

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 232**

21 Número de solicitud: 202131173

51 Int. Cl.:

G06T 7/00

(2007.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

17.12.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.06.2023

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE LEÓN (100.0%)
Avenida Facultad 25
24004 León (León) ES

72 Inventor/es:

FERNÁNDEZ LOZANO, Javier;
FERNÁNDEZ ALONSO, Daniel;
GARCÍA ORDÁS, María Teresa;
BERNARDO SÁNCHEZ, Antonio y
BENÍTEZ ANDRADES, José Alberto

74 Agente/Representante:

GARCIA DOMINGUEZ, Jorge

54 Título: **Procedimiento para el reconocimiento y clasificación de elementos de minería antigua mediante imágenes aéreas utilizando técnicas de inteligencia artificial**

57 Resumen:

La invención protege un innovador procedimiento técnico de reconocimiento y clasificación de elementos de minería antigua, que incorpora medios de captación de imágenes aéreas especialmente procesadas con técnicas de inteligencia artificial capaces de identificar de manera automática zonas, espacios y elementos de minería antigua y otros elementos de interés arqueológico minero de manera fiable y eficaz, a pesar de permanecer ocultos en el terreno o en capas inferiores a la superficie donde pasan desapercibidos para otras técnicas o medios de búsqueda, captación o visualización tradicionales o previamente conocidos.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el reconocimiento y clasificación de elementos de minería antigua mediante imágenes aéreas utilizando técnicas de inteligencia artificial

5

SECTOR DE LA TECNICA

La presente invención se refiere al sector multidisciplinar en el campo de la teledetección y la cartografía

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Hasta ahora, los trabajos dirigidos hacia la identificación de elementos o patrones de interés se realizaban a partir de imágenes de satélite y ortofotografía aérea por técnicos especializados. Estos utilizan funciones y algoritmos que realzan elementos de la imagen y clasifican mediante herramientas de teledetección los patrones observados. Sin embargo, la incorporación de drones a este tipo de trabajos ha abierto un nuevo campo de aplicaciones. Pero, aún así, sigue existiendo un vacío en la identificación de fenómenos antropicos y su clasificación que permitan eliminar el condicionante subjetivo que supone la cartografía realizada por personal técnico. La aplicación que se presenta trata de eliminar la componente subjetiva, ayudando en la elaboración de cartografías detalladas.

15

20

Tras realizar un estudio detallado de publicaciones, patentes u otros registros relacionados con la temática a tratar, no se ha encontrado ningún documento que realice un trabajo similar al propuesto para identificar de manera automática minería antigua utilizando imágenes de *dron* por lo que entendemos que el proceso que se realizaba era completamente manual.

25

El uso de drones se ha extendido mucho en los últimos años debido a la alta disponibilidad y a la bajada de los precios de estos dispositivos. Es por esto por lo que están apareciendo multitud de campos de aplicación para tareas que hasta la fecha nunca se habían planteado solucionar.

30

Existen muchos trabajos de investigación relacionados con el uso de drones en un entorno industrial, muchos de ellos basados en la capacidad de acceder a lugares

35

remotos y sitios inaccesibles de otro modo (Pettachi Gianfranco, "Aeronave o dron pilotados a distancia adaptados para inducir desprendimiento artificial de avalancha", Patente con número de solicitud E12178010, 2015). Sin embargo, en los últimos años y gracias a la incorporación en los drones de cámaras de alta resolución, multitud de aplicaciones han derivado hacia el uso de imágenes aéreas para resolver problemas en una gran variedad de campos, lo cual está altamente relacionado con la propuesta que aquí se plantea.

No se han encontrado patentes relacionadas con el procesamiento de imágenes obtenidas con drones en el sector de la minería antigua ni en sectores similares. Sin embargo, se han encontrado artículos publicados en revistas científicas relacionados con la identificación de zonas de minería a cielo abierto mediante el uso de dispositivos aéreos no tripulados. (Ren, H., Zhao, Y., Xiao, W. et al. A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives. Int J Coal Sci Technol 6, 320-333 ,2019; T. L. Giang, K. B. Dang, Q. Toan Le, V. G. Nguyen, S. S. Tong and V. -M. Pham, "U-Net Convolutional Networks for Mining Land Cover Classification Based on High-Resolution UAV Imagery," in IEEE Access, vol. 8, pp. 186257-186273, 2020).

