

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 915**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/11** (2007.01)

**G06T 7/136** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2023** E 23178443 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025** EP 4290454

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica**

30 Prioridad:

**10.06.2022 FR 2205625**

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

**19.05.2025**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.00%)  
25 Rue Leblanc, Bat Le Ponant  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**HA, DUY LONG;  
AIME, JÉRÉMIE y  
STEPEC, MURIELLE**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

**ES 3 018 915 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 y dispositivo de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero, siendo el procedimiento implementado por un dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente.

10

**[0002]** La invención se refiere también a un programa informático que incluye instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por un ordenador, implementan dicho procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos.

15

**[0003]** La invención se refiere también a un dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero.

20

**[0004]** La invención se sitúa en el campo de la producción de electricidad por instalaciones fotovoltaicas, y más especialmente en el campo de la supervisión del correcto funcionamiento de dichas instalaciones.

25

**[0005]** De manera conocida, las instalaciones fotovoltaicas (también denominadas en lo sucesivo centrales fotovoltaicas) comprenden una o varias cadenas de módulos fotovoltaicos, comprendiendo cada cadena un conjunto de módulos fotovoltaicos, que pueden reducirse a un solo módulo fotovoltaico, estando las cadenas conectadas en serie y/o en paralelo entre un terminal positivo y un terminal negativo, estando cada módulo compuesto por al menos una celda fotovoltaica, en general una matriz de celdas, siendo cada celda una unidad configurada para producir una corriente eléctrica a partir de la energía luminosa. Dicha instalación está adaptada para alimentar con energía eléctrica una carga, por ejemplo un ondulator adaptado para generar tensiones y corrientes alternas a partir de una fuente que produce una corriente eléctrica continua, conectado a una red eléctrica alterna.

30

**[0006]** Uno de los problemas que se plantea en este tipo de central fotovoltaica es la supervisión del correcto funcionamiento de la instalación, así como el diagnóstico en caso de detección de un mal funcionamiento.

35

**[0007]** De hecho, un descenso en el suministro de energía eléctrica puede provenir, por ejemplo, de la presencia de sombras, que puede afectar a una subparte de los módulos fotovoltaicos, u otros problemas que necesiten un mantenimiento, como por ejemplo la presencia de suciedad, un defecto de transparencia del vidrio o un envejecimiento de las conexiones.

40

**[0008]** En la práctica, dicha central fotovoltaica se procesa previamente en general mediante estudio de imagen por medio de una segmentación de imágenes, donde estas imágenes corresponden en general a fotos aéreas de la central fotovoltaica, para identificar y separar cada módulo fotovoltaico de su entorno, y proceder a continuación al diagnóstico en sí.

45

**[0009]** Se conocen procedimientos de segmentación basados en una selección primero manual, si bien dicha selección consume en general mucho tiempo, provoca fatiga visual y es fuente de errores, por tanto, de escasa precisión.

50

**[0010]** Otro procedimiento de segmentación de imágenes clásicas se describe especialmente en N. Otsu y col. en la publicación titulada "A threshold selection method from gray-level histograms", IEEE Trans. Sys., Man., Cyber., vol. 9, 1979, p. 62-66 (DOI 10.1109/TSMC.1979.4310076), y basada en una detección por mono-umbralización.

55

**[0011]** Dicho procedimiento clásico no está adaptado a la segmentación de imágenes representativas de una central fotovoltaica, especialmente porque una mono-umbralización presenta en general el inconveniente de estar limitada por dos fenómenos que son, por una parte, una sobrevaloración del umbral de modo que no se detectan módulos fotovoltaicos presentes dentro de una zona de la imagen capturada con una baja luminosidad o, por otra parte, por el contrario, una infravaloración del umbral de modo que tampoco se detectan módulos fotovoltaicos presentes dentro de una zona de la imagen capturada esta vez con una alta luminosidad.

60

**[0012]** Dicho de otro modo, este procedimiento del estado de la técnica para segmentar imágenes clásicas no está adaptado a la segmentación de imágenes representativa de una central fotovoltaica, ya que la exposición de los módulos fotovoltaicos que la constituyen puede diferir de un módulo fotovoltaico a otro según el ángulo de exposición con respecto al sol y/o ángulo de captura de la vista de la imagen fuente, de modo que dos módulos fotovoltaicos pueden presentar en dicha imagen fuente un color y/o un motivo diferente de un módulo fotovoltaico al otro.

65

**[0013]** Otro procedimiento de segmentación de imágenes clásicas es el descrito especialmente por J. Canny

en la publicación titulada "A Computational Approach To Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, 1986, p. 679-698, y basado en una detección por contorno, pero tampoco adaptado a la segmentación de imágenes representativa de una central fotovoltaica, por un motivo similar, en concreto que los módulos fotovoltaicos reaccionan de manera diferente según su orientación y/o su inclinación con respecto al sol, teniendo la luminosidad un fuerte impacto en el color y la reflexión sobre el busbar (también denominado barra solar) del módulo fotovoltaico.

**[0014]** La publicación "Solar Panel Detection within Complex Backgrounds Using Thermal Images Acquired by UAVs" de Vega Díaz Jhon Jairo y col. en Sensors, vol. 20, nº 21, (2020-10-31) describe un procedimiento que usa un algoritmo de aprendizaje para la detección de paneles solares en imágenes usando etapas de pretratamiento que aumentan la eficacia de la detección.

**[0015]** Se han propuesto otros procedimientos de segmentación de imágenes representativos de una central fotovoltaica, especialmente un procedimiento de segmentación basado en el uso de una red neuronal que permite obtener una segmentación con una precisión del orden del 85 al 90%, lo que no siempre resulta óptimo.

**[0016]** Por consiguiente, existe una necesidad específica de mejorar la precisión de segmentación de imágenes representativas de una central fotovoltaica, con el fin de mejorar a continuación el diagnóstico de funcionamiento.

**[0017]** Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero, siendo el procedimiento implementado por un dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen, y que comprende las etapas siguientes:

- conversión de dicha imagen en color fuente en una imagen en escala de grises, sustituyendo dicha conversión, para cada píxel de dicha imagen en color, los niveles de rojo, verde y azul por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro;

- determinación de una dimensión en píxeles mínima y de una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos;

- determinación de un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y de un segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises;

- para un primer par formado por uno de dichos N límites mínimos  $b_{min_{i_0}}$  y de uno de dichos Q límites máximos  $b_{max_{j_0}}$ , con los índices  $i_0$  y  $j_0$  respectivamente de límite mínimo y de límite máximo de dicho primer par tales que  $1 \leq i_0 \leq N$  y  $1 \leq j_0 \leq Q$ , primera iteración de las etapas sucesivas siguientes:

- conversión de dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria según la cual:

- cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho primer par se asocia a un primer valor binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y

- cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho primer par se asocia al valor binario complementario de dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico;

- a partir de dicha dimensión en píxeles mínima y de dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos, búsqueda de conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro

de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulos fotovoltaicos, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos,

- memorización del o de dichos conjuntos de píxeles detectados en el curso de dicha búsqueda, para cada otro par, distinto de dicho primer par en al menos uno de los límites mínimo y/o máximo, reiteración de las etapas anteriores de conversión en imagen binaria, búsqueda y memorización, implementándose una etapa de supresión, dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, del o de los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores entre la etapa de conversión en imagen binaria y la etapa de búsqueda, con la etapa de búsqueda concentrándose durante la iteración actual en las únicas zonas restantes de la imagen binaria de dicha iteración actual.

