

APARATO Y MÉTODO PARA REGISTRAR UNA UBICACIÓN DE ALMACENAMIENTO POR TAMAÑO PARA TUBÉRCULOS COSECHADOS

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 Este documento se refiere a aparatos y métodos para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados depositados por un apilador de contenedores.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 Los tubérculos son un tipo de estructura agrandada que se utiliza como órgano de almacenamiento de nutrientes en algunas plantas. Los cultivos de tubérculos son algunos de los cultivos más importantes del mundo y constituyen una gran parte del suministro mundial de alimentos. Los tubérculos incluyen tubérculos de raíz (por ejemplo, papas, ñame) y tubérculos de tallo (por ejemplo, camote, mandioca).

- 15 En aplicaciones agrícolas, los tubérculos frecuentemente se pueden clasificar de acuerdo con sus atributos físicos, como el tamaño. La aplicación prevista y el precio de los tubérculos pueden basarse en los resultados de la clasificación. Por ejemplo, las papas grandes y alargadas que se pueden utilizar para producir papas a la francesa y papas fritas pueden tener un precio más alto. Las papas más pequeñas y de forma irregular que pueden utilizarse para otros productos procesados, como puré de papa u hojuelas de papa, pueden
20 tener un precio más bajo.

La clasificación oportuna de los tubérculos después de la cosecha puede permitir operaciones logísticas y precios adecuados (almacenamiento, procesamiento y distribución). Esto puede mejorar la eficiencia operativa y reducir los residuos después de la cosecha.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

- 25 La siguiente breve descripción se proporciona para presentar al lector el planteamiento más detallado que seguirá. La breve descripción no pretende limitar ni definir ninguna invención reivindicada o aún no reivindicada. Una o más invenciones pueden residir en cualquier combinación o subcombinación de los elementos o pasos del proceso descritos en cualquier parte de este documento, incluidas sus reivindicaciones y figuras.

De acuerdo con algunos aspectos, se proporciona un método para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para los tubérculos cosechados depositados por un apilador de contenedores. El método puede comprender: capturar, utilizando una cámara, una o más imágenes de los tubérculos cosechados que se mueven sobre un transportador hacia el apilador de contenedores; segmentar, mediante un procesador, representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar, por parte del procesador, una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar, por parte del procesador, una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos basándose en una o más características de forma de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir, por parte del procesador, un tamaño de tubérculo correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir, por parte del procesador, un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos en base al tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar, por parte del procesador, la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores; y registrar en la memoria la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

De acuerdo con algunos aspectos, se proporciona un aparato para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados. El aparato puede comprender un apilador de contenedores, un transportador, una cámara, un sistema de localización y un sistema de control. El apilador de contenedores puede configurarse para depositar los tubérculos cosechados en el lugar de almacenamiento. El transportador puede configurarse para mover los tubérculos cosechados hacia el apilador de contenedores. La cámara puede configurarse para capturar una o más imágenes de los tubérculos cosechados que se mueven sobre el transportador. El sistema de ubicación está configurado para generar datos de ubicación del apilador de contenedores que indican una ubicación del apilador de contenedores. El sistema de control puede tener al menos un procesador y una memoria. El al menos un procesador puede configurarse para colectivamente: recibir una o más imágenes de la cámara; segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos

individuales es una representación de tubérculos no ocluidos basándose en una o más características de forma de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir un tamaño de tubérculos correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose, al menos en parte, en los datos de ubicación del apilador de contenedores; y registrar en la memoria el lugar de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

De acuerdo con algunos aspectos, se proporciona un medio legible por computadora no transitorio que comprende instrucciones ejecutables por un procesador. Las instrucciones, cuando se ejecutan, pueden configurar el procesador para: recibir, desde una cámara, una o más imágenes de tubérculos cosechados que se mueven sobre un transportador hacia un apilador de contenedores; segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos basándose en una o más características de forma de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir un tamaño de tubérculos correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar una ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores; y registrar en la memoria el lugar de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las figuras incluidas con la presente son para ilustrar diversos ejemplos de artículos, métodos, y aparatos de la presente especificación y no se propone que limiten el alcance de lo que se enseña de ninguna manera. En los dibujos:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato para registrar una ubicación

de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados, de acuerdo con una modalidad;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control del aparato de la FIG. 1;

La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo de registrar un lugar de almacenamiento por tamaño para los tubérculos cosechados depositados por un apilador de contenedores;

La Figura 4A es una imagen capturada de ejemplo de múltiples papas moviéndose sobre un transportador, de acuerdo con una modalidad;

La Figura 4B es una imagen de segmentación generada para la imagen capturada de ejemplo de la FIG. 4A;

La Figura 4C muestra una máscara binaria para cinco representaciones de papas no ocluidas identificadas entre las representaciones de papas individuales que se muestran en la FIG. 4B;

La Figura 5A muestra una caja delimitadora colocada alrededor de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual, de acuerdo con una modalidad;

La Figura 5B muestra una caja delimitadora con ángulo ajustado colocada alrededor de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual, de acuerdo con una modalidad;

La Figura 5C muestra una elipse ajustada al contorno externo de la máscara binaria de ejemplo de la FIG. 5B; y

La Figura 5D muestra la desviación de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual de su cáscara convexa, de acuerdo con una modalidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Numerosas modalidades se describen en esta solicitud, y se presentan solo con fines ilustrativos. Las modalidades descritas no pretenden ser limitantes en ningún sentido. La invención es ampliamente aplicable a numerosas modalidades, como es fácilmente evidente de la divulgación en la presente. Los expertos en el arte reconocerán que la presente

invención puede ser practicada con modificación y alteración sin apartarse de las enseñanzas divulgadas en la presente. Aunque las características particulares de la presente invención pueden describirse con referencia a una o más modalidades o figuras particulares, debe entenderse que tales características no se limitan al uso en una o más modalidades o figuras particulares con referencia a las que se describen.

Los términos “una modalidad”, “modalidad”, “modalidades”, “la modalidad”, “las modalidades”, “una o más modalidades”, “algunas modalidades” y “una modalidad” significan “una o más (pero no todas) modalidades de la presente invención(s),” a menos que se especifique expresamente lo contrario.

Los términos “incluyendo”, “comprendiendo” y sus variaciones significan “incluyendo pero no limitado a”, a menos que se especifique expresamente lo contrario. Una lista de artículos no implica que alguno o todos los artículos son mutuamente excluyentes, a menos que se especifique expresamente lo contrario. Los términos “una”, “un” y “el” significan “uno o más”, a menos que se especifique expresamente lo contrario.

Como se utiliza en la presente y en las reivindicaciones, se dice que dos o más partes están “acopladas”, “conectadas”, “unidas”, “fijadas” o “sujetas” cuando las partes se unen u operan juntas, ya sea directa o indirectamente (es decir, a través de una o más partes intermedias), siempre y cuando se produzca un lazo. Como se utiliza en la presente y en las reivindicaciones, dos o más partes se dice que están “directamente acopladas”, “directamente conectadas”, “directamente unidas”, “directamente fijadas” o “directamente sujetas” donde las piezas están conectadas en contacto físico entre sí. Como se usa en la presente, se dice que dos o más partes están “rígidamente acopladas”, “rígidamente conectadas”, “rígidamente unidas”, “rígidamente pegadas” o “rígidamente sujetas” donde las piezas están acopladas para moverse como una sola mientras se mantiene una orientación constante entre sí. Ninguno de los términos “acoplado”, “conectado”, “adjunto”, “unido”, “fijado”, y “sujetado” distinguen la manera en que dos o más partes se unen entre sí.

Además, aunque los pasos del método pueden describirse (en la divulgación y / o en las reivindicaciones) en un orden secuencial, dichos métodos pueden configurarse para funcionar en órdenes alternativas. En otras palabras, cualquier secuencia o orden de pasos que se pueda describir no indica necesariamente un requisito de que los pasos se realicen en ese orden. Los pasos de los métodos descritos en la presente se pueden realizar en cualquier orden que sea práctico. Además, algunos pasos se pueden realizar simultáneamente.

