

Identificación de la planta de chile habanero usando algoritmos de inteligencia y visión artificial implementado en una Jetson nano



Víctor Gironda Saldías¹, Antonio Gustavo Juárez Gracia¹, Roberto Vázquez Arreguín²

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN, Unidad Legaria), Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo, CP 11500 México D. F.

²Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, Av. Juan de Dios Bátiz esq. Av. Miguel Othón de Mendizábal, Col. Lindavista, Gustavo A. Madero, C.P. 07738 México D. F.

E-mail: ngironda7@gmail.com

(Recibido el 3 de enero de 2021, aceptado el 26 de febrero de 2022)

Resumen

Con los avances de la tecnología, se ha logrado que las maquinas puedan aprender a identificar objetos usando inteligencia y visión artificial. En este presente trabajo, nos enfocaremos en realizar un algoritmo que permita identificar las hojas de la planta de chile habanero a través de una minicomputadora de bajo consumo eléctrico para aplicaciones de campos de cultivos, donde se requiera utilizar baterías y paneles solares. Usando esta minicomputadora Jetson nano se logró obtener resultados que se podrían aplicar en el monitoreo del estado de salud de cada planta con una velocidad de procesamiento de 45 fotogramas por segundo a través del algoritmo “Single Shot MultiBox Detector” (SSD). Este algoritmo basado en redes neuronales convolucionales está optimizado para los procesadores ARM, el cual posee este minicomputador jetson nano, así como también: celulares, Raspberry Pi y otras computadoras de bajo consumo. Por tanto, usando este algoritmo de inteligencia artificial, se podría tener una mayor eficiencia al hacer una inspección visual a cada planta comparado con el resultado que tendría una persona.

Palabras clave: Agricultura inteligente, inteligencia artificial, visión artificial.

Abstract

Nowadays, the machine can learn to classify objects using artificial intelligence and vision. The focus of this work is to implement an algorithm of artificial intelligence that can identify the leaf of the habanero pepper plants through a minicomputer with low electrical consumption. This system could use in the application of crops where the requirement is to use a battery and solar energy. Using a Jetson Nano minicomputer, it could be possible to obtain results to monitor the health state of each plant with a processing speed of 45 frames per second through The Single shot Multibox Detector (SSD) algorithm. This algorithm is based on convolution neuronal networks and is optimized for ARM processors. The Jetson nano, raspberry pi, phone, and other minicomputers have this processor. In conclusion, the artificial intelligence algorithm could do the visual inspection better than the average person.

Keywords: Smart farm, artificial intelligence, artificial vision.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las causas de daño en la cosecha de un cultivo son las enfermedades y/o plagas. En los cultivos, por lo general, se realiza una inspección visual para verificar el estado de salud de cada planta. La inspección visual la realiza un experto en el área, que tiene una amplia experiencia, porque la detección de las enfermedades o plagas debe ser en etapas tempranas, para que estas no se propaguen y así evitar pérdidas más grandes en la cosecha del cultivo. Este tipo de proceso tiene la desventaja que normalmente es una sola persona la que se encarga de inspeccionar áreas muy grandes, lo que conlleva a que la identificación de plagas y enfermedades se haga en etapas avanzadas [1]. Hoy en día,

con la ayuda de la inteligencia artificial (IA) podemos realizar actividades de la vida cotidiana. Debido a que las maquinas son capaces de “aprender” utilizando grandes volúmenes de información llamados base de datos. Añadiendo técnicas de visión artificial al IA, se ha logrado realizar algoritmos de clasificación que permite identificar objetos con una mayor eficiencia que un humano promedio[2]. En este trabajo de investigación usaremos un algoritmo de IA para la identificación de la planta de chile habanero programado en un minicomputador llamado Jetson nano. Este minicomputador tiene un procesador de bajo consumo que nos permite tener aplicaciones en el campo utilizando baterías y paneles solares. El algoritmo de IA que se utilizó se basa en las redes neuronales convolucionales que permiten la clasificación de objetos,

procesando imágenes a una alta velocidad. Se busca optimizar el algoritmo para que se pueda implementar en una Jetson nano que es una minicomputadora de bajo consumo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y metodología se describen a continuación:

A. Implementación del sistema mecatrónico

Para la implementación del algoritmo de IA, se construyó un sistema mecatrónico, Figura 1, con tecnología de hardware y software libre, conocido como Farmbot [3].