EXPLICACION DE LA INVENCION

El procedimiento de la invención permite identificar de manera automática minería antigua y otros elementos de interés arqueológico minero en imágenes digitales, eliminando la subjetividad y disminuyendo las necesidades tecnológicas necesarias para su ejecución. Este procedimiento es aplicable a la industria cartográfica, minera y arqueológica, planificación del territorio, etc., permitiendo identificar restos de actividad antropica de una manera más objetiva y detallada que con las técnicas tradicionales basadas en el uso de Sistemas de Informacion Geográfica.

La tecnología implementada tiene, además, tres potenciales intereses. Por un lado, contribuir a la identificación de labores mineras antiguas (pre-contemporáneas), lo que constituye uno de los principales indicios mineros en las labores de prospección en zonas con escasa información histórica y arqueológica (Fernandez-Lozano, J., Palao-Vicente, J. J., Blanco-Sanchez, J. A., Gutierrez-Alonso, G., Remondo, J., Bonachea, J., More116n, M. and Gonzalez-Diez, A. (2019). Gold-bearing Plio-Quaternary deposits: Insights from airborne LiDAR technology into the landscape

evolution during the early Roman mining works in north-west Spain. Journal of Archaeological Science: Reports, 24, 843-855), tarea muchas veces complicada por el abandono de las mismas, la vegetación o las transformaciones del paisaje agrario.

5 El método implementado en esta patente facilitara las labores prospectivas a partir de la identificación de restos sobre el paisaje. Por otro lado, el potencial de este método reside en su contribución a la hora de reducir los problemas de planificación territorial en zonas afectadas por la explotación minera, mediante la detección de procesos ligados a esta actividad que pueden causar innumerables pérdidas

10 humanas y económicas derivadas de fatalidades ocurridas en sectores de explotación minera. Un buen ejemplo son los hundimientos que se producen de antiguas minas y que pueden afectar viviendas y zonas industriales, como los ocurridos en Onamio, como consecuencia de la actividad extractiva del hierro en uno de los sectores mineros más importantes de Europa, el Coto Wagner

15 (Ponferrada), hoy cerrado. El tercer aspecto de interés es su importancia para el control, seguimiento y monitorización de espacios mineros por parte de la Administración pública. Ya que el método permite detectar labores mineras sobre el paisaje, por lo que contribuye a mejorar los planes de restauración y recuperación ambiental (pasivos mineros), el control de minería ilegal, así como otros aspectos

20 ligados al control y regulación administrativa.

El sistema o procedimiento al que se refiere esta invención para la detección de elementos de minería antigua comprende las siguientes etapas:

25 1. Adquisición y pre procesamiento de imágenes de entrenamiento.

Se adquiere una imagen con una cámara fotográfica colocada en un dispositivo aéreo, pudiéndose capturar como una imagen fija o procedente de un video. La imagen adquirida es una fotografía del terreno desde una posición elevada en la que

30 aparecerá cualquier tipo de elemento vegetal, construcción, animal o vía. Además, habrá imágenes que contengan elementos relacionados con la minería antigua. A continuación se etiqueta la imagen de acuerdo a la aparición en la misma de elementos de minería antigua como canales o minas de oro.

35 De acuerdo con una realización preferida de la invención, a continuación se realiza un pre procesamiento de la imagen con el objetivo de mejorar la identificación de los

elementos a identificar. La imagen resultante al término, de esta etapa se denominara en el presente documento como "imagen pre procesada", tanto si se ha realizado esta etapa de pre procesamiento como si no.

5 2. Descripción de las imágenes.

10 Para añadir invariancias a las imágenes y por lo tanto favorecer el aprendizaje de los modelos de aprendizaje automático, es necesario llevar a cabo un proceso de descripción de las imágenes. Este proceso de descripción consiste en simplificar la información aportada por la imagen de tal forma que sea más sencillo identificar los elementos que aparecen en la misma. Una buena descripción generara un vector de características que será similar en imágenes que contengan el mismo elemento y diferente en aquellas que contengan elementos diferentes.

15 Este proceso de descripción de imágenes se puede realizar mediante el uso de técnicas clásicas de visión artificial que se basan en aplicar un algoritmo predefinido a la imagen o mediante el uso de redes neuronales convolucionales que son capaces de aprender a describir las imágenes de tal modo que la clasificación que realizan sea lo mejor posible.

20 El vector resultante al termino de esta etapa se denominara "vector de características" independientemente del modo utilizado para su obtención.

3. Entrenamiento del modelo de aprendizaje automático

25 Una vez tenemos todas nuestras imágenes de entrenamiento descritas, los vectores de características son utilizados para entrenar un modelo de aprendizaje automático supervisado. En este caso, el modelo trata de aprender que características hacen que una imagen contenga un elemento de minería antigua o no, realizando iteraciones sucesivas hasta conseguir obtener los resultados deseados.