**[0018]** Este procedimiento se implementa automáticamente sin intervención humana, y propone una segmentación multiumbrales determinados previamente y adaptados para una segmentación óptima de imágenes representativas de una central fotovoltaica.

**[0019]** Dicha segmentación multiumbrales permite el barrido, en cada iteración, de diferentes intervalos dinámicos (también denominados gamas dinámicas) de la imagen fuente, convertida en una imagen en escala de grises, y que corresponde especialmente a una foto aérea, buscando, para cada intervalo dinámico, módulos fotovoltaicos que son a continuación suprimidos en la iteración siguiente asociada a un intervalo dinámico distinto del intervalo dinámico asociado a la iteración actual, y ello para encontrar otros módulos fotovoltaicos no detectados

durante la iteración actual.

**[0020]** La presente invención ofrece resultados contrastados casi óptimos ya que permite detectar el 99% de los módulos fotovoltaicos, lo que equivale a aprovechar el conjunto de la información de la imagen fuente extrayendo un máximo de módulos de la central fotovoltaica considerada.

**[0021]** Además, la etapa de supresión del procedimiento según la presente invención permite evitar un posible problema de sobredetección o de detección repetitiva de un mismo módulo en cada iteración, siendo en lo sucesivo todo módulo detectado durante una iteración actual suprimido durante la búsqueda dentro de la imagen binaria de la iteración siguiente.

**[0022]** Según otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- la conversión de dicha imagen en color en escala de grises comprende un desenfocado;
- dicho desenfocado es implementado por medio de un núcleo de tamaño en píxeles predeterminado con respecto a un tamaño predeterminado de celda fotovoltaica;
- la determinación del primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y del segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises, usa al menos tres parámetros que corresponden a una mediana A de valor de gris de la imagen en escala de grises, a una desviación típica E de valor de gris de la imagen en escala de grises y a un paso P entre límites predeterminado entre dos límites sucesivos;
- dicho paso es proporcional a dicha desviación típica de valor de gris de la imagen en escala de grises;
- el primer límite mínimo  $b_{min_{i=1}}$  de dicho primer conjunto de N límites mínimos es tal que:  $b_{min_{i=1}} = (A - E)$ , el paso P entre dos límites mínimos sucesivos es tal que  $P = 0,25 * E$  y el último límite mínimo de dicho primer conjunto de N límites mínimos es tal que  $b_{min_{i=N}} \leq 0,95 * A$ ,
- 50 y en el que el primer límite máximo  $b_{max_{j=1}}$  de dicho segundo conjunto de Q límites máximos es tal que:  $b_{max_{j=1}} = A$ , el paso P entre dos límites máximos sucesivos es tal que  $P = 0,25 * E$  y el último límite máximo de dicho segundo conjunto de N límites máximos es tal que  $b_{max_{j=Q}} \leq A + (2 * E)$ ;
- la determinación de una dimensión en píxeles mínima y de una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos usa los metadatos de dicha imagen en color fuente y la inclinación de cada módulo fotovoltaico;
- dicha búsqueda de conjunto o conjuntos distintos de píxeles, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos que comprende:
  - la formación de regiones distintas que agrupan, cada una, una parte distinta de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, presentando cada región una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima respectivamente sustancialmente iguales a dicha dimensión en píxeles mínima y a dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos,
  - la extracción de las propiedades de cada región;
  - para cada región, la verificación de la conformidad de dichas propiedades con las propiedades asociadas a una imagen de referencia de módulo fotovoltaico, y en caso afirmativo la validación de dicha región como conjunto de píxeles buscado que corresponde a uno de dichos M módulos fotovoltaicos.

**[0023]** La invención tiene también por objeto un programa informático que incluye instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por un ordenador, implementan un procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica tal como se define anteriormente.

**[0024]** La invención tiene también por objeto un dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero, comprendiendo el dispositivo electrónico al menos una imagen en color fuente:

- un primer módulo de conversión, configurado para convertir dicha imagen en color fuente en una imagen en escala de grises, sustituyendo, para cada píxel de dicha imagen en color, los niveles de rojo, verde y azul por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro;
- un primer módulo de determinación configurado para determinar una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos;
- un segundo módulo de determinación de un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y de un segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises;
- un segundo módulo de conversión configurado para convertir dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria, asociando, para un par formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos:
  - cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho par a un primer valor binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y
  - cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho par al valor binario complementario de

dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico;

- un módulo de búsqueda, configurado para buscar, a partir de dicha dimensión en píxeles mínima y de dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos, un conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos,
- un módulo de memorización del o de dichos conjuntos de píxeles detectados por dicho módulo de búsqueda, siendo dichos segundo módulo de conversión, módulo de búsqueda y módulo de memorización capaces de reiterar su tratamiento respectivo para cada par, formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos, y distinto de un par al otro por al menos uno de sus límites mínimo y/o máximo, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente, comprendiendo además un módulo de supresión configurado para:
- suprimir dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores,
- y transmitir el conjunto de píxeles en el que el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores han sido suprimidos en la entrada de dicho módulo de búsqueda, con el módulo de búsqueda concentrándose durante la iteración actual en las únicas zonas restantes de la imagen binaria de dicha iteración actual.

**[0025]** Estas características y ventajas de la invención se entenderán más claramente a partir de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, proporcionada únicamente a modo de ejemplo no limitativo, y hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- [Fig. 1] la figura 1 es un organigrama de un procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica según la presente invención.
- [Fig. 2] la figura 2 ilustra tres intervalos dinámicos de una misma imagen asociados respectivamente a tres iteraciones de una parte de las etapas del procedimiento ilustrado por la figura 1;
- [Fig. 3] la figura 3 ilustra esquemáticamente la etapa de supresión según la presente invención.

**[0026]** El procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica según la presente invención puede ser implementado por un dispositivo electrónico, no representado, de segmentación de al menos una imagen en color fuente, de un tipo específico, en concreto una imagen en color representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero.

**[0027]** Dicho dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende en primer lugar un primer módulo de conversión, configurado para convertir dicha imagen en color fuente en una imagen en escala de grises, sustituyendo, para cada píxel de dicha imagen en color, los niveles de rojo, verde y azul por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro.

**[0028]** El dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica según la presente invención comprende además un primer módulo de determinación configurado para determinar una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos, y un segundo módulo de determinación de un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y de un segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises.

**[0029]** Además, según la presente invención, dicho dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende también un segundo módulo de conversión configurado para convertir dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria, asociando, para un par formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos:

- cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho par a un primer valor binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y
- cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho par al valor binario complementario de dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico.

**[0030]** Además, dicho dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende también un módulo de búsqueda, configurado para buscar, a partir de dicha dimensión en píxeles mínima y de dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos, un conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos.

**[0031]** Por otra parte, dicho dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende también un módulo de memorización del o de dichos conjuntos de píxeles detectados por dicho módulo de búsqueda.

