

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 247**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2007.01)

G06T 17/05 (2011.01)

G06T 7/11 (2007.01)

G06T 7/194 (2007.01)

G06K 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2012 PCT/EP2012/073089**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14079477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2012 E 12799096 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2923333**

54 Título: **Procedimiento para la creación automática de modelos de edificios en dos o tres dimensiones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2017

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**BIRCHBAUER, JOSEF, ALOIS;
KLUCKNER, STEFAN y
WINDISCH, CLAUDIA**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 644 247 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la creación automática de modelos de edificios en dos o tres dimensiones

Campo técnico

5 La invención hace referencia a un procedimiento para la creación automática de modelos de edificios en dos o tres dimensiones, a partir de al menos una toma aérea digital y para la provisión automática de información semántica sobre edificios.

10 Este procedimiento comprende la segmentación automática – en dos o tres dimensiones – de edificios con una determinada precisión, en particular la segmentación con precisión de pixel (cada pixel se asocia a un segmento de edificio), en tomas aéreas digitales. Las tomas aéreas digitales pueden realizarse con cámaras de imágenes aéreas de alta resolución, lo que tiene la ventaja de una precisión geométrica constante de las imágenes confeccionadas, que pueden tener p.ej. una precisión de 5 a 20 cm. Las tomas aéreas digitales pueden tomarse también con unos medios más económicos, por ejemplo con los llamados drones (micro-vehículos aéreos, del inglés Micro-Aerial-Vehicles (MAV) o vehículos aéreos no tripulados, del inglés Unmanned-Aerial-Vehicles (UAV)), que están equipados con sencillas cámaras de usuario.

15 El principio básico de la segmentación es la división de la imagen en regiones con una máxima homogeneidad. Los criterios de homogeneidad pueden referirse a diferentes parámetros: valor de gris, color, textura, forma, etc. Se busca la homogeneidad en el interior del segmento, es decir de los pixels entre ellos. La segmentación de los edificios supone una tarea completa, debido a que en primer lugar las formas de edificio están sometidas a una gran variación: pueden presentar una planta sencilla, por ejemplo rectangular, pero también estar compuestos por un conjunto de formas no previsibles, por ejemplo en el campo de la arquitectura moderna. En segundo lugar a menudo no es tampoco fiable un reconocimiento o una segmentación automático(a) a causa de la imagen de presentación del edificio (color, textura), porque los materiales utilizados son excesivamente variados (sobre todo también por causas regionales) y de este modo no pueden modelarse suficientemente.

25 Los datos en bruto bi-o tridimensionales generados con la segmentación, sin embargo, deben convertirse y comprimirse a continuación todavía en una representación semánticamente significativa, para producir interfaces con aplicaciones corrientes como Google Maps, CAD o Building Information Models (BIMs). Esto se debe a que los segmentos no son todavía unos objetos de imagen confirmados semánticamente, sino primero sólo grupos de pixels que cumplen determinados criterios de homogeneidad. Solo mediante una clasificación se establece la relación con el objeto real. La conversión a una representación semánticamente significativa significa que los segmentos individuales se asocian a una clase, por ejemplo “edificios” o “terreno” y después a otras subclases, por ejemplo “tejado” en el primer caso o “zona verde” en el segundo caso.

35 El término “Building Information Models/Modelling” (abreviado: BIM, que significa modelado de datos de edificios) describe un método para el planeamiento, la realización y explotación de edificios con ayuda de software. A este respecto todos los datos relevantes del edificio se recogen, combinan y encadenan digitalmente. El edificio se visualiza también geoméricamente como modelo de edificio virtual (modelado por ordenador). El modelado de datos de edificios se aplica tanto en construcción para planificar y llevar a cabo la construcción (arquitectura, ingeniería, técnica doméstica) como en la gestión de servicios (del inglés facilitymanagement).

40 Los procedimientos de clasificación convencionales producen una máscara de segmentación casi siempre en los dominios de imágenes. Las zonas de edificios se reúnen y representan en el plano de puntos de imagen. A causa de la reducción del volumen de datos, del tratamiento ulterior y de la visualización es necesaria una abstracción geométrica. Esta abstracción comprende una derivación de aristas del edificio, pero también unas descripciones tridimensionales volumétricas de los edificios.