FIGURA 1. Sistema mecatrónico, construido principalmente con piezas aluminio y plástico montado en un invernadero.

Para la implementación del hardware, se utilizó la Nvidia Jetson nano, donde se tiene el algoritmo de inteligencia artificial basado en redes neuronales convolucionales debido a que cuenta con 128 núcleos dedicados para el procesamiento gráfico (CUDA), que permite realizar programación en paralelo para el procesamiento de las imágenes que se toman a través de una cámara endoscópica, que permite una vista de la parte superior de la planta, conectado por USB a esta minicomputadora, y un Arduino Mega como microcontrolador que permite el funcionamiento de los actuadores y sensores del sistema a través del “SHIELD RAMPS v1.4” que tiene la electrónica de potencia para motores, bomba de vacío, leds, y la electroválvula que se utilizan para el movimiento y las herramientas del robot: dispositivo de riego, dispositivo para sembrar y sensor de humedad, Figura 2.

B. Algoritmo de inteligencia artificial

El algoritmo de inteligencia artificial que se utilizó es el algoritmo de las redes neuronales convolucionales que permite detectar e identificar las plantas de chile habanero para este proyecto. Las redes neuronales son una

combinación lineal, es decir, la suma de productos de las entradas de la neurona por unas constantes llamadas “pesos sinápticos”, que define la importancia relativa de cada entrada. Donde el valor de esta serie de sumas pasa por una función de activación que determina si se activa o no la neurona[4].



FIGURA 2. Caja de componentes del sistema electrónico de control, que incluye la Jetson nano, y la etapa de potencia.

Para la implementación del algoritmo de inteligencia artificial es necesario contar con una base de datos amplia que muestre todas las características de las hojas de la planta del chile habanero. La base de datos está normalmente separada en tres subgrupos, donde el primer subgrupo tiene el 70 % de las imágenes de base de datos, es para el entrenamiento, el segundo tiene 20 % asignado a la evaluación del algoritmo y el tercer subgrupo tiene 10% restante para la validación del algoritmo. Antes del entrenamiento, se tiene que preparar la base de datos: creando un archivo de texto que contenga las coordenadas del punto inicial y punto final delimitando un área rectangular en donde se encuentra el objeto a detectar en cada una de las imágenes, figura 5, de la base de datos.

Posteriormente, se inicia la etapa de entrenamiento, donde se crea un modelo matemático a partir del primer subgrupo de la base de datos de imágenes. Luego, se pone a prueba este modelo entrenado con el siguiente subgrupo de imágenes. Si el resultado de esta prueba no es el deseado entonces se vuelve a entrenar el modelo. Finalmente, para validar el modelo, se utiliza el último subgrupo de imágenes para confirmar el resultado de la prueba anterior.

C. Cultivo del chile habanero

Para esta parte se tomó asesoría técnica de un ingeniero agrónomo de la empresa COSECHANDO NATURAL, comercio donde se compraron los materiales para la preparación de la tierra. Se mezclaron tres componentes: vermi-composta, agrolita y tierra negra en partes iguales

para el sustrato, cubriendo toda el área del almacigo de madera y tiene una profundidad de 35 cm aproximadamente, donde se sembró el chile habanero. De acuerdo con la información proporcionada por el ingeniero agrónomo de COSECHANDO NATURAL, recomendó sembrar dos semillas por zona. El sembrado se realizó usando la herramienta de sembrado del robot tomando una distancia de 30 cm entre las seis zonas abarcando toda el área del almacigo a una profundidad de 0.5 cm. Las seis zonas se separaron en dos grupos para realizar las pruebas del algoritmo de inteligencia artificial. El grupo I se tomó de las primeras cuatro zonas y las otras dos zonas restantes para el grupo II. Donde se ocuparon estas zonas para la validación del modelo del algoritmo de inteligencia artificial para la identificación y detección de las plantas de chile habanero como se puede observar en la figura 3.

