



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac

Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 5 Num. 2 (2024) - Publicado: 22/03/24

DOI: 10.57166/micaela.v5.n2.2024.

Páginas: 48 - 55

Recibido 20/08/2024; Aceptado 04/09/2024

<https://doi.org/10.57166/micaela.v5.n2.2024.157>

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0005-0540-5124>
Rosmary Sánchez-Espinoza, Egresado en Ingeniería Informática y Sistemas de la universidad Nacional Micaela Bastidas 171175@unamba.edu.pe
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0005-5522-978X>
Yennifer Meza-Tantalla, Egresado en Ingeniería Informática y Sistemas de la universidad Nacional Micaela Bastidas 171159@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-2552-5669>
Mario Aquino-Cruz, Docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú.
maquino@unamba.edu.pe

Detección de enfermedades en hojas de tubérculos a través de redes neuronales: revisión sistemática de literatura

Detection of diseases in tubers leaves using neural networks: systematic literature review

Rosmary Sanchez-Espinoza¹, Yennifer Meza-Tantalla² y Mario Aquino-Cruz³

Resumen. Las enfermedades en las hojas de tubérculos, como la papa y la yuca, afectan significativamente la producción y calidad de los cultivos. La detección temprana es crucial para mitigar pérdidas, pero los métodos visuales tradicionales son ineficientes y propensos a errores. Los avances en inteligencia artificial (IA) han abierto nuevas posibilidades para automatizar este proceso. Este artículo revisa sistemáticamente la literatura sobre el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) y otros enfoques de aprendizaje profundo para identificar enfermedades en hojas de tubérculos, siguiendo las pautas de Kitchenham. Se evaluaron estudios clave que emplean CNN, modelos de aprendizaje por transferencia y técnicas de preprocesamiento de imágenes en el diagnóstico de enfermedades. Desde 2020, la investigación ha aumentado, mostrando la efectividad de estos métodos frente a los tradicionales. No obstante, persisten desafíos relacionados con la disponibilidad de conjuntos de datos adecuados y la implementación práctica en entornos agrícolas. Esta revisión destaca el potencial de las técnicas basadas en IA para mejorar la detección de enfermedades y contribuir a la sostenibilidad agrícola.

Palabras Clave: Enfermedades, Hojas, Redes Neuronales, Tubérculos

Abstract. Diseases in tuber crop leaves, such as potato and cassava, significantly affect crop production and quality. Early detection is crucial to mitigate losses, but traditional visual methods are inefficient and prone to errors. Advances in artificial intelligence (AI) have opened new possibilities to automate this process. This article systematically reviews the literature on the use of Convolutional Neural Networks (CNN) and other deep learning approaches to identify diseases in tuber crop leaves, following Kitchenham's guidelines. Key studies employing CNN, transfer learning models, and image preprocessing techniques in disease diagnosis were evaluated. Since 2020, research has increased, demonstrating the effectiveness of these methods over traditional techniques. However, challenges persist regarding the availability of suitable datasets and practical implementation in agricultural settings. This review highlights the potential of AI-based techniques to improve disease detection and contribute to agricultural sustainability.

Keywords: Leaves, Diseases, Neural Networks, Tubers

1 Introducción

La detección temprana y precisa de enfermedades en cultivos es vital para asegurar la seguridad alimentaria y minimizar las pérdidas agrícolas globales[1]. Tubérculos como papa y yuca, fundamentales para la economía y la nutrición por su alto contenido en carbohidratos, son especialmente vulnerables a enfermedades foliares que pueden impactar gravemente su rendimiento y calidad[2]. Tradicionalmente, la identificación de enfermedades en hojas de tubérculos se ha basado en inspecciones visuales realizadas por expertos, un método que consume tiempo y puede ser propenso a errores humanos[1]. Recientemente, los avances en inteligencia artificial (IA) y redes neuronales profundas han posibilitado el desarrollo de modelos automáticos de detección de enfermedades en hojas[3]. Estos modelos pueden superar las limitaciones de los métodos tradicionales, proporcionando diagnósticos rápidos y precisos mediante el análisis de imágenes digitales de las hojas. Las redes neuronales convolucionales (CNN) destacan por su eficacia en el reconocimiento de patrones en imágenes, convirtiéndolas en una herramienta prometedora para la clasificación de enfermedades foliares[4].

