

SISTEMA AUTOMATICO PARA SEGUIMIENTO Y REGISTRO A CICLOS DE VIDA DE MARIPOSAS Y METODO ASOCIADO

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema para el registro de ciclos de vida de mariposas que es gobernado por una aplicación de software inteligente que permite generar estrategias para la conservación de lepidópteros, mediante la identificación, registro, visualización y control de variables críticas en cada etapa del ciclo de vida del animal, y así poder iniciar procesos de planes de manejo para la conservación de ecosistemas y mitigación de impactos ambientales. De forma concreta, el sistema de la presente invención está conformado por tres partes, una primera parte que corresponde a la aplicación de software o parte intangible que permite el registro, almacenamiento, gestión y visualización de variables y reportes de sistema de ciclos de vida. La segunda parte corresponde al sistema electrónico encargado del control de las variables en una caja entomológica, de la fuente de alimentación de energía eléctrica, de la toma de imágenes, del envío y recepción de información desde y hacia el software. La tercera parte corresponde al cuerpo del sistema de registro, en el cual se tienen todos los componentes de hardware que forman parte del sistema, y donde se aloja el circuito electrónico de control, los sensores de temperatura y humedad, el sensor de radiación solar, el actuador de ventilación, los actuadores, el sensor de peso y el visualizador digital, entre otros componentes.

La presente tecnología tiene aplicación en el sector de las tecnologías de la información y más específicamente, aquellas que pueden ser usadas para hacer seguimiento de seres vivos, tales como animales.

ESTADO DE LA TÉCNICA

En la actualidad, el monitoreo o control del ciclo de vida de algunas especies animales, especialmente insectos, tales como mariposas o similares, es realizado de forma natural generando imprecisiones en tiempos y variables ambientales.

Así las cosas, en el estado del arte existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con sistemas o métodos de seguimiento o clasificación de animales, tal como mariposas, dentro de las que se encuentra el documento CN 109376765 que hace referencia a un método de clasificación automática de mariposas basado

en aprendizaje profundo (Deep Learning), que comprende recopilar una foto de la mariposa en el entorno natural; parte de las fotos tomadas de la mariposa recopilada se etiqueta marcando manualmente, biblioteca de imágenes del edificio con leyenda el cuadro y la etiqueta a lo largo de la clasificación son como un conjunto de muestra de entrenamiento; usando un algoritmo Faster-RCNN, el entrenamiento está en la foto para posicionar las redes neuronales convolucionales de la posición de mariposa; usando el algoritmo de redes neuronales convolucionales de profundidad, entrenar una red neuronal convolucional para clasificación de mariposa; para la foto de la mariposa en el entorno natural, primero se pasa la posición por la que se pasan las redes neuronales convolucionales utilizadas para posicionar la mariposa, luego las redes neuronales convolucionales llevan a cabo la identificación taxonómica de la mariposa para clasificación. La invención coloca con precisión a la mariposa en la foto usando el algoritmo Faster-RCNN, la muestra de mariposa se ajusta manualmente por la característica del algoritmo de redes neuronales convolucionales de profundidad y la combinación de mariposa nuevamente, para realizar de manera eficiente y precisa la clasificación automática de la mariposa.

Sin embargo, aunque esta anterioridad menciona un algoritmo y un software que permite hacer una clasificación o monitoreo de una especie de mariposa mediante el uso de imágenes y redes neuronales o inteligencia artificial, presenta el inconveniente que no menciona ni especifica que se tenga un sistema de control como tal, constituido por una serie de sensores o elementos que correspondan a un componente tangible, tal como un encierro donde se pueda ubicar la mariposa y se controlen las variables externas.

De otra parte, el documento KR 101334858 divulga un sistema para clasificar automáticamente especies de mariposas que extrae datos de entropía de similitud de longitud de rama (BLS) en función de los múltiples puntos característicos del contorno del ala de cada especie de mariposa en una imagen de referencia cuya clasificación de especies es identificada, ingresa los datos de entropía BLS extraídos a una red neuronal de perceptrón multicapa, y clasifica los contornos de las especies de mariposas aprendiendo el contorno de cada especie de mariposa. El sistema comprende: una unidad de extracción de datos de contorno para extraer los múltiples puntos característicos del contorno del ala de cada especie de mariposa a partir de una imagen de referencia de especies de mariposas; una unidad de aprendizaje para extraer datos de entropía BLS de los múltiples puntos de características extraídos, ingresar los datos de entropía BLS extraídos a una red

neuronal de perceptrón multicapa que consta de una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida, y obtener datos de clasificación de red neuronal aprendiendo los datos ingresados; y una base de datos para almacenar los datos de clasificación de redes neuronales obtenidos.