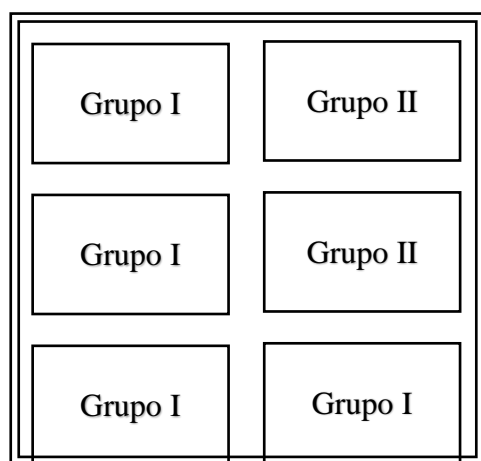


FIGURA 3. Esquemas de las zonas de cultivo.

Siguiendo las instrucciones del ingeniero agrónomo, se programó al robot para que se realice el riego de las plantas una vez por día durante el día. La hora del riego se estableció con base en la información obtenida de los sensores de humedad y temperatura.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos son el conjunto de imágenes que componen la base de datos y la implementación del algoritmo de IA en la jetson nano y se describe a continuación:

A. Adquisición de imágenes para la base de datos

La base de datos es una colección de imágenes de una vista superior de las plantas de chile habanero que se realizó a través del sistema mecatrónico que cuenta con una cámara endoscópica. Se tomaron seiscientos treinta y siete imágenes con una resolución de 1600×1400 píxeles. Se capturó cada foto con una vista superior por zona, una vez

por día después del riego, desde que se sembró la planta hasta la etapa adulta de la misma durante un periodo de aproximadamente 4 meses, descartando las primeras imágenes de germinación de cada planta, debido a que la planta aún no brotaba de la tierra. Estas imágenes sirven tanto para monitorear el crecimiento de cada planta como también para construir una base de datos para el entrenamiento del algoritmo de inteligencia artificial, como se muestra en la figura 4.



FIGURA 4. Colección de imágenes que son parte de la base de datos.

A continuación, se prepara la base de datos del grupo I en la implementación del algoritmo de inteligencia artificial. El paso siguiente es separar esta base de datos en tres subgrupos. El primer subgrupo, Figura 5, es asignado al entrenamiento que fueron quinientas diez imágenes, el segundo subgrupo es para realizar las pruebas del modelo del algoritmo de inteligencia artificial con sesenta y cuatro imágenes. En el último subgrupo de validación se ocuparon las sesenta y tres imágenes restantes.

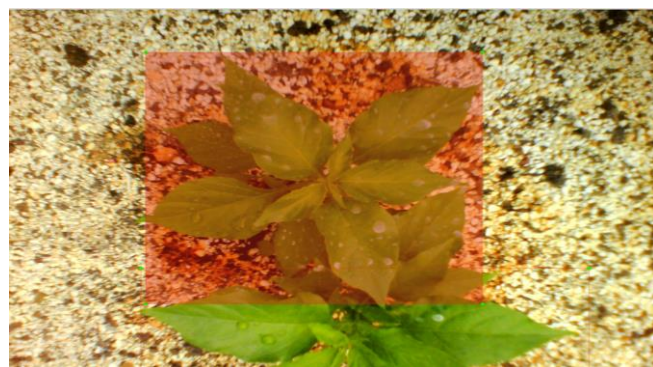


FIGURA 5. Se muestra la preparación de la base de datos de una imagen que corresponde al grupo I. El área marcada con rojo indica la ubicación de una planta de chile habanero.