45 Básicamente el procedimiento conforme a la invención podría aplicarse a una única toma aérea, si sólo se desea un modelado de edificio en dos dimensiones. Si la toma aérea ya contiene adicionalmente información de profundidad, la misma es también suficiente para un modelo de edificio tridimensional conforme a la invención. Si la toma aérea no contiene ninguna información de profundidad, son necesarias varias tomas aéreas para crear un modelo de edificio tridimensional.

Estado de la técnica

50 Hasta ahora se utilizaban informaciones diferenciadoras adicionales, como información de profundidad, para los datos de imagen radiométricos (radiación electromagnética, incluyendo luz visible), lo que facilita la segmentación de la clase de objetos en relieve pero con frecuencia no es trivial una delimitación dentro de esta clase, p.ej. entre vegetación, elevaciones y edificios menores. Si bien son conocidos unos espacios característicos apropiados y, sobre todo, los planteamientos de clasificación estudiados alcanzan precisiones de aproximadamente el 90-98% de

la superficie del edificio clasificada correctamente, la anotación casi siempre manual o semiautomática de ejemplos de entrenamiento (del inglés training) representativos supone un problema complejo y que casi siempre consume mucho tiempo. Por “anotación” se entiende la provisión de datos – normalmente manual – con una “etiqueta” (del inglés label), es decir con una descripción de estos datos, que contiene propiedades adicionales de los datos. De esta manera podría asociarse por ejemplo a un determinado segmento de imagen la etiqueta “persona”, “edificio” o “techo”, y además de esto podría asociarse al “tejado” también una forma de tejado, como un tejado a dos vertientes, y/o una altura de tejado.

El problema de la clasificación de edificios (clasificación binaria, o problema de dos clases) está muy estudiado y sin embargo no se ha resuelto por completo. En la clasificación binaria varios atributos describen el tamaño y la forma de cada segmento: p.ej. superficie, asimetría, rectangularidad, relación entre longitud y anchura y compacidad. Estos atributos se transforman junto con la información espectral y la altura en un vector característico, que después se asocia a la etiqueta de clase correspondiente, extraído de ejemplos de entrenamiento. Los ejemplos de entrenamiento son aquellos segmentos, que ya son conocidos previamente y cuyos atributos están definidos claramente.

Los datos de imagen espectrales o radiométricos se generan a este respecto por ejemplo mediante fotogrametría. La fotogrametría comprende un grupo de métodos de medición y procedimientos de valoración de la teledetección para, a partir de fotografías e imágenes de medición precisas de un objeto, establecer su posición espacial o forma tridimensional. Normalmente las imágenes se toman con unas cámaras de medición especiales. La fotogrametría utiliza entre otras cosas también escaneado láser (método LIDAR) y/o datos de color, para reconocer aristas de edificios o cuerpos de edificios.

Otra posibilidad de determinar los datos de imagen espectrales o radiométricos está representada por la llamada Computer Vision (visión mecanizada o comprensión de imágenes), con la que a partir de datos de imagen se generan datos 3D estereoscópicos. Este procedimiento permite una mayor resolución geométrica, pero también radiométrica. En especial la radiometría altamente redundante que con ello se obtiene, compuesta por información sincronizada por pixelado sobre valores de color, textura, información de profundidad 3D e infrarrojos, permite una clasificación binaria fiable de edificios en imágenes. A este respecto los métodos de clasificación van desde planteamientos complejos basados en la forma (del inglés shape) o geometría (en dos dimensiones, pero con información tridimensional) hasta procedimientos de agrupamiento (del inglés clustering) rápidos basados en pixelado en espacios característicos calculados.

Con independencia de la modalidad 3D utilizada (LiDAR o información de profundidad 3D calculada a partir de imágenes digitales), ha quedado demostrado que una combinación entre datos 2D y 3D es imprescindible para garantizar unas elevadas tasas de detección. La decisión sobre si estos datos se tratan según el principio de la llamada “Early Fusion” (combinación de los datos en el plano de imagen) o “Late Fusion” (la clasificación de los datos 2D y 3D se estudia y evalúa por separado, y la decisión binaria definitiva entrega un paso combinatorio adicional), forma actualmente parte de evaluaciones de gran volumen basadas en datos públicos, para poder comparar el rendimiento de los dos métodos, lo que p.ej. es apoyado por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección ISPRS.