Varios estudios han investigado el uso de técnicas de aprendizaje profundo para identificar enfermedades en hojas de cultivos. Se ha probado el uso de CNN para detectar enfermedades como el tizón (causado por *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*) en papas, además de patologías en yuca, como la enfermedad del mosaico de la yuca (CMD), la enfermedad de la mancha marrón (CBSD), la moteada verde (CGM) y la bacteriana (CBB), con resultados prometedores en cuanto a precisión y rapidez de diagnóstico. También se han evaluado enfermedades bacterianas y fúngicas que afectan tanto la calidad como la cantidad de la producción de papa. La capacidad de estas redes para aprender de grandes volúmenes de datos permite a los investigadores crear modelos robustos que diferencian entre diversas enfermedades y condiciones ambientales que pueden afectar la apariencia de las hojas[4].

Este artículo se propone revisar sistemáticamente la literatura existente sobre la aplicación de redes neuronales en la detección de enfermedades en hojas de tubérculos, con un enfoque en cultivos clave como la papa y yuca. A través de una revisión sistemática de la literatura, se busca ofrecer una visión integral de las técnicas, modelos y resultados obtenidos en este campo emergente. La revisión explora los avances más recientes en la implementación de CNN y otros enfoques basados en IA, destacando los desafíos actuales y las oportunidades futuras para mejorar la precisión y eficiencia de los sistemas de diagnóstico automatizado en la agricultura. En las siguientes secciones, se detallarán la metodología utilizada, los resultados obtenidos a partir de los artículos seleccionados, así como un análisis crítico en la sección de discusión. Por último, se presentarán las conclusiones derivadas de esta revisión.

2 Método

Para el desarrollo del presente artículo se aplicó como inspiración la metodología de Barbara Kitchenham, que ha demostrado ser de gran utilidad en trabajos relacionados con la revisión sistemática de la literatura. A continuación, se describen las fases que permitieron llevar a cabo este estudio:

- a) Planificar la revisión sistemática de la literatura con el uso de la herramienta Parsifal:
 - Determinar las preguntas de investigación.
 - Establecer el proceso de búsqueda.
 - Definir los criterios de inclusión y exclusión para los artículos.
 - Seleccionar las fuentes de consulta.
 - Crear las cadenas de búsqueda.
- b) Desarrollar la revisión sistemática con la planificación definida:
 - Búsqueda de artículos.
 - Selección de los artículos definitivos para el análisis de la información.
 - Análisis y clasificación de la información.
- c) Documentar e interpretar los resultados de la revisión:
 - Desarrollar el informe respondiendo a las preguntas de investigación de la revisión.
- d) Herramientas utilizadas en esta investigación:
 - Mendeley: Herramienta que facilitó la gestión y administración de las fuentes bibliográficas, permitiendo organizar las referencias utilizadas.
 - Parsifal: Herramienta web que ayudó a crear las cadenas de búsqueda, identificar palabras clave y formular las preguntas de investigación.

3 Desarrollo

3.1 Planificar la revisión sistemática de la literatura

a) Definición de Preguntas de Investigación

En base al propósito del presente artículo, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿En qué repositorios se han publicado la mayoría de los artículos sobre la identificación de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos utilizando técnicas de aprendizaje profundo?
- ¿En qué año se publicó la mayoría de los artículos y cómo se interpreta esta tendencia?
- ¿Cómo contribuyen las técnicas de aprendizaje profundo en la detección de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos?

b) Establecer el proceso de búsqueda

Se utilizaron los términos clave siguiendo el método PICOC[5] para definir el alcance de la revisión sistemática, considerando población, intervención, comparación, resultados y contexto. Esto permitió establecer las expresiones que conforman las cadenas de búsqueda, descritas a continuación.