Tal como se utiliza en la presente y en las reivindicaciones, se dice que un grupo de elementos realizan "colectivamente" un acto en el que ese acto es realizado por cualquiera de los elementos del grupo, o realizado cooperativamente por dos o más (o todos) elementos del grupo.

5 Como se usa en en la presente y en las reivindicaciones, se dice que un primer elemento es "recibido" en un segundo elemento donde al menos una parte del primer elemento se recibe en el segundo elemento a menos que se indique específicamente lo contrario.

10 Algunos elementos en la presente pueden identificarse por un número de pieza, que está compuesto por un número base seguido de un sufijo alfabético o numérico subíndice (por ejemplo, (e.g., 112a, or 112₁). Los elementos múltiples en la presente pueden identificarse por números de pieza que comparten un número base en común y que difieren por sus sufijos (por ejemplo, 112₁, 112₂, y 112₃). Todos los elementos con un número base común pueden ser referidos colectivamente o genéricamente usando el número base sin un sufijo (por
15 ejemplo, 112).

 Como se usa en en la presente y en las reivindicaciones, "arriba", "abajo", "hacia arriba", "hacia abajo", "para arriba", "vertical", "elevación", "superior", "inferior" y términos similares se refieren a una direccionalidad generalmente alineada con (por ejemplo, paralela a) la gravedad. Sin embargo, ninguno de los términos a que se refiere este párrafo implica
20 una alineación particular entre elementos. Por ejemplo, se puede decir que un primer elemento está "verticalmente encima" de un segundo elemento, donde el primer elemento está a una elevación más alta que el segundo elemento, e independientemente de si el primer elemento está alineado verticalmente con el segundo elemento.

 La clasificación oportuna de los tubérculos después de la cosecha puede requerir
25 importantes recursos laborales. Los tubérculos cosechados pueden transportarse y depositarse en una instalación de almacenamiento mediante transportadores de alto rendimiento. Por ejemplo, el rendimiento del transportador puede ser superior a 200 kg por minuto. Medir manualmente el tamaño de cada tubérculo cosechado, o incluso una pequeña fracción de cada tubérculo cosechado, puede ser costoso, requerir mucho tiempo y mano de
30 obra, lo que requiere una importante inversión de tiempo y mano de obra. Los aparatos y métodos descritos pueden reducir (o casi eliminar) los requisitos de costo, tiempo y mano de obra al automatizar la medición del tamaño y el seguimiento de la ubicación de los tubérculos cosechados.

La clasificación oportuna y precisa de los tubérculos cosechados puede resultar un problema. Los transportadores utilizados para transportar los tubérculos cosechados al almacenamiento pueden ser estrechos y provocar agrupamiento y oclusión de los tubérculos. Por ejemplo, cuando se forman pilas de tubérculos en los transportadores, los tubérculos del nivel superior se colocarán sobre los tubérculos del nivel inferior y, por lo tanto, ocluirán (es decir, bloquearán la visibilidad) al menos porciones de los tubérculos del nivel inferior. Las porciones ocluidas pueden impedir una evaluación precisa del tamaño cuando se utilizan imágenes para ayudar en este proceso. Otros problemas pueden incluir vibraciones mecánicas, luz ambiental y la presencia de objetos extraños (por ejemplo, tierra), que pueden variar de acuerdo con las secciones del campo en las que se cosecharon los tubérculos.

Los aparatos y métodos descritos pueden mejorar la precisión de las mediciones de tamaño al diferenciar tubérculos completamente visibles (es decir, no ocluidos) de tubérculos ocluidos en imágenes. Se puede seleccionar una muestra de los tubérculos no ocluidos para medir el tamaño y se puede atribuir un tamaño promedio a los tubérculos cosechados cercanos (incluidos los tubérculos ocluidos) basándose en las medidas de tamaño de los tubérculos no ocluidos muestreados. Esto evita imprecisiones asociadas con la evaluación del tamaño de los tubérculos ocluidos.

Con referencia a la Figura 1, en ella se muestra una ilustración esquemática de un aparato 100 para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados 10. En el ejemplo ilustrado, el aparato 100 incluye un apilador de contenedores 104, un transportador 108, una cámara 112, un sistema de control 116 y un sistema de ubicación 120.

Los tubérculos cosechados 10a pueden depositarse en un primer extremo 128 del transportador 108. Por ejemplo, los tubérculos cosechados pueden transportarse desde un campo y depositarse en el primer extremo 128 mediante un camión 14. Un segundo extremo 132 del transportador 108 puede conectarse al apilador de contenedores 104. El transportador 108 puede tener cualquier diseño adecuado para mover los tubérculos cosechados 10 desde el primer extremo 128 hacia el apilador de contenedores 104 ubicado en el segundo extremo 132. Por ejemplo, el transportador 108 puede ser una cinta transportadora o un transportador de rodillos motorizado.

El transportador 108 puede incluir uno o más segmentos de transportador. Por ejemplo, el transportador 108 puede incluir un único segmento de transportador recto que se extiende desde el primer extremo 128 hasta el segundo extremo 132. En la modalidad ilustrada, el transportador 108 se muestra incluyendo múltiples segmentos de transportador

(por ejemplo, segmentos de transportador 110a-110d que se extienden desde la estación de clasificación 22 hasta instalación de almacenamiento 18). Cada segmento transportador 110 puede extenderse a lo largo de la misma o diferente dirección que los segmentos adyacentes y/o puede inclinarse igual o diferentemente que los segmentos adyacentes. En algunos ejemplos, cada segmento del transportador puede moverse a la misma o diferente velocidad que los segmentos adyacentes.

Opcionalmente, el aparato 100 puede incluir uno o más sensores 148 configurados para medir la o las velocidades de los segmentos del transportador 110. El aparato 100 puede incluir cualquier número adecuado de sensores 148 (por ejemplo, de 1 a 100 sensores). Por ejemplo, el aparato 100 puede incluir un sensor de velocidad 148 para cada segmento transportador 110 capaz de moverse a una velocidad diferente de los segmentos adyacentes 110. En la modalidad ilustrada, los sensores 148a-148d están configurados para medir las velocidades de los segmentos del transportador 110a-110d respectivamente.

El sensor 148 puede tener cualquier diseño adecuado para medir la velocidad de los segmentos 110 del transportador. Por ejemplo, el sensor 148 puede ser un sensor de árbol magnético Reed 59060 que puede proporcionar una medición sin contacto de la velocidad del transportador. El sensor de árbol magnético Reed 59060 puede medir las revoluciones por segundo de cualquiera de los árboles alrededor de los cuales gira la cinta transportadora. La velocidad del segmento del transportador se puede determinar en función de las revoluciones por segundo medidas y el radio del árbol de acuerdo con la Ecuación 1 a continuación:

$$\text{Velocidad del transportador (m/s)} = \text{revoluciones medidas (1/s)} \times 2\pi \times \text{radio del árbol (m)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En otros ejemplos, se pueden usar diferentes sensores. El sensor 148 puede proporcionar datos medidos de la velocidad del transportador al sistema de control 116 por cable o de forma inalámbrica (por ejemplo, usando LoRa, WiFi® o Bluetooth™). Medir la o las velocidades de los segmentos transportadores 110 permite que el sistema de control 116 prediga con mayor precisión cuándo un tubérculo que pasa por la estación de clasificación 22 será descargado del apilador de contenedores 104 a la pila de tubérculos 10c en la instalación de almacenamiento 18. Esto permite el almacenamiento la ubicación 30 de ese tubérculo dentro de la instalación de almacenamiento 18 se determinará y registrará con mayor precisión. Por ejemplo, la velocidad del segmento transportador 110 puede variar con el tiempo dependiendo de factores tales como la densidad de tubérculos transportados por el segmento transportador 110. En consecuencia, el tiempo de tránsito entre la estación de

clasificación 22 y la El extremo de descarga del apilador de contenedores 104 también puede variar con el tiempo. Estos cambios se pueden tener en cuenta midiendo continuamente la o las velocidades de los segmentos del transportador 10.