En el marco de la visión mecanizada se utilizan cada vez más datos de Internet actuales facilitados por usuarios de Internet. Los datos de Internet pueden ser datos de imagen descargados desde Internet (que pueden usarse para una reconstrucción de escenas en 3D) o información de contexto, que se utilizan como atributos u observaciones (anotaciones de texto). La iniciativa OpenStreetMap ofrece por ejemplo unos datos de geoinformación de nivel mundial, los cuales entre otras cosas contienen datos de edificios basados en vectores (es decir, la geometría bidimensional de los edificios se conoce parcialmente). Los datos se utilizan p.ej. para componer reconstrucciones en 3D que cubren totalmente unas zonas mediante proyecciones, pero no para la generación eficiente de datos de entrenamiento y refinamiento (refinement) de la geometría inicial.

Los últimos métodos de la visión mecanizada para la obtención de información adicional apuestan por los métodos basados en Internet como LabelMe, en el que los usuarios de Internet pueden aportar imágenes y/o anotaciones sobre imágenes, o el Mechanical Turk de pago de Amazon, en el que entre otras cosas puede solicitarse y aportarse el servicio de anotación de imágenes. Estos métodos, sin embargo, sólo pueden facilitar datos de entrenamiento en una medida inferior, como por ejemplo para el campo científico. Para un uso comercial no pueden obtenerse suficientes datos, y además los datos de partida deben ser de acceso público para la utilización de estos métodos: esto es debido a que, al contrario que en la reconstrucción 3D a partir de imágenes de Internet (de Facebook®, Flickr®, Picassa, etc.) es necesaria una carga (del inglés upload) de los datos de partida para obtener anotaciones. En el caso de datos de imágenes aéreas el volumen de datos puede abarcar varios gigabytes en imágenes. El documento “FRAMEWORK TO AUTOMATICALLY CHARACTERIZE REAL PROPERTY USING HIGH RESOLUTION AERIAL IMAGES”, de Philipp Meixner, Franz Leberl, publicado en el marco de la American Society for Photogrammetry and remote Sensing Annual Conference 2010, describe un procedimiento para proveer las tomas de imágenes aéreas de informaciones semánticas, que procedían de planos catastrales. En general el volumen de datos del modelo de edificio debe mantenerse reducido, por lo que se necesita la simplificación geométrica

(abstracción). El problema de la abstracción geométrica de los datos para el modelo de edificio bi- o tridimensional se resuelve con frecuencia mediante la utilización de unos planteamientos de adecuación (del inglés fitting) y optimización más o menos complejos en cuanto a cálculo, pero requiere unos amplios conocimientos previos sobre prototipos geométricos o un número fijado de los llamados "primitivos". También puede realizarse una representación geométrica a partir de la combinación entre apariencia e información 3D, si bien la derivación de la geometría definitiva depende casi siempre de un compromiso entre volumen ed datos y simplicidad.

Exposición de la invención

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento que haga posible, automáticamente, una segmentación de edificios precisa, tridimensional y semántica a partir de tomas de imágenes aéreas. A este respecto debe realizarse – al menos en un paso intermedio – una clasificación pixelada (es decir cada pixel es un segmento y a cada segmento debe asociarse un significado semántico) y debe crearse también un modelo de edificio llamado "impermeable" (no deben existir pixels no clasificados, que representarían un "orificio" en la envuelta del edificio), consistente y de forma preferida tridimensional con información semántica.

Este objeto es resuelto mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. En las respectivas reivindicaciones dependientes se definen unas conformaciones ventajosas de la invención.

Conforme a la reivindicación 1 está previsto, en un procedimiento para la creación automática de modelos de edificios en dos o tres dimensiones, a partir de al menos una toma aérea digital y para la provisión automática de información semántica sobre edificios,

- que se establezca una información de profundidad a partir de la toma aérea,
- que a la toma aérea se asocie una georreferencia,
- que se produzcan datos catastrales y/o datos de geoinformación, que comprendan información semántica, para la zona reproducida sobre la toma aérea,
- que se generen datos de entrenamiento en base a los datos catastrales y/o datos de geoinformación como primer modelo vectorial bidimensional, que comprensa información semántica, y de este modo se entrene un clasificador,
- que la toma aérea se segmente mediante pixelado y los segmentos se clasifiquen mediante el clasificador entrenado en al menos dos clases diferentes, en donde una clase represente un edificio,
- que se genere un segundo modelo vectorial bi- o tridimensional a partir de la toma aérea segmentada y clasificada,
- que en el segundo modelo vectorial, mediante comparación con el primer modelo vectorial, se incorpore información semántica desde el mismo,
- que en el caso de un modelo de edificio tridimensional deseado, con ayuda de la información de profundidad y la superficie base del edificio conocida a partir del segundo modelo vectorial bidimensional, se cree un modelo vectorial tridimensional del edificio con información semántica.

