

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 878**

51 Int. Cl.:

E21C 35/24 (2006.01)
E02F 3/26 (2006.01)
G05D 1/02 (2010.01)
E02F 9/26 (2006.01)
E02F 7/02 (2006.01)
E02F 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2020 PCT/EP2020/057748**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2020 WO20200835**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2020 E 20711605 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023 EP 3947911**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el funcionamiento automatizado de una planta de extracción de material en el frente de extracción de un sitio de extracción de material**

30 Prioridad:

03.04.2019 BE 201905211

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.05.2024

73 Titular/es:

**FLSMIDTH A/S (100.0%)
Vigerslev Allé 77
2500 Valby, DK**

72 Inventor/es:

**NARO, DANIELE;
WALTHER, JULIAN y
GENIUS, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 969 878 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para el funcionamiento automatizado de una planta de extracción de material en el frente de extracción de un sitio de extracción de material

5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de extracción de material, en particular en el frente de extracción de un sitio de extracción de material según el preámbulo de la reivindicación 1. El objeto de la presente invención, es también una instalación mediante la cual el procedimiento de acuerdo con la invención se puede llevar a cabo.

Estado de la técnica

10 Para máquinas móviles de trabajo o de construcción, como por ejemplo excavadoras, existen hoy en día sistemas de visualización que se instalan en la cabina del conductor y ayudan al operario en su trabajo planificado, indicando, por ejemplo, la posición actual y la orientación de la máquina. Además, particularmente en excavadoras, se indica la posición de un brazo de trabajo, es decir, las coordenadas de un punto central de herramienta ("Tool Center Points TCP") correspondiente del brazo de trabajo, así como la posición de una herramienta. La mayoría de estos sistemas de visualización también pueden indicar la posición global de la máquina cuando se combinan con un sistema de navegación por satélite.

15 Del documento DE 696 25 058 T2 se divulgan un sistema y un procedimiento para la detección de datos geológicos y datos de posición, para controlar una excavadora para trabajos de movimiento de tierras basándose en los datos así detectados. En este caso, se utilizan un sistema de imágenes geológicas y un sistema de posicionamiento geográfico para la investigación inicial de un sitio o ruta de excavación determinada. Los datos detectados son utilizados por una unidad de control, para optimizar el rendimiento de la excavadora. El sistema de imágenes comprende un radar de penetración terrestre, para proporcionar imágenes tridimensionales de la geología del subsuelo. Los datos de imágenes geológicas obtenidos de esta manera se correlacionan con datos históricos de rendimiento de la excavadora, para examinar estructuralmente la geología del subsuelo. El sistema de posicionamiento de procesamiento de datos GPS, comprende un transpondedor móvil montado en una excavadora y una variedad de transpondedores terrestres, para obtener un mapa geográfico preciso de un sitio de excavación. Esto mejora la maniobrabilidad y el rendimiento de excavación de la excavadora, ya que el operario de la excavadora sólo tiene que intervenir de manera limitada. También se encuentran disponibles excavadoras con sistemas de detección de la geometría del material a recoger y/o, en su caso, pilas de material a depositar, junto con los correspondientes controles automatizados, conocidos de los documentos US 6 108 949 A, DE 297 15 552 U1, así como US 6 363 632 B1.

20 Del documento DE 11 2006 000 821 T5 también se divulga un procedimiento para controlar una máquina de trabajo que se puede usar en minería, construcción, agricultura o transporte. La máquina de trabajo presenta, en este caso, un sistema de control del motor, por medio del cual se realizan funciones de control del motor basándose en modelos matemáticos. El sistema de control del motor comprende un procesador, un módulo de memoria, una base de datos, una interfaz de E/S o interfaces de entrada y salida y una interfaz de red.

25 Del documento DE 10 2014 221 803 A1 también se divulga un procedimiento para determinar una situación de conducción actualmente presente de un vehículo, en el que se detectan datos ambientales basados en un entorno de vehículo predeterminado, se extraen características de los datos ambientales por medio de un reconocimiento de patrones, y se lleva a cabo una clasificación de la situación de conducción actualmente presente, basándose en las características extraídas por medio del reconocimiento de patrones, y se proporciona el resultado de la clasificación. El procedimiento realiza una clasificación de situaciones, basada en un modelo ambiental presente. La clasificación se realiza mediante categorización de escenas a partir de imágenes mediante un procedimiento de "aprendizaje profundo" ("Deep Learning"). A partir de los datos del sensor se determina una imagen de ocupación de la zona ambiental.

30 Además, del documento DE 10 2009 024 066 A1 se divulga un procedimiento para el reconocimiento de situaciones o clasificación de escenas monitorizadas por tecnología de imagen. El reconocimiento de situaciones se utiliza para monitorizar el tráfico o para monitorizar los procesos de producción en las fábricas, lo que también permite el reconocimiento automatizado de situaciones dinámicas complejas. En este caso, los píxeles de imagen de una secuencia de imágenes se combinan en segmentos de imagen y se calculan flujos ópticos para varios segmentos de imagen. Una clasificación de la secuencia de imágenes se realiza en una clase de situación en función del curso temporal de los flujos ópticos calculados. La clasificación se realiza, por ejemplo, sobre la base de un "modelo oculto de Markov o HMM", en el que para el reconocimiento de situaciones se tienen en cuenta las probabilidades de transición de un estado al siguiente, en una secuencia de estados.

Divulgación de la invención

35 La idea en la que se basa la invención se puede ver en el funcionamiento lo más automatizado posible de una planta de extracción de material compuesto por al menos una excavadora de extracción o de sobrecarga y al menos una máquina de transporte, o al menos un dispositivo de transporte, o un funcionamiento autónomo correspondiente de las máquinas de trabajo, de extracción y de transporte presentes en dicha planta, o los equipos auxiliares utilizados en ella. Esto también debería permitir una planificación de extracción, de sobrecarga y de recorrido

correspondientemente automatizados.

5 Cabe señalar que el dispositivo de transporte también puede ser un dispositivo de transporte integrado a, o en la excavadora de sobrecarga. La excavadora de extracción se puede equipar con un puente integrado de transporte. Como máquina de transporte también puede estar prevista una planta móvil de trituración, que rompe el material suministrado por la excavadora de extracción y luego lo transfiere a un puente de transporte o a una cinta de transporte.

10 El procedimiento propuesto de acuerdo con la invención se basa en una simulación en tiempo real basada en modelos de un proceso de extracción de material de una planta de extracción de material aquí afectada, que se realiza preferentemente en un borde de extracción/demolición o en un frente de extracción de un sitio de extracción de material. La simulación basada en modelos se realiza, en este caso, a base de los datos del sensores detectados en tiempo real en las partes de la planta afectados para llevar a cabo del proceso de extracción de material por medio de un sistema de sensores. A partir de los resultados de la simulación presentes en tiempo real, se realiza un funcionamiento de la planta de extracción de material de la manera más automatizado posible, particularmente en la zona del frente de extracción.

15 Cabe destacar que los datos determinados por los sensores y derivados basados en modelos, se procesan juntos en tiempo real para controlar los dispositivos de extracción en el frente de extracción.

20 Para permitir el funcionamiento automatizado de al menos un dispositivo de extracción de la planta de extracción de material, es necesario sustituir las habilidades o actividades sensoriales y actuadoras llevadas a cabo por uno o más operario, es según el estado de la técnica, por un sistema de sensores mencionado, por lo que los datos registrados por los sensores se deben procesar de tal manera que se puedan derivar señales de control correspondientes para el funcionamiento de un dispositivo correspondiente de extracción, permitiendo así un funcionamiento seguro y fiable en el frente de extracción.

En este caso, según un aspecto, puede estar previsto que las intervenciones en el funcionamiento de la planta, derivadas automáticamente de la manera anteriormente mencionada, también se puedan realizar teniendo en cuenta objetivos de optimización orientados al producto.

