

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 346**

51 Int. Cl.:

G01C 11/06 (2006.01)

G06T 17/05 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2014** E 15195821 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017** EP 3002552

54 Título: **Procedimiento y sistema para la construcción de un modelo tridimensional a partir de imágenes de satélites**

30 Prioridad:

24.02.2014 US 201414188454

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

02.11.2017

73 Titular/es:

**VRICON SYSTEMS AB (100.0%)
Hus 207-3
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:

**HAGLUND, LEIF;
NYGREN, OLA;
ISAKSSON, FOLKE y
BORG, JOHAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 640 346 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 sistema para la construcción de un modelo tridimensional a partir de imágenes de satélites

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés sobre una superficie de un planeta.

Técnica antecedente

10 Al construir un modelo tridimensional (3D) de una parte de la superficie de la Tierra se puede utilizar un sistema de cámaras apropiado para obtener fotografías a partir de las cuales se pueden generar unos estereopares. A continuación, ese sistema de cámaras puede ser montado sobre un avión (algunas veces junto con el sistema LIDAR para obtener informaciones de la altura, sin embargo, son posibles también otros sistemas de medición de la altura). Se puede volar con el avión sobre el área de interés, tomar fotografías del área de interés junto con algunas informaciones de la altura y a continuación procesar las fotografías junto con las informaciones de la altura para conseguir un modelo 3D. Esto pertenece al estado de la técnica.

15 Algunas veces, sin embargo, no es posible utilizar aviones para tomar fotografías. Este podría ser el caso cuando no hay autorización para hacerlo, por ejemplo, debido a las áreas de vuelo restringido. Otro ejemplo es que el área de interés esté demasiado alejada para ser cubierta de forma rentable por los aviones o que el área de interés es demasiado grande para volar de forma rentable sobre ella con los aviones. Esto podría ser especialmente el caso cuando se proporciona un modelo 3D de la totalidad de la superficie de la Tierra o al menos de las partes de la superficie de la Tierra que estén cubiertas de Tierra.

20 Los modelos 3D han sido también construidos por medio de imágenes tomadas por satélites. Sin embargo, los satélites son costosos de construir, de poner en órbita y de controlar. Los satélites existentes destinados a obtener imágenes de la superficie de la Tierra se utilizan habitualmente para obtener imágenes 2D. En la actualidad se consiguen solo unos pocos datos de imágenes procedentes de satélites como estereofotos y de esta forma son utilizados para construir modelos 3D. Una razón de ello es que un satélite tendría que tomar (al menos) dos fotos de un área en diferentes ángulos. A menudo es de última prioridad que el satélite pueda tomar una fotografía de otra área en lugar de la segunda foto de la misma área, consiguiendo así una cobertura mayor de la superficie de la Tierra.

25 En Armin Gruen et al.: "Tratamiento de precisión en 3D de formación de imágenes de alta resolución" por satélite conferencia anual 2005 ASPRS "El Geospacio se hace Global: De su vecindario a todo el planeta", 7 - 11- marzo 20015 se describe cómo se utilizan diferentes imágenes a partir de IKONOS para llevar a cabo un tratamiento 3D de un área en Suiza. Un estereopar y un triplete son utilizados con alguna superposición entre ellos. El triplete y el estereopar son tratados por separado. Se originan a partir del mismo satélite. Este documento se corresponde con lo divulgado en el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

35 Un objeto de la presente divulgación es proveer una forma mejorada de construir modelos 3D.

40 Dicho objeto se ha conseguido de acuerdo con la invención por medio de un procedimiento como el que se incorpora en la reivindicación 1. Una ventaja del procedimiento es que los modelos 3D pueden ser construidos en grandes áreas, especialmente áreas que son mucho mayores que una imagen ordinaria por satélite. No se necesita que exista un estereopar del área de interés (lo que no excluye el uso de estereopares así como para el caso de que existan). Esto permite el uso de imágenes que han sido tomadas en el curso de periodos enormes de tiempo, por ejemplo años. Así, pueden ser utilizadas más imágenes para construir el modelo 3D. Esto supone una mayor precisión en la construcción del modelo 3D.

En un ejemplo, las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D son tomadas de al menos dos satélites diferentes.

45 Esto tiene la ventaja de que incluso pueden utilizarse más fotografías. Así, la precisión del modelo construido 3D se puede incrementar y / o los modelos 3D pueden ser construidos para áreas incluso mayores, dado que solo un satélite podría no cubrir la totalidad del AOI con imágenes suficientes.

En un ejemplo, se calcula una incertidumbre respecto de los puntos antes de que los conjuntos de puntos se combinen si existe más de un conjunto de puntos.

Al hacerlo se puede conseguir una medición para la precisión del modelo 3D construido.

50 En un ejemplo, la combinación de los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos comprende comparar los correspondientes puntos a partir de cada conjunto de puntos y eliminar los puntos que presentan una incertidumbre en su posición más elevada de un valor predeterminado.

Los puntos con alta incertidumbre no son tan precisos como los puntos con baja incertidumbre. Así, su elección puede aumentar la precisión del modelo construido 3D.

5 En un ejemplo, la combinación de los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos, comprende calcular los valores medios ponderados entre los correspondientes puntos. Los puntos son ponderados de acuerdo con su incertidumbre en relación con su posición. Los valores medios ponderados de los correspondientes puntos son utilizados para construir el modelo 3D de la parte del área de interés.

Una ventaja de este procedimiento es que los puntos de incertidumbre baja contribuyen más al modelo 3D que los puntos de incertidumbre alta. Creando así la calidad del modelo 3D.

10 En un ejemplo, la combinación de los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos, comprende eliminar los puntos que están más alejados del centroide de los correspondientes puntos que un valor predeterminado.

Dado que los puntos que están más alejados de otros correspondientes puntos a menudo son un resultado de errores de cálculo, la eliminación de estos puntos incrementa la calidad del modelo 3D construido.

15 En un ejemplo, la combinación de los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos comprende calcular el valor medio entre los correspondientes puntos. Los valores medios de los correspondientes puntos son utilizados para construir el modelo 3D de la parte del área de interés.

Esto proporciona un cálculo rápido y fácil.

20 En un ejemplo, las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D son analizadas de acuerdo con uno o más de los parámetros entre la cubierta de nube de propiedades, los ángulos a partir de los que se tomaron una imagen, del instante del año en el que una imagen fue tomada, de la fecha en que una imagen fue tomada, de la hora del día en que una imagen ha sido tomada, de la resolución que tiene una imagen, de qué satélite es tomada una imagen, en qué colores una imagen es tomada. Las imágenes que no satisfacen requisitos predeterminados sobre las propiedades mencionadas, son rechazados en el tratamiento posterior.

25 Esto asegura que solo las imágenes compatibles sean utilizadas, reduciendo así la probabilidad de que los puntos coincidan entre sí y que no debieran coincidir entre sí (por ejemplo, dado que no se corresponden con los mismos puntos en la realidad). Esto da como resultado la reducción de errores y unos modelos 3D de mejor calidad.

En un ejemplo el planeta es la Tierra.

La provisión de modelos 3D de la Tierra abre muchas aplicaciones.

En un ejemplo, las partes del área de interés se superponen al menos parcialmente.

30 Esto se traduce en un modelo 3D construido de gran calidad, en cuanto se reducen las discontinuidades. De acuerdo con la invención, al menos una imagen adicional es suministrada después de que se construyera un modelo 3D. La al menos una imagen adicional está originalmente dispuesta por al menos un satélite que tiene menos precisión en la determinación de su dirección de señalización que los satélites que originalmente suministraron las imágenes suministradas para construir el modelo 3D. La al menos una imagen adicional no está incluida en la pluralidad de imágenes 2D. El modelo 3D construido es utilizado para rectificar al menos una imagen adicional y el modelo 3D puede ser reconstruido, incluyendo ahora la pluralidad de imágenes 2D la al menos una imagen adicional.

35 40 Las imágenes tomadas por satélites con baja precisión en la dirección de señalamiento pueden tener una resolución y una calidad elevadas en otros parámetros. Actuando según lo antes descrito, estas imágenes adicionales pueden utilizarse también para construir modelos 3D y se pueden superar los inconvenientes de una menor precisión de señalamiento que podrían haber excluido estas imágenes respecto de su uso a primera vista. La utilización de estas imágenes adicionales se traduce así en un modelo 3D superior.

45 En un ejemplo, el proceso de obtener al menos una imagen adicional después de que se ha construido un modelo 3D, en el que la al menos una imagen adicional satisface las exigencias expuestas, y el proceso de rectificación de al menos una imagen adicional y para reconstruir el modelo 3D según se describió anteriormente son repetidas respecto de varios conjuntos de imágenes adicionales.

Al hacerlo, se obtiene un modelo 3D incluso mejor.