No obstante, la invención definida en dicha anterioridad presenta la desventaja que, aunque menciona un sistema basado en software e inteligencia artificial para la clasificación o monitoreo/control de una especie de mariposa, el cual se basa en el uso de imágenes para el aprendizaje profundo (Deep Learning) y mejora en la clasificación y control, no se indica de forma concreta una parte física que cuente con una serie de sensores para llevar a cabo dicho monitoreo, en donde se tenga un encierro o caja principal donde se ubican las mariposas y se pueda controlar las variables del entorno, así como su respectivo monitoreo para ver el comportamiento y el ciclo de vida de dicha especie.

Así mismo, se tiene el documento KR 20090049930 relacionado con un sistema de clasificación/cognición de insectos y un método del mismo, y más particularmente, un sistema y un método para clasificar/reconocer automáticamente y con precisión un tipo de insecto a partir de información de imagen de un insecto. Así, el sistema de cognición/clasificación de insectos divulgado extrae información de color de una imagen capturada de un insecto objetivo de clasificación biológica, aplica transformada de wavelet a la información de color extraída y extrae coeficientes de wavelet para la información de color para caracterizar la imagen. Una unidad de extracción de características de imagen que extrae el extracto; y un aprendiz/clasificador configurado para aprender y clasificar los colores de los insectos a clasificar aplicando mapas de autoorganización (SOM) a los coeficientes wavelet derivados.

Sin embargo, esta anterioridad tiene el problema relacionado con el hecho que no se especifica que se tenga un sistema físico donde se pongan los insectos (mariposa) para hacer el seguimiento o monitoreo de la especie, donde se tenga una serie de sensores para controlar y monitorear las variables del entorno y poder así monitorear el ciclo de vida de la especie.

Ahora bien, el documento CN 108509860 enseña un método de detección de antílope tibetano HOh Xil basado en redes neuronales convolucionales, el cual se basa en los pasos de: 1) se construye un conjunto de datos de entrenamiento,

adquisición y los datos mejorados de la imagen del antílope tibetano se etiquetan y obtienen el conjunto de datos de entrenamiento; 2) la dimensión del marco de destino se lleva a cabo para entrenar el conjunto de datos para agrupar, obtener la información de marco a priori más efectiva del conjunto de datos del antílope tibetano, redes neuronales convolucionales de la estructura uno con 19 capas convolucionales y 5 capas máximas de estanque usando algoritmos; 3) los datos de imagen de antílope tibetano se entrenan con redes neuronales convolucionales, se obtiene detección de antílope tibetano y modelo desagregado; 4) se utiliza modelo entrenado, se detecta imagen de antílope tibetano, tibetano, se dibuja la ubicación específica del antílope y se marca el genérico.

No obstante, aunque esta anterioridad corresponde a un método o sistema para la detección y monitoreo de una especie de animal (antílope) que se basa en la interpretación de imágenes y el uso de redes neuronales e inteligencia artificial, la misma presenta la desventaja que es un método que se hace en el entorno del animal y por el tipo de especie, no se puede realizar en un espacio cerrado, donde se puedan ubicar sensores y hacer un control y seguimiento más preciso de la especie.

Otro documento existente en el estado del arte y relacionado con la presente invención es CN 110837818, el cual divulga un método de identificación de la aleta dorsal del delfín blanco chino basado en una red neuronal convolucional, que comprende los siguientes pasos: construir una biblioteca de imágenes de la aleta dorsal del delfín blanco chino con un marco de posición y una etiqueta de identificación, y dividir la aleta dorsal del delfín blanco chino en una biblioteca de imágenes y una muestra de entrenamiento y una muestra de prueba; entrenar una red neuronal convolucional para localizar el área de la aleta dorsal; entrenar respectivamente tres redes neuronales convolucionales para identificar el lado izquierdo y el lado derecho de la aleta dorsal, la calidad de imagen de la aleta dorsal y los individuos a los que pertenece la aleta dorsal; localizar un área de la aleta dorsal de una imagen en la muestra de prueba a través de una red neuronal convolucional para localizar; y, respectivamente, identificar las áreas de la aleta dorsal a través de tres redes neuronales convolucionales para la identificación, y generar resultados de identificación de los lados izquierdo y derecho de la aleta dorsal, la calidad de imagen de la aleta dorsal y el individuo al que pertenece la aleta dorsal.