5

**[0032]** Cabe señalar que, según la presente invención, dichos segundo módulo de conversión, módulo de búsqueda y módulo de memorización son capaces de reiterar su tratamiento respectivo para cada par, formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos, y distinto de un par al otro por al menos uno de sus límites mínimo y/o máximo, comprendiendo además el dispositivo electrónico de segmentación al menos una imagen en color fuente un módulo de supresión configurado para suprimir dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores, y para transmitir el conjunto de píxeles en el que el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores han sido suprimidos en la entrada de dicho módulo de búsqueda, con el módulo de búsqueda concentrándose durante la iteración actual en las únicas zonas restantes de la imagen binaria de dicha iteración actual.

10  
15

**[0033]** Según una realización de la invención, no representada, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende una unidad de tratamiento de informaciones formada por ejemplo por una memoria y por un procesador asociado a la memoria.

**[0034]** Según esta realización, el primer módulo de conversión, el primer módulo de determinación, el segundo módulo de determinación, el segundo módulo de conversión, el módulo de búsqueda, el módulo de memorización y el módulo de supresión están hechos cada uno en forma de un software, o de un elemento de software, ejecutable por el procesador. La memoria del dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica es capaz entonces de almacenar un primer software de determinación, un segundo software de determinación, un segundo software de conversión, un software de búsqueda, un software de memorización y un software de supresión. El procesador es entonces capaz de ejecutar cada uno de los softwares entre el primer software de determinación, el segundo software de determinación, el segundo software de conversión, el software de búsqueda, el software de memorización y un software de supresión.

**[0035]** Como variante que tampoco se ha representado, el primer módulo de conversión, el primer módulo de determinación, el segundo módulo de determinación, el segundo módulo de conversión, el módulo de búsqueda, el módulo de memorización y el módulo de supresión están hechos cada uno en forma de un componente lógico programable, como un FPGA (del inglés *Field Programmable Gate Array*), o un procesador gráfico GPU (del inglés *Graphics Processing Unit*), o en forma de un circuito integrado, tal como un ASIC (del inglés *Application Specific Integrated Circuit*).

30  
35

**[0036]** Cuando el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica está hecho en forma de uno o varios softwares, es decir, en forma de un programa informático, también denominado producto de programa informático, es apto además para ser registrado en un soporte, no representado, legible por ordenador. El soporte legible por ordenador es, por ejemplo, un medio capaz de memorizar instrucciones electrónicas y de acoplarse a un bus de un sistema informático. A modo de ejemplo, el soporte legible es un disco óptico, un disco magnetoóptico, una memoria ROM, una memoria RAM, cualquier tipo de memoria no volátil (por ejemplo, EPROM, EEPROM, FLASH, NVRAM), una tarjeta magnética o una tarjeta óptica. En el soporte legible se memoriza entonces un programa informático que comprende instrucciones de software.

40  
45

**[0037]** A continuación se describirá el funcionamiento de dicho dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica en referencia a la figura 3 que ilustra esquemáticamente un ejemplo de implementación, según la presente invención, de un procedimiento 10 de segmentación de al menos una imagen en color fuente 12, específica como representativa de una central fotovoltaica.

50

**[0038]** Según una primera etapa 14, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su primer módulo de conversión, convierte dicha imagen en color fuente 12 en una imagen en escala de grises. Según la presente invención, dicha conversión CONV\_G efectuada en el curso de la etapa 14 sustituye para cada píxel de dicha imagen en color fuente, los niveles de rojo, verde y azul (también denominados nivel RGB del inglés *Red Green Blue*) por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro.

55

**[0039]** Según una variante opcional, la conversión 14 de dicha imagen en color 12 en escala de grises comprende un desenfoque no representado, ventajosamente capaz de alisar la imagen en escala de grises para evitar la sobredetección de la celda o celdas fotovoltaicas dentro de cada módulo fotovoltaico.

60

**[0040]** Además, según un aspecto opcional de esta variante, dicho desenfoque se implementa por medio de un núcleo (también denominado kernel) de tamaño en píxeles predeterminado, por ejemplo de cuatro píxeles por cuatro píxeles, con respecto a un tamaño predeterminado de una celda fotovoltaica. Por ejemplo, considerando una resolución espacial de la imagen en color fuente RGB, tal que un píxel es un cuadrado de 2,5 cm por 2,5 cm (es decir,

65

2,5 cm x 2,5 cm), caracterizándose un módulo fotovoltaico, por ejemplo, por un tamaño de 1 m por 2 m (es decir, 1 m x 2 m) lo que se convierte en un tamaño en píxeles de un módulo fotovoltaico de  $40 \times 80 = 3.200$  píxeles, y que dicho módulo fotovoltaico comprende por ejemplo setenta celdas fotovoltaicas, el tamaño en píxeles predeterminado de la celda fotovoltaica que ha de tenerse en cuenta para el desenfoque es igual a 45 píxeles ( $3.200/70 = 45$ ), correspondiendo 50 píxeles a los espacios entre celdas ( $70 \times 45 = 3.150$  píxeles).

**[0041]** Según la etapa 16, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su segundo módulo de determinación, determina OBT\_S un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y un segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises.

**[0042]** Cabe observar que dicha etapa 16 se implementa en paralelo, antes o incluso después de la etapa 14 anteriormente descrita.

**[0043]** Dichos límites, también denominados umbrales, permiten definir los diferentes intervalos dinámicos (también denominados gamas dinámicas) usados para implementar la segmentación multiumbrales propuesta según la presente invención.

**[0044]** De hecho, como se detalla seguidamente en relación con la figura 2, un par formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos delimita un intervalo dinámico correspondiente a un intervalo de escalas de grises localizado entre el límite mínimo y el límite máximo del par considerado.

**[0045]** Los diferentes intervalos dinámicos obtenidos, que corresponden cada vez a un par formado por un límite mínimo de dichos N límites mínimos y de un límite máximo de dichos Q límites máximos, siendo los pares distintos dos a dos en al menos el límite mínimo y/o el límite máximo, se usan a continuación para segmentar iterativamente la imagen en escala de grises resultante de la etapa 14, por medio de una conversión en imagen binaria como se detalla a continuación.

**[0046]** Como complemento opcional, la determinación OBT\_S del primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y del segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises, usa al menos tres parámetros que corresponden a una mediana A de valor de gris de la imagen en escala de grises, a una desviación típica E de valor de gris de la imagen en escala de grises y a un paso P entre límites predeterminado entre dos límites sucesivos.

**[0047]** Según un aspecto particular de este complemento opcional, el paso P entre límites es proporcional a dicha desviación típica de valor de gris de la imagen en escala de grises.

**[0048]** Más en concreto, según un ejemplo opcional de realización:

- el primer límite mínimo  $b_{min_{i=1}}$  de dicho primer conjunto de N límites mínimos  $b_{min}$  es tal que:  $b_{min_{i=1}} = (A - E)$ ,  
 - el paso P entre dos límites mínimos sucesivos es tal que  $P = 0,25 \cdot E$ , y  
 - el último límite mínimo de dicho primer conjunto de N límites mínimos es tal que  $b_{min_{i=N}} \leq 0,95 \cdot A$ ,  
 - el primer límite máximo  $b_{max_{j=1}}$  de dicho segundo conjunto de Q límites máximos  $b_{max}$  es tal que:  $b_{max_{j=1}} = A$ ,  
 - el paso P entre dos límites máximos  $b_{max}$  sucesivos es tal que  $P = 0,25 \cdot E$  y el último límite máximo  $b_{max}$  de dicho segundo conjunto de N límites máximos es tal que  $b_{max_{j=Q}} \leq A + (2 \cdot E)$ .

