

**SISTEMAS Y MÉTODOS PARA ESTIMAR EL GRADO DE CUMPLIMIENTO DEL
PROTOCOLO RECOMENDADO DE CULTIVOS
DESCRIPCIÓN**

5 Campo Técnico

Las realizaciones de la presente memoria se refieren en general a un paquete de prácticas para cultivo o protocolos de cultivo y más particularmente a métodos y sistemas para estimar el grado de cumplimiento con el protocolo de cultivo recomendado.

10 Antecedentes

Cada cultivo tiene un paquete de prácticas para cultivo llamado protocolo de cultivo, que un agricultor debe cumplir. Para asegurar que un agricultor siga el protocolo de cultivo durante el cultivo, las granjas organizadas generalmente tienen diarios de granja que mantienen registros manuales para el protocolo de cultivo para la trazabilidad. El cumplimiento del protocolo de cultivo es un componente esencial para lograr el cumplimiento del mercado del producto. Para asegurarse de que se sigue el protocolo de cultivo recomendado, la secuencia real de actividades que constituyen el protocolo de cultivo debe construirse a partir de la observación visual de la actividad en las etapas de cultivo y los registros de la granja, proceso que lleva mucho tiempo y es laborioso. Además, puede haber situaciones en las que no se mantienen registros y no todas las actividades son rastreables, lo que hace que el problema sea aún más desafiante.

RESUMEN

Las realizaciones de la presente divulgación presentan mejoras tecnológicas como soluciones a uno o más de los problemas técnicos mencionados anteriormente reconocidos por los inventores en sistemas convencionales.

En un aspecto, se proporciona un método que comprende: recibir, mediante un módulo de adquisición de datos, una pluralidad de parámetros de entrada asociados con una granja, siendo los parámetros de entrada datos de cultivo, datos de ubicación y un conjunto de perfiles de actividad agrícola asociados con uno o más miembros del personal de la granja durante un período de observación; determinar, mediante un módulo de perfil de actividad, al menos una actividad

agícola basada en el conjunto de perfiles de actividad agrícola correspondientes a cada subconjunto del período de observación; generar, mediante un módulo de secuencia de actividad, una secuencia de actividad agrícola para el período de observación con base en la al menos una actividad agrícola determinada para cada subconjunto del período de observación; e identificar, mediante un módulo
5 analizador, un protocolo de cultivo observado en función de la secuencia de actividad agrícola generada para el período de observación.

En otro aspecto, se proporciona un sistema que comprende: uno o más procesadores; y uno o más dispositivos internos de almacenamiento de datos acoplados
10 operativamente a uno o más procesadores para almacenar instrucciones configuradas para la ejecución por el uno o más procesadores, comprendiendo las instrucciones: un módulo de adquisición de datos configurado para recibir una pluralidad de parámetros de entrada asociados con un granja, los parámetros de entrada son datos de cultivo, datos de ubicación y un conjunto de
15 perfiles de actividad agrícola asociados con uno o más miembros del personal agrícola durante un período de observación; un módulo de perfil de actividad configurado para determinar al menos una actividad agrícola basada en el conjunto de perfiles de actividad agrícola correspondientes a cada subconjunto del período de observación, la al menos una actividad agrícola correspondiente a la actividad agrícola que tiene una frecuencia máxima de ocurrencia identificada para el subconjunto
20 del período o una frecuencia de ocurrencia mayor que una frecuencia de umbral predefinida para el subconjunto del período de observación con base en un depósito de información basada en la zona agroclimática asociada a la granja; un módulo de secuencia de actividad configurado para generar una secuencia de actividad agrícola para el período de observación con base en la al menos una actividad agrícola determinada para cada subconjunto del período de observación; y un módulo de analizador configurado para identificar un protocolo de cultivo observado en función de la secuencia
25 de actividad agrícola generada para el período de observación.

En otro aspecto más, se proporciona un producto de programa informático que comprende un medio legible por computador no transitorio que tiene un programa legible por computador incorporado, en el que el programa legible por computador, cuando se ejecuta en un
30 dispositivo informático, hace que el dispositivo informático: recibir una pluralidad de parámetros de entrada asociados con una granja, siendo los parámetros de entrada datos de cultivo, datos de

ubicación y un conjunto de perfiles de actividad agrícola asociados con uno o más miembros del personal agrícola durante un período de observación; determinar al menos una actividad agrícola basada en el conjunto de perfiles de actividad agrícola correspondientes a cada subconjunto del período de observación; generar una secuencia de actividad agrícola para el período de observación con base en al menos una actividad agrícola determinada para cada subconjunto del período de observación; e identificar un protocolo de cultivo observado en función de la secuencia de actividad agrícola generada para el período de observación.