En otras modalidades, la o las velocidades del los segmentos transportadores 110 es constante o el tiempo de tránsito desde la estación de clasificación 22 hasta el extremo de descarga del apilador de contenedores 104 es constante, de modo que el momento en que los tubérculos se descargarán del apilador de contenedores 104 después de pasar la estación de clasificación se puede predecir con precisión sin medir la o las velocidades de los segmentos 110 del transportador (es decir, sin el uso de sensores 148).

Puede instalarse una estación de clasificación 22 a lo largo del transportador 108 para inspeccionar y clasificar los tubérculos cosechados. La cámara 112 puede colocarse en la estación de clasificación 22. La cámara 112 puede ser cualquier cámara adecuada para capturar imágenes de los tubérculos cosechados 10b que se mueven a lo largo del transportador 108. En algunas modalidades, la cámara 112 puede ser una cámara RGB que captura imágenes de los tubérculos cosechados en el visible. rango del espectro electromagnético. En otras modalidades, la cámara 112 puede ser cualquier otra cámara, por ejemplo, una cámara hiperespectral que puede capturar imágenes en el rango visible e infrarrojo (IR) del espectro electromagnético. Una cámara hiperespectral puede proporcionar información adicional en comparación con una cámara RGB, por ejemplo, información sobre defectos internos de los tubérculos fotografiados. Una cámara RGB puede permitir un menor costo y complejidad del sistema en comparación con una cámara hiperespectral.

La cámara 112 puede proporcionar imágenes capturadas (por ejemplo, fotografías capturadas individualmente o fotogramas de vídeo seleccionados) para controlar el sistema 116 directamente (por ejemplo, por cable o de forma inalámbrica) o indirectamente a través de una red 26. La red 26 puede incluir una red de comunicación tal como Internet, un Red de área amplia (WAN), red de área local (LAN) u otro tipo de red. La cámara 112 puede comunicarse con la red 26 usando el módulo de comunicación 144. En algunos ejemplos, el módulo de comunicación 144 puede estar integrado en la cámara 112. En otros ejemplos, el módulo de comunicación 144 puede ser un módulo independiente que está acoplado comunicativamente a la cámara 112 (por ejemplo, una Wi-Fi o dongle de red).

En algunas modalidades, el sistema de control 116 puede controlar la velocidad de captura de imágenes de la cámara 112 basándose en los parámetros de posicionamiento y captura de imágenes de la cámara 112, y una velocidad medida del transportador 108. Por

ejemplo, el sistema de control 116 puede controlar la velocidad de captura de imágenes de la cámara 112 basado en datos de velocidad del transportador recibidos desde un sensor 148 asociado con el segmento del transportador 110a en el campo de visión de la cámara 112. La velocidad de captura de imágenes de la cámara 112 puede controlarse para evitar capturar múltiples imágenes que incluyan los mismos tubérculos.

Por ejemplo, el campo de visión de la cámara 112 puede incluir una longitud de 1,3 m del transportador 108 en función de los parámetros de posicionamiento y captura de imágenes de la cámara 112. En consecuencia, esta longitud del transportador 108 puede incluirse en cada imagen capturada por la cámara 112. A una velocidad del transportador de 1 m/s, el sistema de control puede establecer la velocidad de captura de imágenes de la cámara 112 en 0,5 imágenes por sección (es decir, 1 imagen capturada cada 2 segundos) para evitar capturar el mismo tubérculo en múltiples imágenes. Para una velocidad del transportador de 0,5 m/s, el sistema de control puede establecer la velocidad de captura de imágenes de la cámara 112 en 0,25 imágenes por segundo (es decir, 1 imagen capturada cada 4 segundos) para evitar capturar el mismo tubérculo en múltiples imágenes. La siguiente ecuación 2 proporciona una relación entre la tasa de captura de imágenes (f) en imágenes por segundo y la velocidad del transportador (v) en metros por segundo para el caso de ejemplo en donde se captura una longitud de transportador de 1,3 m en cada imagen:

$$f = 0,5 v \quad \text{(Ecuación 2)}$$

El apilador de contenedores 104 puede tener cualquier diseño adecuado para depositar los tubérculos cosechados en la instalación de almacenamiento 18. Por ejemplo, el apilador de contenedores 104 puede incluir un elevador 136 y un brazo 140. El elevador 136 puede controlar una elevación vertical desde la cual los tubérculos cosechados se descargan del apilador de contenedores 104. El brazo 140 puede controlar una posición lateral (por ejemplo, XY horizontal) de descarga de los tubérculos cosechados desde el apilador de contenedores 104. La combinación de elevador 136 y brazo 140 puede controlar la ubicación de almacenamiento 30 de los tubérculos cosechados 10c. Otros diseños de apiladores de contenedores pueden tener elementos móviles alternativos y/o adicionales para controlar la ubicación tridimensional en la que se descargan los tubérculos cosechados en la instalación de almacenamiento 18.

El sistema de localización 120 puede utilizar cualquier tecnología adecuada para rastrear el movimiento del apilador de contenedores 104 y generar datos de ubicación del apilador de contenedores. Por ejemplo, el sistema de localización 120 puede rastrear el

movimiento del apilador de contenedores 104 usando navegación a estima o medición de distancia hasta nodos de anclaje cercanos (es decir, nodos con posiciones fijas conocidas, por ejemplo, puntos de acceso WiFi®, balizas Bluetooth® o balizas de banda ultra-ancha).

En el esquema ilustrado, el sistema de ubicación 120 incluye una etiqueta 120a
5 colocada en el extremo de descarga del apilador de contenedores 104 y múltiples etiquetas de anclaje 120b (se muestran tres etiquetas de anclaje en la FIG. 1, pero se prefieren cuatro o más etiquetas para derivar una coordenada 3D) colocadas en posiciones conocidas dentro de la instalación de almacenamiento 18. Cada etiqueta 120 puede incluir un transmisor-receptor de banda ultra-ancha de radio por impulso (IR-UWB) (por ejemplo, placa de banda
10 ultra-ancha ESP32 con módulo UWB Qorvo™ DW1000). La ubicación del extremo de descarga del apilador de contenedores 104 se puede rastrear en tiempo real basándose en mediciones de tiempo de vuelo (TOF) bidireccional entre la etiqueta 120a y las múltiples etiquetas de anclaje 120b. El gran ancho de banda proporcionado por los transmisores-receptores IR-UWB puede permitir el seguimiento del movimiento del apilador de
15 contenedores con alta precisión en tres dimensiones.

El sistema de ubicación 120 puede proporcionar los datos de ubicación del apilador de contenedores generados al sistema de control 116 usando cualquier tecnología de comunicación adecuada. Por ejemplo, el sistema de ubicación 120 (por ejemplo, la etiqueta 120a) puede transmitir los datos de ubicación del apilador de contenedores al módulo de
20 comunicación 144 usando LoRa para permitir el funcionamiento de baja potencia del sistema de ubicación 120. Alternativamente o además, el módulo de comunicación 144 puede proporcionar la ubicación del apilador de contenedores recibida. datos al sistema de control 116 usando la red 26. En otros ejemplos, el sistema de ubicación 120 (por ejemplo, etiqueta 120a) puede proporcionar los datos de ubicación del apilador de contenedores generados al
25 sistema de control 116 directamente. Alternativamente o además de usar LoRa, el sistema de ubicación 120 puede transmitir los datos de ubicación del apilador de contenedores usando otras tecnologías, por ejemplo, WiFi®, o mediante una conexión por cable.