25 Según un aspecto adicional, al menos una o una combinación de las siguientes variables se detecta o monitoriza por medio de un sistema de sensores:

- detección de la geometría de extracción actual (valor real) del frente de extracción, para compararla con un valor objetivo simulado en tiempo real;
- detección y monitorización del comportamiento del terraplén en el frente de extracción;
- 30 - detección y reconocimiento de obstrucciones en el material a extraer en el frente de extracción, por ejemplo, cantos rodados, tuberías de agua o similares;
- detección y reconocimiento de sustancias intermedias o materiales diferentes, por ejemplo, para distinguir entre minerales valiosos y sobrecarga pura.

35 Según un aspecto adicional, los datos detectados de esta manera se procesan en tiempo real (automáticamente), para ajustar automáticamente al menos, uno o una combinación de los siguientes parámetros de funcionamiento:

- el posicionamiento del respectivo dispositivo de extracción con respecto al frente de extracción, así como con respecto a los dispositivos de transporte que trabajan juntos con el dispositivo de extracción;
- la activación de las secuencias del proceso, así como determinar velocidades del proceso, por ejemplo, con respecto al funcionamiento de pivote, funcionamiento de accionamiento, funcionamiento de corte, funcionamiento de transporte, funcionamiento de elevación y/o funcionamiento de descenso de un dispositivo de extracción respectivo;
- 40 - la determinación de la profundidad de corte de una herramienta de corte de un respectivo dispositivo de extracción sobre el material del frente de extracción;
- la planificación del recorrido de un dispositivo de extracción respectivo, para el funcionamiento de extracción, por ejemplo, el movimiento del dispositivo de extracción con respecto al frente de extracción.
- 45

50 Según un aspecto adicional, las posibles intervenciones mencionadas en los parámetros de funcionamiento o en el correspondiente proceso de extracción, pueden ser deterministas, por ejemplo, basadas en control o regulación, o (estocásticamente) de autoaprendizaje, por ejemplo, por medio de una red neuronal artificial (ANN). Por ejemplo, la ANN se puede entrenar en función del comportamiento del dispositivo o de la máquina en relación con un borde de extracción (terraplén), que actualmente está siendo procesado por el dispositivo de extracción.

El procedimiento propuesto de acuerdo con la invención, permite así una optimización del procedimiento en tiempo real y de manera continua, en relación con la extracción minera en un frente de extracción afectado aquí en un funcionamiento en bloque. A partir de los datos sensoriales obtenidos en tiempo real, se enriquece, en este caso, un modelo de simulación de tal manera que el procedimiento se aproxima a un óptimo en las condiciones reales.

5 Cabe señalar que el término "basado en modelos" se refiere en particular al hecho de que el algoritmo de control para un dispositivo de extracción respectivo se optimiza continuamente para el proceso de extracción sobre la base de un modelo virtual mencionado. Cuantos más datos se detectan mediante los sensores, más detallado se podrá calcular el modelo virtual, y más cerca estará el proceso de extracción resultante de su óptimo.

10 Este objetivo de optimización también se resuelve basado en modelos sobre la base de un conocimiento interno de los procesos y en una previsión, prácticamente posible, de distintos escenarios de extracción. De esta manera se puede adaptar el proceso de extracción en tiempo real, tras una supuesta detección sensorial de un canto rodado, de tal manera que se evita la extracción en la zona del canto rodado.

15 Además, también se pueden determinar los criterios de optimización (generales), por ejemplo, en relación con el mínimo consumo de energía posible o en relación con un resultado o rendimiento de sobrecarga máximo. Alternativa o adicionalmente, los criterios de optimización se pueden determinar teniendo en cuenta un desgaste mínimo de partes o dispositivos de la planta o, por ejemplo, como un perfil específico del cliente, con una combinación ponderada de los objetivos de optimización individuales mencionados.

20 Según un aspecto adicional, en el procedimiento propuesto, también se puede llevar a cabo la detección de obstáculos basándose en los datos del sensor disponibles. En este caso, un obstáculo puede ser inherente al dispositivo, es decir, debido a una posible colisión de componentes del dispositivo, inherente a la planta, es decir, debido a una posible colisión entre dispositivos individuales, o en relación con el entorno. La detección de un obstáculo puede estar basado en modelos, es decir, se puede derivar indirectamente, o se puede realizar directamente mediante sensores, y se puede especificar, en este caso, por medio de un procesamiento posterior ("post processing") adecuado de los datos del sensor detectados.

25 Por el contrario, en el caso del funcionamiento manual de las máquinas de trabajo y de las correspondientes plantas de sobrecarga en la minería a cielo abierto, conocido en el estado de la técnica, las habilidades de evaluación y monitorización se dejan en manos del respectivo operario del dispositivo, incluyendo estos aspectos en el sentido de prevención de colisiones o evitación, al controlar los dispositivos.

30 Según un aspecto adicional, si se detecta una colisión inminente, por ejemplo, del dispositivo de extracción o herramienta de extracción, se puede llevar a cabo automáticamente una maniobra evasiva de la respectiva máquina de trabajo o de un equipo de trabajo de la máquina de trabajo, que evite la colisión, por ejemplo una parada incondicional del movimiento del dispositivo o un cambio adecuado en la dirección del movimiento, o un cambio adecuado de los parámetros de funcionamiento de la máquina de trabajo u otras máquinas o dispositivos afectados en la escena.

35 También se debe destacar que la presente invención también se puede utilizar en una planta de extracción de material en la que el transporte de material es posible en ambas direcciones de transporte. En lugar del dispositivo de extracción, se puede proporcionar un "dispositivo de depósito" para depositar o arrojar material vertible en el frente de extracción.

40 Según un aspecto adicional del procedimiento propuesto, puede estar previsto que, a partir de los datos del sensor detectados se lleve a cabo una clasificación en una clase de situación. A partir de una clasificación ya realizada se pueden clasificar los datos del sensor detectados actualmente por medio de las clases de situaciones correspondientemente clasificadas, y sobre la base del resultado de la clasificación, se puede calcular o llevar a cabo la simulación basada en modelos.

45 Cabe señalar aquí que el paso del procedimiento mencionado de "clasificación" por medio de las clases de situaciones en el presente contexto, puede comprender tanto la zona del "aprendizaje automático" por medio de inteligencia artificial, por ejemplo, por medio de una red neuronal artificial, como también un algoritmo genérico de optimización y de toma de decisiones, en los que las propiedades del material presente en el frente de extracción se determinen sobre la base de los datos geométricos del frente de extracción, así como de las partes de la planta o dispositivos de la planta afectados en el proceso de extracción, las propiedades del material presente en el frente de extracción y que se va a extraer, los datos del subsuelo en la zona del frente de extracción (por ejemplo, el contenido de agua), así como, en su caso, los datos topográficos y/o los datos medioambientales en la zona del frente de extracción se utilizan, para tomar decisiones para el funcionamiento posterior de los dispositivos o máquinas afectados aquí.

50 También cabe señalar que, con el procedimiento propuesto de acuerdo con la invención, también se pueden mejorar posteriormente las plantas de extracción de material existentes, ya automatizadas, por lo que se puede llevar a cabo, por ejemplo, también una simulación del proceso basada en modelos.

La instalación también propuesta de acuerdo con la invención, está diseñada para controlar automáticamente una planta de extracción de material aquí afectada, en particular el movimiento espacial y/o la orientación espacial de un dispositivo de extracción o herramienta de extracción que funcione en el frente de extracción durante el proceso de extracción o de sobrecarga, por medio del procedimiento propuesto.

5 Según un aspecto de la instalación propuesta, al menos las máquinas de trabajo y otros dispositivos que funcionan en el frente de extracción, están equipadas con sensores para la detección ambiental y de la posición. Este sistema de sensores se puede implementar directamente por medio de una antena de radar, basada en láser ("LiDar"), directamente por medio de una cámara óptica y/o una cámara de infrarrojos IR, o por medio de un sistema de sensores electromagnético (transpondedor).

10 También es posible el uso de un sistema de sensores adicionales basados en efectos físicos alternativos, siempre que este uso pueda enriquecer aún más un modelo ambiental y de situaciones con metadatos. En este caso, cabe destacar aquí que como sistema de sensores se puede utilizar, básicamente, cualquier sistema de sensores conocido en el estado de la técnica. Alternativa o adicionalmente también se puede tener en cuenta un sistema de sensores descentralizado, por ejemplo, con datos cartográficos detectados con un dron sobre una planta de extracción de material aquí afectada.