Sin embargo, al igual que con otros documentos existentes, esta anterioridad presenta el problema que es un método que se hace en el entorno del animal y por el tipo de especie, no se puede realizar en un espacio cerrado, donde se puedan ubicar sensores y hacer un control y seguimiento más preciso de la especie. Además, no se menciona concretamente un componente tangible sino únicamente un método para hacer el monitoreo y detección.

De otra parte, se tiene el documento CN 108279720 que hace referencia a un sistema inteligente de control de lámparas de calefacción para cría de animales con control automático de temperatura, el cual comprende un sistema de adquisición de datos y sistemas de salida de datos, el sistema de adquisición de datos está conectado con los sistemas de salida de datos a través de un controlador principal y comprende un módulo de entrada de termopar y un sensor de temperatura, el sistema de salida de datos comprende un módulo de salida analógica, un cable de comunicación y un módulo de regulación de voltaje, y tanto el cable de comunicación como el módulo de regulación de voltaje están conectados con el controlador principal. El sistema inteligente de control de lámparas de calefacción para cría de animales tiene las ventajas de un diseño razonable y una estructura simple, los niveles de temperatura se regulan de manera inteligente de acuerdo con los requisitos de control de temperatura para adaptarse a diferentes tipos de animales y se aumenta la inmunidad animal; se logra la conservación de energía y el respeto al medio ambiente, el sistema se regula automáticamente en temperatura y se ahorra mucho energía eléctrica mientras se alivia la descarga de otras sustancias peligrosas; la temperatura se regula automáticamente y la duración del servicio de las lámparas de calefacción se prolonga; el costo de administración se puede reducir en gran medida mediante la regulación automática, la eficiencia de trabajo se puede mejorar en gran medida en la administración de interfaz interactiva y se pueden reducir los riesgos potenciales para la seguridad.

No obstante, aunque esta anterioridad define un sistema cerrado que controla algunas variables en ciertas especies, el cual se basa en una parte física o tangible que permite hacer un control para un fin determinado, la misma presenta el inconveniente que no especifica que sea un sistema como tal para el monitoreo o control del ciclo de vida de mariposas, al tiempo que no especifica el uso de algoritmos de Deep Learning e inteligencia artificial, y además, no cuenta con los sensores adecuados para un monitoreo exitoso.

Finalmente, está el documento CN 205492053 relacionado con una caja de jaula de animales sellada en laboratorio con una función de monitoreo inteligente que puede tomar notas claramente de las actividades fisiológicas de los animales experimentales a través del dispositivo, parámetro ambiental que simultáneamente puede precisar el control de ciclo de vida. Dicha invención revela una caja interior, una cavidad de establecimiento del animal, una caja de forraje, cámara CCD, sensor táctil, sensor de vibración, dispositivo de control de temperatura, dispositivos de control de humedad, está equipado con entrada de aire, boca de oxigenoterapia y ventilación de gas. También está equipado con un monitor de presión de oxígeno en la boca de oxigenoterapia, y la cámara CCD está instalada en la parte superior de la caja, tiene un sensor táctil.

Sin embargo, la invención definida en esta anterioridad tiene el problema o desventaja que, aunque menciona varios sensores, no especifica que se tengan los sensores adecuados ni tampoco hace uso de algoritmos o software con Deep Learning e inteligencia artificial.

En estado del arte también se encuentra el artículo científico divulgado por Congdon, J.V. y otros, titulado "The Future of Artificial Intelligence in Monitoring Animal Identification, Health, and Behaviour", *Animals* 2022, 12, 1711, el cual enseña que monitorear la salud y el bienestar de los animales bajo cuidado, al tiempo que proporcionar entornos específicos para cada especie, es fundamental para el personal del zoológico y la conservación. Para brindar mejor ese cuidado, los cuidadores y los investigadores deben recopilar la mayor cantidad de información posible sobre animales individuales y especies en su conjunto. Este documento se enfoca en la tecnología existente para monitorear animales, brindando una revisión de la historia de la tecnología, incluidos los avances tecnológicos recientes y las limitaciones actuales. Se menciona sobre un software de inteligencia artificial capaz de rastrear de manera discreta y no invasiva la ubicación de las personas, estimar la posición y analizar el comportamiento. Se menciona una solución de software de inteligencia artificial (IA) capaz de determinar dónde se encuentran las personas y los activos dentro de lugares públicos o atracciones para aplicaciones de inteligencia operativa, seguridad y salud y seguridad. La solución también monitorea las temperaturas individuales para reducir la posible propagación de COVID-19. Esta tecnología ha sido adaptada para su uso en el Zoológico de Toronto, iniciada con un enfoque en los orangutanes de Sumatra (*Pongo abelii*) dada la estrecha similitud física entre los orangutanes y los humanos