En una realización de la presente divulgación, uno o más de la pluralidad de parámetros de entrada se obtienen a partir de al menos uno de: sensores desplegados como al menos uno de (a) dispositivos portátiles y (b) dispositivos montados en equipos agrícolas o agrícolas; y colaboración voluntaria del personal de la granja asociado con la granja.

En una realización de la presente divulgación, la etapa de determinar al menos una actividad agrícola comprende el uso de clasificadores con base en aprendizaje supervisado configurados para aprender e identificar una actividad agrícola asociada con un perfil de actividad agrícola.

En una realización de la presente divulgación, la al menos una actividad agrícola corresponde a la actividad agrícola que tiene una frecuencia máxima de ocurrencia identificada para el subconjunto del período o una frecuencia de ocurrencia mayor que una frecuencia umbral predefinida para el subconjunto del período de observación con base en un repositorio de información basada en la zona agroclimática asociada a la granja.

En una realización de la presente divulgación, la etapa de generar una secuencia de actividad agrícola para el período de observación comprende generar una secuencia de segmentos de actividad, estando asociados los segmentos de actividad con la al menos una actividad agrícola identificada, el subconjunto del período de observación asociado a la misma y los datos de localización asociados a la misma.

En una realización de la presente divulgación, la etapa de identificar un protocolo

de cultivo observado comprende: fusionar dos o más segmentos de actividad para formar una secuencia de segmento de actividad basada en la semejanza de al menos una actividad agrícola asociada, el subconjunto de el periodo de observación asociado al mismo, los datos de localización asociados a los mismos y la posición de al menos una actividad agrícola en la secuencia de actividad agrícola; e identificar la actividad agrícola anómala en la secuencia del segmento de actividad en función de la longitud del segmento de actividad, la posición del segmento de actividad y la información basada en la zona agroclimática asociada a la granja.

En una realización de la presente divulgación, el método descrito anteriormente comprende además: estimar un grado de cumplimiento del protocolo de cultivo observado con referencia a un protocolo de cultivo recomendado disponible en el repositorio de información basada en la zona agroclimática asociada con el granja comparando al menos una actividad agrícola asociada con una longitud de segmento de actividad en el período de observación con la correspondiente al menos una actividad agrícola en el protocolo de cultivo recomendado; asignando un puntaje de desviación con base en la comparación; y concluir sobre cambios dinámicos en el protocolo de cultivo asociado con un cultivo bajo consideración con base en uno o más segmentos de actividad que no forman parte tanto de la secuencia del segmento de actividad del protocolo de cultivo observado como del protocolo de cultivo recomendado.

En una realización de la presente divulgación, el método descrito anteriormente en la presente memoria comprende además: generar un pronóstico estimado de al menos una actividad agrícola en función del grado de cumplimiento estimado.

En una realización de la presente divulgación, el método descrito anteriormente comprende además definir el protocolo de cultivo observado como el protocolo de cultivo recomendado para el cultivo considerado, si el rendimiento del cultivo asociado con el protocolo de cultivo observado es mayor que el rendimiento del cultivo asociado con el cultivo protocolo de cultivo recomendado en el repositorio de información basada en la zona agroclimática asociada a la granja.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solo ilustrativas y explicativas y no son restrictivas de las realizaciones de

la presente divulgación, tal como se reivindica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Las realizaciones del presente documento se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos, en los que:

La **FIGURA 1** ilustra un diagrama de bloques a modo de ejemplo de un sistema para estimar el grado de cumplimiento con el protocolo de cultivo recomendado de acuerdo con una
10 realización de la presente divulgación;

La **FIGURA 2** es un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra un método implementado por computador para estimar el grado de cumplimiento con el protocolo de cultivo recomendado usando el sistema de la FIGURA 1 de acuerdo con una realización de la presente
15 divulgación;

La **FIGURA 3** es una representación esquemática de ejemplo de la determinación de una o más actividades agrícolas con base en un conjunto de perfiles de actividad agrícola, de acuerdo con la presente descripción;
20

La **FIGURA 4** ilustra una representación esquemática de ejemplo de generación de una secuencia de actividad agrícola durante un período de observación con base en actividades agrícolas determinadas para cada subconjunto del período de observación, de acuerdo con una
realización de la presente divulgación;

25 La **FIGURA 5** ilustra una representación esquemática de una secuencia de segmento de actividad, de acuerdo con una realización de la presente divulgación; y