15 Las posiciones relevantes de las máquinas o dispositivos de extracción afectados también se pueden determinar basándose en modelos, o mediante simulación basada en modelos, sobre la base de datos de posición y de funcionamiento inherente al dispositivo (GPS, codificador de ángulo, detección óptica externa mediante reconocimiento de imágenes).

20 Cabe señalar que la automatización completa del funcionamiento de una planta de extracción de material en el frente de extracción, requiere la detección del entorno y del ambiente lo más completa posible y, en particular, en tiempo real.

Según un aspecto adicional de la instalación propuesta, está previsto un sistema de sensores para generar dichos datos del sensor, una unidad de procesamiento de datos para llevar a cabo una clasificación mencionada, o una clasificación para generar datos de funcionamiento, por lo que se controla, en consecuencia, el al menos un dispositivo de extracción, mediante un control o una unidad de control por medio de los datos de funcionamiento así generados.

25 La invención se puede utilizar en particular en una planta de extracción de material, que se pueda utilizar en la minería a cielo abierto o en la minería subterránea, en la extracción de mena, de lignito o de hulla, o en la extracción de piedra, o extracción de materiales vertibles necesarios para la producción de cemento.

30 El procedimiento de acuerdo con la invención se puede implementar, por ejemplo, con ayuda de un programa de ordenador, en particular si se ejecuta en un dispositivo informático o en un dispositivo de control. Esto permite implementar el procedimiento de acuerdo con la invención, en un dispositivo de control electrónico, sin tener que realizar ningún cambio estructural en el mismo. Para ello puede estar previsto un soporte de datos legible por máquina, en el que esté almacenado el programa de ordenador. Cargando el programa de ordenador en una instalación o en un dispositivo de control electrónico correspondiente, se obtiene la instalación de acuerdo con la invención, que está configurada para hacer funcionar automáticamente una planta de extracción de material, aquí afectada en un frente de extracción, por medio del procedimiento de acuerdo con la invención.

35 Otras ventajas y configuraciones de la invención resultan de la descripción y de los dibujos adjuntos. En los dibujos, elementos o características idénticos o funcionalmente equivalentes, están provistos de números de referencia idénticos.

40 Se entiende que las características mencionadas anteriormente y las que se explicarán a continuación, se pueden utilizar no sólo en la combinación respectiva especificada, sino también en otras combinaciones o solas, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

45 Fig. 1 muestra una vista esquemática superior de una disposición espacial típica, de una excavadora de sobrecarga o de una rueda de cangilones de una planta de extracción de material aquí afectada, tomando como ejemplo un frente de extracción o un borde de extracción presentes en una mina a cielo abierto, junto con los correspondientes dispositivos de transporte y con un obstáculo a modo de ejemplo, dispuestos en la zona de trabajo de la excavadora de rueda de cangilones.

50 Fig. 2 muestra un ejemplo de realización del procedimiento o de la instalación de acuerdo con la invención, sobre la base de un diagrama combinado de flujo/bloques.

Fig. 3 muestra un ejemplo de realización de una clasificación de situaciones basada en modelos de acuerdo con la invención, para permitir el funcionamiento totalmente automatizado de una planta de extracción de material aquí afectada, en un frente de extracción.

Fig. 4 muestra un ejemplo de realización de una clasificación de acuerdo con la invención, de una situación de funcionamiento detectada mediante sensores, de una planta de extracción de material aquí afectada (en el presente caso, una planta minera) sobre la base de un diagrama de estado.

5 Fig. 5 muestra un ejemplo de realización de una simulación basada en modelos de posibles secuencias de movimiento de una excavadora de rueda de cangilones mostrada en la Fig. 1, que permite predecir el movimiento de la excavadora o de su herramienta de extracción en el frente de extracción.

Fig. 6 muestra un borde de extracción o un frente de extracción usando el ejemplo de un depósito de mena de una minera a cielo abierto, para ilustrar adicionalmente el procedimiento y la instalación de acuerdo con la invención.

10 Descripción de ejemplos de realización

A continuación, se describen el procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento automatizado de una planta de extracción de material aquí afectada en un borde de extracción o frente de extracción 130 de un sitio de extracción de material, así como un dispositivo de control correspondiente, utilizando el ejemplo de realización de una extracción de mena en una planta minera, por medio de una excavadora de rueda de cangilones. Sin embargo, el procedimiento y la instalación también se pueden utilizar para otras plantas de sobrecarga, por ejemplo, para la extracción de piedra/piedra natural, para la extracción de lignito o para la extracción de materias primas para la producción de cemento.

Una planta aquí afectada presenta una máquina de extracción en la zona del frente de extracción 130, en el presente primer ejemplo de realización una excavadora de rueda de cangilones. En el lado esencialmente alejado del frente de extracción 130, además están dispuestos dispositivos de transporte móviles, para retirar material extraído en el frente de extracción, por ejemplo, uno o más vagones puente de transporte o cargadores de ruedas, así como, en su caso otros dispositivos móviles, por ejemplo, vagones de carga o vagones de bucle de cinta, para retirar la sobrecarga de una cinta de transporte. En el entorno más cercano de la excavadora de rueda de cangilones, se puede disponer también una planta de trituración móvil, no representada aquí, para triturar la sobrecarga vertible.

25 La disposición del dispositivo mostrado en la Fig. 1 en la zona del frente de extracción 130 del depósito de mena comprende, en el presente ejemplo de realización una excavadora de rueda de cangilones 100 ("excavator") mencionada, un vagón puente de transporte 105 ("belt wagon") con un brazo de carga 110 ("receiving boom"), y un brazo de descarga 115 ("discharge boom"), así como en el presente ejemplo de realización un vagón de material a granel 120 ("hopper car"), dispuesto sobre un carril de rodadura. Además, se representa esquemáticamente un obstáculo 125 dispuesto en la zona de trabajo de la excavadora de rueda de cangilones 100 cerca del frente de extracción 130, en el presente a modo de ejemplo, formado por un grupo de árboles. Cabe señalar aquí que los dispositivos móviles, vehículos o incluso personas ubicadas al menos temporalmente en la zona del frente de extracción 130, pueden entrar en consideración como obstáculo u obstáculos.

35 La excavadora de rueda de cangilones 100 presenta de manera en sí conocida, una rueda de cangilones 135 que está montada de manera rotatoria en el plano del suelo horizontal (= plano del dibujo), así como normalmente también perpendicular al mismo. Mediante un movimiento de rotación de la rueda de cangilones 135, en particular en el plano del suelo, de acuerdo con una primera dirección de flecha 140 y un avance sucesivo de la rueda de cangilones 135, o correspondientemente de la excavadora de sobrecarga 100, en una segunda dirección de flecha 145 en el frente de extracción 130 se extrae material vertible, en este caso roca o mineral que contiene mena.

40 El material o material a granel extraído por la excavadora de rueda de cangilones 100 se trasfiere a un primer punto de transferencia 165, mediante un brazo de rueda de cangilones 150 que transporta la rueda de cangilones 135 a través de una primera cinta de transporte 155 y a través de una segunda cinta de transporte 160 que interactúa con la primera cinta de transporte 155 y está dispuesta sobre un brazo de descarga de la excavadora de rueda de cangilones 100, al vagón puente de transporte 105. El primer punto de transferencia 165 se debe poner continuamente en concordancia espacial con el brazo de carga 110 del vagón puente de transporte 105, durante el funcionamiento de extracción o de sobrecarga de la excavadora de rueda de cangilones 100, es decir, en particular cuando se avanza en la segunda dirección de flecha 145 con un movimiento de rotación simultáneo de la rueda de cangilones 135, de modo que no caiga material a granel, durante la transferencia, de la segunda cinta de transporte 160 y/o del brazo de carga 110. Por lo tanto, existe un riesgo no despreciable de colisión entre la excavadora de rueda de cangilones 100 y el vagón puente de transporte 105 o sus brazos 110 con máquinas, aparatos, personas circundantes o el obstáculo 125 mostrado a modo de ejemplo.