Alternativamente o además, el sistema de ubicación 120 puede incluir sensores que detectan la inclinación del elevador 136 y/o la extensión del brazo 140 y/o la extensión de uno
30 o más de los segmentos del transportador 110. Por ejemplo, uno o más de los segmentos del transportador 110 y/o el brazo 140 del apilador de contenedores puede extenderse en longitud para acomodar el depósito de tubérculos en el lugar de almacenamiento objetivo. Esta variabilidad en la longitud puede afectar la precisión del tiempo de tránsito previsto desde la

estación de clasificación 22 hasta el extremo de descarga del apilador de contenedores 104, donde el tiempo de tránsito se predice basándose en la o las velocidades medidas de los segmentos del transportador 110. En algunas modalidades, puede haber un sensor asociado con cada uno de uno o más (o todos) los segmentos del transportador 110 que son capaces de extenderse y/o aguilón de apilador de contenedores 140 para determinar la o la longitudes de estos elementos, por lo que el tiempo de tránsito previsto (medido como longitud dividida por la velocidad para viajar a través de cada elemento) se puede determinar basándose en longitudes precisas.

Se puede usar cualquier sensor adecuado para determinar la longitud actual de los segmentos del transportador extensibles 110 y/o del brazo apilador de contenedores 140. El ejemplo ilustrado muestra algunos de los segmentos del transportador 110 que incluyen un sensor 121, que puede ser un hardware similar a los sensores 120a o 120b descritos anteriormente. Por ejemplo, los datos de los sensores 121 pueden enviarse al sistema de control 116, que puede determinar una ubicación 2D o 3D de cada sensor 121 y de ahí derivar la longitud de los segmentos asociados 110. De manera similar, la longitud del brazo 140 del apilador de contenedores puede ser derivado en base a datos de ubicación del sensor 120a y/o sensores adicionales.

Ahora se hace referencia a las Figs. 1 y Figura 2. La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control 116 de ejemplo. En algunas modalidades, el sistema de control 116 puede implementarse como un dispositivo servidor (por ejemplo, un servidor remoto). En otras modalidades, el sistema de control 116 puede implementarse usando cualquier otro componente de hardware adecuado. Por ejemplo, el sistema de control 116 puede implementarse como un dispositivo que está físicamente integrado con la estación de clasificación 22.

Para la modalidad de ejemplo ilustrada en la FIG. 2, el sistema de control 116 incluye una memoria 152, una aplicación 156, un dispositivo de salida 160, un dispositivo de visualización 164, un dispositivo de almacenamiento secundario 168, un procesador 172, un dispositivo de entrada 176 y un dispositivo de comunicación 180. Uno o más (o todos) de la memoria 152, la aplicación 156, el dispositivo de salida 160, el dispositivo de visualización 164, el dispositivo de almacenamiento secundario 168, el procesador 172, el dispositivo de entrada 176 y el dispositivo de comunicación 180 pueden estar acoplados comunicativamente por cable y/o de forma inalámbrica.

En algunas modalidades, el sistema de control 116 incluye múltiples de uno cualquiera

o más de la memoria 152, la aplicación 156, el dispositivo de salida 160, el dispositivo de visualización 164, el dispositivo de almacenamiento secundario 168, el procesador 172, el dispositivo de entrada 176 y el dispositivo de comunicación 180. En algunas modalidades, El sistema de control 116 no incluye una o más de las aplicaciones 156, dispositivos de almacenamiento secundario 168, conexiones de red, dispositivos de entrada 176, dispositivos de salida 160, dispositivos de visualización 164 y dispositivos de comunicación 180.

La memoria 152 puede incluir una o más de memoria de acceso aleatorio (RAM) y memoria de sólo lectura (ROM). En algunas modalidades, la memoria 152 almacena una o más aplicaciones 156 para su ejecución por el procesador 172. Las aplicaciones 156 se corresponden con módulos de software que incluyen instrucciones ejecutables por computadora que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que uno o más procesadores realicen colectivamente el procesamiento de las funciones y métodos aquí descritos.

La memoria 152 puede almacenar uno o más modelos de aprendizaje automático. Los modelos de aprendizaje automático pueden entrenarse para segmentar tubérculos individuales visibles en imágenes capturadas y/o identificar tubérculos no ocluidos entre los tubérculos individuales segmentados. Los modelos de aprendizaje automático pueden ser generados y entrenados por el sistema de control 116. En algunas modalidades, el sistema de control 116 puede recibir un modelo de aprendizaje automático generado desde un dispositivo externo (por ejemplo, a través de la red 26) y puede entrenar el modelo de aprendizaje automático recibido. El sistema de control 116 puede llevar a cabo un entrenamiento supervisado de los modelos recibidos utilizando datos de entrenamiento etiquetados. En algunas modalidades, el sistema de control 116 puede recibir un modelo de aprendizaje automático entrenado desde un dispositivo externo (por ejemplo, a través de la red 26) y almacenar el modelo de aprendizaje automático entrenado en la memoria 152.

En algunas modalidades, la memoria 152 también puede almacenar una ubicación de almacenamiento determinada y el tamaño promedio de los tubérculos cosechados. Los datos almacenados pueden proporcionarse a los usuarios, por ejemplo, a través de la red 26.

El dispositivo de almacenamiento secundario 168 puede incluir cualquier medio legible por computadora no transitorio adecuado que incluya instrucciones ejecutables por un procesador (por ejemplo, el procesador 172). Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento secundario 168 puede incluir un disco duro, una unidad de disquete, una unidad de CD, una unidad de DVD, una unidad de Blu-ray, una unidad de estado sólido, una memoria flash u

otros tipos de almacenamiento de datos no volátiles. Los procesadores 172 pueden ejecutar colectivamente instrucciones incluidas en el dispositivo de almacenamiento secundario 168 para llevar a cabo el procesamiento de las funciones y métodos descritos en en la presente.

5 En algunas modalidades, el sistema de control 116 almacena información en un dispositivo de almacenamiento remoto, como almacenamiento en la nube, accesible a través de una red, como la red 26 u otra red. En algunas modalidades, el sistema de control 116 almacena información distribuida en múltiples dispositivos de almacenamiento, tales como la memoria 152 y el dispositivo de almacenamiento secundario 168 (es decir, cada uno de los múltiples dispositivos de almacenamiento almacena una parte de la información y
10 colectivamente los múltiples dispositivos de almacenamiento almacenan toda la información). En consecuencia, almacenar datos en un dispositivo de almacenamiento como se usa en en la presente y en las reivindicaciones, significa almacenar esos datos en un dispositivo de almacenamiento local, almacenar esos datos en un dispositivo de almacenamiento remoto o almacenar esos datos distribuidos en múltiples dispositivos de almacenamiento, cada uno de
15 los cuales puede ser local o remota.

El dispositivo de entrada 176 puede incluir cualquier dispositivo para ingresar información en el sistema de control 116. Por ejemplo, el dispositivo de entrada 176 puede ser un teclado, teclado numérico, dispositivo de cursor, pantalla táctil, cámara o micrófono. El dispositivo de entrada 176 también puede incluir puertos de entrada y radios inalámbricas (por
20 ejemplo, Bluetooth® o 802.11x) para llevar a cabo conexiones cableadas e inalámbricas a dispositivos externos.

El dispositivo de visualización 164 puede incluir cualquier tipo de dispositivo para presentar información visual. Por ejemplo, el dispositivo de visualización 164 puede ser un monitor de computadora, una pantalla plana, un proyector o un panel de visualización.

25 El dispositivo de salida 160 puede incluir cualquier tipo de dispositivo para presentar una copia impresa de información, tal como una impresora, por ejemplo. El dispositivo de salida 160 también puede incluir otros tipos de dispositivos de salida tales como altavoces, por ejemplo. En al menos una modalidad, el dispositivo de salida 160 incluye uno o más puertos de salida y radios inalámbricas (por ejemplo, Bluetooth® o 802.11x) para llevar a cabo
30 conexiones cableadas e inalámbricas a dispositivos externos.

El dispositivo de comunicación 180 puede tener cualquier diseño adecuado para recibir entradas analógicas y/o digitales y para proporcionar salidas analógicas y/o digitales. En

algunas modalidades, el dispositivo de comunicación 180 puede incluir módulos separados para señales analógicas y digitales.