La **FIGURA 6** ilustra un diagrama de flujo para direccionar la condición de
30 segmento corto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Los expertos en la técnica apreciarán que cualquier diagrama de bloques aquí representa vistas conceptuales de sistemas ilustrativos que incorporan los principios de la presente materia. De forma similar, se apreciará que cualquier cuadro de flujo, diagramas de flujo, diagramas de transición de estado, pseudocódigo y similares representan diversos procesos que pueden representarse sustancialmente en un medio legible por computador y ejecutados por un dispositivo o procesador informático, ya sea que tal dispositivo informático o procesador se muestre o no explícitamente.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las realizaciones a modo de ejemplo se describen con referencia a los dibujos adjuntos. En las figuras, los dígitos más a la izquierda de un número de referencia identifican la figura en la que aparece primero el número de referencia. Siempre que sea conveniente, se usan los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a las mismas partes o similares. Si bien los ejemplos y características de los principios divulgados se describen en el presente documento, son posibles modificaciones, adaptaciones y otras implementaciones sin apartarse del espíritu y el alcance de las realizaciones descritas. Se pretende que la siguiente descripción detallada se considere solo a modo de ejemplo, con el verdadero alcance y espíritu indicados por reivindicaciones que siguen.

Antes de exponer la explicación detallada, se observa que toda la discusión a continuación, independientemente de la implementación particular que se describa, tiene naturaleza de ejemplo, en lugar de limitante.

Las actividades de la granja no siempre se registran u observan a menos que ocurran por períodos prolongados o que se registren con diligencia. La trazabilidad de las actividades agrícolas es muy crítica para el cumplimiento del mercado. Los métodos de la presente descripción proporcionan un medio automático simple y flexible para identificar el protocolo de cultivo independientemente del tipo de cultivo considerado y de las actividades agrícolas asociadas al mismo. La monitorización en tiempo real de las actividades agrícolas mediante el uso de sensores

desplegados estratégicamente en toda la granja, equipos agrícolas o como dispositivos portátiles garantiza que no se realice ninguna actividad, por mínima que sea. Una vez más, se analiza una gran cantidad de datos dinámicos recopilados en función de factores tales como el período de tiempo en que se recopiló, los datos de ubicación asociados con los datos recopilados y también los datos

5 históricos asociados con la granja para el cultivo considerado. Estos factores aseguran que los datos recopilados puedan analizarse efectivamente para concluir sobre las diversas actividades agrícolas que pueden estar asociadas para cada subconjunto de período de tiempo en el período total considerado. Las actividades agrícolas se fusionan para obtener una secuencia de segmento de actividad para identificar un protocolo de cultivo observado. Los sistemas y métodos de la presente

10 descripción proporcionan diversas realizaciones para fusionar actividades agrícolas determinadas de manera que solo se ignoran las actividades agrícolas determinadas anómalamente. Los métodos y sistemas de la presente divulgación permiten además al personal agrícola concluir sobre los efectos de los cambios dinámicos en el protocolo de cultivo. Esto permite la creación continua del repositorio de información basada en la zona agroclimática asociada a la granja. La regulación del

15 protocolo de cultivo da como resultado un aumento predecible en la eficiencia y la sostenibilidad del rendimiento del cultivo, lo que ayuda al personal agrícola a optimizar la productividad.

Con referencia ahora a los dibujos, y más particularmente a las FIGURAS 1 a 6, donde caracteres de referencia similares denotan características correspondientes

20 consistentemente en todas las figuras, se muestran realizaciones preferidas y estas realizaciones se describen en el contexto del siguiente sistema y método de ejemplo.

La FIGURA 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema 100 para estimar el grado de cumplimiento con el protocolo de cultivo recomendado y la FIGURA 2 es un diagrama de

25 flujo de ejemplo que ilustra un método 200 implementado por computador para estimar el grado de cumplimiento con el protocolo de cultivo recomendado de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

En una realización, el sistema 100 incluye uno o más procesadores 102, dispositivos de interfaz de comunicación o interfaces 104 de entrada/salida (E/S) y memoria 106 o

30 uno o más dispositivos de almacenamiento de datos que comprenden uno o más módulos 108

acoplados operativamente a uno o más procesadores 102. Uno o más procesadores son procesadores de hardware que pueden implementarse como uno o más microprocesadores, microcomputadores, microcontroladores, procesadores de señal digital, unidades de procesamiento central, máquinas de estado, circuitos lógicos, y/o cualquier dispositivo que manipule señales

5 basadas en instrucciones operacionales. Entre otras capacidades, los procesadores están configurados para buscar y ejecutar instrucciones legibles por computador almacenadas en la memoria. En una realización, el sistema 100 puede implementarse en uno o más sistemas informáticos, tales como un computador portátil, un computador de escritorio, un computador portátil, una estación de trabajo, un computador central, un servidor, un servidor de red, una nube, un

10 dispositivo de mano, un dispositivo portátil y similares.