B. Implementación del algoritmo de IA

Uno de los factores más importantes para la implementación del algoritmo de inteligencia artificial es la

velocidad de procesamiento de imágenes, que se mide en fotogramas por segundo (fps). Para conocer la velocidad del algoritmo de inteligencia artificial en la Jetson nano se utilizaron los algoritmos “You Only Look Once” (YOLO) [5] y “Single Shot MultiBox Detector” (SSD) [6]. Para esta prueba se entrenaron estos algoritmos con la base de datos “COCO”. Esta base de datos tiene trescientas mil imágenes con ochenta clases diferentes entre personas y objetos. Se realizaron estas pruebas dando el siguiente resultado:

TABLA I. Velocidades de procesamientos de imágenes en los algoritmos de IA.

| <i>Algoritmos de inteligencia artificial</i> | <i>Fotogramas por segundos(fps)</i> |
|--|-------------------------------------|
| “You Only Look Once” (YOLO) | 2-4 |
| “Single Shot MultiBox Detector” (SSD) | 15-20 |

Por tanto, se decidió usar el algoritmo de inteligencia artificial SSD, ya que este algoritmo es más rápido en procesar las imágenes que el algoritmo YOLO, debido a que esta optimizado para la arquitectura ARM, que es el procesador de bajo consumo que tiene la Jetson nano.

Posteriormente se entrenó este algoritmo de inteligencia artificial con la base de datos de la planta de chile habanero obtenida anteriormente. Para el entrenamiento, se realizaron las primeras pruebas en la Jetson nano pero debido a que los tiempos de entrenamiento eran estimados en días. Se decidió usar una estación de trabajo para el entrenamiento y posteriormente hacer uso del modelo entrenado en la Jetson nano. El entrenamiento del algoritmo fue realizado con la base de datos construida con el grupo I. Cada entrenamiento duró aproximadamente 3 horas en una estación de trabajo que tiene una tarjeta gráfica GeForce GTX 1070 de 8 GB, Intel Core i7-7700k CPU 4.2GHz y una memoria RAM 16 GB. Los hiperparámetros son configuraciones que están fuera de la base de datos que se utilizan en los entrenamientos para obtener un modelo. Las configuraciones de estos hiperparámetros son:

- **Optimizador:** se encarga de recalculer los pesos sinápticos por cada pasada de la red neuronal usando una función matemática llamada descenso de gradiente estocástico (“SGD”)
- **Tasa de aprendizaje:** permite definir los pasos de corrección que se tiene por cada pasada en la red y tiene un valor para este caso de 0.1.
- **Tamaño de muestro (batch-size):** Es el tamaño de datos que va a procesar a través de los CUDA y tiene un valor para este caso es de dieciséis.
- **Época:** Es la cantidad de veces que el algoritmo entrena toda la red neuronal y para este algoritmo se realizaron doscientas épocas.

Luego del entrenamiento, se realizaron las pruebas del modelo, donde se ocuparon los subgrupos de la base de

datos de prueba y validación. Los resultados obtenidos son los siguientes: el modelo del algoritmo de inteligencia artificial tiene una exactitud promedio del 90.62% para la clase de las hojas de la planta de chile habanero, donde se lograron identificar correctamente cincuenta y ocho imágenes de sesenta y tres que fueron utilizadas para llevar a cabo esta última prueba de validación. Este proceso se realizó en la estación de trabajo. Dentro del invernadero se monitorearon los valores de temperatura y humedad para confirmar que todas las plantas tuvieran las mismas condiciones del ambiente tanto para el grupo I como para el grupo II. Una vez con el modelo entrenado y validado se realizaron las pruebas para las plantas pertenecientes al grupo II. Este proceso se realizó en tiempo real en la minicomputadora Jetson nano donde se cargó el modelo de inteligencia artificial entrenado y validado, obteniendo las imágenes dinámicas de la cámara endoscópica instalada en el sistema. Se realizaron estas pruebas de funcionamiento de este sistema, se implementó una interfaz gráfica realizada en lenguaje de programación Python, que permitió controlar todas las funciones del robot de manera local y remota. En la conexión remota, se utilizó una Raspberry pi como puente para entrar a la jetson nano a través del VNC (virtual network computing), y también en el control luces, y monitoreo de la temperatura y la humedad del aire, a través de esta interfaz gráfica, figura 6. Se logró validar el modelo de inteligencia artificial que se entrenó, detectando e identificando las hojas de las plantas de chile habanero en función de las características de cada imagen en la base de datos. Obteniendo un resultado del 99.5% de asertividad del robot, con una velocidad de procesamiento de 45 fps como se observa en la figura 7.