Los procesadores 172 pueden ser cualquier dispositivo que pueda ejecutar colectivamente aplicaciones, instrucciones o programas legibles por computadora. Las aplicaciones, instrucciones o programas legibles por computadora pueden almacenarse en la memoria 152 o en el dispositivo de almacenamiento secundario 168, o pueden recibirse desde un almacenamiento remoto accesible a través de la red 26, por ejemplo. El procesador 172 puede ser un procesador general de alto rendimiento, un procesador estándar (por ejemplo, un procesador Intel® o un procesador AMD®), hardware especializado (por ejemplo, GPU) o múltiples dispositivos de procesamiento que realizan colectivamente las funciones proporcionadas por el procesador 172.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de un sistema de control 116. En modalidades alternativas, el sistema de control 116 contiene menos componentes, adicionales o diferentes. Además, aunque se describe que aspectos de una implementación del sistema de control 116 están almacenados en la memoria, un experto en la técnica apreciará que estos aspectos también pueden almacenarse o leerse en otros tipos de productos de programas informáticos o medios legibles por computadora. como dispositivos de almacenamiento secundario, incluidos discos duros, disquetes, CD o DVD; una onda portadora de Internet u otra red; u otras formas de RAM o ROM. Por ejemplo, el sistema de control 116 puede incluir un medio no transitorio legible por computadora que almacena instrucciones legibles por computadora que, cuando son ejecutadas por el(los) procesador(es) 172, configuran el(los) procesador(es) 172 para llevar a cabo colectivamente los métodos descritos en en la presente.

Con referencia a la Figura 3, allí se muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo 200 para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados depositados por un apilador de contenedores. Los tubérculos cosechados pueden ser, por ejemplo, todos los tubérculos cosechados de un campo. En algunas modalidades, los tubérculos cosechados pueden ser una porción de los tubérculos cosechados del campo. En algunos ejemplos, la porción puede definirse por una duración de tiempo (por ejemplo, tubérculos cosechados que se mueven en el transportador durante un tiempo prescrito (por ejemplo, un minuto o una hora) o por número (por ejemplo, varios camiones llenos de tubérculos)).

El método 200 se puede llevar a cabo, por ejemplo, usando el aparato 100 (FIG. 1) y también se hace referencia a continuación a las FIGS. 1 y Figura 2. El método 200 se puede

llevar a cabo automáticamente en respuesta a la detección de movimiento del transportador 108. En algunas modalidades, el método 200 se puede llevar a cabo en respuesta a una entrada del usuario o en base a un horario almacenado.

5 En algunos casos, los tubérculos cosechados pueden ser papas. En otros casos, los tubérculos cosechados pueden ser cualquier otro tubérculo (por ejemplo, camote, ñames, mandioca, etc.).

10 En 204, se pueden capturar una o más imágenes de tubérculos 10 cosechados que se mueven sobre un transportador hacia un apilador de contenedores. Por ejemplo, las imágenes pueden ser capturadas por la cámara 112. La cámara 112 puede proporcionar las imágenes capturadas a un sistema de control (por ejemplo, el sistema de control 116).

15 En algunas modalidades, se pueden obtener imágenes de una parte de los tubérculos cosechados en 204. La obtención de imágenes de una parte de los tubérculos cosechados puede proporcionar una reducción en los requisitos de recursos computacionales. En otras modalidades, se pueden obtener imágenes de todos los tubérculos cosechados en 204. Esto puede proporcionar una mayor cantidad de datos para determinar el tamaño de los tubérculos cosechados, lo que puede permitir un tamaño más preciso.

20 En 208, se pueden segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en las imágenes capturadas. Por ejemplo, el procesador 172 del sistema de control 116 puede segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en las imágenes capturadas. Las representaciones de tubérculos individuales se pueden segmentar generando una máscara binaria que indica una región detectada de cada representación de tubérculo individual y generando una caja delimitadora que abarca la región detectada de esa representación de tubérculo individual.

25 En algunas modalidades, las representaciones de tubérculos individuales se pueden segmentar utilizando un modelo de aprendizaje automático adecuado. Por ejemplo, el procesador 172 puede segmentar las representaciones de tubérculos individuales usando un modelo de aprendizaje automático adecuado almacenado en la memoria 152.

30 Se puede seleccionar un modelo de aprendizaje automático adecuado en función de factores que incluyen precisión, velocidad y requisitos de recursos computacionales. En algunas modalidades, se puede utilizar un modelo de red neuronal convolucional basado en regiones de máscara (R-CNN). para segmentar las representaciones de tubérculos

individuales visibles en las imágenes capturadas. En otras modalidades, se puede usar un modelo diferente (por ejemplo, U-net) para segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en las imágenes capturadas.

Ahora se hace referencia a las Figs. 4A y 4B. La Figura 4A muestra un ejemplo de imagen capturada 304 de múltiples papas moviéndose sobre un transportador. Las papas en movimiento pueden estar agrupadas y algunas papas pueden estar encima de otras papas. Como se puede ver en la imagen capturada 304, la agrupación puede provocar la oclusión de algunas de las papas fotografiadas. La Figura 4B muestra una imagen de segmentación de ejemplo 308 generada, por ejemplo, una imagen capturada 304 usando un modelo de Máscara R-CNN. El modelo Mask R-CNN entrenado puede recibir la imagen capturada 304 como entrada y proporcionar la imagen de segmentación 308 como salida. La imagen de segmentación 308 incluye representaciones de papas individuales segmentadas entre sí (segmentación de instancias) y del transportador (segmentación semántica).

La arquitectura del modelo Mask R-CNN puede incluir una etapa principal y una etapa principal. En algunas modalidades, la etapa troncal se puede construir utilizando una red piramidal de características (FPN), una red residual (ResNet), una red de propuesta regional (RPN) y una capa de alineación de región de interés (ROI). La etapa principal puede generar predicciones de regiones en la imagen capturada que podrían contener representaciones de tubérculos. La etapa principal puede incluir capas completamente conectadas donde la clasificación, la caja delimitadora y las predicciones de máscara se pueden generar utilizando las predicciones de región de la etapa principal.

Se puede utilizar cualquier plataforma adecuada para implementar la arquitectura del modelo Mask R-CNN. En algunas modalidades, se puede utilizar la biblioteca detectron2. En otras modalidades, se puede utilizar una plataforma diferente (por ejemplo, MMDetection).

Volviendo a las Figs. 1 a 3, en 212 del método 200, se pueden determinar una o más características de forma para las representaciones de tubérculos individuales. Por ejemplo, el procesador 172 puede determinar una o más características de forma para las representaciones de tubérculos individuales segmentadas en 208.

Las características de forma pueden incluir, por ejemplo, uno o más parámetros de características basados en color (S/N_1 y S/N_2), parámetros de características basados en bordes (avg_val_bbox, elipticalidad, relación de elipse, circularidad, defecto de convexidad) y/o los siete Momentos invariantes de imagen (H1-H7) obtenidos del método HuMoments de

la biblioteca OpenCV Python. A continuación se proporciona más información sobre estas características de forma. En algunas modalidades, el paso 212 se omite porque una o más características de forma están pre-almacenadas (por ejemplo, en la memoria 152 o en el dispositivo de almacenamiento 168) y son accesibles para los procesadores 172 (ver Figura 2). 2).

Ahora se hace referencia a las Figs. 5A-5D. La Figura 5A muestra una caja delimitadora 320 colocada alrededor de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual. La Figura 5B muestra una caja delimitadora 332 con ángulo ajustado colocada alrededor de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual. La Figura 5C muestra una elipse 336 ajustada al contorno externo de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual. La Figura 5D muestra la desviación 340 de una máscara binaria de ejemplo de una representación de tubérculo individual desde su cáscara convexa.

El parámetro de característica basada en bordes `avg_val_bbox` se puede determinar basándose en una densidad promedio de píxeles de máscara de tubérculo a lo largo de los bordes de la caja delimitadora. Por ejemplo, el procesador 172 puede calcular el número total de píxeles a lo largo de los bordes de la caja delimitadora 320 que se muestra en la FIG. 5A. El procesador 172 también puede calcular el número de píxeles de máscara de tubérculo a lo largo de los bordes de la caja delimitadora 320 (correspondientes a las partes de borde 324 y 328). El procesador 172 puede determinar el parámetro de característica basado en el borde `avg_val_bbox` que utiliza la proporción de los píxeles de la máscara de tubérculo a lo largo de los bordes de la caja delimitadora 320 con respecto al número total de píxeles a lo largo de los bordes de la caja delimitadora 320. Un valor más alto para esta relación (por ejemplo, más alto que un valor umbral) puede indicar que el tubérculo representado por la máscara binaria está sustancialmente truncado (por ejemplo, por un tubérculo ocluido o por los bordes de la imagen capturada) y debe tratarse como un tubérculo ocluido.