como especies de grandes simios. Esta tecnología será capaz de recopilar datos en masa, identificar individuos, estimar poses, monitorear el comportamiento y rastrear las ubicaciones de los orangutanes, en tiempo real las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que beneficiará tanto a los cuidadores del zoológico como a los investigadores que buscan revisar esta información.

No obstante, este artículo científico no indica que se tenga un sistema físico tangible como tal, es decir, menciona más que todo la determinación de una especie y de humanos para identificarlos y ubicarlos en un mapa y saber si cumplen con ciertas características, por lo que no se menciona un lugar cerrado donde se ubique una pluralidad de sensores y permita determinar o monitorear el ciclo de vida de una especie en concreto.

A partir de la información anterior, es claro que los documentos existentes en el estado del arte corresponden a una serie de sistemas y métodos para el monitoreo de animales con el fin de controlar algún tipo de variable, donde en algunos casos se mencionan espacios cerrados donde se hace el monitoreo por medio de sensores, mientras que en otros casos se define el monitoreo en áreas abiertas, dependiendo de la especie o animal.

Así las cosas, se puede ver que los dispositivos divulgados en el arte previo todos presentan el inconveniente y la desventaja que se basan en variables que no son adecuadas ni precisas para hacer el control del animal, dado que no se basan en sistemas de inteligencia artificial ni procesos de Deep Learning que permiten que la manipulación humana sea mínima y que los resultados sean altamente adecuados y precisos con la realidad.

Por lo tanto, es claro para el experto en la materia que en el estado del arte existe una necesidad por diseñar e implementar un equipo o un sistema compuesto por varios componentes de hardware y software que se basen en inteligencia artificial y el uso de una pluralidad de sensores, el cual permita hacer un monitoreo y control automático del ciclo de vida de una especie animal, en concreto de mariposas, donde esto se lleve a cabo por medio de una parte tangible que corresponda a un encierro o una caja donde se ubican los sensores y se controlan y monitorean las variables ambientales relacionadas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

Figura 1. Vista esquemática general del sistema de registro de ciclos de vida de mariposas de la presente invención, donde se ilustran todos los componentes que forman parte del mismo.

Figura 2. Vista en detalle de la carcasa y componentes físicos o hardware que forman parte d sistema ilustrado en la Figura 1.

Figura 3. Vista en detalle en perspectiva frontal de la carcasa o base separada y que se ilustra en las Figuras 1 y 2.

Figura 4. Vista en detalle en perspectiva posterior de la carcasa o base separada mostrada en la Figura 3.

Figura 5. Vista en detalle de la caja de entorno artificial que forma parte del sistema de la presente invención.

Figura 6. Vista en detalle de la caja entomológica de zona de captura y su respectiva tapa, las cuales forman parte del sistema de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema para el registro de ciclos de vida de mariposas que es asistido por una aplicación de software inteligente que permite generar estrategias para la conservación de lepidópteros, mediante la identificación, registro, visualización y control de variables críticas en cada etapa del ciclo de vida del animal, y así poder iniciar procesos de planes de manejo para la conservación de ecosistemas y especies amenazadas, polinización, estudio de cambio climático y mitigación de impactos ambientales.

Específicamente, las Figuras 1 a 6 muestran el sistema de la presente invención, el cual comprende o está compuesto principalmente de los siguientes componentes o partes que forman parte del mismo y que lo hacen diferente de los similares existentes en el estado del arte, como se mencionaron previamente:

- Un módulo de procesamiento (1) que permite realizar el registro, almacenamiento, gestión y visualización de variables y reportes de sistema de ciclos de vida;
- Un cuerpo del sistema de registro, en el cual se tienen todos los componentes de hardware que forman parte del sistema, dentro de los que se encuentra un circuito electrónico de control (2), unos sensores de temperatura y humedad (9), un sensor de radiación solar (7), un actuador de ventilación (8),

unos actuadores, un sensor de peso (13) y un visualizador digital (10), entre otros componentes;

- Un subsistema electrónico encargado del control de las variables en una caja entomológica (11), el cual cuenta con una fuente de alimentación de energía eléctrica, un módulo de toma de imágenes, un módulo de envío y recepción de información desde y hacia el módulo de procesamiento; y
- Una carcasa o base (3) que sirve como soporte o base para instalar sobre el mismo el sensor de peso (13), la caja entomológica (11) de muestreo con su respectiva tapa de caja (12), una caja de entorno artificial (4) que soporta los sensores de imagen superior (5) y lateral (6) ubicados en la parte superior y en el costado, respectivamente.