- **Población (P):** "Tubérculos" OR "Hojas de tubérculos" OR "Enfermedades de cultivos" OR "Papas" OR "Batatas" OR "Enfermedades foliares"
- **Intervención (I):** "Aprendizaje profundo" OR "Deep Learning" OR "Redes neuronales" OR "Redes neuronales convolucionales" OR "CNN"
- **Comparación (C):** No aplica.
- **Resultados (O):** "Detección" OR "Clasificación" OR "Algoritmos" OR "Métodos" OR "Técnicas" OR "Identificación de enfermedades" OR "Rendimiento"
- **Contexto (C):** "Redes Neuronales" OR "Automatización agrícola" OR "Diagnóstico agrícola" OR "Tecnología agrícola"

c) Definir los criterios de inclusión y exclusión para los artículos

Criterios de Inclusión (IC):

- **IC1:** Artículos que contengan información sobre la detección de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos utilizando redes neuronales.
- **IC2:** Artículos escritos en inglés o español.
- **IC3:** Artículos publicados desde el año 2020 en adelante.
- **IC4:** Artículos que hayan sido publicados en revistas científicas o actas de conferencias.

Criterios de Exclusión (EC):

- **EC1:** Artículos duplicados.
- **EC2:** Artículos cuyo título no tenga relación con la identificación de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos.
- **EC3:** Artículos que no abordan temas relacionados con la agricultura, biología o tecnología de la información.
- **EC4:** Informes, capítulos de libros, manuales, y literatura no académica o no revisada por pares.

d) Desarrollo del Protocolo de Revisión

Hemos definido un protocolo que detalla cómo vamos a llevar a cabo esta revisión, asegurando que sea exhaustiva y rigurosa. El protocolo incluye los siguientes elementos:

Tabla 1. Base de datos científicas

Bases de datos	Descripción breve
IEEE Xplore	Biblioteca digital con investigaciones y publicaciones en ingeniería, informática y tecnología del IEEE
Mendeley	Gestor de referencias y red social académica para organizar y compartir artículos científicos.
Springer link	Plataforma en línea con libros, revistas y artículos científicos en ciencias, tecnología, medicina y humanidades de Springer.
Science Direct	Plataforma de Elsevier con artículos y capítulos de libros revisados por pares en ciencia, tecnología, medicina y ciencias sociales.

e) Cadenas de Búsqueda

Palabras clave: Para asegurar que la búsqueda sea lo más precisa posible, hemos definido las siguientes palabras clave.

("Identificación de enfermedades" OR "detección de enfermedades") AND ("tubérculos" OR "hojas de cultivos") AND ("Redes neuronales" OR "IA" OR "machine learning" OR "deep learning").

("Hojas" OR "hoja" OR "leaves" OR "sheet" OR "tubers" OR "potatoes" OR "sweet potato" OR "yucca") AND ("Enfermedades" OR "Diseases" OR "Redes neuronales" OR "Machine Learning" OR "Neural Networks" OR "convolutional neural network" OR "deep learning").

Tabla 2. Cadena de búsqueda

Base de datos	Cadena de Búsquedas
IEEE Digital Library	("Hojas" OR "hoja" OR "leaves" OR "sheet" OR "tubers" OR "potatoes" OR "sweet potato" OR "yucca") AND ("Enfermedades" OR "Diseases" OR "Redes neuronales" OR "Machine Learning" OR "Neural Networks" OR "convolutional neural network" OR "deep learning")
Scien-ce@Direct	("Hojas" OR "hoja" OR "leaves" OR "sheet" OR "tubers" OR "potatoes" OR "sweet potato" OR "yucca") AND ("Enfermedades" OR "Diseases" OR "Redes neuronales" OR "Machine Learning" OR "Neural Networks" OR "convolutional neural network" OR "deep learning")
Springer Link	("Hojas" OR "hoja" OR "leaves" OR "sheet" OR "tubers" OR "potatoes" OR "sweet potato" OR "yucca") AND ("Enfermedades" OR "Diseases" OR "Redes neuronales" OR "Machine Learning" OR "Neural Networks" OR "convolutional neural network" OR "deep learning")