**[0049]** El procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprende a continuación, tal como se ilustra mediante la figura 1, una parte iterativa que consiste en repetir varias veces un conjunto de etapas sucesivas.

**[0050]** Más en concreto, durante la etapa 18, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica determina si todos los pares distintos formados por uno de dichos N límites mínimos  $b_{min}$  y uno de dichos Q límites máximos  $b_{max}$ , siendo los pares formados distintos dos a dos en al menos uno de los límites mínimo y/o máximo, han sido o no usados según la presente invención. Como se indica anteriormente, cada par  $[b_{min}; b_{max}]$  forma una gama dinámica (es decir, intervalo dinámico) de la imagen en escala de grises usada a continuación para convertir dicha imagen en escala de grises resultante de la etapa 14 en una imagen binaria durante la etapa 20.

**[0051]** Dicho de otro modo, durante la etapa 18, se prueba si todos los diferentes intervalos dinámicos (también denominados gamas dinámicas) usados para implementar la segmentación multiumbrales propuesta según la presente invención se han usado o no, estando cada iteración asociada a un par  $[b_{min}; b_{max}]$  (es decir, una gama o intervalo dinámico) distinto de una iteración a otra. En caso negativo, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica activa una iteración siguiente.

**[0052]** Por ejemplo, si durante la etapa 16, se determinan  $N = 4$  límites mínimos y  $Q = 9$  límites máximos  $b_{max}$ ,

el número total de intervalos dinámicos resultantes es igual a treinta y seis, dándose los valores  $N = 4$  y  $Q = 9$  a modo de ejemplo y de manera que permiten obtener un compromiso entre el tiempo de cálculo y la precisión.

**[0053]** El barrido de los diferentes intervalos dinámicos (es decir, de pares  $[bmin; bmax]$  distintos), implementado durante la etapa 18 puede ser aleatorio siempre que se usen todos los pares  $[bmin; bmax]$  (es decir, una gama o intervalo dinámico). En este caso de barrido aleatorio, la primera iteración consiste en tomar aleatoriamente un primer par  $[bmin_{i_0}; bmax_{j_0}]$  tal que:  $1 \leq i_0 \leq N$  y  $1 \leq j_0 \leq Q$ .

**[0054]** A modo de alternativa, según un aspecto preferente, se ordena el barrido de intervalos dinámicos, implementado durante la etapa 18, especialmente según un principio de dos bucles imbricados con un bucle externo consistente en barrer, por ejemplo, los límites mínimos y un bucle interno consistente en barrer los límites máximos, o a la inversa, según otro ejemplo, con un bucle externo consistente en barrer los límites máximos y un bucle interno consistente en barrer los límites mínimos.

**[0055]** El principio de dos bucles imbricados con, por ejemplo, un bucle externo consistente en barrer los límites mínimos y un bucle interno consistente en barrer los límites máximos, consiste en considerar, según el bucle externo, el primer límite mínimo  $bmin_{i=1}$  y después, según el bucle interno, cada límite máximo  $bmax_j$  para  $j$  comprendido entre  $j = 1$  y  $j = Q$ . Así, la primera iteración se asocia al par  $[bmin_{i_0=1}; bmax_{j_0=1}]$ , la  $Q^{\text{ésima}}$  iteración se asocia al par  $[bmin_{i=1}; bmax_{j=Q}]$ , la  $(Q+1)^{\text{ésima}}$  iteración se asocia al par  $[bmin_{i=2}; bmax_{j=1}]$ , la  $(N*Q)^{\text{ésima}}$  iteración (es decir, la última iteración) se asocia al par  $[bmin_{i=N}; bmax_{j=Q}]$ .

**[0056]** Con independencia de si se considera un barrido aleatorio u ordenado en intervalos dinámicos (es decir, de pares distintos formados por uno de dichos  $N$  límites mínimos y uno de dichos  $Q$  límites máximos), durante la primera iteración asociada al par de índices  $i_0$  y  $j_0$ , las cuatro etapas 18, 20, 26 y 28 detalladas a continuación se realizan de forma sucesiva, mientras que para las iteraciones siguientes distintas de la primera iteración, se realizan cinco etapas 18, 20, 22, 26 y 28 de forma sucesiva. Dicho de otro modo, las etapas 20, 26 y 28 son implementadas  $N*Q$  veces, mientras que la etapa 22 se implementa una vez menos, es decir,  $N*Q-1$  veces.

**[0057]** Más en concreto, para un primer par formado por uno de dichos  $N$  límites mínimos  $bmin_{i_0}$  y por uno de dichos  $Q$  límites máximos  $bmax_{j_0}$ , con los índices  $i_0$  y  $j_0$  respectivamente de límite mínimo y de límite máximo de dicho primer par tales que  $1 \leq i_0 \leq N$  y  $1 \leq j_0 \leq Q$ , se lleva a cabo la primera iteración y comprende en primer lugar una etapa 20, según la cual el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su segundo módulo de conversión, convierte dicha imagen en escala de grises resultante de la etapa 14 en una imagen binaria según la cual:

- cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho primer par se asocia a un primer valor binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y
- cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho primer par se asocia al valor binario complementario de dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico.

**[0058]** Dicho de otro modo, a cada píxel, cuya escala de grises  $G$  está entre los límites de dicho primer par, tal que  $bmin_{i_0} \leq G \leq bmax_{j_0}$  se atribuye el valor binario 1, por ejemplo, y, por ejemplo, se representa con blanco representativo de la detección de un píxel de módulos fotovoltaicos, mientras que para una escala de grises  $G$  fuera de  $[bmin_{i_0}; bmax_{j_0}]$  de manera complementaria, se atribuye el valor binario 0, por ejemplo, y, por ejemplo, se representa con negro.

**[0059]** Durante esta primera iteración asociada, en el primer par  $[bmin_{i_0}; bmax_{j_0}]$ , la etapa 20 de conversión de dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria, no se sigue, como se ilustra en la figura 1, de la etapa 22 de supresión descrita a continuación, ya que esta etapa 22 solo puede implementarse a partir de la segunda iteración.

**[0060]** El procedimiento según la presente invención comprende, por otra parte, una etapa 24, según la cual el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su primer módulo de determinación, determina una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima de dichos  $M$  módulos fotovoltaicos.

**[0061]** Cabe señalar que dicha etapa 24 de determinación DET es implementada una sola vez para todas las iteraciones de las etapas 18, 20, 22, 26 y 28. Dicha etapa 24 se implementa en paralelo, antes o después de las etapas 14 y 16 descritas anteriormente, y como mínimo antes de la etapa 26 de la primera iteración.

**[0062]** Según un aspecto opcional, la determinación 24 de una dimensión en píxeles mínima y de una dimensión en píxeles máxima de dichos  $M$  módulos fotovoltaicos usa los metadatos de dicha imagen en color fuente y la inclinación  $\alpha$  de cada módulo fotovoltaico.