Los dispositivos de interfaz de E/S 104 pueden incluir una variedad de interfaces de software y hardware, por ejemplo, una interfaz web, una interfaz gráfica de usuario, una interfaz IOT, y similares, y pueden facilitar comunicaciones múltiples dentro de una amplia variedad de redes

15 y tipos de protocolos, incluidas redes cableadas, por ejemplo, LAN, cable, etc., y redes inalámbricas, como WLAN, celular o satelital. En una realización, los dispositivos de interfaz de E/S 104 pueden incluir uno o más puertos para conectar varios dispositivos entre sí o a otro servidor.

La memoria 106 puede incluir cualquier medio legible por computador conocido en

20 la técnica que incluye, por ejemplo, memoria volátil, como memoria de acceso aleatorio estática (SRAM) y memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) y/o memoria no volátil, como memoria de solo lectura (ROM), la ROM programable borrable, las memorias flash, los discos duros, los discos ópticos y las cintas magnéticas. En una realización, varios módulos funcionales 108a a 108e (de la FIGURA 1) del sistema 100 se pueden almacenar en la memoria 106 como se ilustra.

25 Los pasos del método 200 implementado por computador se explicarán ahora con referencia a los componentes del sistema 100 como se representa en la FIGURA. En una realización, un módulo de adquisición de datos 108a está configurado para recibir en el paso 202 una pluralidad de parámetros de entrada asociados con una granja, siendo los parámetros de entrada datos de

30 cultivo, datos de ubicación y un conjunto de perfiles de actividad agrícola asociados con una o más explotaciones o personal durante un período de observación, el período de observación típicamente

es un ciclo de cultivo. Los datos de cultivo generalmente incluyen toda la información relativa a un cultivo, como el nombre del cultivo, la variedad del cultivo y similares. Los datos de ubicación pueden referirse a cualquier indicador conocido de una ubicación que incluya una ubicación precisa, como la ubicación del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y también indicadores generales como el nombre de un pueblo o localidad. En una realización, un perfil de actividad agrícola para un personal de granja para un dado un período de tiempo es una colección de conjuntos de muestras donde cada conjunto de muestras es una serie de valores obtenidos de sensores tales como acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, y similares pueden desplegarse como al menos uno de (a) dispositivos portátiles y (b) dispositivos montados en equipos agrícolas o agrícolas. Alternativamente, uno o más de la pluralidad de parámetros de entrada se pueden obtener por colaboración voluntaria del personal de la granja asociado con la granja. Los datos de colaboración voluntaria relativos a la actividad agrícola de más de un agricultor ayudan a establecer la actividad agrícola para cualquier período de tiempo de manera tolerante a fallas, es decir, incluso si algunos agricultores no siguen la recomendación del protocolo de cultivo, el ejercicio general de reconocimiento de la actividad agrícola durante el período de tiempo dado no se ve obstaculizado.

Un perfil de actividad agrícola para una actividad agrícola de ejemplo puede incluir valores de aceleración detectados en varios instantes de tiempo a lo largo de los diversos ejes como se muestra a continuación en el presente documento:

A	B	C	D	E
Valores del sensor	Aceleración-1 Eje X	Aceleración-1 Eje X	Aceleración-3 Eje Z	
Tiempo-0	-15	-10	-10	
Tiempo-1	-15	-15	15	
Tiempo-2	15	10	-10	
Tiempo-3	10	10	8	
Tiempo-4	20	15	15	
Tiempo-5	3	3	3	

En una realización, un módulo de perfil de actividad 108b está configurado para, en la etapa 204, determinar al menos una actividad agrícola basada en el conjunto de perfiles de actividad agrícola correspondientes a cada subconjunto del período de observación, siendo el subconjunto del período de observación un período predefinido, como un día o medio día o un número predefinido de horas.

5 Supongamos que hay un conjunto de n empleados agrícolas ($n > 1$) de quienes se puede recibir un perfil de actividad agrícola diariamente durante un período dado de k ($k > 1$) días. Para cualquier día dado, el módulo de adquisición de datos 108a recibe todos los perfiles de actividad agrícola como entrada y los envía al módulo de perfilador de actividad 108b que determina una o más actividades agrícolas como salida. La FIGURA 3 es una representación esquemática de ejemplo de la

10 determinación de una o más actividades agrícolas con base en un conjunto de perfiles de actividad agrícola, de acuerdo con la presente descripción. La actividad agrícola correspondiente al perfil de actividad agrícola de cada personal agrícola se analiza para determinar una actividad agrícola asociada. En una realización, la etapa de determinar al menos una actividad agrícola comprende el uso de clasificadores con bases en aprendizaje supervisado configurados para aprender e identificar

15 una actividad agrícola asociada con un perfil de actividad agrícola. Ejemplos de actividades agrícolas incluyen siembra, deshierbe, cosecha y similares. Un clasificador con base en el aprendizaje supervisado está capacitado para reconocer las actividades agrícolas por separado con la ayuda de los perfiles de actividad correspondientes. Una vez capacitado, el clasificador puede reconocer una nueva actividad agrícola cuando se le presenta un nuevo perfil de actividad.