3.2 Desarrollar la revisión sistemática de la literatura

a) Búsqueda de artículos

Se buscaron 455 artículos en las bases de datos IEEE Digital Library, ScienceDirect, Springer Link y Mendeley. Se eliminaron 86 duplicados y 16 artículos de revisión, quedando 353. Luego, se aplicó un filtro temático, reduciendo a 120 artículos relacionados con la detección de enfermedades en hojas de tubérculos mediante redes neuronales. De estos, 48 fueron descartados por no cumplir con el rango de fechas (2015-2023), quedando 72. Finalmente, una evaluación de calidad redujo la muestra a 35 artículos relevantes.

b) Selección de artículos definidos para el análisis de información

Siguiendo la metodología de Bárbara Kitchenham, se seleccionaron 35 artículos tras aplicar filtros de duplicados, temas y fechas. Estos artículos se sometieron a preguntas de calidad para evaluar su relevancia y aportación, siendo considerados definitivos para el análisis por su significativa contribución al estudio sobre la identificación de enfermedades en hojas de tubérculos mediante redes neuronales.

c) Análisis y clasificación de la información

Fuentes de información: Con el apoyo de la herramienta Parsifal, se generó la figura siguiente, la cual presenta de forma visual el porcentaje de contribución de las diferentes fuentes de información.

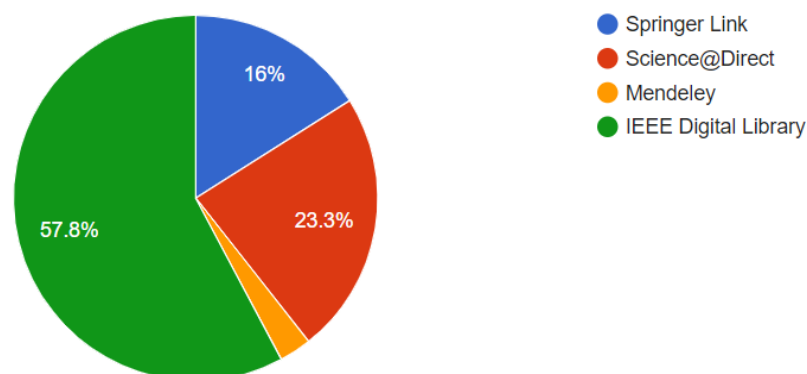


Fig. 1. Información de fuentes

Al observar y analizar la Fig 1 se puede determinar lo siguiente:

- IEEE Xplore: Con un 57.8%, es la fuente que aporta la mayor cantidad de estudios relevantes, lo que indica que es un recurso clave para investigaciones relacionadas con la identificación de enfermedades en cultivos de tubérculos usando redes neuronales en este grupo se encuentran[6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20].
- Science Direct: Con solo un 23.3%, es la base de datos con la menor contribución. Esto podría significar que tiene menos estudios específicos sobre el tema, aunque aún es una fuente útil en este grupo están citas[21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30].
- Mendeley: Con un 2.9%, tiene una participación moderada. Esto puede sugerir que es útil para encontrar estudios complementarios o gestionar la bibliografía, pero no es la fuente principal de artículos revisados en este grupo están citas[31], [32], [33], [34].
- Springer Link: Aporta el 16%, lo que indica una contribución más reducida. Esto sugiere que, aunque contiene información relevante, es menos significativa en comparación con las bases de datos más grandes en este grupo están citas[4], [35], [36], [37], [38], [39].