55 Cabe señalar que, según una disposición alternativa del dispositivo, la excavadora de rueda de cangilones 100 también puede cargar directamente el vagón de material a granel 120 con material a granel por medio de un brazo de descarga dispuesto en la excavadora de rueda de cangilones 100, por lo que no se requiere disponer en medio, de ningún vagón puente de transporte 105.

El funcionamiento más completamente automatizada de la planta de extracción de material mostrado en la Fig. 1, en particular en la zona del frente de extracción 130, se realiza usando el procedimiento y la instalación de acuerdo con la invención, por medio de un sistema de sensores adecuado, espacialmente resuelto y situacionalmente registrado, así como un procesamiento de datos para la simulación en tiempo real, basada en modelos del proceso de extracción de material aquí afectada, que se realiza en el frente de extracción 130 del mineral que contiene mena.

En el primer ejemplo de realización presente, los sensores GPS 300 - 315 mostrados en la Fig. 3 se suponen como sistema de sensores. Alternativa o adicionalmente se pueden utilizar sensores de detección electromagnéticos u ópticos, por ejemplo, sistemas "LiDar" basados en láser, sensores de radar, en particular un sistema de radar llamado "de penetración terrestre", transpondedores, cámaras ópticas (visuales) y/o IR o sensores de microondas.

La seguridad de funcionamiento y la seguridad laboral, así como la confiabilidad técnica del procedimiento aquí descrito o de la instalación para el funcionamiento automatizado de una planta de extracción de material aquí afectada sobre, o en la zona, de un frente de extracción 130 mostrado en la Fig.1, se mejoran adicionalmente de acuerdo con un segundo ejemplo de realización, mediante un procedimiento adaptativo, por ejemplo, por medio de una red neuronal artificial (RNA). La RNA de aprendizaje cognitivo adaptativa, es decir, aplicadas estocástica o probabilísticamente, se pueden utilizar además de la simulación basada en modelos, antes mencionada, o como alternativa al cálculo del modelo puramente determinista.

Según el segundo ejemplo de realización, los siguientes datos se registran, en particular con respecto a las propiedades geométricas y físicas (por ejemplo, estructurales del suelo o del material) del frente de extracción (o borde de extracción) 130 y las propiedades ambientales con respecto a la excavadora de rueda de cangilones 100, en el frente de extracción 130, se tienen en cuenta como variables de entrada de la RNA por medio de un sistema de sensores 300 - 315 mencionado. Además, en el presente ejemplo también se tienen en cuenta variables de funcionamiento de la planta de extracción de material detectadas por sensores.

- La geometría espacial, la topografía o el contorno del borde de extracción 130 se detectan, por ejemplo, mediante óptica (láser) o tecnología de radar;
- las propiedades del material (interno) del borde de extracción 130, detectadas por ejemplo por medio de un sensor de microondas, por ejemplo, el contenido de agua y posibles capas de separación;
- por ejemplo, posibles obstáculos u obstrucciones detectados técnicamente (láser), ópticamente o por radar, por ejemplo, cantos rodados, estructuras/edificios o vegetación que interrumpen el proceso de extracción;
- la posición actual de la excavadora de rueda de cangilones 100, determinada por ejemplo por medio de un sensor GPS;
- el ángulo de rotación actual del brazo de descarga 160 de la excavadora de rueda de cangilones 100, determinado, por ejemplo, por medio de al menos dos sensores GPS;
- la posición actual del vagón puente de transporte 105, determinada por ejemplo por medio de un sensor GPS;
- que a su vez determina, por ejemplo, por medio de al menos dos sensores GPS, el ángulo de rotación actual del vagón puente de transporte 105.

A partir de los datos así registrados se realiza una clasificación situacional determinada o una clasificación de una situación de funcionamiento presente. Cabe señalar aquí que para los últimos cuatro datos mencionados se detectan y evalúan preferentemente, datos de posición y/o de ángulo, tanto relativos como absolutos.

Al clasificar una situación actual presente de extracción o de sobrecarga en el frente de extracción, así como, si es necesario, el estado de la planta de la excavadora de rueda de cangilones, así como los dispositivos de transporte y auxiliares, dispuestos en la zona o zona ambiental de la excavadora o del frente de extracción, sobre la base de los datos detectados o de las variables de funcionamiento correspondientes. Se pueden tener en cuenta posibles colisiones entre partes de la planta, así como entre partes de la planta y objetos que no pertenecen a la planta.

Al clasificar la situación de funcionamiento de la planta en la zona del frente de extracción 130, las variables detectadas por sensores, es decir, por ejemplo, el contorno geométrico exacto del borde de extracción del frente de extracción, el contenido de agua del material allí, que determina la resistencia del material a extraer o posibles capas de separación, así como sobre o en la zona de los objetos dispuestos en el frente de extracción (por ejemplo, cantos rodados, edificios o vegetación) y, en caso necesario, adicionalmente los datos de posición y/o ángulo mencionados, de las partes o dispositivos de la planta afectados en el frente de extracción, analizados y clasificados o combinados en clases. Sobre la base del resultado de la clasificación, se crea un plan correspondiente de funcionamiento o de extracción, por lo que se tiene en cuenta, también en caso necesario una situación de funcionamiento identificada como potencialmente inminente y crítica para una colisión. La clasificación se puede realizar, por ejemplo, sobre la base de métodos de agrupamiento que son conocidos en sí, por ejemplo, sobre la base del conocido enfoque "k-media". Cada clase así formada describe una situación de funcionamiento específica de la planta.

Al clasificar la situación de funcionamiento sobre la base de datos del entorno o de ambiente detectados por sensores, también se puede realizar una cartografía local, por ejemplo, por medio de triangulación óptica. Basándose en los resultados de este estudio medioambiental, se crea un plan de extracción estático (el llamado "plan de mina"), el cual de manera sistemática e inherente al proceso, no presenta (o ya no) ninguna colisiones. Debido a la dinámica de dicha planificación, debido a los continuos cambios en las condiciones límite durante el funcionamiento de la planta, es necesario monitorizar continuamente el potencial de colisión y, si es necesario, tomar medidas adicionales para prevenir colisiones.

Una vez clasificada la situación de funcionamiento, se transfiere a un estado específico de la planta y/o del proceso en la zona del borde de extracción. Esta transferencia de estado se ilustra en la Fig. 4. Además de la situación de funcionamiento actual, el estado de la planta también tiene en cuenta estados anteriores de la planta. Esto permite evaluar la situación de funcionamiento durante un período de tiempo más largo. Además, la transferencia de estado permite una sincronización entre diferentes partes de la planta. En el presente ejemplo de realización, la realización técnica de la transferencia de estado se realiza de manera conocida en sí, por medio de una máquina de estado correspondiente.

El diagrama de estado mostrado en la Fig. 4, se basa en un estado inicial 400 ("S0") de la planta o del proceso de extracción. En el presente ejemplo, dos posibles estados posteriores 410, 415 ('S2' y 'S3') dan como resultado un estado intermedio 405 ('S1') causado por una primera transición de estado 420 ('Z1'). Sobre la base de la clasificación de una situación de funcionamiento presente, el primer estado posterior 410 ('S2') resulta, ya sea basándose en una segunda transición de estado 425 ('Z2'), o el segundo estado posterior 415 ('S3'), basándose en una tercera transición de estado 430 ("Z3").

Ahora se supone que uno de los dos posibles estados posteriores 410 ('S2'), 415 ('S3') incluye una situación de colisión con un obstáculo mencionado u objeto de interferencia, por ejemplo, el estado posterior 415 ('S3'). Una situación de colisión de este tipo puede ser, por ejemplo, una colisión que es probable que se produzca durante el funcionamiento posterior de la planta, entre el brazo de descarga 160 de la excavadora de rueda de cangilones 100, mostrada en la Fig. 1, y el brazo de carga 110 del vagón puente de transporte 105.