50 El objeto también se consigue disponiendo un sistema para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta, como se representa en la reivindicación 10. Una ventaja del sistema es que los modelos 3D pueden ser construidos sobre grandes áreas, especialmente sobre áreas mucho mayores que una imagen por satélite ordinaria. No se necesita que exista un estereopar del área de interés. Esto permite el uso de imágenes que han sido tomadas en el curso de periodos de tiempo enormes, por ejemplo años. Así, pueden utilizarse más imágenes para construir el modelo 3D. Esto conduce a una mayor precisión del modelo 3D construido.

5 En un ejemplo, el elemento de tratamiento está también dispuesto para analizar las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D de acuerdo con uno o más parámetros entre la cobertura de nube de prioridades, de los ángulos según los cuales una imagen es tomada, del instante del año en que una imagen es tomada, de la fecha en que una imagen es tomada, de la hora del día en que una imagen es tomada, de la resolución que presenta una imagen, del satélite del cual una imagen es tomada, de los colores en que una imagen es tomada. También se dispone el rechazo de las imágenes de otro tratamiento que no satisfagan las exigencias predeterminadas de las propiedades antes referidas.

10 Esto asegura que solo las imágenes compatibles sean utilizadas, reduciendo así la probabilidad de que coincidan entre sí puntos que no debería coincidir entre sí (por ejemplo, dado que no se corresponden con los mismos puntos en la realidad). Esto se traduce en la reducción de errores y en modelos 3D de mejor calidad. De acuerdo con la invención, la memoria o los medios para obtener acceso a una pluralidad de imágenes 2D procedentes de los satélites se disponen adicionalmente para suministrar al menos una imagen adicional después de que se haya construido un modelo 3D. La al menos una imagen adicional es suministrada originalmente por al menos un satélite que tiene menor precisión para la determinación de su dirección de señalamiento que los satélites que suministraron originalmente las imágenes utilizadas para construir el modelo 3D. La al menos una imagen original no está incluida en la pluralidad de imágenes 2D. El elemento de tratamiento está también dispuesto para utilizar el modelo 3D construido para rectificar dicha al menos una imagen adicional y para reconstruir el modelo 3D, de forma que la pluralidad de imágenes 2D ahora también incluya dicha al menos una imagen adicional.

La realización de ello se traduce en un modelo 3D mejor.

20 El objeto también se consigue mediante un programa de ordenador que comprende un código de programa para ejecutar el procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta.

El objeto también se consigue mediante un producto de programa de ordenador que comprende un código de programa almacenado en unos medios legibles por ordenador para ejecutar el procedimiento de construcción de un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un dibujo esquemático acerca de la forma en que los satélites pueden tomar imágenes de un área.

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para construir un modelo 3D de acuerdo con la presente invención.

30 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para construir un modelo 3D para una parte del área de interés (AOI).

La Figura 4 muestra un dibujo esquemático acerca de puntos de un área.

La Figura 5 muestra un dibujo esquemático acerca de la forma en que una parte del procedimiento se lleva a cabo.

35 La Figura 6 muestra más detalladamente, un dibujo esquemático acerca de la forma en que una parte del procedimiento se lleva a cabo.

La Figura 7 es un dibujo de un área de interés y de la forma en que las imágenes procedentes de los satélites pueden cubrirla.

40 La Figura 8 muestra un ejemplo de un sistema para construir un modelo en 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta.

Descripción detallada

45 La descripción subsecuente utilizará la superficie de la Tierra como ejemplo ilustrativo para la exposición de los principios de la invención. Sin embargo, la invención no está limitada a la superficie de la Tierra y puede fácilmente ser utilizada para la superficie de otros planetas. La palabra planeta debe aquí, y en la totalidad del documento, cubrir también otros objetos del espacio que presenten una masa suficientemente grande para que los satélites puedan orbitar alrededor de ellos. Un ejemplo de dicho objeto es la Luna.

50 Aquí, y en las líneas que siguen, el término imagen debe ser tratado en sentido amplio. En un ejemplo, las imágenes se refieren a fotografías. En un ejemplo las imágenes se refieren a datos en bruto de un dispositivo de formación de imágenes. En un ejemplo, las imágenes se refieren a datos procesados de un dispositivo de formación de imágenes. En un ejemplo, dichos datos en bruto y / o procesados provienen de un dispositivo de formación de imágenes que incorpora uno o más sensores. En un ejemplo dichos uno o más sensores del tipo de dispositivo de carga acoplada (CDD). En un ejemplo, dichos uno o más sensores son sensores metal - óxido - semiconductor (CMOS). En un ejemplo, el dispositivo de formación de imágenes es sensible a la luz visible. En un ejemplo, el dispositivo de

formación de imágenes es sensible a otras longitudes de onda distintas de la luz visible, como la luz infrarroja o ultravioleta. En la técnica es conocido la forma de convertir diferentes tipos de imágenes en otros tipos de imágenes.

La Figura 1 muestra un dibujo esquemático bidimensional de la forma en que los satélites pueden tomar imágenes de la superficie 80 de la Tierra. Se dibujan tres satélites 41, 42, 43. La Fig. 1 utiliza tres satélites para exponer el principio de la presente invención. En general, sin embargo, podría utilizarse un número indeterminado de satélites. En un ejemplo, los tres satélites 41, 42, 43 son tres satélites diferentes. En otro ejemplo, dos de los tres satélites 41, 42, 43 son los mismos satélites. En un ejemplo 41, y 42 son los mismos satélites, en otro ejemplo 41 y 43, son los mismos satélites y en otro ejemplo más 42 y 43 son los mismos satélites. En un ejemplo, los tres satélites 41, 42, 43 son los mismos. Los tres satélites 41, 42, 43 están equipados con dispositivos de formación de imágenes (no mostrados) que son capaces de tomar imágenes de la superficie de la Tierra 80. En general, la superficie de la tierra es diferente del nivel 81 del mar. En un ejemplo los dispositivos de formación de imágenes son cámaras. En un ejemplo, los dispositivos de formación de imágenes contienen uno o más sensores de escaneo por líneas. En un ejemplo, los dispositivos de formación de imágenes contienen uno o más sensores de escaneo de áreas. Al referirse a las cámaras en la presente memoria y en el futuro, la invención no debe ser considerada como limitada a unas cámaras. Las cámaras de los satélites 41, 42, 43 presentan un campo de vistas 71c, 72c, 73c. El campo de vistas está limitado por las correspondientes líneas 71a, 71b para la cámara del satélite 41 por las líneas 72a, 72b para el satélite 42, y por las líneas 73a, 73b para el satélite 43. Dado que los satélites 41, 42, 43 en general no toman imágenes a partir de la misma posición en el cielo y en general no tienen la misma orientación, las imágenes tomadas de los satélites 41, 42, 43 podrían superponerse y en general no muestran exactamente la misma parte de la superficie de la Tierra. En el ejemplo de la Fig. 1, la imagen tomada por el satélite 43 cubre la sección de la superficie 80 de la Tierra que se indica mediante las referencias numerales 82, 82b, 82c y 82d cuando se proyecta hacia abajo sobre una superficie 81 plana. La imagen tomada por el satélite 42 se compone de una sección de la superficie 80 de la Tierra que está indicada mediante la referencia 82c cuando se proyecta hacia abajo sobre una superficie 81 plana. La imagen tomada por el satélite 41 se compone de la sección de la superficie 80 de la Tierra que se indica por las referencias 82b y 82c cuando se proyectan hacia abajo por una superficie 81 plana. Los satélites no tienen que presentar la misma órbita o la misma altitud. En un ejemplo, los satélites tienen altitudes diferentes. Las imágenes de los satélites no tienen que ser tomadas al mismo tiempo. En un ejemplo, las imágenes de los satélites son tomadas en momentos diferentes. En un ejemplo, las imágenes del satélite han sido tomadas varios años después de las imágenes de otro satélite.

Los satélites tienen ángulos diferentes, α_1 , α_2 y α_3 cuando se mira abajo hacia la Tierra, en los que los ángulos α_1 , α_2 y α_3 , se definen como los ángulos dispuestos entre una línea 51, 52, 53 a partir del satélite hasta el centro de la Tierra y una línea central 61, 62, 63 para el campo de las vistas 71c, 72c, 73c de las cámaras. En el presente ejemplo, el ángulo α_2 es cero y por tanto no está escrito en la Fig. 1. Los ángulos ofrecen tanto magnitud como signo, por ejemplo α_1 tiene signo positivo y α_3 tiene signo negativo. Es importante que (al menos dos de) los ángulos α_1 , α_2 y α_3 difieran entre sí. Si todos los ángulos α_1 , α_2 y α_3 fueran iguales sería imposible establecer una correspondencia coincidente de puntos útiles entre las imágenes de los satélites, que se necesitaría en una etapa posterior. Esto es conocido en el estado de la técnica. La diferencia entre los ángulos α_1 , α_2 , y α_3 no debería ser demasiado baja para seguir apreciando las diferencias. En un ejemplo, es preferente una diferencia entre los ángulos de al menos 5° . Ello sirve para asegurar una precisión satisfactoria al determinar la altura. Si, sin embargo, no se dispone de imágenes de satélite suficientes con esta diferencia de ángulo mínima pueden seguir siendo utilizadas otras diferencias angulares.