Años de publicación: Utilizando la herramienta Parsifal, se generó un gráfico que ilustra el número de artículos publicados por año, como se muestra en la Fig 2.

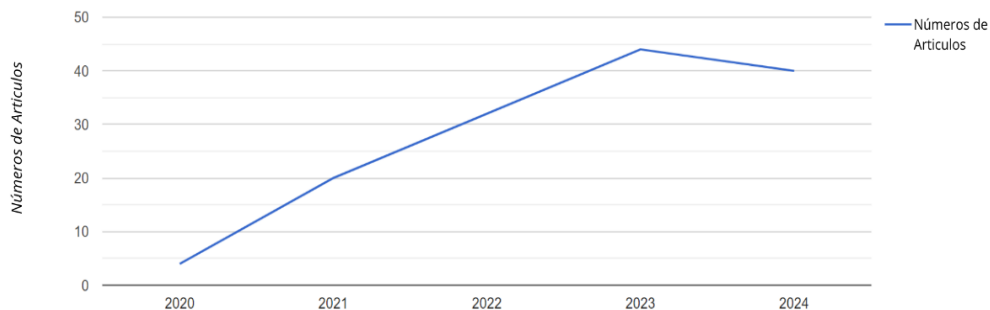


Fig. 2. Artículos por año

3.3 Documentar e interpretar los resultados de la revisión

En el siguiente apartado se dan a conocer las respuestas de las preguntas de investigación.

- ¿En qué repositorios se han publicado la mayoría de los artículos sobre la identificación de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos utilizando técnicas de aprendizaje profundo?

Se revisaron 35 artículos en total. La mayoría provino de IEEE Xplore (43%, 15 artículos), destacándose en investigaciones sobre enfermedades en hojas de tubérculos con aprendizaje profundo. ScienceDirect aportó un 29% (10 artículos), Springer Link un 17% (6 artículos) y Mendeley un 11% (4 artículos). Esto evidencia la prominencia de IEEE Xplore y ScienceDirect, con el apoyo adicional de Springer Link y Mendeley, para una revisión integral de los avances en el uso de redes neuronales para diagnóstico agrícola.

- ¿En qué año se publicó la mayoría de los artículos y cómo se interpreta esta tendencia?

Al analizar los datos, se observa que la mayoría de los artículos se publicaron en 2023, totalizando 14 publicaciones. Esta tendencia muestra un aumento significativo en comparación con años anteriores: 2020 con solo 1 artículo y 2021 con 5. Aunque en 2022 se mantuvo con 5 y en 2024 se han registrado 10 hasta ahora, el auge en 2023 refleja un pico de interés en la aplicación de redes neuronales para detectar enfermedades en hojas de tubérculos. Esto puede deberse a avances tecnológicos o a una mayor conciencia sobre la importancia de la agricultura inteligente.

- ¿Cómo contribuyen las técnicas de aprendizaje profundo en la detección de enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos?

Las técnicas de aprendizaje profundo son esenciales para detectar enfermedades en hojas de cultivos de tubérculos. Las CNN se usan para identificar y clasificar con precisión enfermedades en hojas de papa y yuca, permitiendo intervención oportuna. Mejoras en los marcos de aprendizaje por transferencia y modelos híbridos como PLDPNet aumentan la precisión. En yuca, modelos ligeros basados en atención han optimizado la clasificación. Además, Transformadores de Visión y sistemas híbridos en tiempo real mejoran la detección temprana, fortaleciendo prácticas agrícolas y seguridad alimentaria.