20

Una vez que se determina una actividad agrícola para cada uno de los n empleados agrícolas, al iterar la etapa 204 para cada perfil de actividad agrícola, se identifican, por ejemplo, tres actividades agrícolas A1, A2 y A3. Puede haber un escenario en el que, para el subconjunto del período de observación determinado, con base en un repositorio de información

25 108e basada en la zona agroclimática, se sabe que una o más de las actividades agrícolas A1, A2 y A3 corresponden a la agricultura real actividad, que idealmente debería estar en conformidad con un protocolo de cultivo recomendado en el repositorio 108e. Dado que el conjunto de frecuencias para las tres actividades es $\{F1, F2, F3\}$, una actividad principal A_i es aquella con frecuencia F_i donde $F_i = \arg \max \{F1, F2, F3\}$. El módulo de perfilador de actividad 108b etiqueta el dado subconjunto

30 del período de observación con la actividad A_i . Por consiguiente, de acuerdo con la presente descripción, la una o más actividades agrícolas corresponde a la actividad agrícola que tiene una

frecuencia máxima de ocurrencia identificada para el subconjunto del período o una frecuencia de ocurrencia mayor que una frecuencia umbral predefinida para el subconjunto del período de observación con base en el repositorio de información basada en zonas agroclimáticas 108e asociado con la granja. Es posible que haya otro escenario en el que se identifique más de una actividad agrícola que tenga una frecuencia más alta o que tenga una frecuencia mayor que la frecuencia umbral predefinida. En tal caso, cada subconjunto del período de observación (digamos un día d) se etiqueta con la lista de actividades agrícolas $A_list(d)$.

En una realización, un módulo de secuencia de actividad 108c está configurado para generar, en la etapa 204, una secuencia de actividad agrícola para el período de observación con base en la una o más actividades agrícolas determinadas para cada subconjunto del período de observación. La FIGURA 4 ilustra una representación esquemática de ejemplo de generar una secuencia de actividad agrícola durante un período de observación con base en actividades agrícolas determinadas para cada subconjunto del período de observación, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. El paso de generar una secuencia de actividad agrícola para el período de observación comprende generar una secuencia de segmentos de actividad ($AS_1, AS_2, \dots, AS_n$), los segmentos de actividad asociados con la actividad agrícola identificada, el subconjunto del período de observación asociado a los mismos y los datos de ubicación asociados a los mismos.

En una realización, un módulo analizador 108d está configurado para, en la etapa 208, identificar un protocolo de cultivo observado en función de la secuencia de actividad agrícola generada para el período de observación. Para identificar el protocolo de cultivo observado de los segmentos de actividad ($AS_1, AS_2, \dots, AS_n$), dos o más segmentos de actividad están fusionados. En una primera iteración, todas las actividades agrícolas vecinas etiquetadas con un mismo valor se fusionan en el mismo segmento de actividad. Supongamos que algunos subconjuntos del período de observación se etiquetan para desmalezar la actividad agrícola (digamos A_1), un segmento fusionado, por ejemplo, AS_1 puede representar una fase del período de observación durante el cual se realizó la actividad agrícola de deshierbar. Para subconjuntos del período de observación en el que se generó la lista de actividades agrícolas $A_list(d)$, no hubo una actividad agrícola clara que tenga una mayoría clara. En tal escenario, si una de las actividades agrícolas, en la *lista A(d)* es también una actividad agrícola vecina, esa actividad agrícola se elige como una actividad principal.