Después de que se hayan determinado de la manera descrita el estado de funcionamiento actual de la planta y un probable estado posterior de la planta, con una posible colisión, en el presente ejemplo de realización, primero se realiza una selección de estrategias de control o regulación adecuadas para el estado actual de la planta, para prevenir eficazmente tal colisión. Esta selección se puede realizar, por ejemplo, mediante la selección de valores objetivo para las respectivas regulaciones de cada uno de los dispositivos, o juntos para todos los dispositivos del grupo de dispositivos de la planta de sobrecarga.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de realización del procedimiento o instalación de acuerdo con la invención, sobre la base de un diagrama de flujo/bloques combinado.

Para fines de simplificación, en el presente ejemplo de realización, el procedimiento mostrado se basa en un sistema de sensores 200 solo para detectar el curso geométrico del borde de extracción 130 y cualquier obstáculo 125 que pueda estar ubicado en el frente de extracción.

En el presente ejemplo de realización, el sistema de sensores 200 comprende un sistema "LiDar" 310 (láser-óptico), dispuesto en la rueda de cangilones 135 de la excavadora 100 (véase las Figs. 1 y 3).

Por medio de los datos del sensor 203 suministrados por el sistema LiDar 200 se realiza una planificación predictiva del proceso de extracción en el frente de extracción 130, por medio de un PC industrial (IPC) 205 conocido, en particular con capacidad en tiempo real. Basándose en los datos del sensor 203 para automatizar el proceso de extracción en tiempo real, se generan o calculan, en el frente de extracción 130, datos de funcionamiento o de control 207 adecuados para la excavadora 100, y al menos los datos de control requeridos para las máquinas o dispositivos afectados en el proceso de extracción ubicados en las inmediaciones de la excavadora 100.

Basándose en los datos de control 207 proporcionados por el IPC 205, todo el grupo de dispositivos 100, 105 ubicado en la zona del frente de extracción 130 es controlado por medio de un control lógico programable (PLC) 210. Con este control, también se pueden prevenir eficazmente posibles colisiones con obstáculos 125 mencionados mediante maniobras evasivas adecuadas y/o mediante una desconexión de un actuador afectado de uno de los dispositivos 100, 105 afectados. El control se realiza, por ejemplo, mediante órdenes de marcha correspondientes o movimientos de pivote correspondientes de la rueda de cangilones 135 de la excavadora 100, así como del puente de transporte móvil 110 del vagón puente de transporte 105.

El procedimiento aquí afectado para el funcionamiento automatizado de una planta, aquí afectada, se puede basar alternativa, o adicionalmente, en una simulación calculada del modelo de un grupo de dispositivos 100, 105 mostrado en la Fig. 1, dispuesto en la zona del frente de extracción 130. El cálculo del modelo mencionado puede incluir, por un lado, una simulación basada en modelos de las posibles secuencias de movimiento (cinemática) y con ello la correspondiente predicción (pronóstico) del movimiento de la rueda de cangilones 135 de la excavadora 100, así como del grupo de dispositivos de transporte local 105.

En la Fig. 5 se representa esquemáticamente un ejemplo de realización de una simulación basada en modelos. Este escenario de ejemplo trata sobre una posible colisión de una excavadora de rueda de cangilones 500 con un obstáculo 530, dispuesto en la zona de un frente de extracción o borde de extracción 502, detectado por sensores de la manera descrita. Para simplificar el modelo, la excavadora 500 solo presenta un accionamiento por cadena 505, así como una

5 rueda de cangilones 515, dispuesta sobre un brazo 510. La tecnología de transporte requerida para el transporte de la extracción de material extraído, no se tiene en cuenta en esta simplificación, ya que el cálculo del presente modelo se refiere principalmente a la extracción de material en el borde de extracción 502. La rueda de cangilones 515 está diseñada para poder pivotar solo horizontalmente en la dirección mostrada de la flecha 520, también para simplificar, con el fin de poder extraer o retirar material en el borde de extracción 502 mediante este funcionamiento de pivote.

10 De acuerdo con una planificación de funcionamiento presente o un uso planificado de dispositivos para el funcionamiento de extracción de la planta mostrada, el avance de la excavadora 500 se realiza en la dirección mostrada de la flecha 525. En la posición extrema derecha 522 de la rueda de cangilones 515 mostrada, se puede realizar un movimiento de avance adicional de la excavadora, en la dirección de flecha 525, lo que daría como resultado una colisión entre la rueda de cangilones 515 y el obstáculo 530 detectado por el sensor. Para prevenir eficazmente una colisión de la rueda de cangilones 515 con el obstáculo 530, existen tres modos de funcionamiento o avance alternativos o recorridos de derivación para la excavadora 500.

15 Según un primer posible recorrido de derivación 535, la excavadora 500 realiza un movimiento que se extiende hacia la izquierda, por lo que la rueda de cangilones 515 es conducida más allá del obstáculo 530, por la izquierda, en su posición extrema derecha 522 y, por lo tanto, ya no puede colisionar con el obstáculo 530. La ventaja de este recorrido de derivación 535 es que no se requiere ningún tiempo de inactividad ("downtime") de la planta o del funcionamiento de la excavadora 500. Sin embargo, tiene la desventaja de que existe una importante intervención espacial y temporal en el proceso de extracción planificado, por lo que la geometría de extracción en el borde de extracción 502, también cambia significativamente y, por lo tanto, el proceso de extracción se debe adaptar en consecuencia.

20 Según un segundo recorrido de derivación 540 posible, la excavadora 500 realiza un movimiento que se bifurca hacia la derecha, por lo que la rueda de cangilones 515 es conducida más allá del obstáculo 530 por la derecha, en particular en su posición extrema izquierda 524, y por lo tanto ya no puede colisionar con el obstáculo 530. Sin embargo, cabe señalar aquí, que conducir la excavadora 500 más allá del obstáculo 530 da como resultado al menos un tiempo de inactividad ("downtime") temporal de la planta, ya que la excavadora 500 llega al borde de extracción 502 con un retraso en el mejor de los casos, y sólo entonces se puede reanudar el funcionamiento de extracción.

25 Según un tercer modo de funcionamiento 545, la excavadora 500 lleva a cabo una "parada de emergencia", es decir, un tiempo de inactividad ("downtime") específico de la planta, a tiempo antes de alcanzar el obstáculo 530. Esto también puede prevenir eficazmente una colisión mencionada con el obstáculo 530. En comparación con esta tercera alternativa, son preferentes las dos primeras alternativas, porque permiten o garantizan el funcionamiento continuo de la excavadora o de la planta. Porque hay que evitar, en la medida de lo posible, el tiempo de inactividad de toda la planta.

30 Se puede determinar un posible potencial de colisión, comparando la zona $A_{\text{planificación}}$ excedida por la rueda de cangilones durante el movimiento de desviación, o la zona envolvente correspondiente, con la zona $A_{\text{obstáculo}}$ cubierta por el obstáculo 530. Se predice una colisión, en este caso, si se cumple que la condición " $A_{\text{obstáculo}}$ es un subconjunto o una cantidad parcial de $A_{\text{planificación}}$ ". Si no se cumple esta condición, no se predice ninguna colisión.

35 En la Fig. 3 se representa con más detalle el método de cálculo predictivo descrito con referencia a la Fig. 2, sobre la base de una clasificación de situaciones a modo de ejemplo.

40 En este caso, la cadena de dispositivos de transporte mostrada en la Fig. 1 formada por una excavadora de rueda de cangilones 100 y un vagón puente de transporte 105 en el frente de extracción 130, se representa de manera simplificada. En este caso, se supone la presencia de un sistema de sensores descrito según la Fig. 2, que, en el presente ejemplo de realización, presenta un sistema de medición LiDar 310, así como tres sensores de posición GPS 300, 305, 315. El sistema de medición LiDar 310 está dispuesto en la rueda de cangilones 135 de la excavadora 100, mientras que los tres sensores GPS 300, 305, 315 están dispuestos en la excavadora 100, así como en las cintas de transporte del brazo de descarga 160 de la excavadora 100 y del brazo de carga 110 del vagón puente de transporte 105. Cabe señalar que los datos de ángulo actuales del grupo de dispositivos mostrado también se pueden calcular a partir de los datos de ubicación o posición proporcionados por los sensores GPS 300, 305, 315 por medio de una trigonometría estándar. Los datos de ángulo comprenden en particular un primer ángulo 335 entre la dirección de avance 145 de la excavadora de rueda de cangilones 100 y la orientación de la cinta de transporte del brazo de descarga 160 y un segundo ángulo 340 entre la dirección de avance 145 y el brazo de rueda de cangilones 150, así como un tercer ángulo 345 entre la dirección de avance 350 del vagón puente de transporte 105 y la orientación de su

45

50

55

Cabe señalar además que los sensores de posición 300, 305, 315 mencionados también se pueden realizar por medio de un sistema de cámara, un sistema de radar o por medio de un sistema de medición basado en láser (por ejemplo, "LiDar") así como la evaluación correspondiente de los datos de imagen registrados de ese modo.