El parámetro de característica basado en color `S/N_1` se puede determinar basándose en una relación entre el número de píxeles de la máscara de tubérculo y el número total de píxeles encerrados por la caja delimitadora. Para el ejemplo de la caja delimitadora 320 mostrado en la FIG. 5A, el procesador 172 puede calcular el número de píxeles de la máscara de tubérculo (píxeles blancos 352) con respecto al número total de píxeles (píxeles negros 356 y píxeles blancos 352) encerrados por la caja delimitadora 320.

El parámetro de característica basado en color `S/N_2` se puede determinar basándose

en una relación entre el número de píxeles de la máscara de tubérculo y el número total de píxeles encerrados por la caja delimitadora ajustado en ángulo. El caja delimitadora ajustado en ángulo se puede definir para capturar la orientación angular de la máscara del tubérculo. Para el ejemplo de la caja delimitadora 332 con ángulo ajustado que se muestra en la FIG.

5 5B, el procesador 172 puede calcular el número de píxeles de máscara de tubérculo (píxeles blancos 360) con respecto al número total de píxeles (píxeles grises 364 y píxeles blancos 360) encerrados por la caja delimitadora ajustado en ángulo 332. El caja delimitadora ajustado en ángulo puede ser más pequeño que una caja delimitadora no ajustado correspondiente y da como resultado que el valor del parámetro S/N_2 sea mayor que el valor del parámetro
10 S/N_1 correspondiente.

El parámetro de característica basada en bordes de elipticidad se puede determinar basándose en la relación entre el área de una elipse (ajustada al contorno externo de los píxeles de la máscara de tubérculo) y el número de píxeles de la máscara de tubérculo. Por ejemplo, el procesador 172 puede calcular el área de la elipse 336 ajustada a los contornos
15 externos de los píxeles de la máscara de tubérculo mostrados en la FIG. 5C. El procesador 172 puede calcular el área de la elipse 336 usando la Ecuación 3 a continuación:

$$A = \pi a b/4 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

donde a es la longitud del árbol mayor 368 de la elipse 336, b es la longitud del árbol menor 372 de la elipse 336 y A es el área de computadora de la elipse 336. El procesador
20 172 puede determinar la relación entre el área A y el número de tubérculos. enmascare los píxeles para determinar la elipticidad.

El parámetro de característica basado en el borde de la relación de elipse se puede determinar basándose en la relación entre el número de píxeles de la máscara de tubérculo encerrados por el contorno de la elipse ajustada y el número total de píxeles de la máscara
25 de tubérculo. Por ejemplo, el procesador 172 puede calcular el número de píxeles de la máscara de tubérculo encerrados por el contorno de la elipse 336 mostrada en la FIG. 5C (número de píxeles blancos encerrados por la elipse 336) al número total de píxeles de máscara de tubérculo (número total de píxeles blancos).

El parámetro de característica basada en bordes de circularidad se puede determinar
30 en función de qué tan cerca se parece la forma de la máscara de tubérculo a un círculo. Por ejemplo, el procesador 172 puede determinar el valor del parámetro de circularidad usando la Ecuación 4 a continuación:

$$Circularity = \frac{4\pi \times Area}{Perimeter^2} \quad (Equation 4)$$

donde *Área* es el área de la máscara de tubérculo (por ejemplo, número de píxeles de la máscara de tubérculo (por ejemplo, píxeles blancos en la FIG. 5C)), y *Perímetro* es el perímetro de la máscara de tubérculo (por ejemplo, número de píxeles de borde que forman el perímetro de la máscara de tubérculo).

El parámetro de característica basado en el borde del defecto de convexidad se puede determinar basándose en la desviación de la máscara del tubérculo de su cáscara convexa. Para el ejemplo mostrado en la Figura 5D, el procesador 172 puede determinar el valor del parámetro del defecto de convexidad basándose en la desviación 340 de la máscara de tubérculo de su casco convexo 344.

Volviendo a las Figs. 1 a 3, en 216 del método 200, se pueden identificar una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos. Como se muestra en la Figura 4A, la imagen capturada 304 puede representar múltiples tubérculos ocluidos y no ocluidos. Una representación de tubérculo individual segmentado puede identificarse como una representación de tubérculo no ocluido basándose en las características de forma determinadas para esa representación de tubérculo individual en 212. Por ejemplo, el procesador 172 del sistema de control 116 puede identificar una o más representaciones de tubérculo no ocluido en 216.

Las representaciones de tubérculos no ocluidos pueden identificarse basándose en la clasificación binaria de las representaciones de tubérculos individuales segmentados como tubérculos totalmente visibles y parcialmente visibles. En algunas modalidades, se puede utilizar un procedimiento de muestreo basado en un valor umbral para identificar representaciones de tubérculos no ocluidos. En otras modalidades, se puede utilizar un procedimiento de muestreo basado en aprendizaje automático para identificar las representaciones de tubérculos no ocluidos. El procedimiento de muestreo basado en el aprendizaje automático puede proporcionar una mayor precisión de clasificación en comparación con el procedimiento de muestreo basado en valores umbral.

En cada imagen se puede muestrear cualquier número adecuado de representaciones de tubérculos no ocluidos. En algunas modalidades, se pueden muestrear un máximo de 1 a 5 representaciones de tubérculos no ocluidos en cada imagen. Un tamaño de muestra más

pequeño puede reducir los requisitos de recursos informáticos. En otras modalidades, se puede muestrear un número mayor de representaciones de tubérculos no ocluidos en cada imagen (por ejemplo, un máximo de 5 a 10). Se pueden muestrear menos del número máximo definido de representaciones de tubérculos no ocluidos cuando en la imagen esté presente
5 menos del número máximo definido de representaciones de tubérculos no ocluidos. En general, un tamaño de muestra más alto puede proporcionar una mayor precisión para determinar el tamaño promedio atribuido a los tubérculos cosechados, pero puede requerir una mayor cantidad de recursos informáticos.

En el procedimiento de muestreo basado en valores umbral, se pueden usar una o
10 más de las características de forma como parámetros de umbral. Los parámetros de umbral se pueden seleccionar basándose en coeficientes de correlación predeterminados entre los valores de los parámetros de las características de forma y la variable de respuesta (clasificación binaria como ocluido/no ocluido). Por ejemplo, los parámetros de umbral pueden incluir S/N_1, S/N_2, elipticidad, circularidad, defecto de convexidad y dos momentos de
15 imagen Hu (H3 y H4). En otros ejemplos, se pueden usar diferentes parámetros de umbral.

El procesador 172 puede identificar representaciones de tubérculos ocluidos comparando los valores determinados para los parámetros de umbral con valores de umbral predeterminados. En algunas modalidades, los valores umbral predeterminados pueden basarse en los valores de percentil medio, intervalo, 25, 50 y 75 para clases de tubérculos
20 tanto completamente visibles como parcialmente visibles.

En el procedimiento de muestreo basado en aprendizaje automático, se puede utilizar cualquier modelo de aprendizaje automático adecuado. En algunas modalidades, se puede utilizar un modelo de bosque aleatorio entrenado. En otras modalidades, se pueden usar otros modelos entrenados, por ejemplo, una máquina de vectores de soporte (SVM) o un modelo
25 de regresión logística. El modelo de bosque aleatorio puede proporcionar una mayor precisión de clasificación en comparación con otros modelos para la identificación de representaciones de tubérculos no ocluidos.