En el ejemplo de la Fig. 1, se puede construir un modelo 3D del área 82b dado que se disponen para ese área dos imágenes de satélite (procedentes de los satélites 41 y 42). Se puede también construir un modelo 3D a partir del área 82c dado que se disponen tres imágenes de satélite a partir de ese área (procedentes de los satélites 41, 42 y 43). Para las áreas 82a y 82d no se puede construir ningún modelo 3D dado que solo se dispone una imagen de satélite (procedente del satélite 43).

La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo en un procedimiento 200 para la construcción de modelos 3D de un área de interés (AOI) sobre la superficie de un planeta de acuerdo con la presente invención. En un ejemplo, el AOI es un país o una parte del mismo. En un ejemplo, el AOI es una región o una parte de aquél. En un ejemplo, el AOI es una ciudad o una parte de ella. En un ejemplo, el AOI es toda la Tierra. El procedimiento empieza con la etapa 210 mediante la provisión de una pluralidad de imágenes 2D del AOI. Las imágenes 2D del AOI son tomadas por satélites. Al referirse a las imágenes en las líneas que siguen, se parte siempre de la base de que las imágenes son imágenes 2D entre la pluralidad de imágenes 2D tomadas de los satélites, si no se establece explícitamente otra cosa. No todas las imágenes tienen que cubrir la totalidad del AOI. En un ejemplo al menos una imagen solo cubre una parte del AOI. En un ejemplo, esto se debe a que una parte de al menos una imagen está fuera del AOI. En un ejemplo, esto se debe a que el tamaño del área cubierta por al menos una imagen es menor que el tamaño del AOI. Sin embargo, es importante que cada posible subárea del AOI esté cubierta por dos o más imágenes. También es importante que al menos dos o más imágenes sean tomadas desde ángulos diferentes. Los ángulos han sido analizados con mayor detalle con relación a la Fig. 1. En un ejemplo, el término proporcionar significa tener acceso a las imágenes ya tomadas en momentos del tiempo anteriores, por ejemplo tener acceso a imágenes almacenadas en una base de datos y / o en un archivo. En un ejemplo, las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D son tomadas de al menos dos satélites diferentes.

De modo preferente, la cantidad de imágenes es la mayor posible dado que las imágenes podrían dar como resultado una mayor precisión del modelo 3D final como resultará evidente más adelante. Como se pone de manifiesto en la Fig. 1 y en la Fig. 7, no todas las partes o subáreas posibles del AOI podrían estar cubiertas por la misma cantidad de imágenes.

5 En un ejemplo, la etapa 210 incluye también analizar las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D de acuerdo con uno o más parámetros entre la cobertura de nube de prioridades, de los ángulos desde los cuales se tomó una imagen, del instante del año en que se tomó una imagen, de la fecha en que la imagen fue tomada, del momento del día en que la imagen fue tomada, de la resolución que presenta una imagen, de cuál sea el satélite del que la imagen fue tomada, en qué colores la imagen fue tomada y el rechazo de las imágenes de otro tratamiento que no satisfagan las exigencias predeterminadas sobre las propiedades antes mencionadas. En un ejemplo, son seleccionadas antes de un ulterior tratamiento las imágenes que presenten más que la cobertura de nube marginal en el AOI. En un ejemplo, son seleccionadas imágenes con una cobertura de nube de más de un porcentaje predeterminado de la totalidad de la imagen. En un ejemplo, se guardan solo las partes de una imagen que no presenten cobertura de nube. En un ejemplo, están presentes imágenes tomadas a partir del mismo ángulo y que muestran la misma o básicamente la misma área, solo se selecciona una entre algunas o todas. En un ejemplo, se guarda la imagen más reciente. En un ejemplo, se guarda la imagen con mayor resolución. En un ejemplo, se guarda la imagen con la mayor precisión.

Al construir el modelo 3D de un área en la que las estaciones tienen un gran impacto sobre la apariencia de las imágenes del área, las imágenes pueden ser seleccionadas o guardadas de acuerdo con las estaciones en las que fueron tomadas. Un ejemplo de áreas es de áreas que en invierno generalmente están cubiertas por la nieve y / o que presentan árboles caducifolios. En estas áreas el color puede cambiar entre las estaciones, pero también el perfil de la altura. Si un área presenta mucha nieve en invierno, pero las carreteras se mantienen limpias de nieve durante el invierno, el perfil de altura en este área cambia durante las estaciones. En ese caso, es ventajoso escoger imágenes de solo una estación, por ejemplo el verano. Incluso la elección de imágenes de acuerdo con cualquier otro condicionamiento predeterminado podría ser de ayuda, si ese condicionamiento tuviera un impacto sobre el aspecto del AOI o acerca de la posibilidad de construir más tarde modelos 3D precisos en la etapa 240 o en la etapa 250. Puede, sin embargo, asegurarse todavía que cada parte del AOI es cubierta por dos o más imágenes y que al menos dos de estas dos o más imágenes sean tomadas desde ángulos diferentes. Si esto no se asegura, el procedimiento puede en un ejemplo terminar después de esa etapa, lo que se traduce en la conclusión de que un modelo 3D del AOI no puede ser construido con las imágenes con las que se cuenta. En otro ejemplo, las exigencias predeterminadas acerca de las propiedades antes mencionadas, pueden conseguirse que sean menos restrictivas para asegurar que pueda ser construido un modelo 3D, aunque posiblemente con menor precisión.

El procedimiento continúa con la etapa 220.

En la etapa 220 unos ajustes por haces se llevan a cabo para la pluralidad de imágenes 2D. Es conocida en la técnica la forma de llevar a cabo los ajustes por haces. Tener en cuenta el proceso de formación de haces es un ejemplo ofrecido al hecho de que las imágenes son tomadas de diferentes satélites. En un ejemplo una consideración de este tipo es que los parámetros internos y externos de los diferentes satélites son modelados de manera diferente y / o pueden asumir diferentes valores. En un ejemplo, se toman en consideración precisiones de señalamiento diferentes de los satélites al llevar a cabo los ajustes de las haces. En un ejemplo los modelos de sensor de los satélites son tomados en consideración al llevar a cabo los ajustes por haces. En un ejemplo los ajustes por haces se llevan a cabo sin puntos de control en tierra. En un ejemplo, la información externa se utiliza al llevar a cabo los ajustes por haces. En un ejemplo, los puntos de control de tierra y / u otros datos vectoriales son utilizados al llevar a cabo los ajustes por haces. El procedimiento continúa con la etapa 230.

En la etapa 230, el AOI se divide en partes. En un ejemplo, todas las partes tienen el mismo tamaño. En otro ejemplo, al menos algunas de las partes tienen diferentes tamaños. En un ejemplo preferente, las partes están superpuestas. Esto se pondrá de manifiesto más adelante con respecto a la etapa 250. En un ejemplo preferente, el tamaño de las partes es mucho menor que el tamaño medio del área que está cubierta por una imagen. En un ejemplo preferente, el tamaño de una parte del AOI es tan pequeño que existe una probabilidad escasa de que una o más imágenes cubran solo parcialmente esa parte del AOI. En otras palabras, hay una gran probabilidad de que cada imagen o bien no cubra en absoluto esa parte del AOI o que cubra totalmente esa parte del AOI. En un ejemplo preferente, el tamaño de una parte del AOI es tan pequeño que el número de imágenes que solo parcialmente cubre esa parte del AOI es mucho menor que el número de imágenes que cubre totalmente esa parte. Las ventajas de dividir el AOI de la forma antes mencionada se pondrán de manifiesto en relación con la Fig. 3. El procedimiento continúa con la etapa 240.

En la etapa 240, es construido un modelo 3D para cada parte del AOI. La forma en que esto se lleva a cabo se describe con mayor detalle en la Fig. 3. En un ejemplo, los modelos 3D para cada parte del AOI son construidos de forma consecutiva. En otro ejemplo, los modelos 3D para cada parte del AOI son construidos en paralelo. El procedimiento continúa con la etapa 250.