**[0063]** A modo de ejemplo ilustrativo y no limitativo, dicho metadato corresponde a la resolución espacial de la

imagen en color fuente RGB. Según este ejemplo, se considera que un píxel es un cuadrado de 2,5 cm por 2,5 cm (es decir, 2,5 cm x 2,5 cm). Un módulo fotovoltaico se caracteriza por ejemplo por un tamaño de 1 m por 2 m (es decir, 1 m x 2 m) lo que corresponde a un tamaño en píxeles de un módulo fotovoltaico de  $40 \times 80 = 3.200$  píxeles, y comprende por ejemplo setenta celdas fotovoltaicas de tamaño en píxeles igual a 45 píxeles ( $3.200/70 = 45$ , con 50 píxeles correspondientes a los espacios entre celdas ( $70 \times 45 = 3.150$  píxeles). Si se considera que dicho módulo fotovoltaico está inclinado un ángulo  $\alpha$ , la superficie  $S_p$  proyectada en píxeles es tal que  $S_p = S \cdot \cos(\alpha)$ , con  $S = 3.200$  píxeles la superficie en píxeles del módulo "plano". Así, si  $\alpha = 30^\circ$ ,  $S_p = S \cdot \cos \alpha = 3.200 \cos(30^\circ) = 2.771$  píxeles, y usando un margen de seguridad, por ejemplo del 10%, se obtiene una superficie proyectada mínima  $S_{p\_min} = S \cdot \cos(\alpha) \cdot 0,9 = 2.493$  píxeles, y una superficie proyectada máxima  $S_{p\_max} = S \cdot \cos(\alpha) \cdot 1,1 = 3.520$  píxeles.

**[0064]** De hecho, gracias a los datos del fabricante, la dimensión mínima (es decir, anchura) y la dimensión máxima (es decir, longitud) expresadas en metros de dichos M módulos fotovoltaicos es conocida, así como la información sobre la inclinación de los módulos de la central fotovoltaica considerada y capturada por medio de dicha imagen en color fuente. Gracias al cálculo geométrico simple se llega a determinar el tamaño mínimo y máximo de los módulos fotovoltaicos.

**[0065]** Durante la primera iteración, la etapa 20 de conversión de dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria se sigue a continuación directamente por una etapa 26, según la cual el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su módulo de búsqueda, busca un conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulos fotovoltaicos, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos, efectuándose dicha etapa 26 a partir de la dimensión en píxeles mínima y de la dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos determinada durante la etapa 24 descrita anteriormente.

**[0066]** Dicho de otro modo, dicha etapa de búsqueda R permite separar correctamente en la imagen binaria suministrada como resultado de la etapa 20 los píxeles asociados a dos módulos fotovoltaicos distintos.

**[0067]** Como complemento opcional, dicha búsqueda 26 de conjunto o conjuntos distintos de píxeles, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos, comprende:

- la formación de regiones distintas que agrupan, cada una, una parte distinta de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, presentando cada región una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima respectivamente sustancialmente iguales a dicha dimensión en píxeles mínima y a dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos,
- la extracción de las propiedades de cada región;
- para cada región, la verificación de la conformidad de dichas propiedades con las propiedades asociadas a una imagen de referencia de módulo fotovoltaico, y en caso afirmativo la validación de dicha región como conjunto de píxeles buscado que corresponde a uno de dichos M módulos fotovoltaicos.

**[0068]** Por ejemplo, dicha búsqueda se implementa usando la función "regionprops" de la herramienta de cálculo numérico MATLAB®, como se describe en el URL siguiente <https://fr.mathworks.com/help/images/ref/regionprops.html> que puede usarse para implementar esta etapa 26 de búsqueda.

**[0069]** A continuación, después de esta etapa 26 de búsqueda R, se implementa una etapa 28 por medio del dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica, a través de su módulo de memorización dedicado, para memorizar en M dicho o dichos conjuntos de píxeles detectados en el curso de dicha búsqueda 26. Cabe señalar que antes de la etapa 28 de la primera iteración, el espacio de memoria dedicado al almacenamiento del o de los conjuntos de píxeles detectados en el curso de dicha etapa de búsqueda 26 está vacío y que se llena como resultado de cada iteración de la etapa 28. Dicho de otro modo, para cada iteración, el o los conjuntos de píxeles detectados en el curso de dicha etapa de búsqueda 26 se acumulan dentro de dicho espacio de memoria dedicado.

**[0070]** A continuación, como se ilustra en la figura 1, para cada otro par, distinto de dicho primer par  $[bmin_{i0}; bmax_{j0}]$  en al menos uno de los límites mínimo y/o máximo, según el procedimiento de la presente invención, existe una reiteración de las etapas anteriores de conversión 20 en imagen binaria, búsqueda 26 y memorización 28, implementándose una etapa 22 de supresión SUPR, dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, del o de los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores entre la etapa de conversión en imagen binaria 24 y la etapa de búsqueda 26.

**[0071]** Dicha etapa de supresión 22 permite evitar duplicaciones de detección como se ilustra más en detalle a continuación en relación con la figura 3. Dicho de otro modo, la supresión 22 permite suprimir del conjunto de píxeles (es decir, de la zona de búsqueda) resultante de la etapa 20 el o los conjuntos de píxeles detectados en el curso de las iteraciones anteriores, con el fin de que la búsqueda se concentre para encontrar uno o varios conjuntos de píxeles

que no han sido detectados durante las iteraciones anteriores. De hecho, desde la segunda iteración y en cada iteración siguiente, el contenido completo del espacio de memoria dedicado a la memorización del o de los conjuntos de píxeles identificados en cada iteración, se transmite como resultado de la etapa 28 de una iteración actual en la entrada de la iteración siguiente, activada durante la etapa 18 si queda al menos una gama dinámica, determinada durante la etapa 16, por usar para segmentar la imagen en escala de grises obtenida de la etapa 14.

**[0072]** Dicho de otro modo, según la presente invención, se entiende por "supresión dentro (de la imagen binaria) de una iteración actual, distinta de la primera iteración, del o de los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores" la formación de la zona de análisis (es decir, la zona de búsqueda) de la imagen binaria de una iteración actual que ha de tenerse en cuenta en la entrada de la etapa de búsqueda, tal que esta zona de análisis (es decir, zona de búsqueda) se reduce de una iteración a otra suprimiendo de esta zona de análisis (es decir, del conjunto de píxeles que constituyen la zona de búsqueda) el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores.

**[0073]** Cuando, durante la etapa 18, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica determina que se va a implementar la última iteración de las etapas 20, 22, 26 y 28, la etapa 28 se sigue de una etapa final 30 de generación y/o visualización de una imagen en color segmentada SEGr en la que cada conjunto o conjuntos de píxeles que corresponden a uno de los M módulos fotovoltaicos presenta un marcador, por ejemplo a través de un motivo como una cruz o un punto de color predeterminado, que indica que se ha detectado correctamente.

**[0074]** Dicho de otro modo, el procedimiento según la presente invención permite transformar una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica en una imagen en color segmentada en la que se añade un marcador por superposición en cada conjunto de píxeles detectado como correspondiente a uno de los M módulos fotovoltaicos, y en su caso visualizarlo a través de una pantalla de restitución a un usuario de dicho dispositivo de segmentación según la presente invención, o transmitirlo a una pantalla de visualización.