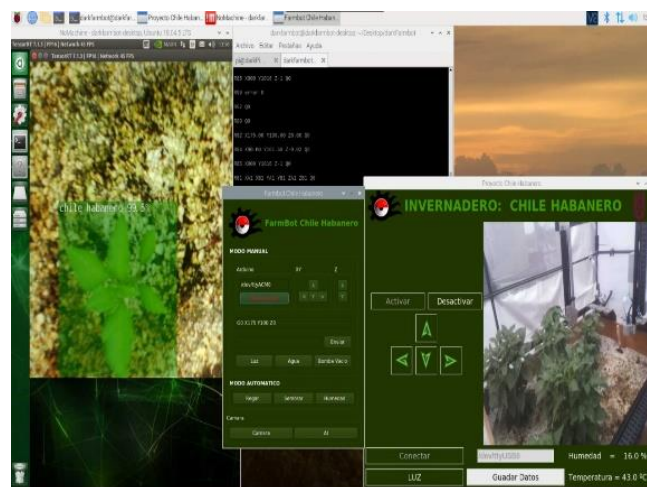


FIGURA 6. Interfaz gráfica para controlar el robot y una imagen en tiempo real identificando a las hojas de la planta de chile habanero usando SSD.



FIGURA 7. Imagen procesada por la IA.

IV. CONCLUSIONES

Se logró implementar un sistema mecatrónico capaz de mover al robot en los tres ejes alrededor del cultivo del chile habanero. La implementación del algoritmo de inteligencia artificial permitió realizar la detección e identificación de las hojas en las plantas de chile habanero. Usando el modelo SSD se obtuvo una exactitud del 90.62%, permitiendo tener un resultado en tiempo real de 99.5% de asertividad con una velocidad de procesamiento de 45 fps, es decir, se realizó correctamente la identificación en la imagen de la planta de chile habanero.

Este sistema, el algoritmo de IA implementado en la Jetson Nano, se podría aplicar en la detección de enfermedades y plagas en los cultivos, ampliando la base de datos con imágenes de plantas con diferentes enfermedades y plagas, variando las condiciones de crecimiento como son zona

geográfica, humedad, presión, temperatura y tipo de suelo. Esta podría ser una herramienta que permita a los agricultores diagnosticar en etapas tempranas las enfermedades y/o plagas en los cultivos, permitiendo tomar medidas correctivas oportunas ayudando a disminuir el daño en los cultivos. Ya que este sistema puede estar operando todos los días durante las 24 horas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro de Investigación "CICATA-IPN" Unidad Legaria por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo y a COFFA por el soporte económico.

REFERENCIAS

- [1] Nutter, F. W., Esker, P. D. & Netto, R. A. C., *Disease Assessment Concepts and the Advancements Made in Improving the Accuracy and Precision of Plant Disease Data*, Eur. J. Plant Pathol. **115**, 95–103 (2006).
- [2] Arnal Barbedo, J. G., *Plant disease identification from individual lesions and spots using deep learning* Biosyst. Eng., **180**, 96–107 (2019).
- [3] Chora Garcia, D., Álvarez Martínez, G. & Espinoza Garcia, M., *Raspberry Pi y Arduino: semilleros en innovación tecnológica para la agricultura de precisión*, *Informática y Sist.*, Rev. Tecnol. la Informática y las Comun **2**, 74 (2018).
- [4] Izaurieta, F. & Saavedra, C., *Redes Neuronales Artificiales*, Charles Fis., 1–15, (1999).
- [5] Huang, R., Pedoeem, J. & Chen, C., *YOLO-LITE: A Real-Time Object Detection Algorithm Optimized for Non-GPU Computers*, in *Proceedings 2018*, IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2018, Jan. (2019), pp. 2503–2510.
- [6] Liu, W. *et al.*, *SSD: Single shot multibox detector*, *Lect. Notes Comput. Sci. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics*, **9905** LNCS, 21–37 (2016).