En la etapa 250 un modelo 3D de la totalidad del AOI es construido combinando los modelos 3D procedentes de cada parte del AOI. Dado que los modelos 3D han sido construidos para todas las partes del AOI en la etapa 240, se

cuenta con toda la información necesaria para construir un modelo de la totalidad del AOI. Dado que los modelos 3D de las partes del AOI han sido calculados por separado, no es seguro que los modelos 3D perfectamente "se ajusten" entre sí. Especialmente, si las partes del AOI no se superponen existe el riesgo de que el modelo final 3D de la totalidad del AOI presente algunas discontinuidades ("saltos") en los bordes en los que los modelos 3D procedentes de las partes del AOI están "conjuntados" entre sí. Esto se debe al hecho de que los valores de los modelos 3D, que están próximos al borde de una parte del AOI y que fueron calculados en la etapa 240, presentan una mayor incertidumbre o una menor precisión que los valores más separados del borde. Por tanto, es ventajoso dividir el AOI en partes superpuestas en la etapa 230. De esta manera, incluso los modelos 3D de las partes del AOI, se superponen. Los valores en el borde de los modelos 3D de las partes del AOI pueden entonces ser desdeñadas y conseguirse un modelo 3D más suave de la totalidad del AOI. Como alternativa o adicionalmente, se puede tomar el valor medio o el valor medio ponderado de las partes superpuestas del AOI hasta terminar en un modelo común 3D para la totalidad del AOI. También pueden utilizarse otros modelos conocidos en el estado de la técnica para combinar modelos 3D. El procedimiento termina después de la etapa 250.

Una ventaja del procedimiento es que todas las imágenes 2D tomadas por satélites en un momento anterior pueden ser utilizadas para construir un modelo 3D de un AOI. Si solo se satisfacen las exigencias de la etapa 210 ninguna foto por satélite tiene que ser tomada. Combinando las imágenes tomadas de diferentes satélites, la cantidad de imágenes disponibles para construir modelos 3D aumentarán incluso más. Ello se traducirá, por un lado, en que los modelos 3D puedan ser construidos para más áreas. Por otro lado, ello se traducirá en que se elevará la precisión de los modelos 3D.

En un ejemplo, el procedimiento 200 no se detiene después de la etapa 250. Por el contrario, en la etapa 260, al menos una imagen adicional se suministrará después de la etapa 250, siendo dicha al menos una imagen adicional originalmente suministrada por al menos un satélite que tenga una menor precisión para determinar su dirección de señalamiento que los satélites originalmente suministraron las imágenes utilizadas para construir el modelo 3D, y no incluyéndose dicha al menos una imagen adicional en la pluralidad de imágenes 2D. Los satélites con menos precisión en la dirección de señalamiento pueden suministrar imágenes que generalmente no sean tan útiles en un primer momento para construir los modelos 3D en general, o para su utilización en el procedimiento 200 en especial, dado que no está claro, debido a la incertidumbre en la dirección de señalamiento de los satélites, qué parte de la superficie de la Tierra se muestra en estas imágenes. Las imágenes pueden, no obstante, tener una resolución y una precisión elevadas en otros parámetros para que puedan ser útiles en la mejora del modelo 3D si solo fuera conocida su posición. Por tanto, el modelo 3D construido es un ejemplo de la etapa 270 consecutiva utilizada para rectificar dicha al menos una imagen adicional. En un ejemplo, los ajustes por haces son utilizados para rectificar dicha al menos una imagen adicional. En un ejemplo, un modelo de satélite del (de los) satélite(s) que tomó (tomaron) la al menos una imagen adicional es actualizado. Por tanto, la posición de la imagen es conocida y se solventa el inconveniente de una dirección de señalamiento menos precisa del satélite. Por tanto, el modelo 3D puede ser reconstruido de acuerdo con las etapas 210 a 250, de forma que la pluralidad de imágenes 2D ahora en el proceso de reconstrucción también incluya la al menos una imagen adicional. Dado que la al menos una imagen adicional pueda ahora ofrecer una información y / o una precisión suplementaria, el modelo 3D reconstruido puede utilizar la información suplementaria construyendo así un modelo 3D mejor (esto es, más preciso) en el proceso de reconstrucción.

En un ejemplo, el proceso de inclusión de imágenes adicionales después de que el modelo 3D ha sido construido, rectificándolas, y la reconstrucción del modelo 3D se repite varias veces con imágenes adicionales diferentes.

La Fig. 3 muestra el procedimiento 300 para construir un modelo 3D de una parte del AOI. La ejecución del procedimiento 300 para cada parte del AOI se corresponde con la ejecución de la etapa 240 del procedimiento 200. El procedimiento 300 comienza con la etapa 310. En la etapa 310, al menos al menos tomadas una combinación y, de modo preferente, todas las posibles combinaciones entre dos imágenes que cubran la parte del AOI, cuando dichas dos imágenes sean tomadas a partir de las al menos dos imágenes, tomadas a partir de al menos dos ángulos diferentes, entre la pluralidad de imágenes 2D. En otras palabras, se empiezan teniendo en cuenta todas las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D que cubren la parte del AOI. En un ejemplo preferente, el término cubren significa cubrir totalmente. En otro ejemplo, el término cubren se refiere a cubrir parcialmente. Los cálculos subsecuentes son simplificados cuando se rechazan imágenes que no cubren totalmente la parte del AOI. Sin embargo, todavía tiene que asegurarse que queden al menos dos imágenes, tomadas desde al menos dos ángulos diferentes, que cubran la totalidad del AOI. Cuantas más imágenes queden mejor, como se pondrá inmediatamente de manifiesto. Para conseguirlo, tiene que tenerse en cuenta la forma de dividir el AOI en partes, según se describió en conexión con la etapa 230. Si no quedan al menos dos imágenes, tomadas desde al menos dos ángulos, las cuales cubran totalmente la parte del AOI, entonces no podrá ser rechazada ninguna imagen, o al menos no tantas. En aras de la simplicidad, se presume de aquí en adelante que quedan al menos dos imágenes tomadas desde al menos dos ángulos diferentes, que cubran totalmente la parte del AOI. De ahora en adelante solo es importante tener en cuenta la sección de las imágenes que se sitúan dentro de la parte del AOI. Ahora, se toman todas las posibles combinaciones de dos imágenes, de forma que las dos imágenes son tomadas de al menos dos imágenes, tomadas a partir de al menos dos ángulos diferentes, que permanecen. Si solo quedan dos imágenes, entonces solo se puede tomar una combinación. Si se toman tres imágenes de tres ángulos diferentes, entonces las tres combinaciones diferentes pueden ser tomadas (como se muestra en la Fig. 5). En general, si quedan n imágenes entonces $(n^2 - n) / 2$ combinaciones pueden ser tomadas (como máximo). Si algunas de las imágenes tienen el

mismo ángulo o ángulos que están muy próximos entre sí, entonces no resulta de utilidad tomar combinaciones de estas imágenes en cuanto no puede establecerse ninguna correspondencia coincidente de puntos útiles en la siguiente etapa a partir de estas combinaciones. Así, por ejemplo, dos imágenes entre tres presentan el mismo ángulo, entonces una puede tomar las combinaciones entre la tercera y cada una de las dos imágenes, pero no una combinación entre las dos imágenes con el mismo ángulo. En este ejemplo por tanto solo se han tomado dos combinaciones. El procedimiento continúa con la etapa 320.

En la etapa 320 la correspondencia de coincidente de puntos se establece para un conjunto de puntos para cada combinación de dos imágenes que han sido tomadas en la etapa 310. Aquí, y en todo el documento, al referirse a puntos o conjunto de puntos, a menos que se explícitamente se establezca otra cosa, siempre se parte de la base de que los puntos incorporan coordenadas tridimensionales. Así, al referirse a la correspondencia de coincidente de puntos se presume aquí y en todo el documento que este proceso conducirá a puntos con coordenadas tridimensionales. Cada combinación de dos imágenes a partir de la etapa 310 se traducirá por tanto en un conjunto de puntos. Si, por ejemplo, quedaran dos imágenes en la etapa 310, lo que provocó una posible combinación de las imágenes en la etapa 310, entonces se genera un conjunto de puntos. Si fueron tomadas tres combinaciones en la etapa 310, entonces se generarán tres conjuntos de puntos, etc. El procedimiento acerca del modo para establecer la correspondencia de coincidente de puntos entre una combinación de dos imágenes es conocido en la técnica. En un ejemplo, el establecimiento de la correspondencia coincidente de puntos incluye la característica de la extracción de los puntos. En un ejemplo, la realización de los ajustes por haces se utiliza para establecer la correspondencia coincidente de puntos. La correspondencia de coincidente de puntos es un ejemplo a base de píxeles de las imágenes. En un ejemplo, la coincidencia de puntos se basa en pequeñas áreas locales de las imágenes. Aquí, y en todo el documento, la estereocoincidencia debe ser tratada como un supuesto especial de coincidencia de puntos. Así, en un ejemplo, la coincidencia de puntos comprende la estereocoincidencia. En un ejemplo, se calcula una incertidumbre para un conjunto de puntos. En un ejemplo, la incertidumbre no es la misma para todos los puntos de un conjunto de puntos (véase la Fig. 4). En un ejemplo, la incertidumbre se basa en parámetros de los satélites y / o parámetros de las imágenes a partir de los cuales se originan los puntos. En un ejemplo, la incertidumbre se basa en la cubierta de nube de las cuales se originan los puntos. En un ejemplo, la incertidumbre se basa en la precisión y / o la incertidumbre de los parámetros de los satélites y / o de los parámetros de las imágenes donde se originan los puntos. En un ejemplo, el número de puntos en cada conjunto de puntos es diferente. El procedimiento continúa con la etapa 330.