En algunas modalidades, el procesador 172 puede proporcionar un subconjunto de una o más características de forma como entrada al modelo de aprendizaje automático
30 seleccionado (por ejemplo, un modelo de bosque aleatorio). El subconjunto de características de forma puede estar predeterminado basándose en la selección secuencial de características directas para identificar las características con el mayor poder predictivo. Por ejemplo, el procesador 172 puede proporcionar valores de parámetros correspondientes al defecto de

convexidad, relación de elipse, elipticidad, circularidad, avg_val_bbox y S/N_1 como entradas al modelo de aprendizaje automático.

Con referencia a la Figura 4C, allí se muestra una imagen 312 que proporciona una ilustración gráfica del resultado generado por el modelo de aprendizaje automático. La imagen 312 muestra cinco representaciones de papa sin oclusión identificadas entre las representaciones de tubérculos individuales segmentados que se muestran en la FIG. 4B.

Volviendo a las Figs. 1 a 3, en 220 del método 200, se puede medir un tamaño de tubérculos correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos (identificada en 216). Para una modalidad de ejemplo en la que se identifican cinco representaciones de tubérculos no ocluidos en cada imagen, el procesador 172 puede medir el tamaño de los tubérculos correspondientes a cada una de las cinco representaciones de tubérculos no ocluidos.

El tamaño medido puede incluir al menos uno de una longitud unidimensional, un área proyectada y un volumen. Para la imagen de ejemplo que se muestra en la FIG. 4C, el procesador 172 puede medir un diámetro mayor de una elipse ajustada a cada tubérculo de patata no ocluido. representación. En algunas modalidades, el procesador 172 puede medir un diámetro menor de la elipse o medir tanto el diámetro mayor como el menor.

En algunas modalidades, el procesador 172 puede medir un área proyectada del tubérculo correspondiente a la representación del tubérculo no ocluido. Por ejemplo, el procesador 172 puede medir el área bidimensional correspondiente a la máscara de tubérculo para cada representación de papa no ocluida que se muestra en la FIG. 4C.

En algunas modalidades, el procesador 172 puede medir un volumen del tubérculo correspondiente a la representación del tubérculo no ocluido. Por ejemplo, el procesador 172 puede medir el volumen basado en el volumen de una revolución del área proyectada del tubérculo no ocluido alrededor del árbol mayor de una elipse ajustada.

En 224, se puede atribuir un tamaño promedio a al menos tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el tamaño medido en 220. Por ejemplo, el procesador 172 puede atribuir un tamaño promedio a al menos tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el Tamaño medido en 220.

El tamaño promedio puede atribuirse en función del tamaño medido de múltiples

representaciones de tubérculos no ocluidos. Por ejemplo, se pueden medir múltiples representaciones de tubérculos no ocluidos en cada imagen capturada y/o se pueden capturar múltiples imágenes de los tubérculos cosechados, incluyendo cada imagen una o más representaciones medidas de tubérculos no ocluidos. El tamaño promedio puede atribuirse a los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos en las imágenes capturadas. El tamaño promedio también puede atribuirse a los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos no ocluidos en las imágenes capturadas y/o a cualquier tubérculo que no haya sido fotografiado. Por ejemplo, el tamaño promedio puede atribuirse a un cierto número o masa de tubérculos, o tubérculos que pasaron dentro de un cierto período de tiempo antes, entre y/o después de que se capturaran las imágenes.

En 228, la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados se puede determinar basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores. Por ejemplo, el procesador 172 puede determinar la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores recibidos del sistema de ubicación 120.

La ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados puede incluir cualquier dato adecuado que indique una ubicación física de los tubérculos cosechados. Por ejemplo, el apilador de contenedores puede depositar los tubérculos cosechados en contenedores ubicados dentro de la instalación de almacenamiento y la ubicación de almacenamiento determinada puede incluir un identificador de contenedor (por ejemplo, un número de identificación). Como otro ejemplo, la ubicación de almacenamiento puede incluir coordenadas de posición (por ejemplo, coordenadas bidimensionales o tridimensionales) dentro de la instalación de almacenamiento o un identificador de ubicación (por ejemplo, cuadrante de instalación de almacenamiento o número de zona) asociado con la ubicación física dentro de la instalación de almacenamiento.

La ubicación de almacenamiento puede incluir datos con cualquier nivel adecuado de granularidad. Por ejemplo, la ubicación de almacenamiento puede incluir datos de coordenadas x-y que indican una ubicación de piso dentro de la instalación de almacenamiento. En algunos ejemplos, la ubicación de almacenamiento también puede incluir datos de coordenadas z que indican una altura dentro de una pila de tubérculos cosechados.

En algunas modalidades, la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados se puede determinar basándose en los datos de ubicación del apilador de

contenedores y una o más características de movimiento del transportador. Por ejemplo, el procesador 172 puede determinar la ubicación de almacenamiento basándose en los datos de ubicación del apilador de contenedores recibidos desde el sistema de ubicación 120, los datos de velocidad del transportador recibidos desde los sensores 148 y los datos de longitud del segmento del transportador extensible y los datos de longitud de la pluma recibidos desde los sensores 121 y el sistema de ubicación 120. 172 puede usar datos de velocidad y longitud del transportador para rastrear el movimiento de los tubérculos cosechados desde la estación de clasificación 22 hasta el apilador de contenedores 104. El seguimiento del movimiento puede basarse en datos de velocidad y longitud en tiempo real recibidos desde los sensores 148 o un tiempo de tránsito predeterminado asociado. con el movimiento de un tubérculo desde la estación de clasificación 22 hasta el apilador de contenedores 104. El procesador 172 puede seguir adicionalmente el movimiento de los tubérculos cosechados desde el apilador de contenedores 104 hasta la ubicación de almacenamiento basándose en los datos de ubicación del apilador de contenedores recibidos desde el sistema de ubicación 120. El procesador 172 puede determinar, basándose en las características de movimiento del transportador, qué tamaño promedio atribuir a los tubérculos que actualmente están siendo depositados por el apilador de contenedores 104. El tiempo de tránsito entre la estación de clasificación 22 y el apilador de contenedores 104 puede ser tal que múltiples grupos de tubérculos puedan pasar a través de la estación de clasificación 22, y a cada uno se le asigna un tamaño promedio, antes de que el primero de esos grupos de tubérculos llegue al apilador de contenedores 104. En este ejemplo, el procesador 172 puede usar el tiempo de tránsito entre la estación de clasificación 22 y el apilador de contenedores 104 para determinar cuál de la serie de determinó tamaños promedio para atribuir a los tubérculos que actualmente están siendo depositados por el apilador de contenedores 104 (por ejemplo, el tamaño promedio determinado para el grupo que pasó por la estación clasificadora 22 hace un tiempo de tránsito).

En algunas modalidades, se puede determinar que la ubicación en altura (es decir, en coordenadas z, elevación u orientación por gravedad) de los tubérculos depositados por el apilador de contenedores 104 es un desplazamiento prescrito o medido desde la ubicación en coordenadas z del extremo de descarga del apilador de contenedores 104. Por ejemplo, el apilador de contenedores 104 puede mantener el extremo de descarga del brazo 140 a una altura programada sobre los tubérculos o el piso debajo (por ejemplo, automáticamente usando un sensor tal como un sensor de distancia ultrasónico, o manualmente por un operador) donde se pretende que esa altura mitigar el daño a los tubérculos por la caída (por ejemplo, 15 cm o menos). En otros ejemplos, el apilador de contenedores 104 puede incluir

un sensor 122 (por ejemplo, un sensor de distancia ultrasónico) para detectar el desplazamiento de altura entre el extremo de descarga del apilador de contenedores 104 y los tubérculos o el piso debajo. Esto puede permitir una determinación precisa de la elevación (por ejemplo, ubicación en coordenadas z) donde se depositan los tubérculos dentro de la instalación de almacenamiento 18.

