

5 **Método para detección y cuantificación de explosivos usando inteligencia artificial**

Campo de la invención

Esta invención está relacionada con el campo de la medición y la prospección. Específicamente con la detección de explosivos.

10

Estado de la técnica

En el estado de la técnica no se encontraron soluciones lo suficiente cercanas como para
15 afectar la novedad o la altura inventiva de la solución buscada. Entre las soluciones encontradas relacionamos las siguientes como más relevantes:

KR20210023617 A

20 REMOTE EXPLOSIVE DETECTION SYSTEM USING BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

La presente invención se refiere a un sistema de detección remota de explosivos utilizando big data e inteligencia artificial, que comprende: un sistema de detección de explosivos que detecta un explosivo mediante el diseño de un nivel de energía para que los electrones pasen de un electrodo negativo a un electrodo positivo con electrones compartidos por los
25 explosivos como el medio; y un sistema de detección remota que recibe datos detectados transmitidos desde uno o más sistemas de detección de explosivos, crea una base de datos basada en los datos recibidos, analiza los datos detectados transmitidos bajo el control de un servidor de inteligencia artificial cuando hay una solicitud de detección de los detectados datos, compara los datos con los grandes datos almacenados en la base de datos y detecta
30 los explosivos. Como tal, la presente invención analiza los datos detectados recibidos del servidor de inteligencia artificial del sistema de detección colocado de forma remota mediante el uso de grandes datos y realiza la detección de ese modo y, por lo tanto, tiene efectos para ayudar a los expertos en la detección y para hacer precisamente tal detección incluso sin tales expertos. Más específicamente, la presente invención utiliza la tecnología

5 de detección por unidad de moléculas con una precisión del nivel de ppt o superior y, por lo tanto, tiene efectos de detección de explosivos residuales iniciales que no podrían detectarse con las tecnologías convencionales.

Si bien la solución encontrada utiliza inteligencia artificial para determinar la presencia de explosivos, no especifica si el proceso es inmediato, es decir, que se descarta la posibilidad de hacerlo *in situ*, por demás, el método se realiza con muestras de aire. Adicionalmente, no especifica el método de recabación de datos de la matriz analizada, de manera que no hay forma de determinar si es un método seguro. Finalmente, el análisis que realiza la inteligencia se basa en análisis de patrones del nivel de energía y no de los datos recibidos a partir de una espectroscopía.

US2008159341 AA

TUNABLE QUANTUM CASCADE LASERS AND PHOTOACOUSTIC DETECTION OF TRACE GASES, TNT, TATP AND PRECURSORS ACETONE AND HYDROGEN PEROXIDE

Métodos y aparatos para la sintonización amplia de láseres de cascada cuántica de longitud de onda única y el uso de la salida de luz de dichos láseres para la detección altamente sensible de gases traza como dióxido de nitrógeno, acetileno y vapores de explosivos como trinitrotolueno (TNT) y triperóxido de triacetona (TATP).) y los precursores de TATP, incluidos la acetona y el peróxido de hidrógeno. Estos métodos y aparatos también son adecuados para la detección de alta sensibilidad y alta selectividad de otros compuestos químicos, incluidos los agentes de guerra química y los productos químicos industriales tóxicos. Se describe un sistema de láser de cascada cuántica (QCL) que logra una sintonización libre de salto de modo único, continuo y de modo único para su uso en L-PAS (espectroscopia fotoacústica láser) mediante la coordinación independiente de la corriente del chip de ganancia, el ángulo de la rejilla de difracción y la longitud de la cavidad externa.

Este método usa un láser de cascada cuántica (QCL) para la identificación de gases traza que generan los explosivos de alta potencia. Sin embargo, es totalmente mecánico aprovechando la afinación del dispositivo usado para la detección, no utiliza inteligencia

5 artificial para simular o analizar patrones en las muestras de gas obtenidas, lo que implica que su análisis probablemente proceda de forma diferida –la invención no especifica—.

US2016054219 AA

COMPACT SIZE EXPLOSIVES DETECTOR WITH ULTRA FAST RESPONSE AND HIGH
10 SENSITIVITY AND METHOD FOR DETECTING EXPLOSIVES

Se describe un sistema y una metodología para el muestreo infrarrojo semiselectivo y la detección de trazas de explosivos. El sistema de detección combina la avanzada técnica de muestreo de infrarrojos, capaz de muestrear incluso explosivos no volátiles en modo
15 vapor con compuestos sensibles e interferentes. Unidad analítica extremadamente resistente para la detección fiable de todos los compuestos explosivos. Toda la tecnología presentada está diseñada para crear un sistema de detección ultrarrápido de tamaño de bolsillo ultraminiatura.

Esta solución está fundamentalmente basada en el dispositivo usado y no comprende el
20 uso de una inteligencia artificial. Utiliza un método de detección infrarrojo que debe ser usado directamente sobre la matriz, por lo que no ofrece el grado de seguridad de la solución que se pretende proteger. Adicionalmente, no usa inteligencia artificial, sino que el dispositivo procesa de manera directa la data que va recabando.