La información de profundidad puede obtenerse ya sea directamente al crear la toma aérea, por ejemplo mediante tecnología LiDAR, o mediante otro método que disponga de un sensor para tomas aéreas tridimensionales. La información de profundidad puede establecerse sin embargo a partir de dos o más tomas aéreas, por ejemplo fotos en color radiométricas, por ejemplo a través de estereoscopia. A este respecto se realizan varias tomas aéreas de la misma zona, pero desde diferentes ángulos de observación, y se calcula a través de estereoscopia la información de profundidad a partir de las diferencias en las tomas aéreas.

La reconstrucción tridimensional o la obtención de datos de profundidad a partir de las tomas de imágenes aéreas debe realizarse en todo caso, incluso si al final no se pretende derivarse un modelo de edificio tridimensional, sino solamente una planta bidimensional actualizada del edificio. Esto se debe a que la segmentación bidimensional aprovecha, además de la información sobre color, también la información absoluta sobre altura (RGB, z). Solo así es por ejemplo posible diferenciar calles de tejados planos (como objetos en relieve frente al plano base), ya que en las características radiométricas sobre el plano pixelado las mismas pueden igualarse.

Por el proceso de geodiferenciación, geododificación o georreferenciación se entiende la asignación de informaciones referidas al espacio, la georreferencia, a un juego de datos, es decir aquí a una toma aérea. La

georreferencia contiene normalmente las coordenadas geográficas. Es suficiente con una georreferenciación aproximativa, es decir una precisión en un margen de 50 cm.

La generación de datos de entrenamiento se facilita mediante la utilización al menos parcial de datos catastrales y/o datos de geoinformación.

- 5 El catastro, abreviado para catastro de bienes inmuebles, es la descripción en su superficie completa de todos los terrenos (parcelas) de un país. En una parte descriptiva (registro de bienes inmuebles) y en unos planos (planos de bienes inmuebles) se describen la posición geométrica, las instalaciones constructivas/los bienes inmuebles, la clase de explotación y las dimensiones.

- 10 Los datos de geoinformación los proporcionan los organismos públicos, como por ejemplo el Ministerio de Agricultura, Medio Ambiente y Aguas en Austria, o proveedores privados como OpenStreetMap. Un sistema de geoinformación (GIS) enlaza datos geométricos – dado el caso digitales – como mapas, planos e imágenes con datos técnicos como tablas o bancos de datos en un sistema. Sin embargo, a menudo los datos catastrales o los datos de geoinformación no son digitales, son excesivamente imprecisos o están anticuados.

- 15 Los datos catastrales y/o datos de geoinformación a adquirir, p.ej. del OpenStreetMap, no es necesario que sean precisos, pueden diferir en detalles o ser incompletos. Sin embargo, contienen ya información semántica, por ejemplo en forma de anotaciones.

- 20 En la Computer Vision (visión mecanizada o comprensión de imágenes), por anotación se entiende muy en general el paso de proveer los datos – casi siempre manualmente – de una etiqueta, sobre todo para usar estos datos después como ejemplos de entrenamiento para algoritmos con capacidad de aprendizaje. Si por ejemplo se desea reconocer personas en las imágenes, las mismas deben marcarse individualmente en muchas imágenes, lo que supone un paso que requiere mucho tiempo y esfuerzo. En el caso del OpenStreetMap este trabajo con tanto consumo de tiempo ha sido asumido por muchas personas (“Crowd Sourcing”) sin costes, en donde como es natural la calidad de los datos no será perfecta, pero al menos coincidirá casi en su mayor parte.

- 25 Precisamente en este último aspecto se basa la invención del objeto. Los datos imperfectos se utilizan como punto de partida para un algoritmo de aprendizaje, que puede pasar por alto pequeños errores en las etiquetas (el llamado Label Noise). De aquí se determinan datos exactos en cuanto a posición y a continuación se transfiere a estos datos corregidos el conocimiento (semántico), que se ha generado mediante la colectividad (del inglés community).

Antes de que pueda realizarse la verdadera segmentación y clasificación de la toma aérea, es necesario entrenar el llamado clasificador, que lleva a cabo la segmentación y clasificación de los segmentos de la toma aérea.