**[0075]** Como se indica anteriormente, la figura 2 ilustra tres intervalos dinámicos de una misma imagen asociados respectivamente a tres iteraciones de una parte de las etapas del procedimiento ilustrado por la figura 1.

**[0076]** Según este ejemplo, se considera especialmente que a la vista del histograma de la imagen en escala de grises resultante de la etapa 14, con para cada píxel el valor de gris comprendido entre 0 y 255, tal como se representa en las vistas 32, 34 y 36, la mediana de valor de gris de la imagen en escala de grises es igual a  $A = 102$ , que su desviación típica  $E$  es tal que  $E = 46,9607$  y que el paso  $P$  entre límites (tanto entre límites mínimos como entre límites máximos) predeterminado entre dos límites sucesivos es tal que  $P = 0,25 \times E = 11,740175$ .

**[0077]** Así, el conjunto de  $N = 4$  límites mínimos es tal que:

$$bmin_{i=1} = (A - E) = 55,0393, \quad bmin_{i=2} = bmin_{i=1} + P = 66,7795, \quad bmin_{i=3} = bmin_{i=2} + P = 78,5196 \text{ y} \\ bmin_{i=N=4} = bmin_{i=3} + P = 90,2598 : 50,95^*A \text{ y el conjunto de } Q = 9 \text{ límites máximos es tal que:}$$

$$bmax_{j=1} = A = 102 ; \quad bmax_{j=2} = bmax_{j=1} + P = 113,7402,$$

$$bmax_{j=3} = bmax_{j=2} + P = 125,4804, \quad bmax_{j=4} = bmax_{j=3} + P = 137,2205,$$

$$bmax_{j=5} = bmax_{j=4} + P = 148,9607, \quad bmax_{j=6} = bmax_{j=5} + P = 160,7009,$$

$$bmax_{j=7} = bmax_{j=6} + P = 172,4411, \quad bmax_{j=8} = bmax_{j=7} + P = 184,1813,$$

$$bmax_{j=9=Q} = bmax_{j=8} + P = 195,9214 = A + (2^*E).$$

**[0078]** Durante la primera iteración, se considera el intervalo dinámico correspondiente al intervalo de escalas de grises entre  $bmin_{i=1} = 55,0393$  y  $bmax_{j=1} = 102$  para implementar la etapa 20 de conversión de dicha imagen en escala de grises resultante de la etapa 14 en una imagen binaria. Dicho de otro modo, considerando, durante la iteración asociada a la vista 32, el intervalo de escalas de grises entre  $bmin_{i=1} = 55,0393$  y  $bmax_{j=1} = 102$ , cada píxel, cuya escala de grises está entre los límites  $bmin_{i=1} = 55,0393$  y  $bmax_{j=1} = 102$ , se asocia a un primer valor binario, por ejemplo 1 representado por el blanco en la imagen binaria y representativo de la detección de un píxel de módulos fotovoltaicos, mientras que cada píxel cuyo valor de gris está fuera del intervalo de escala de grises entre los límites  $bmin_{i=1} = 55,0393$  y  $bmax_{j=1} = 102$  se asocia a un segundo valor binario complementario 0 representado por el negro

en la imagen binaria.

5 **[0079]** Durante la segunda iteración asociada a la vista 34, se considera el intervalo dinámico que corresponde al intervalo de escalas de grises entre  $b_{\min_{i=1}} = 55,0393$  y  $b_{\max_{j=2}} = 113,7402$  para implementar la etapa 20 de conversión de dicha imagen en escala de grises resultante de la etapa 14 en una imagen binaria.

10 **[0080]** Durante la tercera iteración asociada a la vista 36, se considera el intervalo dinámico correspondiente al intervalo de escalas de grises entre  $b_{\min_{i=1}} = 55,0393$  y  $b_{\max_{j=3}} = 125,4804$  para implementar la etapa 20 de conversión de dicha imagen en escala de grises resultante de la etapa 14 en una imagen binaria, y así sucesivamente hasta la treintaseisava iteración para cubrir todos los pares posibles resultantes de las distintas combinaciones de uno de dichos  $N = 4$  límites mínimos y uno de dichos  $Q = 9$  límites máximos.

15 **[0081]** La figura 3 ilustra esquemáticamente y de manera simplificada la etapa de supresión 22 según la presente invención tal como se ilustra anteriormente por la figura 1, e implementada a partir de la segunda iteración.

20 **[0082]** Más en concreto, después de la conversión 20 de dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria  $I_B$ , dicha imagen  $I_B$  comprende en la ilustración de la figura 3 tres tipos de zona, las zonas 38 que comprenden únicamente píxeles negros, las zonas 40 que comprenden a la vez píxeles negros y píxeles blancos y las zonas 42 que comprenden píxeles blancos y que corresponden a conjuntos de píxeles detectados durante la iteración anterior.

25 **[0083]** La etapa 22 suprime del conjunto de píxeles correspondientes a la zona de búsqueda las zonas 42 de la imagen binaria  $I_B$ , estando estas zonas suprimidas representadas por la letra S en la vista de la derecha de la figura 3, con el fin de que la etapa posterior 26 de búsqueda se concentre en las únicas zonas 40 restantes no detectadas durante las iteraciones anteriores y evite duplicaciones de detección.

30 **[0084]** El experto en la materia comprenderá que la invención no se limita a las realizaciones descritas, ni a los ejemplos particulares de la descripción, pudiendo las realizaciones y las variantes mencionadas anteriormente combinarse entre sí para generar nuevas realizaciones de la invención.

**[0085]** Así, la presente invención propone un procedimiento y un dispositivo de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica adaptada específicamente a la identificación segmentada de módulos fotovoltaicos