Si los vecinos de cada lado están incluidos en la *lista A (d)*, se elige uno de ellos como actividad para ese subconjunto del período de observación en función de su posición en una lista ordenada de todas las actividades agrícolas disponibles en el repositorio de información de productos agropecuarios basada en la zona climática 108e. Cualquier geografía se divide típicamente en un conjunto de zonas agroclimáticas. Para cada zona agroclimática, se define una lista de cultivos y los protocolos de cultivo asociados. El repositorio de información basada en zonas agroclimáticas 108e incluye un glosario de cultivos y los protocolos de cultivo asociados para todas las zonas agroclimáticas. Por lo tanto, el sistema 100 está enriquecido por el repositorio de información 108e basada en zonas agroclimáticas y, por lo tanto, está provisto de un historial de cultivos cultivados en diversas zonas agroclimáticas del país. En cualquier punto del tiempo, el repositorio de información basada en zonas agroclimáticas 108e proporciona una longitud mínima posible de cualquier etapa de protocolo de cultivo o segmento de actividad. Por consiguiente, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, dos o más segmentos de actividad ($AS_1, AS_2, \dots, AS_n$) se fusionan para formar una secuencia de segmento de actividad basada en la semejanza de al menos una actividad agrícola asociada, el subconjunto del período de observación asociado a la misma, los datos de localización asociados a la misma y la posición de la al menos una actividad agrícola en la secuencia de actividad agrícola. La FIGURA 5 ilustra una representación esquemática de una secuencia de segmento de actividad, de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Si la longitud del segmento de actividad es menor que la longitud mínima posible l , el segmento de actividad se puede denominar segmento corto. Para identificar los segmentos cortos, la fusión de los segmentos de actividad se continúa iterativamente de izquierda a derecha y cada segmento corto se etiqueta como segmento corto para análisis posteriores. La FIGURA 6 ilustra un diagrama de flujo para direccionar la condición de segmento corto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. El método de la FIGURA 6 se aplica a cada segmento corto de la secuencia del segmento de actividad, de izquierda a derecha. Para cada segmento, o una fusión ocurre con un segmento de actividad vecino o no hay cambio, en donde el segmento corto puede ser anómalo o en realidad una actividad agrícola de fase corta prevista. En una realización, el módulo analizador 108d está configurado para identificar actividad agrícola anómala en la secuencia de segmento de actividad en función de la longitud del segmento de actividad, la posición del segmento de actividad y la información basada en la zona agroclimática asociada con la granja. Con base en

la posición del segmento de actividad y la información en la zona agroclimática en función de si la actividad agrícola asociada al segmento corto es válida en función del protocolo de cultivo asociado, el segmento corto puede identificarse como anómalo.

5 En una realización, el repositorio de información 108e basada en la zona agroclimática proporciona un orden en el que también se produce la etapa de cultivo, que es independiente de la etapa exacta del cultivo. Para asegurar que las etapas en el protocolo de cultivo observado cumplan con estos requisitos genéricos, el sistema 100 mantiene para cada actividad agrícola $A_1, A_2, \dots, A_n$, una lista de actividades agrícolas llamada lista previa (A) que necesariamente
10 ocurre en todas las actividades agrícolas. Para cualquier actividad B que no sea A, B está en la lista previa (A) si (a) cada campo de cultivo que contiene A también contiene actividad B, y (b) B siempre viene antes A. A y la lista previa (A) para todas las actividades agrícolas están contenidas en el repositorio de información de zona agroclimática 108e.

15 Idealmente, para cada segmento de actividad AS_x en $\{AS_1, \dots, AS_5\}$ de FIGURA 5, la lista previa (AS_x) contiene los segmentos de actividad enumerados antes. Al escanear los segmentos de actividad en una secuencia de izquierda a derecha, si un segmento X está precedido por un conjunto de segmentos que se enumeran en la lista previa (X), entonces X se llama satisfactible. Si hay al menos un segmento Y que no está en la lista previa (X), entonces X se llama
20 no satisfactible. Por ejemplo, el segmento AS_5 no es satisfactorio si AS_4 no aparece en la lista previa (AS_5). AS_4 en este caso se llama actividad fuera de servicio. La lista se escanea de izquierda a derecha, y todas las actividades fuera de servicio se combinan con la actividad satisfactoria más grande (de longitud) o una actividad a la izquierda si ambos vecinos son del mismo tamaño y son satisfactorios. La secuencia de segmento de actividad resultante es el protocolo de cultivo
25 observado.

El paso 208 identifica así el protocolo de cultivo observado para un cultivo considerado para un período de observación dado. El protocolo de cultivo recomendado para el cultivo considerado para el período de observación dado está disponible en el repositorio de
30 información de zona agroclimática 108e. En una realización, el módulo analizador 108d está configurado para, en la etapa 210, estimar un grado de cumplimiento del protocolo de cultivo

observado con referencia al protocolo de cultivo recomendado. De acuerdo con la presente descripción, se estima que la desviación, si la hay, del protocolo de cultivo observado del protocolo de cultivo recomendado marca el grado de cumplimiento mediante un puntaje. Se supone para el cálculo que el protocolo de cultivo observado y el protocolo de cultivo recomendado están alineados o tienen el mismo tiempo de inicio. Por ejemplo, la desviación entre el protocolo de cultivo recomendado tiene una secuencia de segmento de actividad de {siembra: d_1 , deshierre: d_2 , recolección: d_3 } y el protocolo de cultivo observado que tiene una secuencia de segmento de actividad de {siembra: d_4 , deshierre: d_5 , recolección: d_6 } recibe una puntuación, donde cada elemento tiene la actividad de forma: dX , indicando dX la duración de la actividad agrícola actividad.