- 30 Para ello se genera a partir de los datos catastrales y/o de los datos de geoinformación (p.ej. del OpenStreetMap) un modelo vectorial bidimensional, que comprende información semántica. Los modelos vectoriales se basan en puntos y líneas. De este modo por ejemplo una arista de edificio se representa como línea. Un trazo de líneas cerrado representa a este respecto una superficie, p.ej. un tejado. De esta forma es por ejemplo posible clasificar una superficie ya como “edificio”.

- 35 De este modo el clasificador puede ahora, durante el entrenamiento (estudio), clasificar superficies similares también p.ej. como “edificio”. Unos algoritmos de entrenamiento eficientes pueden extraer con ello por filtrado también asociaciones erróneas (“Label Noise”).

- 40 Si el clasificador está entrenado, puede aplicarse a los datos de la toma aérea: la toma aérea se segmenta y clasifica con ello por pixelado. A este respecto pueden aplicarse unos métodos rápidos, por ejemplo mediante la utilización de árboles de decisión basados en GPU, véase Sharp, T. Implementing Decision Trees and Forests on a GPU, Proceedings ECCV, 2008, con extracción de características paralelizadas en base a información visual y geométrica disponible, véase Kluckner, S., Mauthner, T., Roth, P.M., Bischof, H., Semantic Classification en Aerial Imagery by Integrating Appearance and Height Information, Proceedings Asian Conference on Computer Vision, 2009.

- 45 De este modo tiene lugar una clasificación pixelada de los datos tridimensionales o 2,5 dimensionales en diferentes arquetipos, precisamente al menos en las clases “edificios” y “no-edificios”.

- 50 Después de la clasificación basada en imágenes se realiza una clasificación sobre el plano pixelado en la zona de imagen bidimensional. El resultado deseado para dos y para tres dimensiones es sin embargo una exposición poligonal o vectorial (es decir, un “modelo”). Por ello en primer lugar es necesario vectorizar la clasificación pixelada, lo que exige previa e inherentemente el paso de segmentación (agrupamiento de zonas con suficiente homogeneidad en la clasificación).

5 Por lo tanto ahora tenemos dos representaciones vectoriales. El segundo modelo vectorial derivado de la clasificación bidimensional, que contiene los datos IST, y el primer modelo vectorial creado a partir de los datos catastrales o del sistema de geoinformación (GIS). Los datos vectoriales de la toma aérea se corresponden con el estado IST en la realidad y los datos en el catastro o el sistema de geoinformación pueden diferir ligeramente de los mismos, pero contienen sin embargo una información semántica adicional. La misma debe transferirse de forma adecuada y siendo fiel a la posición.

10 Después del primer paso – entrenamiento del clasificador y aplicación del clasificador a los datos IST – viene el segundo paso de la adaptación (update –actualización-) del modelo vectorial bidimensional disponible (segundo modelo vectorial), también llamado “2D-Fitting”: el mismo se realiza mediante el ajuste de la anotación vectorial, extraída de los datos disponibles del GIS o del catastro con las aristas de edificios basadas en las imágenes aéreas.

15 Esto puede realizarse iterativamente, por ejemplo mediante ICP (Iterative Closest Points): el algoritmo Iterative Closest Point hace posible adaptar unas nubes de puntos a otras. Para las nubes de puntos se establecen de tal manera transformaciones de coordenadas, que se minimizan las distancias entre las nubes de puntos. Para ello se establece para cada punto de una nube de puntos el siguiente punto respectivo (closest point) de la otra nube de puntos. La suma de los cuadrados de las distancias se minimiza mediante la adaptación de los parámetros de transformación. Este proceso se produce iterativamente hasta que se encuentra el óptimo.

El ajuste de la anotación vectorial a las aristas de edificio basadas en imagen aérea puede realizarse sin embargo también directamente, por ejemplo a través de transformaciones rápidas calculadas implícitamente, generadas a partir de correspondencias de puntos conocidas.

20 A la hora de adaptar el modelo vectorial bidimensional es importante que el término de forma o la semántica asociada (es decir por ejemplo “tejado”) de la representación vectorial poligonal de modelo vectorial bidimensional original se transfiera o se conserve a este respecto.