En la etapa 330, se combinan los puntos respecto de los cuales se estableció la correspondencia de coincidente de puntos. En el ejemplo trivial de solo un conjunto de puntos no se necesita una combinación y dicho único conjunto de puntos será el conjunto de puntos final de la etapa 330. Si existe más de un conjunto de puntos algunas reglas tienen que decidirse acerca de cómo efectuar esta combinación. En un ejemplo preferente, todos los puntos procedentes de los conjuntos de puntos indicativos del mismo punto tridimensional en el espacio son comparados entre sí. Esto implica que como máximo se compare un punto de cada conjunto de puntos. Si, por ejemplo, se crearon tres conjuntos de puntos en la etapa 320, entonces se comparan como máximo tres puntos. En un ejemplo, son eliminados los puntos que presentan una incertidumbre superior a un valor predeterminado. En un ejemplo, este valor predeterminado es un valor absoluto. En un ejemplo, este valor predeterminado es un valor relativo que depende de la incertidumbre de los demás puntos. En un ejemplo, son eliminados los puntos que están más alejados del centroide de los puntos correspondientes que un valor predeterminado. En un ejemplo, este valor predeterminado es un valor absoluto. En un ejemplo, este valor predeterminado es un valor relativo que depende de la distancia de los demás puntos con respecto al centroide. En un ejemplo, la combinación de los puntos incluye el cálculo del valor medio entre los puntos correspondientes y la utilización de los valores medios calculados de los puntos correspondientes para construir el modelo 3D de la parte del AOI. Una ventaja de ello es que el cálculo resulta sencillo y puede llevarse a cabo rápidamente. En un ejemplo, la combinación de puntos incluye el cálculo del valor medio ponderado entre los puntos correspondientes y la utilización de los valores medios ponderados calculados de los correspondientes puntos para construir el modelo 3D de la parte del AOI. En un ejemplo, el valor medio es ponderado con la incertidumbre de los puntos. Una ventaja de ese ejemplo es que los puntos con incertidumbre baja contribuyen más al conjunto de puntos combinado que los puntos con incertidumbre alta. La etapa de combinación de los conjuntos de puntos se traduce en un conjunto de puntos final el cual, a continuación, será utilizado en la siguiente etapa. Un ejemplo ilustrativo de la etapa 330 se representa en la Fig. 6. El procedimiento continúa con la etapa 340.

En la etapa 340 un modelo 3D de la parte del AOI es construido en base a los puntos combinados, esto es, en base al conjunto de puntos final. En la técnica es conocido el procedimiento de la manera de construir un modelo 3D entre un conjunto de puntos. El procedimiento finaliza después de la etapa 340.

Una ventaja del procedimiento antes mencionado es que el número de conjuntos de puntos que puede contribuir a que los puntos combinados en la etapa 330 se correspondan con el número de combinaciones de imágenes en la etapa 310. Así, cuando los ángulos desde los cuales fueron tomadas las imágenes no son demasiado próximos entre sí, la obtención de n imágenes se traducirá en $(n^2 - n) / 2$ conjuntos de puntos. En otras palabras, hasta el primer orden, el número de puntos está creciendo cuadráticamente con el número de imágenes. Esto proporciona un incremento satisfactorio de la precisión del modelo 3D resultante para la parte del AOI y con ello para la totalidad del modelo 3D.

El modelo 3D podría ser cualquier tipo de modelo 3D conocido por los expertos en la materia. En un ejemplo, el modelo 3D está representado por una retícula. En otro ejemplo, el modelo 3D está representando como una representación de superficie. En otro ejemplo, el modelo 3D está representado como una representación vóxel. En un ejemplo, el modelo 3D incluye una información de la textura. En un ejemplo, el modelo 3D es una nube de puntos.

La Fig. 4 muestra un corte bidimensional de la forma en que, para la que se ha establecido la correspondencia de puntos, puede parecer como en un área. En este ejemplo, se dibujan tres puntos 91a, 91b, 91c. Al ejecutar la invención, el número de puntos que se utilizan supera con creces generalmente el de tres. Aquí, sin embargo, por razones ilustrativas, solo se muestran tres pares. En un ejemplo, una incertidumbre 92a, 92b, 92c es atribuida a cada punto 91a, 91b, 91c. La incertidumbre puede ser diferente para los diferentes puntos, como se indica en la figura. La incertidumbre está también en la tercera dimensión (no mostrada en la figura). En un ejemplo, la incertidumbre es diferente en direcciones diferentes (no indicadas en la figura).

La Fig. 5 muestra un dibujo esquemático de un ejemplo para obtener un modelo 3D para una parte de un área de interés, AOI. En este ejemplo se ofrecen tres imágenes 111, 112, 113 tomadas desde tres ángulos diferentes para la parte del AOI. A continuación, en la etapa 310 del procedimiento 300, se toman todas las posibles combinaciones de dos imágenes entre estas tres imágenes, esto es, la imagen 121 es una combinación de la imagen 111 y de la imagen 112, la imagen 122 es una combinación de la imagen 111 y de la imagen 113, y la imagen 123 es una combinación de la imagen 112 y de la imagen 113. Para estas tres combinaciones 121, 122, 123 se generan entonces unos puntos como se describió anteriormente. Finalmente, los puntos son entonces combinados en un solo conjunto de puntos.

La Fig. 6 es un ejemplo esquemático de la forma en que los puntos pueden combinarse. Las imágenes 121, 122, 123 combinadas se corresponden con las imágenes combinadas de la Fig. 5. Para cada imagen combinada se generarán unos puntos según lo descrito anteriormente en relación con la Fig. 3. Aquí, a modo de ejemplo, se generan cuatro puntos en cada imagen combinada, por ejemplo los puntos 121a, 121b, 121c, 121d en la imagen 121 combinada. En la práctica, según lo indicado anteriormente, el número de puntos será generalmente mucho más elevado que ese número y está solo aquí limitado a cuatro con fines ilustrativos. Así mismo, en las imágenes 122, 123 combinadas, se generan puntos. Los números de referencia han sido omitidos para no sobrecargar la Fig. 6. En un ejemplo, se calcula una incertidumbre para los puntos como se indica para el punto 121d. La tercera dimensión no se muestra aquí para no sobrecargar la figura. Se han omitido posibles incertidumbres para los demás puntos 121a, 121b, 121c para no sobrecargar la Fig. 6. En un ejemplo, en la siguiente etapa 141, 142, 143 los puntos son suprimidos para cada imagen 121, 122, 123 combinadas de acuerdo con algunos criterios como se describió anteriormente con mayor detalle. En el ejemplo de la Fig. 6, un punto ha sido eliminado en la etapa 142 de la imagen 122 combinada, dado que la incertidumbre en ese punto era más elevada que la incertidumbre de los puntos correspondientes de las demás imágenes 121, 123 combinadas. En el ejemplo de la Fig. 6, se ha eliminado otro punto en la etapa 143 de la imagen 123 combinada dado que la distancia entre el punto y el centroide definido por el punto 121b y los correspondientes puntos de las demás imágenes 122 y 123 combinadas es mucho mayor que la distancia de los correspondientes puntos de las imágenes 121 y 123 combinadas para ese centroide. Finalmente, los puntos son combinados según lo descrito en la etapa 330 de la Fig. 3. En un ejemplo, son tomados los valores medios en la posición dispuesta entre los puntos correspondientes. Estos valores medios son a continuación tenidos en cuenta para que sean el conjunto de puntos final. En el ejemplo de la Fig. 6, el conjunto de puntos 130a, 130b, 130c, 130d final ha sido calculado tomando el valor medio del punto 121a y los otros dos puntos correspondientes en las referencias 152 y 153 para conseguir en el punto 130a, tomando el valor medio del punto 121b y el otro correspondiente punto en la referencia 152 para conseguir en el punto 130b, tomando el valor medio del punto 121c y los otros dos correspondientes puntos en las referencias 152 y 153 para conseguir en el punto 130c, y tomando el valor medio del punto 121d y el otro punto correspondiente 153 para conseguir en el punto 130d.

La Fig. 7 muestra un dibujo de un área de interés 700 y de la forma en que las imágenes procedentes de los satélites pueden típicamente cubrirla. En la Fig. 7, las imágenes procedentes de los satélites son trazadas con líneas más finas que el AOI. Algunas partes del AOI están cubiertas por más imágenes que otras partes. Algunas imágenes, como la imagen 701, están parcialmente fuera y parcialmente dentro del AOI. Otras imágenes, como la 702 están completamente dentro del AOI. En un ejemplo, una imagen cubre la totalidad del AOI (no mostrado en la Fig. 7). En el ejemplo de la Fig. 7, algunas de las imágenes tienen diferentes tamaños. En un ejemplo (no mostrado) las imágenes presentan orientaciones diferentes y / o diferentes formas. En un ejemplo al menos algunas de las imágenes son tomadas de satélites diferentes. En un ejemplo, muchas más imágenes de las indicadas en la Fig. 7 están, al menos parcialmente, cubriendo el AOI.