La predicción o planificación del proceso de extracción en el frente de extracción 130, se realiza ajustando apropiadamente la velocidad de avance de la excavadora de rueda de cangilones 100 en la dirección de avance 145 de la excavadora 100, en la dirección del frente de extracción 130. Además, la planificación del proceso se lleva a cabo de tal forma que se eviten eficazmente colisiones con dichos obstáculos en el frente de extracción.

- 5 Como es conocido, el procedimiento de clasificación se puede realizar de manera analítica, numérica, por medio de un árbol de decisión o mediante reconocimiento de patrones, por ejemplo, por medio de una red neuronal. En el presente caso se utiliza el procedimiento de clasificación para dividir (clasificar) situaciones de funcionamiento en clases, de manera conocida en sí, por medio de un llamado "clasificador" o un algoritmo correspondiente.

Por el contrario, un procedimiento de clasificación clasifica situaciones de funcionamiento en clases ya existentes.

- 10 Durante el procedimiento de clasificación, los datos del sensor antes mencionados obtenidos en el frente de extracción, así como cualquier dato adicional de posición actual y/o ángulo obtenido de los dispositivos de extracción y transporte 100, 105 afectados, incluyendo posiblemente también del vagón de material a granel 120, se detecta, y los datos así obtenidos se clasifican de la manera descrita anteriormente en una clase de situación determinada empíricamente de antemano. Sobre la base del resultado de la clasificación se puede hacer funcionar entonces la planta de extracción
15 de material de manera totalmente automática, al menos en la zona del frente de extracción 130.

- En el caso del frente de extracción 600 representado en una vista lateral esquemática en la Fig. 6, una excavadora de rueda de cangilones 635, representada aquí sólo esquemáticamente, que presenta una rueda de cangilones 640, se movería (en el plano del papel) de izquierda a derecha, y se extraería material en la zona del borde de extracción 605
20 mostrado. En el escenario presente, ya hay dos capas o niveles de extracción 610, 610' y 615, 615', por lo que, la excavadora, no mostrada, realiza actualmente trabajos de extracción en la capa superior 615, 615'.

- En el presente ejemplo de realización está dispuesto en la excavadora 635 un sistema de sensores 650 basado en un radar, por medio del cual, por un lado se realiza la detección de la geometría del terraplén 620 y en particular del borde de extracción 605, y por otro lado, se pueden detectar posibles obstrucciones, cantos rodados o capas de separación en el interior del frente de extracción o del borde de extracción, por medio de la conocida tecnología de radar de
25 "penetración terrestre.

Cabe señalar que la disposición del sistema de sensores en la excavadora (por así decirlo como soporte de sensores) es sólo un ejemplo y, alternativamente, el sistema de sensores también puede estar dispuesto de manera móvil en un dispositivo auxiliar, por ejemplo, un dron terrestre o un dron volador no tripulado.

- Los objetivos de tecnología de procesos del sistema de sensores 650 se refieren a los siguientes datos, que se deben
30 detectar con la mayor precisión posible y en el menor intervalo de tiempo posible:

- detección del estado real de la geometría del borde de extracción 605 como un valor real, para poder compararlo con un valor objetivo correspondiente, calculado mediante simulación, basado en modelos con el menor intervalo de tiempo posible;
- determinación del comportamiento del terraplén en la zona del frente de extracción 600, en particular en el borde
35 de extracción 605;
- detección de cualquier obstrucción, por ejemplo, cantos rodados, presentes en el borde de extracción 605 o en el interior de la montaña del borde de extracción 605;
- determinación de la estructura (interior) de la montaña del material en el borde de extracción 605, por ejemplo, para distinguir entre las cualidades del material presente en la montaña, así como para distinguir entre minerales valiosos que se pueden usar para la extracción de mena y la sobrecarga que no se puede usar, con el fin de
40 determinar la ubicación exacta de cualquier trabajo subterráneo o minero anterior, de cualquier capa de separación de material dispuesta en la montaña, causada por ésta o no, así como para análisis geológicos en la zona del terraplén 620.

- El control de la excavadora, en particular el avance en la dirección de marcha mencionada de la excavadora, así como el movimiento de pivote de la rueda de cangilones, se realiza basándose en una regulación, que se basa en minimizar la desviación entre los valores reales y el objetivo mencionados. Alternativa o adicionalmente, el control se puede basar en un proceso de IA con autoaprendizaje, es decir, en función del comportamiento del dispositivo en relación con un terraplén actualmente presente que se debe procesar.

- La simulación basada en modelos se basa en un modelo geométrico del borde de extracción 605, que además
50 enriquece el estado real detectado por el sensor con datos geológicos. De este modo, además de la detección geométrica mencionada anteriormente del comportamiento del terraplén 620 o del borde de extracción 605, el sensor de radar 645 también detecta la posición espacial de una sección de costura o estructura de costura 625, encerrada en el interior del borde de extracción 605, presente a modo de ejemplo en el presente escenario. La sección de costura 625 todavía puede provenir de trabajos subterráneos o de minería anteriores y, por lo tanto, solo sirve como sobrecarga
55 (pura) no recuperable. Por otro lado, la sección de costura 625 también puede corresponder a un mineral valioso

mencionado, que puede ser encontrado por un sensor, para ser extraído con el debido cuidado. En el presente escenario, el modelo también comprende un canto rodado 630 que aún no está expuesto o que ya ha estado ligeramente expuesto en la capa de excavación superior 610.

5 El resultado de la simulación es un plan de extracción detallado para el funcionamiento de la excavadora 635. En este caso, sobre la base de la comparación mencionada anteriormente entre los datos detectados por sensor y los datos correspondientes basados en modelos, los siguientes parámetros de funcionamiento de la excavadora 635 se ajustan o reajustan:

- el posicionamiento de la excavadora de rueda de cangilones en relación con un bloque de extracción;
- la velocidad de desplazamiento (avance) de la excavadora y la velocidad de pivote de la rueda de cangilones;
- 10 - la división de discos (correspondientes a la altura de un rebaje) en un bloque de extracción respectivo;
- la profundidad de corte de la rueda de cangilones;
- la planificación del recorrido de la excavadora para la extracción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para el funcionamiento automatizado de una planta de extracción de material en un frente de extracción (130) de un sitio de extracción de material, en el que la planta de extracción de material comprende al menos un dispositivo de extracción (100) móvil y movable, para producir material a granel y al menos un dispositivo de transporte (105) para la retirada del material a granel extraído,
- 10 en el que sobre la base de datos del sensor (203) obtenidos por medio de un sistema de sensores (200, 300 - 315), se lleva a cabo una simulación en tiempo real basada en modelos del funcionamiento de la planta de extracción de material, así como del correspondiente proceso de extracción de material en el frente de extracción (130) del sitio de extracción de material, y la planta de extracción de material funciona de manera automatizada sobre la base de los resultados de la simulación en tiempo real,
- 15 en el que, sobre la base de los datos del sensor (203) detectados, se generan en tiempo real primeros datos de control adecuados (207) para la automatización del proceso de extracción, en el frente de extracción (130), para al menos un dispositivo de extracción (100), caracterizado por que se generan segundos datos de control para partes o dispositivos de la planta, que están dispuestos en las proximidades del frente de extracción (130) o en las proximidades de al menos un dispositivo de extracción (100), afectados en el proceso de extracción.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la planificación del proceso del proceso de extracción en el frente de extracción (130), se lleva a cabo basándose en los datos del sensor (203) detectados.
- 20 3. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se lleva a cabo una clasificación de una situación de funcionamiento presente de la planta de extracción de material, en la zona del frente de extracción (130) en una clase de situación en base a los datos del sensor (203) detectados, y por que en base al resultado de la clasificación se identifica una posible situación de funcionamiento inminente, que requiere una intervención en la planta de extracción de material.
- 25 4. El procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que en la clasificación de la situación de funcionamiento de la planta de extracción de material en la zona del frente de extracción (130), se determina una o más del grupo de las siguientes variables técnicas en base a los datos del sensor (203) detectados:
- el contorno geométrico de un borde de extracción (605) del frente de extracción (130, 600);
 - la resistencia del material a extraer, preferentemente en función de su contenido de agua;
 - posibles capas de separación en el material a extraer;
 - objetos dispuestos en la zona del borde de extracción (605);
 - 30 - datos de posición y/o de ángulo de partes de la planta o dispositivos afectados en el frente de extracción (130, 600).
5. El procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que en la clasificación de la situación de funcionamiento de la planta de extracción de material en la zona del frente de extracción (130) se tiene en cuenta adicionalmente una o más del grupo de las dos variables técnicas siguientes, detectadas por sensores:
- 35 - el comportamiento del terraplén en el frente de extracción (130, 600);
- diferentes materiales en el frente de extracción (130, 600).
- 40 6. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los datos del sensor (203) detectados por sensor y opcionalmente clasificados, son procesados en tiempo real, con el fin de realizar automáticamente el ajuste de al menos uno o más del grupo de los siguientes parámetros de funcionamiento de la planta de extracción de material:
- el posicionamiento de al menos un dispositivo de extracción (100) con respecto al frente de extracción (130, 600);
 - el posicionamiento de al menos un dispositivo de extracción (100) con respecto a al menos un dispositivo de transporte que trabaja junto, en materia de tecnología de procesos, con el dispositivo de extracción (100);
 - 45 - la activación de secuencias de procesos;
 - la determinación de velocidades de proceso;
 - la determinación de la profundidad de corte de una herramienta de corte de al menos un dispositivo de extracción (100);
 - el movimiento de al menos un dispositivo de extracción (100) con respecto al frente de extracción (130, 600).

7. El procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que el procesamiento en tiempo real de los datos del sensor (203) detectados por sensores y opcionalmente clasificados, se realiza por medio de una red neuronal artificial de autoaprendizaje, en la que el proceso de extracción en el borde de extracción (605), se entrena sobre la base de un comportamiento determinado de la máquina o del dispositivo.
- 5 8. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se generan datos de control (207), por medio de los cuales se controlan (210) el al menos un dispositivo de extracción (100) y el al menos un primer dispositivo de transporte (105) de manera que se eviten colisiones, en el que se lleva a cabo maniobras evasivas adecuadas y/o una desconexión de al menos un actuador de uno de los dispositivos de extracción/transporte (100, 105), afectados y/o órdenes de marcha y/o movimientos de pivote y de elevación, que evitan colisiones de al menos un dispositivo de extracción (100), así como de al menos un primer dispositivo de transporte (105).
- 10 9. Una instalación, que está configurada para controlar una planta de extracción/transporte, que se pueda utilizar en particular en la minería a cielo abierto, que comprenda al menos un dispositivo de extracción (100) para producir material a granel y al menos un primer dispositivo de transporte (105), para retirar el material a granel extraído, por medio de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 15 10. La instalación según la reivindicación 9, caracterizada por un sistema de sensores (200, 300-315), para generar datos del sensor (203), una unidad de procesamiento de datos (205) para llevar a cabo una clasificación según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, y para generar datos de control (207), por medio de los cuales, el al menos un dispositivo de extracción (100) y el al menos un dispositivo de transporte (105), se controlan por medio de una unidad de control (210).
- 20 11. La instalación según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que el sistema de sensores (200, 300 - 315) comprende uno o más del grupo de los siguientes sensores:
- antena de radar y/o sistema de radar de penetración terrestre;
 - sensor óptico o láser ("LiDAR");
 - cámara óptica o cámara de infrarrojos IR;
 - 25 - sensor electromagnético (transpondedor);
 - sensor GPS;
 - codificador de ángulo.

