izquierda forma el centro de gravedad de la ventana de evaluación A. Por supuesto, cualquier otra esquina de un píxel puede ser también la norma para la definición de un píxel como píxel de centro de gravedad.

20 En otro paso ventajoso del procedimiento se desplaza la ventana de evaluación A en la dirección de la longitud y/o la anchura de dicha ventana de evaluación A, cada vez en al menos un píxel. En esta nueva posición se vuelve a calcular la entropía de mezcla según la ecuación (3) y se la adjudica al respectivo píxel de centro de gravedad. Estos pasos del procedimiento se repiten hasta que se haya adjudicado un valor de entropía a cada píxel de la imagen tomada que se debe analizar. La figura 4 muestra los valores de entropía locales en un fragmento según la figura 2  
 25 para el caso del ejemplo de una ventana de evaluación de 4x4 píxeles de tamaño según la figura 3.

En el cálculo sucesivo de la entropía de mezcla se obtiene el valor cero en todos los sitios en los que está presente solamente una clase de píxeles, es decir que la ventana de evaluación está enteramente fuera del objeto a buscar o enteramente dentro del mismo. Por el contrario, se obtienen valores diferentes de cero en todos los sitios en los que está contenido al menos un píxel de cada clase (píxel de objeto o píxel de fondo) en la ventana de evaluación. Se  
 30 obtiene así un perfil de entropía. La figura 5 muestra la representación en perspectiva de la distribución de entropía de la figura 4. El perfil de entropía muestra un perfil de altura de la entropía sobre una superficie pixelada. En el presente ejemplo se forma un mínimo de entropía en la zona de la columna 4 y la fila 5. El perfil muestra en este sitio una especie de embudo de entropía. Este embudo de entropía se forma debido a que el tamaño de la ventana de evaluación es más pequeño que el tamaño real del objeto a buscar. Como ya se ha explicado más arriba, se  
 35 calcula la entropía como cero cuando están presentes dentro de la ventana de evaluación exclusivamente píxeles de una clase de ellos, aquí píxeles de objeto. La punta del embudo de entropía marca el centro de gravedad del objeto encontrado.

Según la invención, se realiza una diferenciación del perfil de entropía con una consideración subsiguiente de valores extremos. Se puede establecer así una curva del borde del objeto. Esta curva del borde del objeto se  
 40 caracteriza porque se pueden encontrar cada vez las más altas diferencias de entropía allí donde el número de píxeles de objeto y el número de píxeles de fondo en la ventana de evaluación eran iguales durante el cálculo del valor de entropía según la ecuación (3). Si se proyecta la rebaba (valores extremos) del perfil de entropía sobre la imagen tomada, se obtiene entonces una medida del tamaño del objeto.

Con el procedimiento según la invención es posible que objetos afectados de ruido de color con y sin contorno fijo  
 45 sean diferenciados uno de otro y clasificados con seguridad. El procedimiento se ofrece especialmente para cámaras multispectrales de cuatro colores de alta resolución con supresión del componente azul (cámara de color falso). El procedimiento propuesto es apto para tiempo real y se puede transmitir a imágenes movidas con miras al seguimiento de objetivos. Otra ventaja adicional del procedimiento es que se pueden descubrir también objetivos camuflados.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar curvas del borde de un objeto en una imagen tomada de una cámara multispectral, que comprende los pasos de procedimiento siguientes:

- a. conversión de la imagen tomada en una imagen en color falsa digital,
- 5 b. en la imagen en color falsa se adjudica a cada píxel un valor de tono de color del espacio de color HSV, correspondiendo el valor de tono de color a un ángulo de color H en un círculo de color prefijado,
- c. clasificación de los distintos píxeles como píxeles de objeto y píxeles de fondo, definiéndose como píxeles de objeto aquellos píxeles cuyos valores de tono de color están dentro de un intervalo de valores prefijado,
- 10 d. determinación de un perfil de entropía (figura 5) por medio de una ventana de evaluación desplazable, calculándose para cada píxel la entropía de mezcla S de píxeles de objeto y píxeles de fondo según

$$S = -k \left( n_A \ln \frac{n_A}{n_A + n_B} + n_B \ln \frac{n_B}{n_A + n_B} \right)$$

en donde  $n_A$  indica el número de píxeles de objeto dentro de la ventana de evaluación,  $n_B$  indica el número de píxeles de fondo dentro de la ventana de evaluación y k indica un factor de proporcionalidad,

realizándose una diferenciación y una consideración de valores extremos del perfil de entropía obtenido.

- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en el paso de procedimiento d) se calcula la entropía de mezcla en una ventana de evaluación de longitud y anchura prefijables, siendo desplazable la ventana de evaluación sobre la imagen pixelada generada en el paso c) y adjudicándose la entropía de mezcla calculada S al respectivo píxel de centro de gravedad de la ventana de evaluación, y porque en un paso de procedimiento adicional d1) se desplaza la ventana de evaluación en al menos un píxel en la dirección de la longitud y/o la anchura y porque
- 20 en un paso de procedimiento adicional d2) se repite el paso de procedimiento d) hasta que se haya adjudicado una entropía de mezcla a cada píxel.

1	350	301	216	228	342	356	1
353	245	19	192	191	192	336	2
332	199	193	196	19	193	194	1
336	197	192	188	181	189	191	7
348	198	195	196	179	180	173	9
359	241	194	188	172	157	19	6
0	357	355	344	6	355	4	5
2	2	5	0	1	3	2	3

Fig. 1

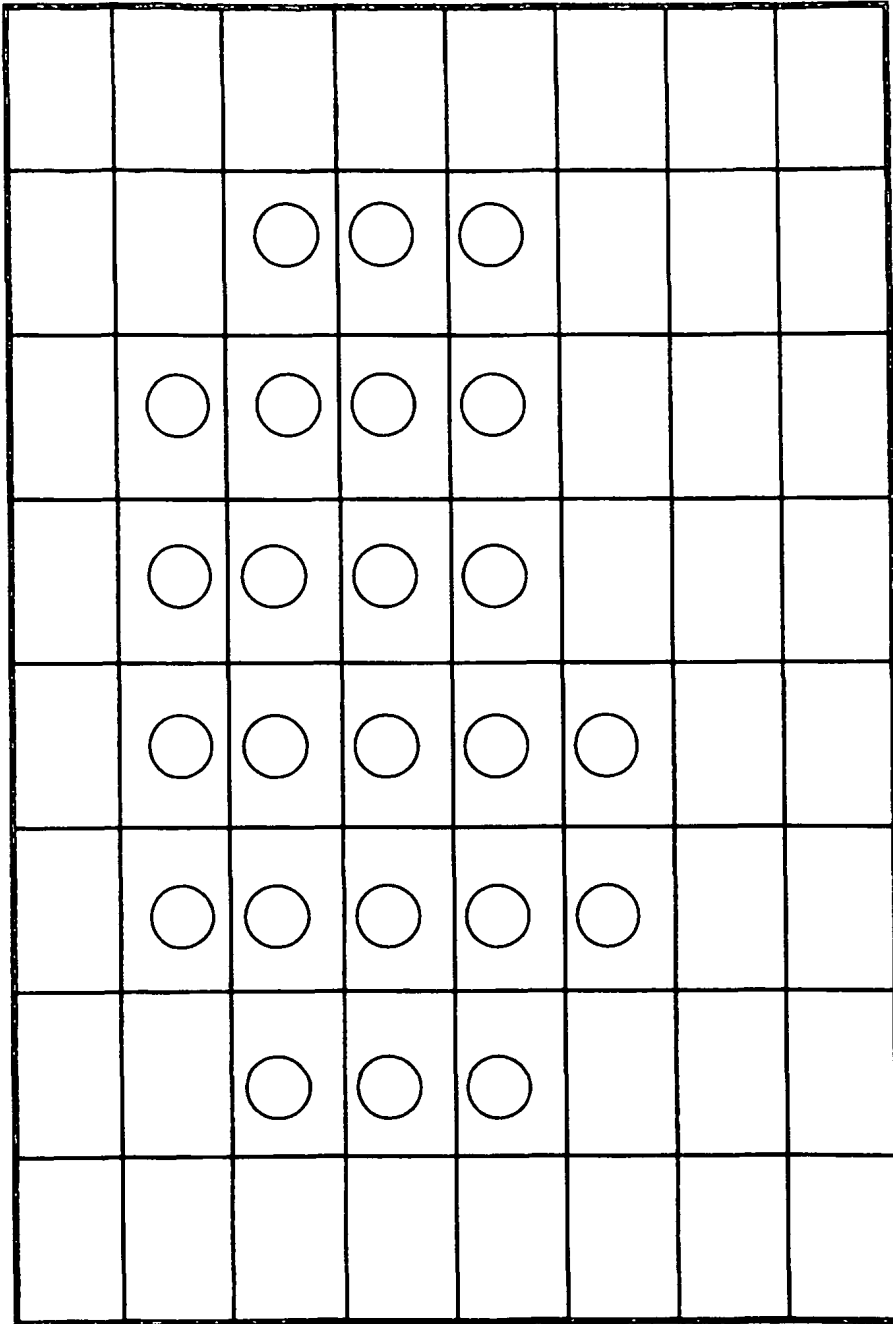


Fig. 2

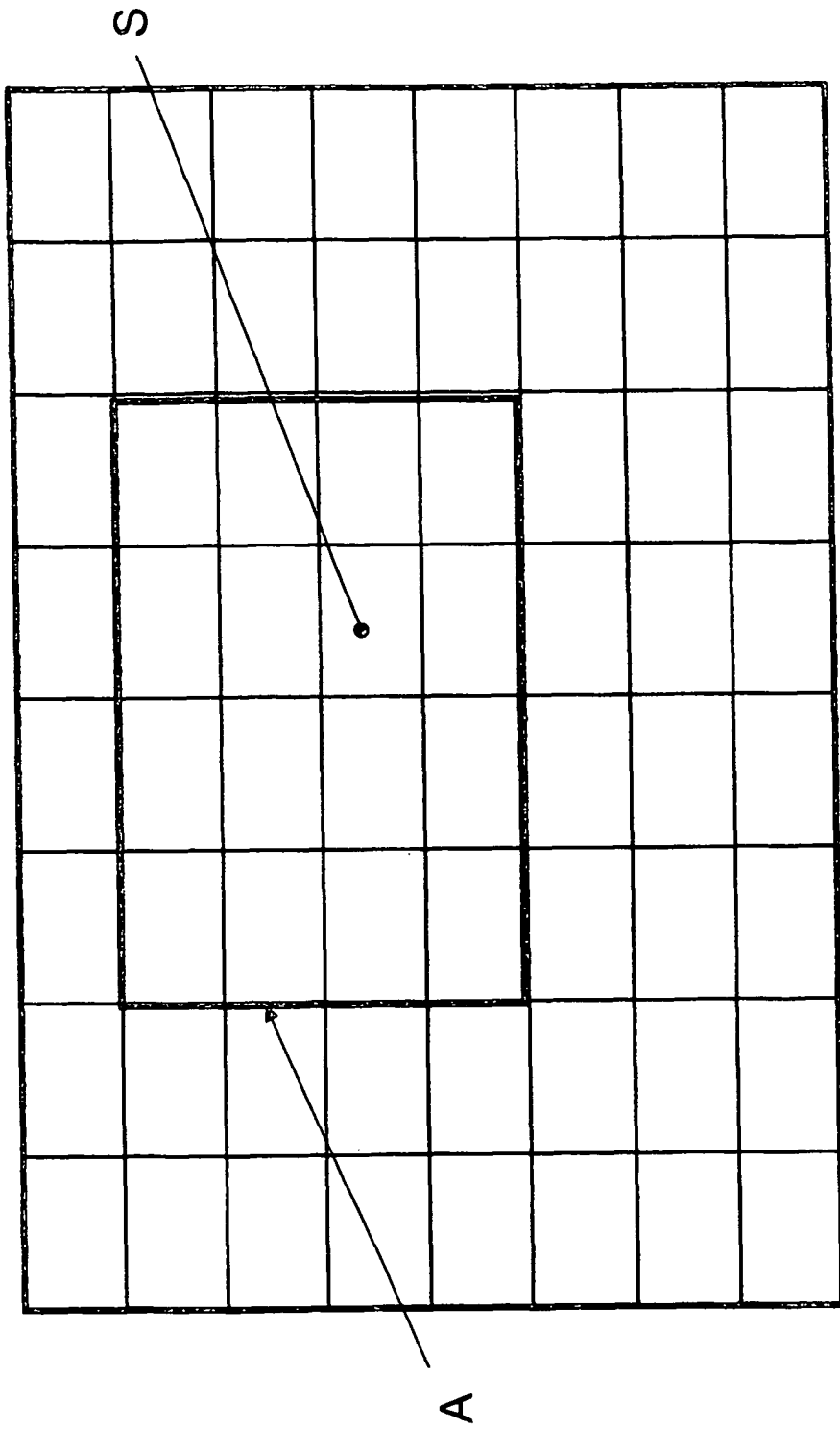


Fig. 3



0	3,74	6,02	7,72	9,00	7,72	6,03	3,74
3,74	9,72	9,94	10,97	11,09	10,97	9,94	7,72
6,03	9,94	11,09	9,94	9,00	9,94	11,09	9,94
7,72	10,97	9,94	3,74	0	6,03	10,59	6,03
7,72	10,97	9,94	6,03	10,59	9,00	11,09	9,94
6,03	9,94	11,09	6,03	10,59	11,09	9,94	7,72
3,74	7,72	9,94	10,59	6,02	9,00	6,03	3,74
0	3,74	6,03	6,03	6,03	3,74	0	0

Fig. 4

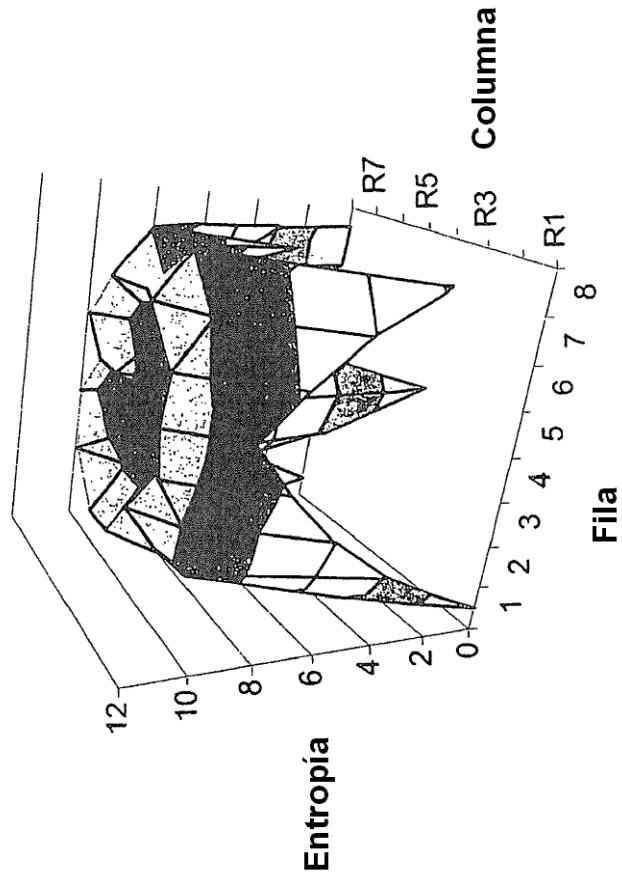


Fig. 5