La Fig. 8 muestra un sistema 800 para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta. El sistema comprende una memoria 810 o unos medios para acceder a una pluralidad de imágenes 2D a partir de los satélites, donde cada imagen 2D de la pluralidad de imágenes 2D al menos parcialmente cubre el área de interés, y donde cada subárea del área de interés está cubierta por al menos dos imágenes tomadas de diferentes ángulos, de la pluralidad de imágenes 2D. En un ejemplo, la memoria 810 comprende la pluralidad de imágenes 2D. En un ejemplo, el sistema comprende unos medios para acceder a la pluralidad de imágenes 2D. En un ejemplo, la pluralidad de imágenes 2D es almacenada en una base de datos. En un ejemplo, la pluralidad de imágenes 2D es almacenada en uno o más almacenamientos distantes y los medios para acceder a la pluralidad de

imágenes 2D están dispuestos para suministrar la pluralidad de imágenes 2D por medio de una red con la disposición. En un ejemplo, la pluralidad de imágenes 2D es suministrada por medio de una comunicación inalámbrica. En un ejemplo, la pluralidad de imágenes 2D es suministrada por una comunicación por cable. El acceso a una pluralidad de imágenes 2D, en un ejemplo, se proporciona por medio de una interfaz (no mostrada en la figura).

5 El sistema 800 comprende además un elemento 820 de tratamiento. El elemento 820 de tratamiento está dispuesto para llevar a cabo un ajuste por haces de la pluralidad de imágenes 2D. El elemento de tratamiento está también dispuesto para dividir el área de interés en partes y, para cada parte del área de interés, tomar al menos una combinación y, de modo preferente, todas las posibles combinaciones entre dos imágenes que cubran esa parte del
10 área de interés, donde dichas dos imágenes son tomadas de las al menos dos imágenes, tomadas desde al menos dos ángulos diferentes, entre la pluralidad de imágenes 2D, para establecer una correspondencia coincidente de puntos para un conjunto de puntos para cada combinación de este tipo de dos imágenes, para combinar los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos, y para construir un modelo 3D de dicha parte del área de interés en base al conjunto combinado de puntos. El elemento 820 de tratamiento está incluso además dispuesto
15 para combinar los modelos 3D a partir de cada parte del área de interés hasta un modelo 3D de la totalidad del área de interés.

En un ejemplo, el elemento 820 de tratamiento está también dispuesto para analizar las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D de acuerdo con uno o más parámetros entre la cobertura de nube de propiedades, de los ángulos desde los cuales fue tomada una imagen, del instante del año en que fue tomada una imagen, de la fecha en que
20 fue tomada una imagen, del momento del día en que fue tomada una imagen, de la resolución que tiene la imagen, de cuál fue el satélite del cual se tomó una imagen, de los colores en los que se tomó una imagen, y rechazar imágenes de otro tratamiento que no satisfacen las exigencias predeterminadas acerca de las propiedades que acaban de mencionarse.

En un ejemplo, la memoria 810 o los medios para acceder a una pluralidad de imágenes 2D procedentes de los satélites están además dispuestos para suministrar al menos una imagen adicional después de construir un modelo 3D, siendo dicha al menos una imagen adicional originalmente suministrada por al menos un satélite que tiene
25 menos precisión para determinar su dirección de señalamiento que los satélites que originalmente suministraron las imágenes utilizadas para construir el modelo 3D, y no estando dicha al menos una imagen adicional incluida en la pluralidad de imágenes 2D. En este ejemplo, el elemento 820 de tratamiento está además dispuesto para utilizar el modelo 3D para rectificar dicha al menos una imagen adicional y para reconstruir el modelo 3D. La reconstrucción del modelo 3D se lleva a cabo de la misma manera en que fue construido el modelo anterior 3D (véase la Fig. 2), donde la pluralidad de imágenes 2D también incluye ahora dicha al menos una imagen adicional.

En un ejemplo, el elemento 820 de tratamiento comprende una o más unidades de tratamiento. En un ejemplo, la unidad de tratamiento comprende varias unidades de tratamiento. En un ejemplo, las unidades de tratamiento están
35 situadas en emplazamientos distantes y dispuestas para comunicar entre sí.

El sistema 800 comprende en un ejemplo un programa informático que comprende un código de programa para ejecutar el procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés de la superficie de un planeta.

En un ejemplo, el sistema 800 comprende también una unidad 830 de presentación. La unidad de presentación está dispuesta para presentar el modelo 3D construido. En un ejemplo, la unidad 830 de presentación es un dispositivo
40 visualizador. En un ejemplo, la unidad 830 de presentación es una pantalla. En un ejemplo, la unidad 830 de presentación es una impresora. En un ejemplo, la unidad 830 de presentación es un proyector. En un ejemplo, la unidad 830 de presentación está dispuesta para recibir información procedente del elemento 820 de tratamiento.

45

REIVINDICACIONES

1.- Un procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta, comprendiendo el procedimiento:

5 a) proveer (210) una pluralidad de imágenes 2D a partir de satélites, donde cada imagen 2D entre la pluralidad de imágenes 2D al menos parcialmente cubre el área de interés, y donde cada subárea del área de interés está cubierta por al menos dos imágenes, tomadas desde diferentes ángulos, entre la pluralidad de imágenes 2D;

b) llevar a cabo (220) unos ajustes por haces para la pluralidad de imágenes 2D;

c) dividir (230) el área de interés en partes, y para cada parte del área de interés:

10 - tomar (310) al menos una combinación y, de modo preferente, todas las combinaciones posibles de dos imágenes entre al menos dos imágenes que cubren esa parte del área de interés, tomadas desde al menos dos ángulos diferentes, entre la pluralidad de imágenes 2D; y

15 - establecer (320) una correspondencia coincidente de puntos para cada combinación de dos imágenes para que se consiga un conjunto de puntos para tal combinación; **caracterizado porque** además:

- si existe más de un conjunto de puntos, combinar (330) los conjuntos de puntos para los cuales se estableció la correspondencia coincidente de puntos para que se consiga un conjunto final de puntos;

20 - si solo existe un conjunto de puntos tomar (330) dicho un conjunto de puntos como el conjunto de puntos final;

- construir (240; 340) un modelo 3D de dicha parte del área de interés en base al conjunto final de puntos; y

d) combinar (250) los modelos 3D provenientes de cada parte del área de interés con un modelo 3D de la totalidad del área de interés,

25 incluyendo además las etapas de:

30 - proveer (260) al menos una imagen adicional después de que fue construido un modelo 3D, siendo dicha al menos una imagen adicional originalmente suministrada por al menos un satélite que tiene menos precisión para determinar su dirección de señalamiento que el satélite que originalmente suministró las imágenes utilizadas para construir el modelo 3D, no estando dicha al menos una imagen adicional incluida en la pluralidad de imágenes 3D;

- utilizar (270) el modelo 3D construido para rectificar dicha al menos una imagen adicional; y

- reconstruir (200) el modelo 3D de acuerdo con las etapas a) - d), donde la pluralidad de imágenes 2D incluye ahora también dicha al menos una imagen adicional.

35 2.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D son tomadas a partir de al menos dos satélites diferentes.

3.- Un procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que una incertidumbre para los puntos es calculada antes de combinar los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos.

40 4.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la etapa de combinar los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos comprende comparar los puntos correspondientes provenientes de cada conjunto de puntos y eliminar (141, 142, 143) puntos que presentan una incertidumbre en su posición mayor de un valor predeterminado.

45 5.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que la etapa de combinar los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos comprende calcular los valores medios ponderados en la posición de los correspondientes puntos (130a, 130b, 130c, 130d), en el que los puntos son ponderados de acuerdo con su incertidumbre de posición, y utilizar los valores medios ponderados de los correspondientes puntos para construir el modelo 3D de la parte del área de interés.

50 6.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de combinar los conjuntos de puntos si existe más de un conjunto de puntos, comprende calcular el valor medio de la posición de los correspondientes puntos (130a,130b, 130c, 130d) y utilizar los valores medios de la posición de los correspondientes puntos para construir el modelo 3D de la parte del área de interés.