25 **Breve descripción de la invención**

Un método para la detección de explosivos *in situ* basado en inteligencia artificial que usa un láser de cascada cuántica o cualquier otro medio de espectroscopía portátil. Los resultados son analizados por una inteligencia artificial que, usando un clasificador de
30 bosques aleatorios, es capaz de determinar la presencia de contaminantes derivados de explosivos de alta potencia como TNT, DNT o RDX en la matriz analizada. Ello permite la detección segura e *in situ* de explosivos en una zona y contribuye significativamente, aunque no es el objeto principal de la solución, a combatir la contaminación generada por estos residuos a partir de su detección.

Breve descripción de las figuras

10 **Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso

15

Descripción detallada de la invención

El uso intensivo de explosivos de alta potencia (EAP) en operaciones militares y excavaciones mineras ha contribuido a la contaminación del suelo. Dado que los HE y sus productos de descomposición que son altamente persistentes, mutagénicos y clasificados como carcinógenos humanos del Grupo C amenazan la salud humana [1,2], la investigación sobre la detección oportuna de estos explosivos ha seguido recibiendo una atención considerable en los últimos años. Los métodos utilizados actualmente para detectarlos incluyen cromatografía de gases-espectroscopia de masas (GC-MS), cromatografía de gases-quimioluminiscencia (GC-CL), espectrometría de movilidad iónica (IMS), inmunosensores, electroforesis, fluorescencia, cromatografía líquida de alta presión (HPLC), HPLC/espectrometría de masas y detección electroquímica asistida por foto. Sin embargo, ninguno de estos métodos proporciona la velocidad o la precisión necesarias para la detección *in situ* de EAP en presencia de materiales sólidos que puedan interferir.

30 En una aplicación preferida de la invención, el método fue usando distintas muestras de suelo. Debe considerarse, que el suelo es una matriz compleja de compuestos orgánicos que interfieren con los explosivos de alta potencia, dificultando la detección de los mismos.

5 El método propuesto lograr resolver el problema planteado al proveer una combinación de inteligencia artificial con el uso de dispositivos portátiles (láser de cascada cuántica), para la realización de espectroscopía que facilita la detección *in situ* e inmediata de explosivos en matrices complejas como el suelo.

10 La aplicación del método comienza con la medición del espectro infrarrojo de la matriz que contiene el explosivo, en este caso la matriz utilizada fueron varias muestras de diferentes tipos de suelos.

Las muestras fueron preparadas mezclando diferentes tipos de suelo –incluyendo suelo sintético-- con **2,4-dinitrotolueno** ($C_6H_3(CH_3)(NO_2)_2$), **ciclonita (1,3,5-trinitro-1,3,5 triazina)** o **trinitrotolueno (C₇H₅N₃O₆)** siempre en una proporción entre 0% y 20%
15 respecto del total de la muestra. Posteriormente, las muestras fueron analizadas mediante espectroscopía, usando un láser de cascada cuántica.

Las muestras analizadas y estandarizadas fueron sometidas al análisis de reconocimiento de patrones espectroscópicos. Para determinar el modelo de aprendizaje de máquina a
20 utilizar para el reconocimiento de patrones espectroscópicos, se desarrolló un algoritmo específico que permitía comparar diferentes métodos de aprendizaje de máquina. Fueron probados 10 métodos para la clasificación de las muestras obtenidas y cada uno fue entrenado usando un 53% del total de los datos recabados. El método escogido fue el clasificador de bosques aleatorios por presentar el mayor valor de precisión y la menor
25 pérdida de registro.

La muestra es pre-procesada antes de ser sometida al análisis del modelo de aprendizaje de máquina. Para ello la muestra se normaliza, se reduce y se le aplica un método de regresión lineal por cuadrados mínimos para extraer un parámetro que sea proporcional al de las muestras de suelo tomadas.

30 Para incrementar la selectividad, el modelo fue entrenado usando analitos adicionales como interferencia, incluyendo otros explosivos de alta potencia como la pentrita (C₅H₈N₄O₁₂) y no explosivos como ácido benzoico.

De esta manera, la inteligencia es capaz de distinguir, provista la data de espectroscopía, si el suelo presenta contaminantes derivados de los explosivos y por ende, la presencia de
35 éstos en el terreno. Así, el método puede ser usado para detectar explosivos en otras clases

5 de matrices –no solo suelos, también medios líquidos e incluso en el aire— proveyendo la data adecuada y realizando el entrenamiento.

Debido a que proceso comprende un entorno de desarrollo que integra dos modelos de aprendizaje de máquina que analizan la data, es posible determinar no sólo la presencia de los hijos sino cuantificarlos. Para el proceso de cuantificación se utiliza un modelo de
10 regresión de mínimos cuadrados parciales como parte del entrenamiento de la inteligencia artificial. Ello le permite identificar la cantidad de explosivos en la matriz analizada.

15

20

25