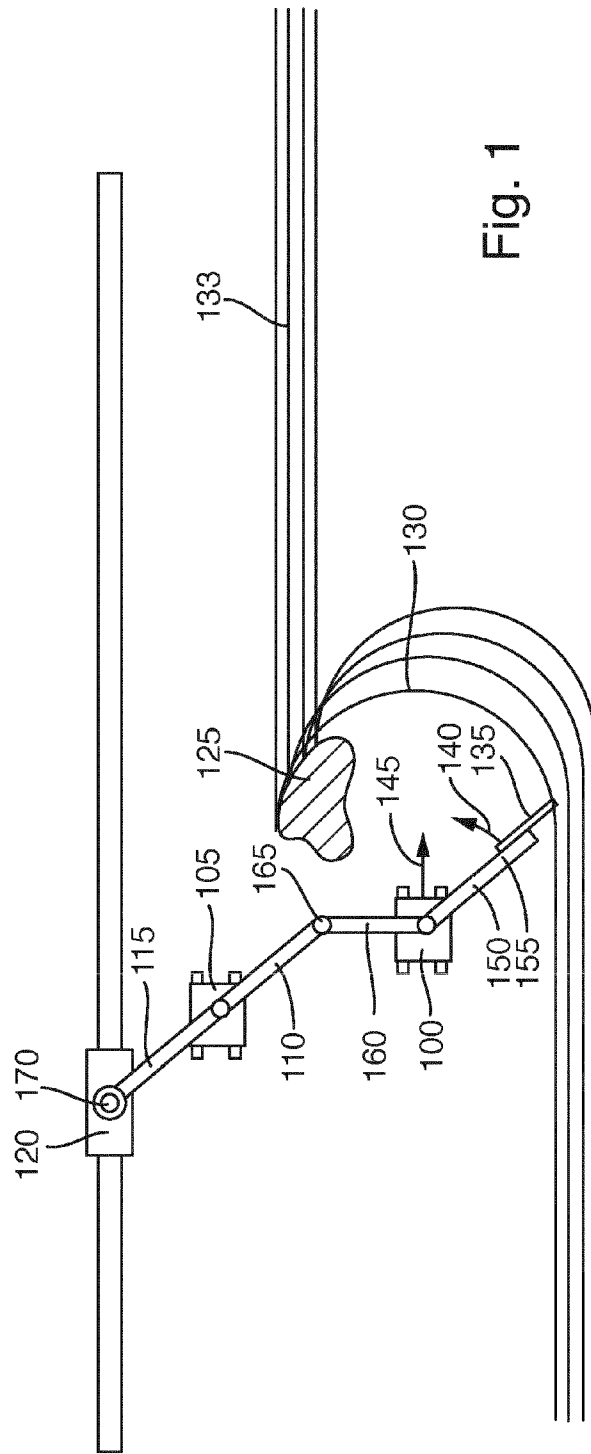


Fig. 1

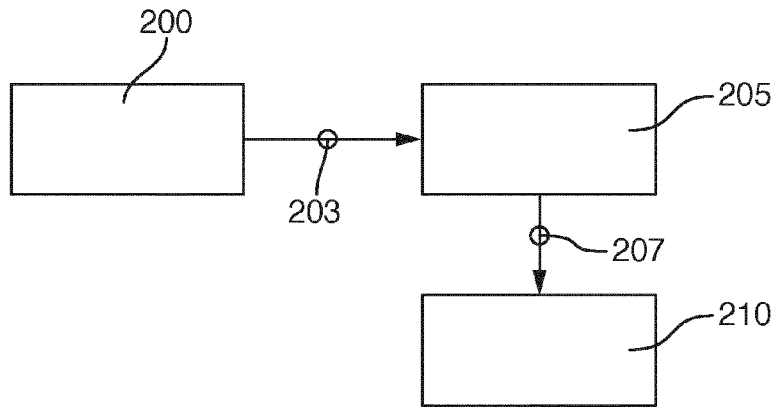


Fig. 2

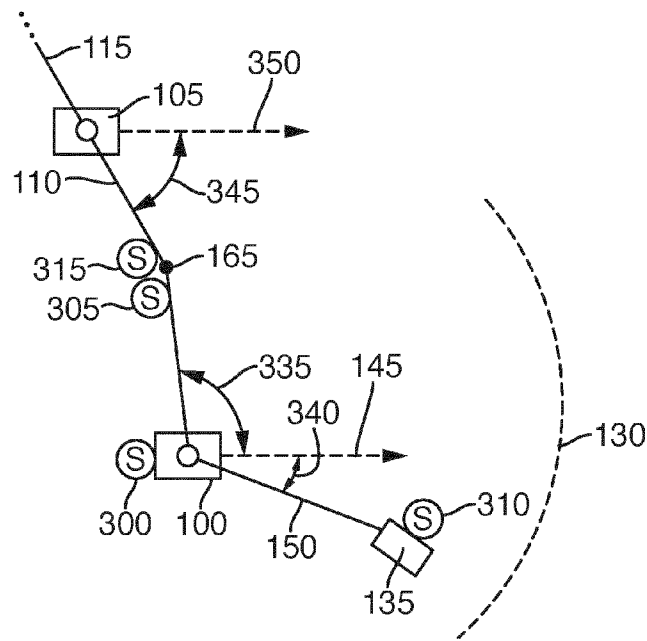


Fig. 3

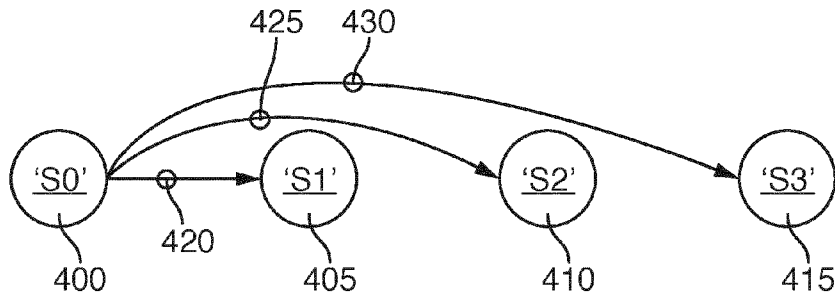


Fig. 4

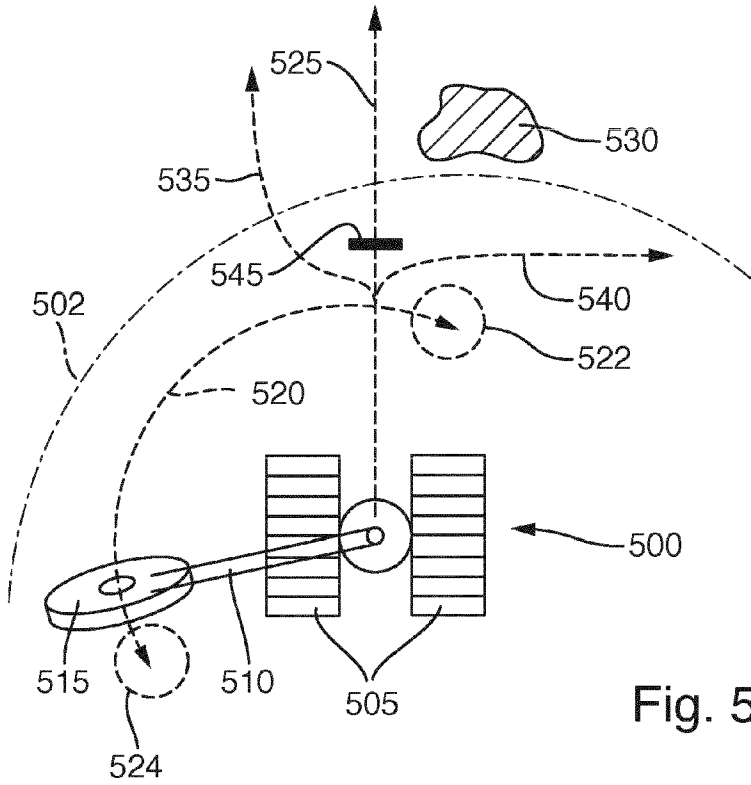


Fig. 5

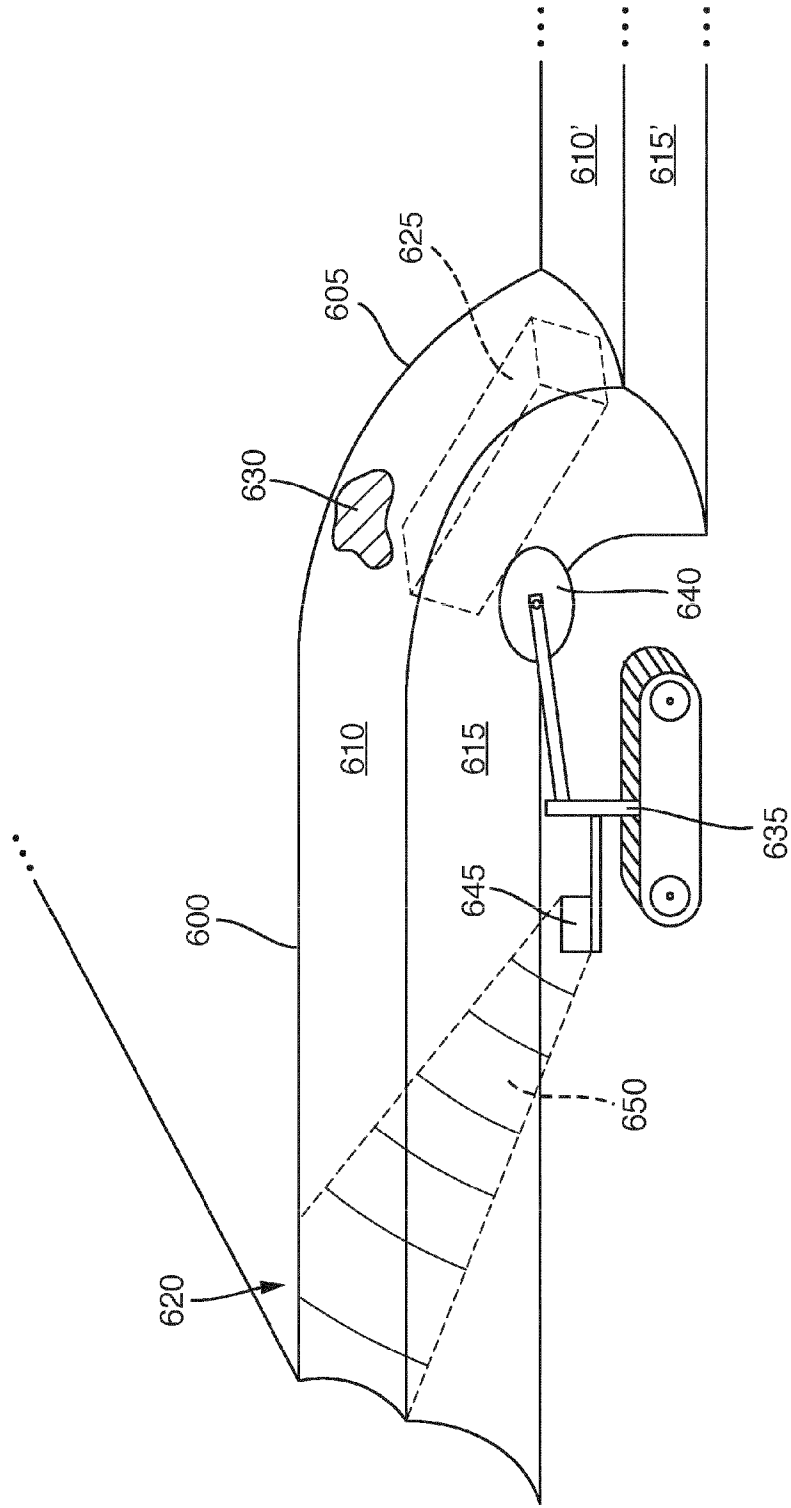


Fig. 6