La diferencia en duración se usa para calcular el puntaje (S) dado como: $S = 1 - (1/n) \sum_i |d_{n+i} - d_i|/D$, para la longitud n (número de etapas o segmentos de actividad) del protocolo de cultivo recomendado, en donde D se refiere a la longitud máxima posible de un segmento de actividad o etapa. Entonces un sistema perfectamente compatible tiene una puntuación de 1.

Hay dos escenarios posibles durante la comparación del protocolo de cultivo observado con el protocolo de cultivo recomendado. En primer lugar, el protocolo de cultivo observado puede no tener un segmento de actividad que tenga el protocolo de cultivo recomendado. Para resolver esto, se supone una etapa con longitud 0 para el protocolo de cultivo observado. En segundo lugar, el protocolo de cultivo observado puede tener una o más etapas ($k_1, k_2, \dots, k_j$) que no están disponibles en el protocolo de cultivo recomendado. El puntaje de desviación se penaliza en este caso restando una constante conocida, la media de la duración $media_d(k_j)$ para cada uno de los segmentos de actividad (etapa) en el protocolo de cultivo observado que no está disponible en el protocolo de cultivo recomendado. En una realización, la duración media se define basándose en las longitudes de etapa de protocolo de cultivo recomendadas disponibles en el repositorio de información 108e basada en zona agroclimática. Entonces, el puntaje resultante se da como:

$$S = 1 - (1/n) \sum_i |d_{n+i} - d_i|/D - (1/n) \sum_j media_d(k_j)/D.$$

Por lo tanto, la salida de la etapa 210 incluye una lista de etapas en el protocolo de cultivo recomendado que no ocurren en el protocolo de cultivo observado, y una lista de etapas en el protocolo de cultivo observado que no se producen en el protocolo de cultivo recomendado.

Las diferencias entre el protocolo de cultivo observado y el protocolo de cultivo recomendado son indicativas de los cambios dinámicos en el protocolo de cultivo. Por lo tanto, de acuerdo con la presente divulgación, el grado de cumplimiento se estima comparando al menos una actividad agrícola asociada con una actividad: la longitud del segmento en el período de observación con la correspondiente al menos una actividad agrícola en el protocolo de cultivo recomendado; asignar un puntaje de desviación con base en la comparación; y concluir sobre cambios dinámicos en el protocolo de cultivo asociado con un cultivo bajo consideración con base en uno o más segmentos de actividad que no forman parte tanto de la secuencia del segmento de actividad del protocolo de cultivo observado como del protocolo de cultivo recomendado.

10

En una realización, el módulo analizador 108d está configurado para, en la etapa 212, generar un pronóstico estimado de la al menos una actividad agrícola en función del grado de cumplimiento estimado. La correlación del protocolo de cultivo observado con el protocolo recomendado se puede utilizar para generar una estimación de las actividades futuras si el cumplimiento es bueno. Esto se puede proporcionar como una entrada al mercado o a las empresas de insumos agrícolas para estar preparados para los próximos pedidos o próximas transacciones. Por ejemplo, si se observa que el protocolo de cultivo observado cumple con el protocolo de cultivo recomendado durante las etapas iniciales del ciclo de cultivo (por ejemplo, deshierbe, siembra, aplicación de fertilizantes), el personal de la granja puede asumir el tiempo esperado para las actividades futuras (por ejemplo cosecha), lo que permite una planificación proactiva (mano de obra, proveedores) para las actividades futuras.

15

20

En una realización, el módulo analizador 108d está configurado para, en la etapa 214 (no mostrada), definir el protocolo de cultivo observado como el protocolo de cultivo recomendado para el cultivo considerado si el rendimiento del cultivo asociado con el protocolo de cultivo observado es mayor que el rendimiento del cultivo asociado con el protocolo de cultivo recomendado en el repositorio de información basada en la zona agroclimática 108e asociado con la granja. Por lo tanto, de acuerdo con la presente descripción, hay una acumulación continua del repositorio de información 108e basada en zonas agroclimáticas, proporcionando así al personal de la granja una base de datos enriquecida y precisa que puede utilizarse para optimizar la productividad.

25

30

En una realización, el sistema 100 tiene una arquitectura distribuida con uno o más módulos que se proporcionan localmente a la granja y que tienen al menos un conjunto de cálculos tales como los pasos 202 y 204 que se realizan localmente mientras que los pasos 206 a los pasos 212 descritos en este documento arriba se realizan en un servidor central remoto.