4 Resultados

Esta revisión respondió a las preguntas de investigación, resaltando que IEEE Xplore fue la principal fuente con más artículos revisados. En 2023 se registró el mayor número de publicaciones, mostrando un creciente interés en las técnicas de aprendizaje profundo para identificar enfermedades en hojas de tubérculos. A continuación, un resumen de algunos estudios relevantes:

[8]Esta investigación se centró en detectar y clasificar enfermedades foliares en cultivos de papa, especialmente el Tizón Temprano y el Tizón Tardío, usando técnicas de aprendizaje automático y profundo. Se utilizaron modelos como SVM, Naive Bayes, K-Nearest Neighbor, Árbol de Decisión, Bosques Aleatorios y CNN. VGG 16 destacó con una precisión del 95.36% tras solo 10 épocas de entrenamiento, confirmando la eficacia de las redes neuronales profundas. Los resultados proporcionan herramientas valiosas a los agricultores para detectar y clasificar enfermedades en hojas de papa, mejorando la productividad y seguridad alimentaria.

[32]Este proyecto se enfoca en la identificación y clasificación de enfermedades en plantas mediante técnicas de aprendizaje profundo. Se implementó un marco que utiliza aprendizaje por transferencia y convoluciones separables en profundidad, lo que mejora la eficiencia del procesamiento. Se llevaron a cabo experimentos comparativos con modelos de aprendizaje profundo como MobileNet, ResNet-20 y VGGNet-16, evaluando su precisión en la predicción de enfermedades foliares y analizando la complejidad tanto temporal como espacial de estos modelos.

[34]El objetivo de este proyecto es detectar enfermedades en hojas de papa mediante redes neuronales convolucionales (CNN). Se utilizó un conjunto de datos con 1210 imágenes de tubérculos de papa, clasificadas en Early Blight, Late Blight y Healthy. Se aplicaron técnicas de preprocesamiento como segmentación y extracción de características para mejorar la precisión del modelo, que alcanzó un 98.12% de exactitud en la clasificación. Esto facilita la gestión de cultivos y minimiza las pérdidas económicas para los agricultores.

[38]Este estudio se enfoca en detectar enfermedades en hojas de papa usando técnicas avanzadas de aprendizaje profundo. Se ajustaron modelos preentrenados de CNN, como DenseNet y NASNet, para clasificar imágenes de hojas sanas y enfermas de un conjunto de 1500 imágenes. Se evaluaron métricas como precisión, recuperación, medida F, MCC y AUC-ROC para comparar el rendimiento de los modelos, con el objetivo de desarrollar un sistema automatizado de diagnóstico de enfermedades en cultivos.

5 Discusiones y Conclusiones

La revisión de la literatura sobre la identificación de enfermedades en hojas de tubérculos mediante métodos basados en inteligencia artificial ha revelado tanto similitudes como diferencias significativas entre los estudios. En general, los investigadores coinciden en la efectividad de las redes neuronales convolucionales (CNN) y los modelos de aprendizaje profundo para clasificar y detectar enfermedades en hojas de papa y yuca. Estas técnicas han demostrado ser superiores a los métodos tradicionales de procesamiento de imágenes y a las inspecciones manuales en términos de precisión.

Sin embargo, hay divergencias en los enfoques metodológicos. Mientras que algunos estudios utilizan modelos de aprendizaje por transferencia como AlexNet o VGG16 para mejorar la precisión, otros optan por arquitecturas personalizadas o modificaciones de las CNN estándar para adaptarse mejor a las peculiaridades de las hojas de tubérculos. Además, ciertos estudios buscan mejorar la eficiencia del entrenamiento mediante técnicas de preprocesamiento de imágenes, como la segmentación de hojas y el uso de mecanismos de atención para optimizar la identificación de enfermedades en condiciones de campo.

Persisten desafíos que deben abordarse en futuras investigaciones. Uno de los principales es la disponibilidad limitada de conjuntos de datos públicos lo suficientemente grandes y variados que representen diferentes etapas de las enfermedades, lo cual afecta la capacidad de generalización de los modelos. También es necesario estandarizar los protocolos de evaluación para facilitar la comparación directa entre estudios y mejorar la replicabilidad de los resultados. Aunque las técnicas de aprendizaje profundo han demostrado ser prometedoras en entornos experimentales, su implementación práctica en el campo agrícola aún enfrenta limitaciones, como los altos costos y la falta de infraestructura tecnológica en zonas rurales.