25 En este paso de la transferencia puede darse que los datos semánticos estén en puntos del primer modelo vectorial, que no estén acuñados directamente en el caso del vector o polígono (IST) determinado del segundo sistema vectorial. Como ejemplo podría servir un tejado a dos vertientes sobre una base de edificio rectangular. Después pueden asociarse entre sí las cuatro esquinas de la base de edificio entre medición (toma aérea) procedente del segundo modelo vectorial y los datos GIS/catastrales procedentes del primer modelo vectorial (modelo catastral).

30 La línea divisoria puede anotarse a continuación en la anotación en posición (x,y) o también como altura de tejado o inclinación. Esta información debe transferirse después proporcionalmente de forma correspondiente al segundo modelo vectorial, de tal manera que la posición se determine proporcionalmente a la transformación entre las dos representaciones vectoriales. Si por lo tanto la línea divisoria está situada, en la anotación procedente del primer modelo vectorial, en el centro de una arista exterior de edificio, se adopta de nuevo la media también en el estado IST conforme al segundo modelo vectorial.

35 Esto quiere decir de forma general que la información semántica sobre edificios del primer modelo vectorial, que está representada con relación al primer modelo vectorial y solo en el mismo, en el segundo modelo vectorial está representado proporcionalmente al mismo. Esto es relevante si los datos IST difieren de los datos GIS/catastrales: si el tejado conforme a la toma aérea es en realidad más ancho que en el catastro y en el catastro se anota una línea divisoria central, la línea divisoria del tejado a dos vertientes está situada en el segundo modelo vectorial también en el centro de tejado – más ancho- y, de este modo, geográficamente en otro punto que conforme al catastro.

40 Después del segundo paso de la adecuación 2D se realiza a continuación el tercer paso de la adecuación 3D, en el caso de que se quiera crear un modelo vectorial tridimensional: la base del edificio representada geoméricamente, conocida a partir de ahora, se estira en altura mediante la información de profundidad disponible, que se extrae por ejemplo del modelo de superficie. Esto puede realizarse por ejemplo en dos variantes:

45 En la primera variante – para la creación del modelo vectorial tridimensional se proveen los puntos de la superficie del tejado, que son conocidos a partir del modelo vectorial bidimensional, de la altura correspondiente procedente de la información de profundidad – se usan los conocimientos previos sobre puntos de la superficie del tejado. Precisamente si además de la planta del edificio se conocen previamente y están anotados unos puntos de la superficie del tejado en el modelo vectorial bidimensional (es decir, poseen información semántica, por ejemplo “cubrería de tejado”, o superficie de tejado 1, 2, etc.), pueden adecuarse los puntos de la superficie del tejado en base a la información disponible, es decir, proveerse de un valor de profundidad. Aquí pueden reconocerse, interpretarse semánticamente y archivarse con ahorro de memoria sobre todo grandes superficies de forma eficiente.

En la segunda variante se establece para el modelo vectorial tridimensional la altura del edificio iterativamente, con la utilización de modelos de edificio estudiados y con los puntos de la superficie del tejado como base de partida. Se