5

La descripción escrita describe el objeto del presente documento para permitir a cualquier persona experta en la técnica hacer y usar las realizaciones de la invención. El alcance de las realizaciones objeto de la invención definidas aquí puede incluir otras modificaciones que se les ocurran a los expertos en la materia. Tales otras modificaciones están destinadas a estar dentro del
10 alcance si tienen elementos similares que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal.

El alcance de las formas de realización del tema aquí definidas puede incluir otras modificaciones que se les ocurran a los expertos en la materia. Tales otras modificaciones están
15 destinadas a estar dentro del alcance si tienen elementos similares que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal.

Sin embargo, debe entenderse que el alcance de la protección se extiende a dicho programa y
20 además a un medio legible por computador que tiene un mensaje en el mismo; tales medios de almacenamiento legibles por computador contienen medios de código de programa para la implementación de uno o más pasos del método, cuando el programa se ejecuta en un servidor o dispositivo móvil o cualquier dispositivo programable adecuado. El dispositivo de hardware puede ser cualquier tipo de dispositivo que se puede programar, como por ejemplo cualquier tipo de
25 computador como un servidor o un computador personal, o similar, o cualquier combinación de los mismos. El dispositivo también puede incluir medios que podrían ser, por ejemplo, medios de hardware, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un conjunto de puertos programable en campo (FPGA) o una combinación de medios de hardware y software, por ejemplo un ASIC y un FPGA, o al menos un microprocesador y al menos una memoria con módulos de
30 software ubicados en el mismo. Por lo tanto, los medios pueden incluir medios de hardware y medios de software. Las realizaciones del método descritas aquí podrían implementarse en hardware y

software. El dispositivo también puede incluir medios de software. Alternativamente, las realizaciones de la presente divulgación pueden implementarse en diferentes dispositivos de hardware, por ejemplo usando una pluralidad de CPU.

5 Las realizaciones de la presente pueden comprender elementos de hardware y software. Las realizaciones que se implementan en el software incluyen, pero no se limitan a, firmware, software residente, microcódigo, etc. Las funciones realizadas por diversos módulos que comprenden el sistema de la presente divulgación y que se describen en este documento pueden implementarse en otros módulos o combinaciones de otros módulos. Para los propósitos de esta descripción, un medio legible por computador o legible por computador puede ser cualquier aparato
10 que pueda comprender, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para usarlo o en conexión con el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucción. Los diversos módulos descritos en este documento pueden implementarse como módulos de software y/o hardware y pueden almacenarse en cualquier tipo de medio legible por computador no transitorio u otro dispositivo de almacenamiento. Algunos ejemplos no limitantes de medios no transitorios legibles
15 por computador incluyen CD, DVD, BLU-RAY, memoria flash y unidades de disco duro.

Además, aunque las etapas del proceso, los pasos del método, las técnicas o similares se pueden describir en un orden secuencial, dichos procesos, métodos y técnicas se
20 pueden configurar para trabajar en órdenes alternativos. En otras palabras, cualquier secuencia u orden de pasos que se puedan describir no necesariamente indica un requisito de que los pasos se realicen en ese orden. Los pasos de los procesos descritos en este documento pueden realizarse en cualquier orden práctico. Además, algunos pasos se pueden realizar simultáneamente.

25 Los pasos ilustrados se establecen para explicar las realizaciones ilustrativas mostradas, y se debe anticipar que el desarrollo tecnológico en curso cambiará la manera en que se realizan las funciones particulares. Estos ejemplos se presentan en este documento con fines de ilustración, y no de limitación. Además, los límites de los bloques de construcción funcionales se han definido arbitrariamente en el presente documento por la conveniencia de la descripción. Se pueden
30 definir límites alternativos siempre que las funciones especificadas y sus relaciones se realicen de manera apropiada. Alternativas (incluyendo equivalentes, extensiones, variaciones, desviaciones,

etc., de las descritas en este documento) serán evidentes para las personas expertas en las técnicas relevantes con base en las enseñanzas contenidas en este documento. Tales alternativas caen dentro del alcance y el espíritu de las realizaciones descritas. Además, las palabras "comprendiendo", "teniendo", "conteniendo" e "incluyendo", y otras formas similares pretenden ser equivalentes en significado y ser de final abierto en el sentido de que un artículo o elementos que siguen a cualquiera de estas palabras no pretende ser una lista exhaustiva de dicho artículo o elementos, o que está destinado a estar limitado solo al artículo o artículos enumerados. También debe observarse que tal como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referencias plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Se pretende que la divulgación y los ejemplos se consideren solo a modo de ejemplo, con un verdadero alcance y espíritu de las realizaciones descritas que se indican mediante las siguientes reivindicaciones.