35 **[0086]** La presente invención ofrece resultados contrastados casi óptimos ya que permite detectar el 99% de los módulos fotovoltaicos, lo que equivale a aprovechar el conjunto de la información de la imagen fuente extrayendo un máximo de módulos de la central fotovoltaica considerada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (10) de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica comprendiendo M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero, siendo el procedimiento  
5 implementado por un dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen, y comprendiendo las etapas siguientes:
- conversión (14) de dicha imagen en color fuente en una imagen en escala de grises, sustituyendo dicha  
10 conversión, para cada píxel de dicha imagen en color, los niveles de rojo, verde y azul por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro;
  - determinación (24) de una dimensión en píxeles mínima y de una dimensión en píxeles máxima de dichos M  
módulos fotovoltaicos;
  - determinación (16) de un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y de un segundo  
15 conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises;
  - para un primer par formado por uno de dichos N límites mínimos  $b_{min_{i_0}}$  y de uno de dichos Q límites máximos  
 $b_{max_{j_0}}$ , con los índices  $i_0$  y  $j_0$  respectivamente de límite mínimo y de límite máximo de dicho primer par tales que  $1 \leq i_0 \leq N$  y  $1 \leq j_0 \leq Q$ , primera iteración de las etapas sucesivas siguientes:
    - conversión (20) de dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria según la cual:
      - cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho primer par se asocia a un primer valor  
20 binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y
      - cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho primer par se asocia al valor binario complementario de dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de  
25 la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico;    - a partir de dicha dimensión en píxeles mínima y de dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos  
fotovoltaicos, búsqueda (26) de un conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro de dichos píxeles cuyo  
valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulos fotovoltaicos, correspondiendo cada  
30 conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos,
    - memorización (28) del o de dichos conjuntos de píxeles detectados en el curso de dicha búsqueda,
- para cada otro par, distinto de dicho primer par en al menos uno de los límites mínimo y/o máximo, reiteración de las  
etapas anteriores de conversión en imagen binaria, búsqueda y memorización, siendo una etapa de supresión (22),  
35 dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, del o de los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores implementada entre la etapa de conversión en imagen binaria y la etapa de búsqueda, concentrándose la etapa de búsqueda durante la iteración actual en las únicas zonas restantes de la imagen binaria de dicha iteración actual.
- 40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la conversión de dicha imagen en color en escala de grises comprende un desenfocado.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicho desenfocado es implementado por medio de  
un núcleo de tamaño en píxeles predeterminado con respecto a un tamaño predeterminado de celda fotovoltaica.  
45
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación del primer  
conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y del segundo conjunto de Q límites máximos de valores  
de escala de grises usa al menos tres parámetros que corresponden a una mediana A de valor de gris de la imagen  
en escala de grises, a una desviación típica E de valor de gris de la imagen en escala de grises y a un paso P entre  
50 límites predeterminado entre dos límites sucesivos.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicho paso es proporcional a dicha desviación típica  
de valor de gris de la imagen en escala de grises.
- 55 6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el primer límite mínimo  $b_{min_{i=1}}$  de dicho primer  
conjunto de N límites mínimos es tal que:  $b_{min_{i=1}} = (A - E)$ , el paso P entre dos límites mínimos sucesivos es tal que  $P = 0,25 * E$  y el último límite mínimo de dicho primer conjunto de N límites mínimos es tal que  $b_{min_{i=N}} \leq 0,95 * A$ , y en el  
que el primer límite máximo  $b_{max_{j=1}}$  de dicho segundo conjunto de Q límites máximos es tal que:  $b_{max_{j=1}} = A$ , el paso  
P entre dos límites máximos sucesivos es tal que  $P = 0,25 * E$  y el último límite máximo de dicho segundo conjunto de  
60 N límites máximos es tal que  $b_{max_{j=Q}} \leq A + (2 * E)$ .
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación de una  
dimensión en píxeles mínima y de una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos usa los  
metadatos de dicha imagen en color fuente y la inclinación de cada módulo fotovoltaico.  
65

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha búsqueda de conjunto o conjuntos distintos de píxeles, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos, comprende:

- 5 - la formación de regiones distintas que agrupan, cada una, una parte distinta de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, presentando cada región una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima respectivamente sustancialmente iguales a dicha dimensión en píxeles mínima y a dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos,  
 - la extracción de las propiedades de cada región;  
 10 - para cada región, la verificación de la conformidad de dichas propiedades con las propiedades asociadas a una imagen de referencia de módulo fotovoltaico, y en caso afirmativo la validación de dicha región como conjunto de píxeles buscado que corresponde a uno de dichos M módulos fotovoltaicos.

9. Programa informático incluyendo instrucciones que incluyen instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por un dispositivo electrónico programable, implementan un procedimiento de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos según las reivindicaciones 1 a 8.

10. Dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente representativa de una central fotovoltaica que comprende M módulos fotovoltaicos, siendo M un número entero, comprendiendo el dispositivo electrónico al menos una imagen en color fuente:

- 25 - un primer módulo de conversión, configurado para convertir dicha imagen en color fuente en una imagen en escala de grises, sustituyendo, para cada píxel de dicha imagen en color, los niveles de rojo, verde y azul por un único valor de gris comprendido entre 0 y 255, con el 0 correspondiente a un nivel blanco y el 255 correspondiente a un nivel negro;  
 - un primer módulo de determinación configurado para determinar una dimensión en píxeles mínima y una dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos;  
 30 - un segundo módulo de determinación de un primer conjunto de N límites mínimos de valores de escala de grises y de un segundo conjunto de Q límites máximos de valores de escala de grises;  
 - un segundo módulo de conversión configurado para convertir dicha imagen en escala de grises en una imagen binaria, asociando, para un par formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos:

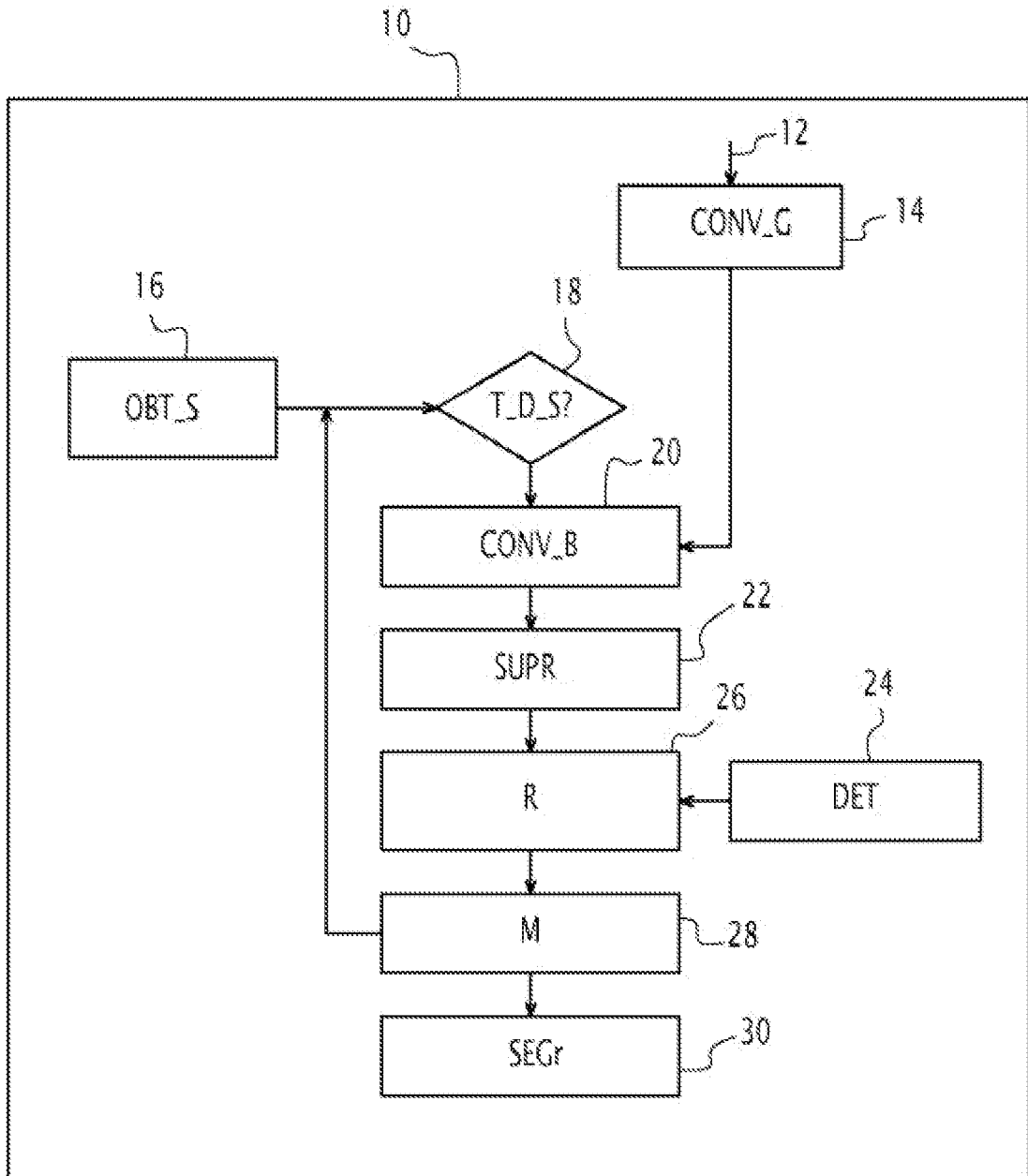
- 35 - cada píxel cuya escala de grises está entre los límites de dicho par a un primer valor binario representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, y  
 - cada píxel cuya escala de grises está fuera de dichos límites de dicho par al valor binario complementario de dicho primer valor binario, siendo dicho valor binario complementario representativo de la ausencia de detección de un píxel de módulo fotovoltaico;