- 7.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además las etapas de analizar las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D de acuerdo con una o más propiedades entre la cubierta de nube de propiedades, los ángulos desde los cuales es tomada una imagen, del instante del año en que es tomada una imagen, de la fecha en que es tomada una imagen, de la hora del día en que una imagen es tomada, de la resolución que presenta una imagen, del satélite del que fue tomada una imagen, de los colores en que fue tomada una imagen; y rechazar imágenes de otro tratamiento que no satisfacen las exigencias predeterminadas acerca de las propiedades antes mencionadas.
- 8.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la partes del área de interés se superponen al menos parcialmente.
- 9.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de suministrar al menos una imagen adicional después de que se ha construido un modelo 3D son repetidas para varios conjuntos de imágenes adicionales, la etapa de utilizar el modelo 3D construido para rectificar dicha al menos una imagen adicional, y la etapa de reconstruir el modelo 3D de la reivindicación 1.
- 10.- Un sistema (800) para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta (80), comprendiendo el sistema:
- una memoria (810) o unos medios dispuestos para acceder a una pluralidad (111, 112, 113) de imágenes 2D provenientes de satélites (41, 42, 43), en el que cada imagen 2D entre la pluralidad de imágenes 2D al menos parcialmente cubre el área de interés, y en el que cada subárea del área de interés está cubierta por al menos dos imágenes, tomadas desde ángulos diferentes, entre la pluralidad de imágenes 2D; y
 - un elemento (820) de tratamiento dispuesto para llevar a cabo un ajuste por haces para la pluralidad de imágenes 2D para dividir el área de interés en partes, y para cada parte del área de interés tomar al menos una combinación y, de modo preferente, todas las posibles combinaciones (121, 122, 123) de dos imágenes entre las al menos dos imágenes (111, 112, 113) que cubren esa parte del área de interés, tomadas desde al menos dos ángulos diferentes, entre la pluralidad de imágenes 2D, para establecer una correspondencia coincidente de puntos para cada tal combinación de dos imágenes para que se consiga un conjunto de puntos para cada tal combinación, **caracterizado porque** el elemento de tratamiento está además dispuesto para:
 - si existe más de un conjunto de puntos, combinar los conjuntos de puntos (130) para los cuales se estableció la correspondencia coincidente de puntos para que se consiga un conjunto final de puntos,
 - si solo existe un conjunto de puntos, tomar un único conjunto de puntos como el conjunto de puntos final, y construir un modelo 3D de dicha parte del área de interés en base al conjunto final de puntos, y en el que el elemento (820) de tratamiento está además dispuesto para combinar los modelos 3D provenientes de cada parte del área de interés en un modelo 3D de la totalidad del área de interés,
- en el que la memoria (810) o unos medios dispuestos para acceder a una pluralidad de imágenes 2D provenientes de satélites están además dispuestos para suministrar al menos una imagen adicional después de que se ha construido un modelo 3D, siendo dicha al menos una imagen adicional originalmente suministrada por al menos un satélite que tiene menos precisión para determinar su dirección de señalamiento que los satélites que originalmente suministraron las imágenes utilizadas para construir el modelo 3D, y no estando dicha al menos una imagen adicional incluida en la pluralidad de imágenes 2D; y en el que el elemento de tratamiento está también dispuesto para utilizar el modelo 3D construido para rectificar dicha al menos una imagen adicional, y para reconstruir el modelo 3D, en el que la pluralidad de imágenes 2D también incluye ahora dicha al menos una imagen adicional.
- 11.- El sistema de la reivindicación 10, en el que el elemento (820) de tratamiento está además dispuesto para analizar las imágenes de la pluralidad de imágenes 2D de acuerdo con una o más propiedades entre la cobertura de nube de propiedades, de los ángulos desde donde fue tomada una imagen, del instante del año en que fue tomada una imagen, de la fecha en la que se tomó una imagen, de la hora del día en que se tomó una imagen, de la resolución que tiene una imagen, del satélite desde el cual se tomó una imagen, de los colores en los que se tomó una imagen, y rechazar imágenes de otro tratamiento que no satisfacen las exigencias predeterminadas acerca de las propiedades anteriormente mencionadas.
- 12.- Un programa informático que comprende un código de programa para ejecutar el procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9.
- 13.- Un producto de programa informático que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador para ejecutar el procedimiento para construir un modelo 3D de un área de interés sobre la superficie de un planeta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9.

Fig. 1

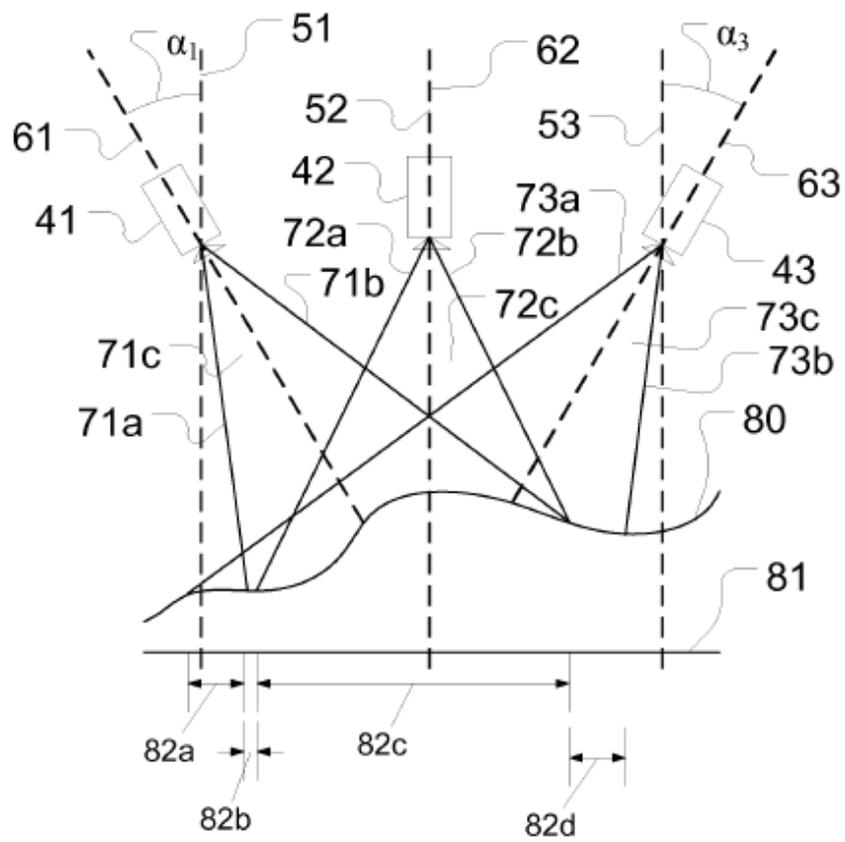
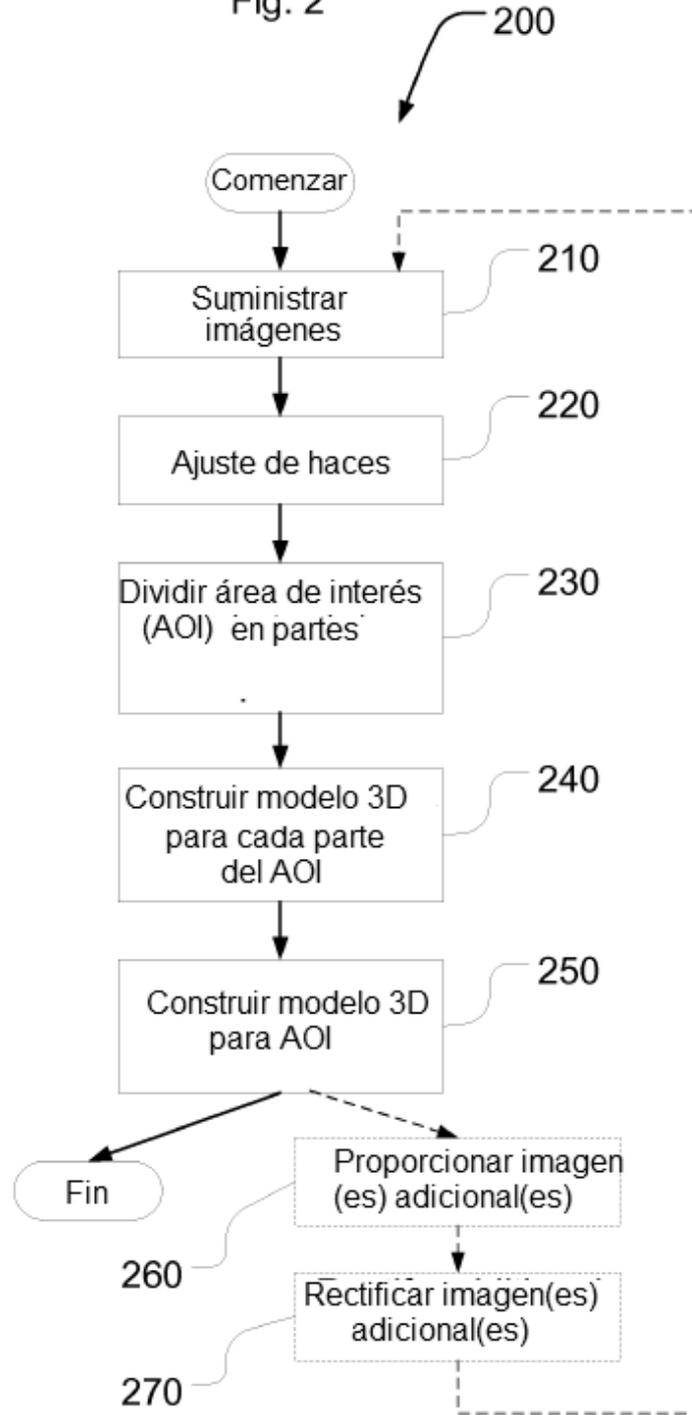