30 De acuerdo a una realización preferida de la invención, el conjunto de entrenamiento se divide en dos subconjuntos (entrenamiento y prueba) donde el conjunto de entrenamiento es usado para optimizar el modelo de aprendizaje y el conjunto de prueba es usado para verificar que el modelo ha conseguido generalizar y por lo tanto clasificar correctamente imágenes no utilizadas en la etapa de entrenamiento.

35

4. Predicción de la categoría de nuevas imágenes

El procedimiento, por último, permitirá identificar nuevas imágenes según la presencia o no de elementos de minería antigua utilizando el modelo optimizado con las imágenes de entrenamiento.

Por último, se entiende de la presente descripción que la invención se extiende también a programas de ordenador, particularmente los programas de ordenador que se encuentran situados sobre o dentro de una portadora, adaptados para llevar a la práctica el procedimiento descrito. El programa puede tener la forma de código fuente, código objeto, una fuente intermedia de código y código objeto, por ejemplo, como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para use en la puesta en práctica de los procesos de la invención. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de soportar el programa.

Por ejemplo, la portadora podría incluir un medio de almacenamiento, como una memoria ROM, una memoria CD ROM o una memoria ROM de semiconductor, una memoria Flash, un soporte de grabación magnética, por ejemplo, un disco duro o una memoria de estado sólido (SSD). Además, la portadora puede ser portadora transmisible, por ejemplo, una señal eléctrica u óptica que podría transportarse a través de cable eléctrico u óptico, por radio o por cualesquiera otros medios.

Cuando el programa va incorporado en una serial que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Como variante, la portadora podría ser un circuito integrado en el que va incluido el programa, estando el circuito integrado adaptado para ejecutar, o para ser utilizado en la ejecución de los procesos correspondientes.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra mi vista frontal del dispositivo de la invención

Figura 2.- Muestra una vista lateral del dispositivo de la invención

REALIZACION PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Se describe a continuación un ejemplo del procedimiento de acuerdo con la invencion.

Este procedimiento comprende las siguientes etapas:

10 1. Adquisición y pre procesamiento de imágenes de entrenamiento.

La adquisición de las imágenes se ha llevado a cabo utilizando un dron DJI Phantom de ala rotatoria, que cuenta con 4 motores, y es de despegue vertical. La aeronave está controlada de forma remota o totalmente autónoma para los distintos tipos de
15 vuelos que se pueden realizar, equipada con una cámara fotográfica. Las imágenes obtenidas son imágenes de 4000 x 3000 píxeles con una profundidad de 24 bits y tres canales (RGB).

Para la toma de imágenes se han realizado tres vuelos independientes, destinado a
20 obtener imágenes de canales de agua romanos, minas de oro y por ultimo imágenes que no contienen ningún tipo de elemento relacionado con la minería antigua.

La etapa de pre procesamiento cuenta con dos fases:

- reescalado de los valores de los píxeles de la imagen entre 1 y 255.
- redimension de las imágenes a 150x150 píxeles.

25

2. Descripción de las imágenes.

La descripción de las imágenes se ha hecho de manera automática utilizando redes neuronales convolucionales.

30 Nuestra red neuronal convolucional está formada por 5 capas convolucionales con filtros de tamaño 3x3 y 5 capas de reducción MaxPooling con filtros de 2x2.

Tras estas capas, se reducen los mapas de características a uno solo por imagen realizando un aplanamiento de los mismos creando el "vector de características" que
35 representa a la imagen.

Esta descripción ha sido llevada a cabo junto con el entrenamiento del modelo de tal modo que las características generadas han sido aprendidas de manera automática para facilitar la clasificación de las imágenes en una de las tres clases.

5 3. Entrenamiento del modelo de aprendizaje automático

10 Como se ha comentado en el apartado anterior, el modelo escogido es una red neuronal convolucional que permite extraer características de las imágenes para optimizar la clasificación de las mismas. La red neuronal utilizada, cuenta con un primer bloque de capas destinadas a generar el vector de características y con una segunda parte formada por capas densas y capas de *dropout* que permiten realizar la clasificación. Las capas de *dropout* permiten desactivar neuronas, impidiendo a la red memorizar el conjunto de imágenes de entrenamiento, de tal modo que la red neuronal consigue generalizar frente a posibles nuevas imágenes.

15

4. Predicción de la categoría de nuevas imágenes

20 La etapa de predicción de nuevas imágenes cuenta con un paso previo de pre procesamiento de las mismas equivalente al que se realiza con las imágenes de entrenamiento. La imagen pre procesada es introducida a la red neuronal entrenada para inferir la clase a la que pertenece y por lo tanto indicar si hay presencia o no de elementos de minería antigua.