En 232, la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio pueden registrarse en la memoria. Por ejemplo, el procesador 172 puede registrar en la memoria 152 la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados en asociación con el tamaño promedio atribuido a los tubérculos cosechados (por ejemplo, como una entrada de base de datos). La información almacenada puede proporcionarse a uno o más usuarios del sistema de control 116. Esto puede permitir que los tubérculos de la clasificación deseada (por ejemplo, tamaño) se ubiquen y recuperen selectivamente de acuerdo con el producto que se pretende preparar a partir de los tubérculos (por ejemplo, papas a la francesa). o copos de patata).

Mientras que la descripción anterior proporciona ejemplos de las modalidades, se apreciará que algunas características y/o funciones de las modalidades descritas son susceptibles de modificación sin apartarse del espíritu y los principios de funcionamiento de las modalidades descritas. En consecuencia, lo que se ha descrito anteriormente ha sido destinado a ser ilustrativo de la invención y no limitativo y se entenderá por personas expertas en la técnica que otras variantes y modificaciones pueden hacerse sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones anexas a la presente. El alcance de las reivindicaciones no debe limitarse a las modalidades y ejemplos preferidos, sino que debe darse la interpretación más amplia coherente con la descripción en su conjunto.

ELEMENTOS

Elemento 1: Un método para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados depositados por un apilador de contenedores, comprendiendo el método: capturar, usando una cámara, una o más imágenes de los tubérculos cosechados moviéndose en un transportador hacia el apilador de contenedores; segmentar, mediante un procesador, representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar, por parte del procesador, una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar, por parte del procesador, una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos

basándose en una o más características de forma de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir, por parte del procesador, un tamaño de tubérculos correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir, por parte del
5 procesador, un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos en base al tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar, por parte del procesador, la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de
10 contenedores; y registrar en la memoria la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

Elemento 2: El método de cualquier punto anterior, en donde la segmentación incluye derivar una máscara binaria para cada representación de tubérculo individual utilizando un modelo de red neuronal convolucional basado en región de máscara (R-CNN).

15 Elemento 3: El método de cualquier punto anterior, en donde la determinación de una o más características de forma incluye al menos uno de: determinar un parámetro de característica basado en color y un parámetro de característica basado en borde para la máscara binaria.

20 Elemento 4: El método de cualquier punto anterior, en donde la identificación de una o más representaciones de tubérculos no ocluidos incluye una clasificación binaria de representaciones de tubérculos total y parcialmente visibles utilizando un modelo de bosque aleatorio.

Elemento 5: El método de cualquier punto anterior, en donde el tamaño incluye al menos uno de un volumen, un área proyectada y una longitud unidimensional.

25 Elemento 6: El método de cualquier punto anterior, en donde la medición incluye ajustar un contorno externo de al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos con una elipse y determinar un diámetro mayor y un diámetro menor de la elipse.

30 Elemento 7: El método de cualquier punto anterior, en donde la determinación de la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados se basa además en una o más características de movimiento del transportador.

Elemento 8: El método de cualquier punto anterior, en donde los datos de ubicación

del apilador de contenedores se reciben desde uno o más sensores colocados en el apilador de contenedores o adyacentes a la ubicación de almacenamiento.

Elemento 9: El método de cualquier punto anterior, en donde los tubérculos cosechados incluyen papas.

5 Elemento 10: Un aparato para registrar una ubicación de almacenamiento por tamaño para tubérculos cosechados, comprendiendo el aparato: un apilador de contenedores configurado para depositar los tubérculos cosechados en el lugar de almacenamiento; un transportador configurado para mover los tubérculos cosechados hacia el apilador de contenedores; una cámara configurada para capturar una o más imágenes de los tubérculos cosechados moviéndose sobre el transportador; un sistema de ubicación configurado para generar datos de ubicación del apilador de contenedores que indican una ubicación del apilador de contenedores; y un sistema de control que tiene al menos un procesador y una memoria, el al menos un procesador configurado para colectivamente: recibir una o más imágenes de la cámara; segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos basándose en una o más características de forma de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir un tamaño de tubérculos correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores; y registrar en la memoria el lugar de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

Elemento 11: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde la segmentación comprende derivar una máscara binaria para cada representación de tubérculo individual utilizando un modelo de red neuronal convolucional basado en región de máscara (R-CNN).

Elemento 12: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde la determinación de una o más características de forma comprende determinar al menos uno de: un parámetro de característica basado en el color y un parámetro de característica basado en el borde para la

máscara binaria.

Elemento 13: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde la identificación de una o más representaciones de tubérculos no ocluidos comprende una clasificación binaria de representaciones de tubérculos total y parcialmente visibles utilizando un modelo de
5 bosque aleatorio.

Elemento 14: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde el tamaño incluye al menos uno de un volumen, un área proyectada y una longitud unidimensional.

Elemento 15: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde la medición comprende ajustar un contorno externo de al menos una de las representaciones de
10 tubérculos no ocluidos con una elipse y determinar un diámetro mayor y un diámetro menor de la elipse.

Elemento 16: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde la determinación de la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados se basa además en una o más características de movimiento del transportador.

15 Elemento 17: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde el sistema de ubicación comprende uno o más sensores colocados en el apilador de contenedores o adyacente a la ubicación de almacenamiento, el uno o más sensores configurados para generar los datos de ubicación del apilador de contenedores.

20 Elemento 18: El aparato de cualquier artículo anterior, en donde los tubérculos cosechados incluyen papas.

Elemento 19: Un medio no transitorio legible por computadora que comprende instrucciones ejecutables por un procesador, en donde las instrucciones cuando se ejecutan configuran el procesador para: recibir, desde una cámara, una o más imágenes de tubérculos cosechados que se mueven en un transportador hacia un apilador de contenedores;
25 segmentar las representaciones de tubérculos individuales visibles en una o más imágenes; determinar una o más características de forma para una pluralidad de representaciones de tubérculos individuales; identificar una o más representaciones de tubérculos no ocluidos determinando que al menos una de las representaciones de tubérculos individuales es una representación de tubérculos no ocluidos basándose en una o más características de forma
30 de esa representación de tubérculos individuales, incluyendo las representaciones de tubérculos representaciones de tubérculos ocluidos; medir un tamaño de tubérculos

correspondiente a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; atribuir un tamaño promedio a al menos los tubérculos correspondientes a las representaciones de tubérculos ocluidos basándose en el tamaño de los tubérculos correspondientes a al menos una de las representaciones de tubérculos no ocluidos; determinar una ubicación de
5 almacenamiento de los tubérculos cosechados basándose al menos en parte en los datos de ubicación del apilador de contenedores; y registrar en la memoria el lugar de almacenamiento de los tubérculos cosechados y el tamaño promedio.

Elemento 20: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier elemento anterior, en donde la segmentación comprende derivar una máscara binaria para cada
10 representación de tubérculo individual utilizando un modelo de red neuronal convolucional basado en región de máscara (R-CNN).

Elemento 21: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier elemento anterior, en donde la determinación de una o más características de forma comprende determinar al menos uno de: un parámetro de característica basado en el color y un parámetro
15 de característica basado en el borde para la máscara binaria.

Elemento 22: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier ítem anterior, en donde la identificación de una o más representaciones de tubérculos no ocluidos comprende una clasificación binaria de representaciones de tubérculos total y parcialmente visibles utilizando un modelo de bosque aleatorio.

Elemento 23: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier elemento anterior, en donde el tamaño incluye al menos uno de un volumen, un área proyectada y una longitud unidimensional.
20

Elemento 24: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier ítem anterior, en donde la medición comprende ajustar un contorno externo de al menos una de
25 las representaciones de tubérculos no ocluidos con una elipse y determinar un diámetro mayor y un diámetro menor de la elipse.

Elemento 25: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier elemento anterior, en donde la determinación de la ubicación de almacenamiento de los tubérculos cosechados se basa además en una o más características de movimiento del transportador.

Elemento 26: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier ítem anterior, en donde los datos de ubicación del apilador de contenedores se reciben desde uno
30

o más sensores colocados en el apilador de contenedores o adyacentes a la ubicación de almacenamiento.

Elemento 27: El medio no transitorio legible por computadora de cualquier elemento anterior, en donde los tubérculos cosechados incluyen papas.