40 - un módulo de búsqueda, configurado para buscar, a partir de dicha dimensión en píxeles mínima y de dicha dimensión en píxeles máxima de dichos M módulos fotovoltaicos, un conjunto o conjuntos distintos de píxeles, dentro de dichos píxeles cuyo valor binario es representativo de la detección de un píxel de módulo fotovoltaico, correspondiendo cada conjunto de píxeles buscado a uno de dichos M módulos fotovoltaicos,

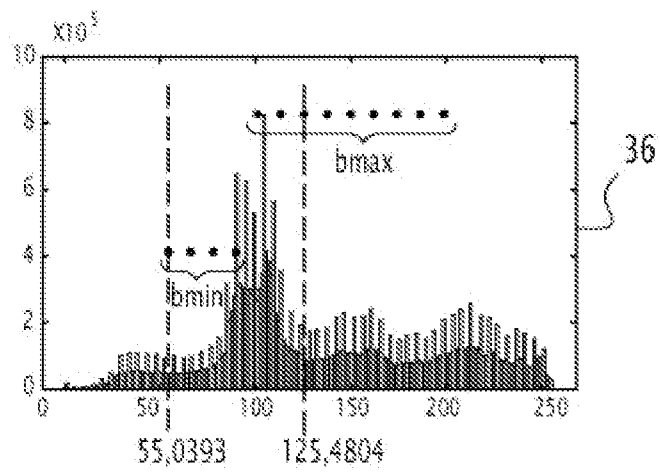
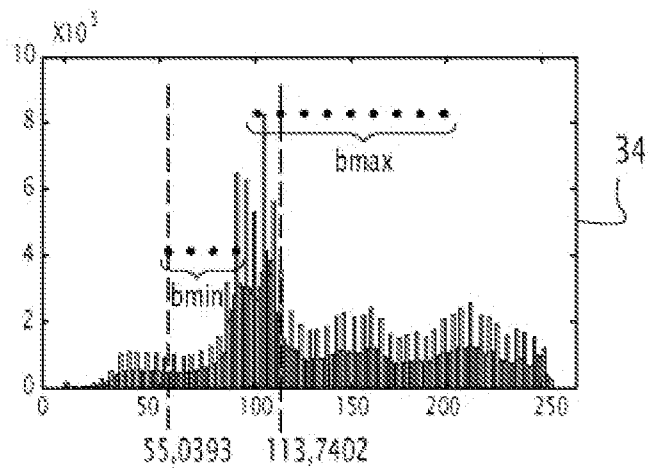
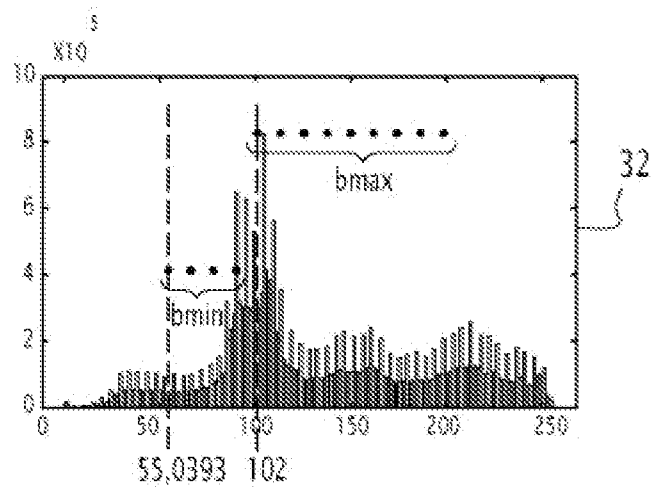
45 - un módulo de memorización del o de dichos conjuntos de píxeles detectados por dicho módulo de búsqueda, siendo dicho segundo módulo de conversión, módulo de búsqueda y módulo de memorización capaces de reiterar su tratamiento respectivo para cada par, formado por uno de dichos N límites mínimos y por uno de dichos Q límites máximos, y distinto de un par al otro por al menos uno de sus límites mínimo y/o máximo, el dispositivo electrónico de segmentación de al menos una imagen en color fuente, comprendiendo además un módulo de supresión configurado para:

- 50 - suprimir dentro de una iteración actual, distinta de la primera iteración, el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores, concentrándose el módulo de búsqueda durante la iteración actual en las únicas zonas restantes de la imagen binaria de dicha iteración actual;  
 55 - y transmitir la imagen binaria en la que el o los conjuntos de píxeles identificados en el curso de las iteraciones anteriores han sido suprimidos en la entrada de dicho módulo de búsqueda.

T



**FIG.1**



**FIG.2**

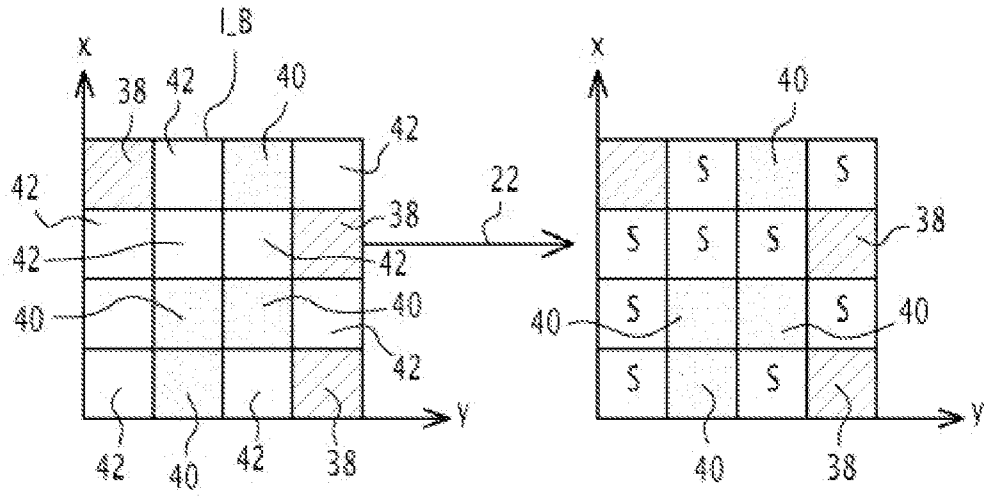


FIG.3