Fig. 2



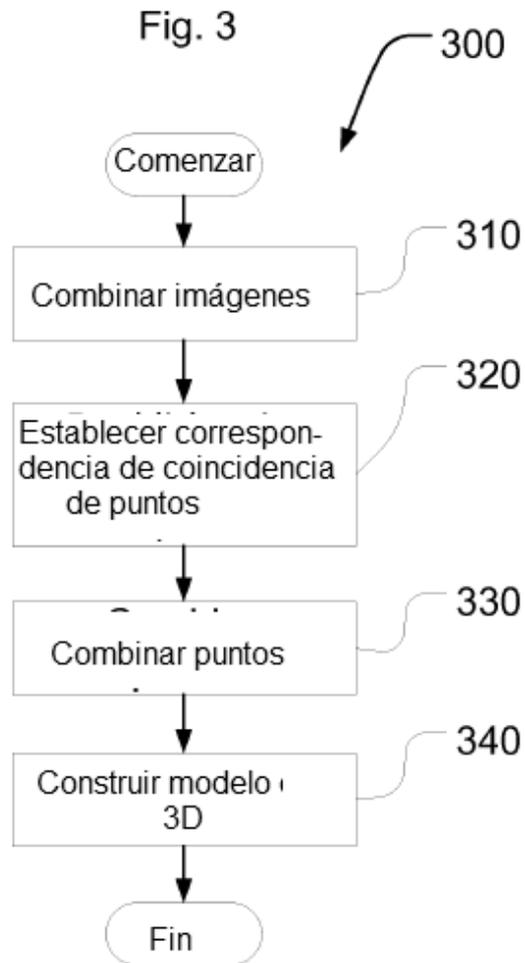


Fig. 4

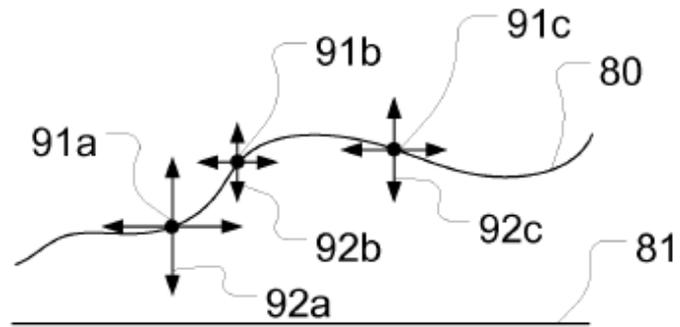


Fig. 5

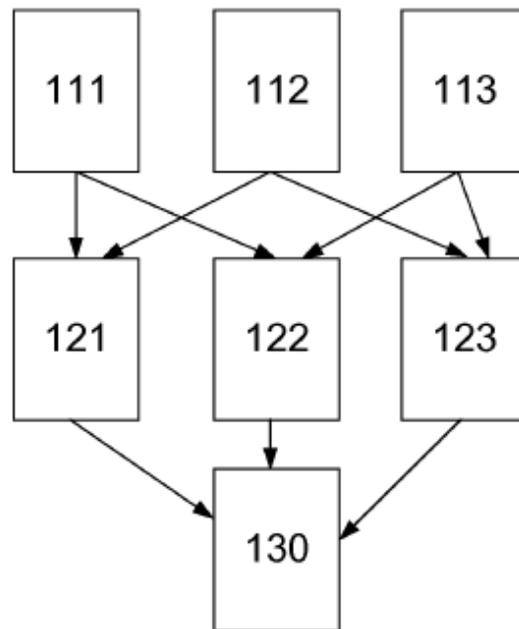


Fig. 6

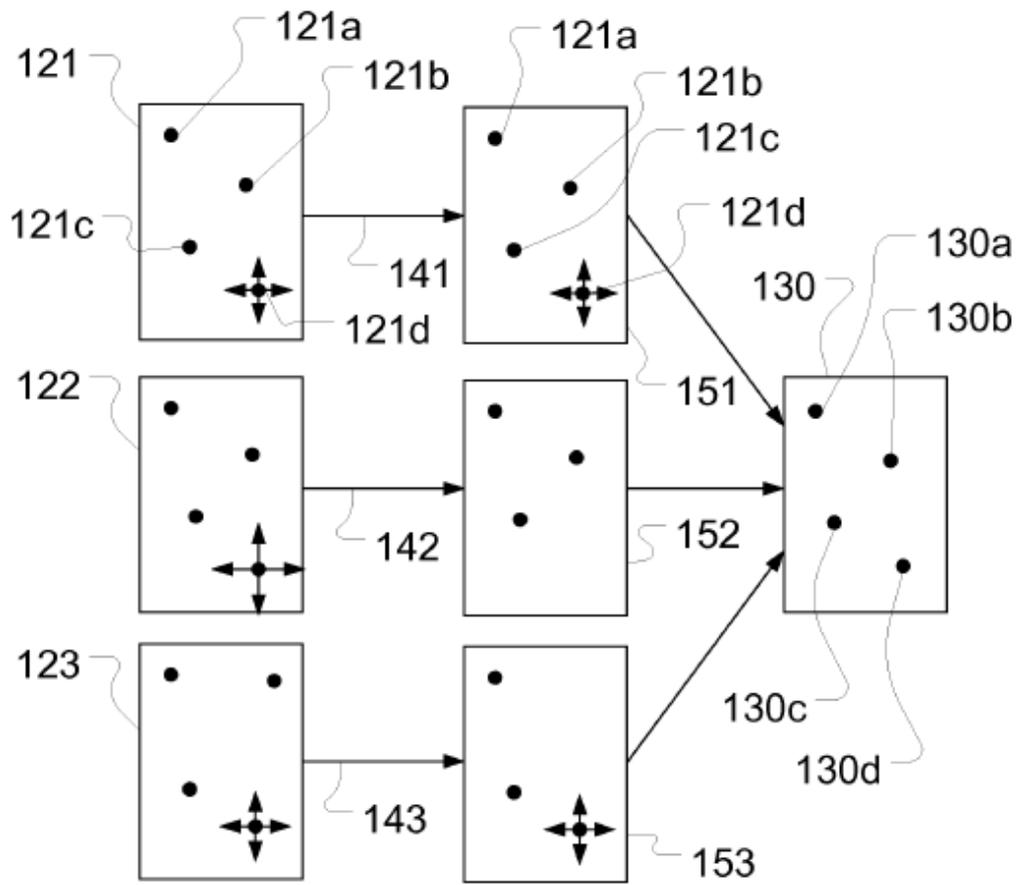


Fig. 7

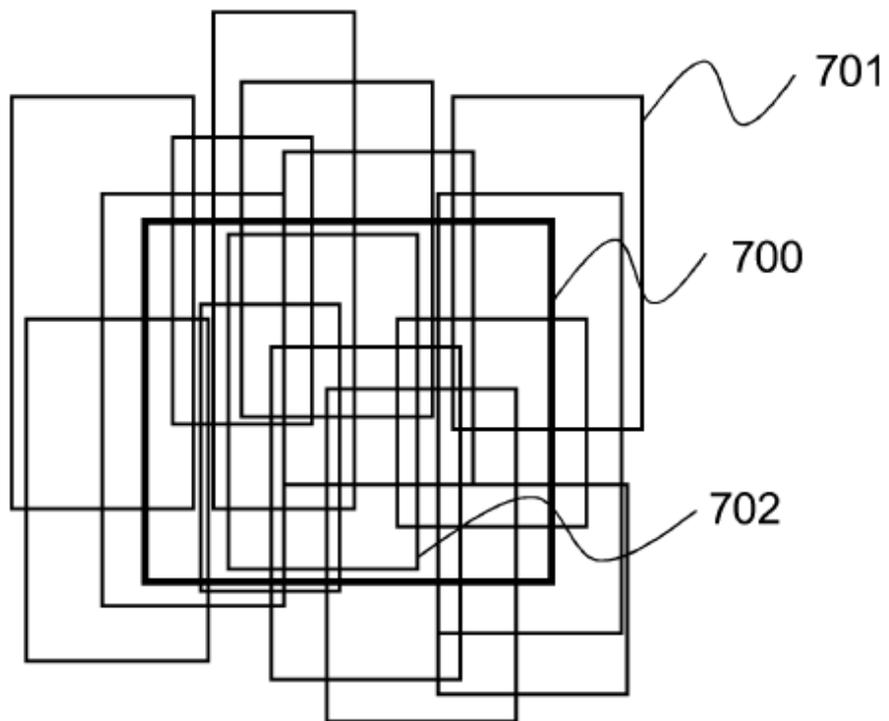


Fig. 8