25 Este procedimiento ha sido almacenado en un ordenador y se ha creado un servidor API REST utilizando tecnología NodeJS de tal modo que se pueden hacer peticiones HTTP desde diferentes dispositivos para predecir la clase de nuevas imágenes.

30 Además, se ha desarrollado una interfaz web basada en VueJs que permite realizar de manera intuitiva estas peticiones al servidor pudiendo ser visualizada tanto en un ordenador de sobremesa, como en un ordenador portátil, como en cualquier otro dispositivo que cuente con un navegador y conexión a una red de internet o a una red privada en la que se aloje el servidor.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la clasificación de elementos de minería antigua, a partir de imágenes digitales en las que aparecen zonas de terreno tomadas desde un dispositivo aéreo mediante una aplicación informática caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- 10 • obtener, mediante el uso de un sensor de imagen colocado en un dispositivo aéreo, un conjunto etiquetado de imágenes de entrenamiento en los que aparezcan elementos de minería antigua.
 - 15 • obtener, mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes, una descripción de las mismas que permita identificar de manera correcta los elementos de minería antigua.
 - 20 • entrenar un modelo de aprendizaje automático que, a partir de las descripciones de las imágenes, sea capaz de clasificar automáticamente las imágenes según la aparición o no de elementos de minería antigua.
 - 25 • identificar de manera precisa la presencia de elementos de minería antigua en imágenes no utilizadas para el entrenamiento del modelo de aprendizaje.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las imágenes obtenidas se realizan utilizando una cámara fotográfica ubicada en un dispositivo aéreo con alta resolución utilizando tres canales (Rojo, Verde y Azul)
3. Procedimiento según la reivindicación 1 y 2, caracterizado por que el dispositivo aéreo es un dron.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de descripción de las imágenes se realiza mediante técnicas de visión artificial sobre las imágenes obtenidas tras aplicar una serie de técnicas de pre procesamiento.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que las técnicas de pre procesamiento pueden incluir cambios de tamaño, rotación, traslación, ajustes de las curvas de tonos o cualquier otro método que facilite la identificación de los

elementos a detectar.

5 6. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que las técnicas de visión artificial aplicadas para la descripción de las imágenes pueden ser técnicas clásicas de descripción o técnicas automáticas de identificación de características obtenidas gracias al entrenamiento de redes neuronales convolucionales.

10 7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de entrenamiento se realiza utilizando aprendizaje profundo, concretamente redes neuronales convolucionales.

15 8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de predicción utiliza el modelo entrenado con el conjunto de imágenes de entrenamiento para inferir la clase de la nueva imagen.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las clases a identificar son "canales" y "minas de oro", además de la clase caracterizada por la ausencia de cualquiera de estos elementos.

20 10. Programa de ordenador que comprende instrucciones de programa para hacer que un ordenador lleve a la práctica el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

25 11. Programa de ordenador según la reivindicación 10, incorporado en medios de almacenamiento.

12. Programa de ordenador según la reivindicación 10, incorporado en una serial portadora.

30 13. Programa de ordenador según la reivindicación 10 que permite realizar todas las tareas de manera remota a través de una conexión con otro equipo (servidor) que está ejecutando los procedimientos indicados.

35 14. Programa de ordenador según la reivindicación 13, caracterizado por el uso de un servidor API REST.

15. Programa de ordenador según la reivindicación 13, caracterizado por la creación de una página web capaz de conectarse al servidor, enviar una imagen e identificar la clase a la que pertenece.



- ②① N.º solicitud: 202131173
②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.12.2021
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. cl.: **G06T7/00** (2017.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	DÍEZ, YAGO et al.: "Deep Learning in Forestry Using UAV-Acquired RGB Data: A Practical Review". Remote Sensing 2021, 19/07/2021, Vol. 13, <DOI:https://doi.org/10.3390/rs13142837>. Resumen, sección 1. Introduction, sección 3. Deep Learning for Image Analysis.	1-15
X	FERNÁNDEZ-LOZANO, JAVIER et al.: "Unraveling the Morphological Constraints on Roman Gold Mining Hydraulic Infrastructure in NW Spain. A UAV-Derived Photogrammetric and Multispectral Approach". Remote Sensing. 2021, 15/01/2021, Vol. 13, <DOI: https://doi.org/10.3390/rs13020291>. Resumen, sección 1. Introduction, sección 4. Materials and Methods.	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
28.10.2022

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06T

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, Wpi, Inspec, Internet