- 5 trata de un planteamiento basado en modelos o paramétrico, que se inicializa con los puntos de la superficie del tejado del edificio. Procedimientos concebibles son aquí p.ej. los llamados “Active Shape Models” (ASM). Los ASM representan un modelo como una cantidad de puntos conectados unos a otros. Estos puntos describen por ejemplo la planta de un objeto determinado. A partir de imágenes de entrenamiento se genera un promedio de las plantas del objeto o su forma. También puede deducirse de las imágenes de entrenamiento de qué modo pueden modificarse las formas.
- 10 Se estudian prototipos o “modos”, que después pueden combinarse mediante combinación lineal, para de este modo cubrir un margen lo más grande posible de posibles formas de edificio. Aquí el objetivo es que se inicialice el modelo y después iterativamente se establezcan estos parámetros necesarios automáticamente hasta una convergencia. Esto supone además una representación muy compacta del modelo, ya que sólo es necesario archivar los respectivos parámetros de los objetos.
- 15 En los procedimientos basados en modelos o paramétricos se intenta componer las formas de edificio realmente existentes a partir de unos modelos, que se han estudiado en muchos edificios. Los modelos son prototipos con un número finito de parámetros de forma. Los valores paramétricos se establecen a este respecto iterativamente, hasta que se obtiene la convergencia. Estos procedimientos permiten una adecuación 3D, si sólo se conoce la base del edificio en dos dimensiones y se dispone de valores de profundidad sin anotaciones adicionales.
- Las dos variantes es el resultado de un modelo de edificio en 3D paramétrico completo, que está provisto de información semántica adicional.
- 20 El modelo de edificio conforme a la invención con información semántica puede representarse después eficientemente en formatos de datos estándar como CityGML o IFC (Industry Foundation Classes).
- Puede hacerse sin la creación manual de ejemplos de entrenamiento que consume mucho tiempo y es muy costosa, que es necesaria en especial para cada juego de datos, es decir para cada toma aérea, mediante diferencias en presentación regional, forma constructiva y singularidad de edificios. En lugar de ello, la invención del objeto usa la obtención automática de datos o anotaciones bidimensionales ya disponibles, actuales y en continua evolución.
- 25 Con la presente invención pueden generarse automáticamente modelos de edificios en 3D impermeables con información semántica a partir de tomas aéreas, y también como producto intermedio o secundario datos catastrales con clasificación pixelada. De este modo pueden llevarse a cabo después automáticamente “adaptaciones” en el caso de modificaciones constructivas menores.
- 30 En resumen, la cadena de procedimientos conforme a la invención hace referencia a un planteamiento mayormente iterativo, que utiliza anotaciones geométricas (basadas en vectores) como base de entrenamiento y, de este modo, activa una clasificación en el plano de puntos de imagen y parámetros de transformación para la convergencia (“adecuación 2D”). Como paso subsiguiente se utiliza la forma de edificio en 2D registrada, geométrica para la extrusión en 3D de los datos (“adecuación 3D”).
- 35 Debido a que la presente invención se aplica realmente con apoyo de automatización, la misma contiene también un producto de programa de ordenador, el cual abarca un programa que puede cargarse directamente en una memoria de una instalación de tratamiento de datos, con unos medios de programa para llevar a cabo todos los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, si se lleva a cabo el programa.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la creación automática de modelos de edificios en dos o tres dimensiones, a partir de al menos una toma aérea digital, y para la provisión automática de información semántica sobre edificios, llevado a cabo de tal manera
- 5 - que se establece una información de profundidad a partir de la toma aérea,
- que a la toma aérea se asocia una georreferencia,
- que se producen datos catastrales y/o datos de geoinformación, que comprenden información semántica, para la zona reproducida sobre la toma aérea,
- 10 - que se generan datos de entrenamiento en base a los datos catastrales y/o datos de geoinformación como primer modelo vectorial bidimensional, que comprende información semántica, y de este modo se entrena un clasificador,
- que la toma aérea se segmenta mediante pixelado y los segmentos se clasifican mediante el clasificador entrenado en al menos dos clases diferentes, en donde una clase representa un edificio,
- que se genera un segundo modelo vectorial bi- o tridimensional a partir de la toma aérea segmentada y clasificada,
- 15 - que en el segundo modelo vectorial, mediante comparación con el primer modelo vectorial, se incorpora información semántica desde el mismo,
- que en el caso de un modelo de edificio tridimensional deseado, con ayuda de la información de profundidad y la superficie base del edificio conocida a partir del segundo modelo vectorial bidimensional, se crea un modelo vectorial tridimensional del edificio con información semántica.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, de tal manera que los datos catastrales y/o datos de geoinformación se adquieren con apoyo de automatización a través de fuentes de datos de acceso público.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, de tal manera que la comparación entre el primer y el segundo modelo vectorial se realiza mediante procedimientos iterativos, como mediante el algoritmo Iterative Closest Point.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, de tal manera que la comparación entre el primer y el segundo modelo vectorial se realiza mediante procedimientos directos, en particular mediante la utilización de correspondencias de puntos conocidas.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, de tal manera que la información semántica sobre edificios del primer modelo vectorial, que está representada con relación al primer modelo vectorial y solo en el mismo, en el segundo modelo vectorial está representado proporcionalmente al mismo.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, de tal manera que para la creación del modelo vectorial tridimensional se proveen los puntos de la superficie del tejado, que son conocidos a partir del modelo vectorial bidimensional, de la altura correspondiente procedente de la información de profundidad.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, de tal manera que se establece para el modelo vectorial tridimensional la altura del edificio iterativamente, con la utilización de modelos de edificio estudiados y con los puntos de la superficie del tejado como base de partida.
8. Producto de programa de ordenador, el cual abarca un programa que puede cargarse directamente en una memoria de una instalación de tratamiento de datos, con unos medios de programa para llevar a cabo todos los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, si se lleva a cabo el programa.