Así las cosas, la transferencia de temperatura y humedad se da entre la caja entomológica (11) de muestreo y la caja del entorno artificial (4) mediante unos ductos (11.1) y a su vez, el intercambio térmico con el ambiente exterior se presenta gracias a otros respectivos ductos (4.1).

Dicha carcasa o base (3) del sistema está construida en plástico de alta resistencia y preferiblemente tiene forma de "L", y que corresponde al componente donde se almacenan los circuitos electrónicos en un compartimento cerrado y solo se dejan al exterior los conectores para sensores, la fuente de energía, el visualizador de peso, el botón de inicio y los actuadores eléctricos. Además, se integra a la base (3), la caja de entorno artificial (4) mediante un anclaje en cuatro orificios para que ésta no se mueva, dicha caja del entorno artificial (4) es preferiblemente cuadrada y tiene paredes en acrílico transparente, excepto la cara que da hacia la base, donde se tiene una pequeña parte lateral, diseñada así para que los sensores y actuadores hagan parte del entorno artificial donde se aloja la caja entomológica (11) zona de captura.

También se instala en la caja de entorno artificial (4) los sensores de imagen (5, 6), donde en la parte superior se ubica el sensor de imagen superior (5) fase huevo, larva, mientras que el sensor de imagen lateral (6) es para el registro de cada uno de los instar en etapa de larva, pupa, crisálida. La caja entomológica de captura (11) está construida en acrílico transparente, presenta los ductos de caja entomológica (11.1) de captura y delimita la zona de captura para el registro de ciclo de vida de las mariposas en todas sus fases, adicionalmente se evita la salida de la especie mediante la tapa de caja entomológica (12) de captura durante el ciclo.

La presente invención también está dirigida a un método para registrar los ciclos de vida de mariposas mediante el sistema automático de registro de ciclos de vida de mariposas, como se definió anteriormente, en donde dicho método comprende o consta de los siguientes pasos o etapas:

- Energizar el sistema de registro de ciclo de vida de mariposas mediante la inserción de energía eléctrica de 110 voltios AC y la activación de la aplicación software libre para captura, registro y visualización en el módulo de procesamiento (1);
- Retirar la caja de entorno artificial (4) de la base (3) y abrir la caja entomológica de captura (11) para adecuar y poner una hoja de planta hospedera donde se dejarán los huevos;
- Establecer o definir en el módulo de procesamiento (1) los rangos de las variables a estar involucradas, tales como temperatura, humedad, nivel de brillo solar, etc., dentro de la caja del entorno artificial (4) y ajustar los sensores de imagen (5, 6);
- Ubicar huevos de mariposa tomados de plantas hospederas en la caja entomológica de captura (11) (previamente analizados en laboratorio para determinar las características iniciales);
- Cerrar la tapa (12) de la caja entomológica de captura (11) y posicionar dicha caja (11) sobre el sensor de peso (13); e
- Insertar en la carcasa o base (3) la caja del entorno artificial (4) y oprimir el botón de inicio.

A partir de este momento, el sistema empieza a sensar o medir en forma periódica los cambios en las diferentes variables del entorno y de los cambios que sufre el huevo hasta su etapa final. Una vez se detecta una mariposa en la caja entomológica de captura (11), el software genera la activación de las alarmas de tipo visual y auditivo y envía un correo electrónico y un mensaje de texto a los registrados por el usuario, además del reporte de ciclo de vida, preferiblemente en formato PDF.

Aunque la presente invención ha sido definida en términos de las modalidades y/o configuraciones preferidas que permiten obtener el resultado deseado, se entiende entonces que dentro de la presente divulgación se contemplan las múltiples modificaciones y/o alternativas que se puedan derivar de forma evidente para un

experto en la materia, razón por la cual el alcance de la presente invención no está definido únicamente por las implementaciones preferidas definidas acá, sino que, por el contrario, el mismo está enteramente definido por las reivindicaciones adjuntas.