6 Biografías

- Rosmary Sánchez Espinoza, Egresada en Ingeniería Informática y Sistemas de la universidad Nacional Micaela Bastidas.
- Yennifer Meza Tantalla, Egresada en Ingeniería Informática y Sistemas de la universidad Nacional Micaela Bastidas.
- Mario Aquino Cruz, Docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú, MSc. en Informática, investigador en las áreas de informática educativa, IoT, inteligencia artificial y ciberseguridad.

7 Referencias

- [1] M. R. Raigonda, S. P. Terdal, and B. Raigond, "Detection of the viral disease on the potato foliar and tubers using a machine learning approach," *Int J Health Sci (Qassim)*, pp. 9336–9354, Jul. 2022, doi: 10.53730/ijhs.v6ns4.10740.
- [2] N. Moawad, H. Zaki, T. abed El Moniem Essa, and M. Said, "Detection of Potato Tuber Diseases Using Machine Learning Models," in *2023 International Conference on Artificial Intelligence Science and Applications in Industry and Society (CAISAIS)*, 2023, pp. 1–7. doi: 10.1109/CAISAIS59399.2023.10269994.
- [3] G. Al-Kateb, M. M. Mijwil, M. Aljanabi, M. Abotaleb, S. R. K. Priya, and P. Mishra, "AI-PotatoGuard: Leveraging Generative Models for Early Detection of Potato Diseases," *Potato Res*, 2024, doi: 10.1007/s11540-024-09751-y.
- [4] V. and S. A. and N. V. Bhare Harshad and Jariwala, "Potato Plant Leaf Disease Classification Using Deep CNN," in *Advances in Energy and Control Systems*, M. and C. C. K. and M. P. K. Sikander Afzal and Zurek-Mortka, Ed., Singapore: Springer Nature Singapore, 2024, pp. 367–378.
- [5] M. Petticrew and H. Roberts, "Systematic Reviews in the Social Sciences A PRACTICAL GUIDE."
- [6] L. Hammam, H. Ghali, G. Ebrahim, and H. A. Bastawrous, "An Optimized Plant Disease Detection Convolutional Neural Network for Future Hardware Implementation," in *2023 International Conference on Computer and Applications (ICCA)*, 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICCA59364.2023.10401806.
- [7] P. K. Shukla and S. Sathiya, "Early Detection of Potato Leaf Diseases using Convolutional Neural Network with Web Application," in *2022 IEEE World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)*, 2022, pp. 277–282. doi: 10.1109/AIC55036.2022.9848975.
- [8] S. T.S., S. M S, and A. Vijayakumar, "Potato Leaf Diseases Detection Using Machine Learning And Deep Learning," in *2023 Intelligent Computing and Control for Engineering and Business Systems (ICCEBS)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCEBS58601.2023.10448686.
- [9] S. S. G, P. A, U. M. G, Y. Chandna, S. Midhath, and S. M. S, "Early and Late Blight Disease Detection in Potato," in *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2023, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICCCNT56998.2023.10307747.
- [10] R. Sullca-Bendezu, R. Herrera-Baldeon, and D. Huamanchahua, "Proof of Concept Design for Identification of Late Blight on Potato Leaves Using a UAV," in *2022 2nd International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence (RAAI)*, 2022, pp. 250–255. doi: 10.1109/RAAI56146.2022.10093001.
- [11] A. Dutta, P. K. Kumar, A. De, P. Kumar, S. Dwivedi, and J. Harshith, "Ascribing Machine Learning Classifiers to diagnose the attacks of *Alternaria solani* on Leaves of *Solanum tuberosum*," in *2023 2nd International Conference on Computational Systems and Communication (ICCSC)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCSC56913.2023.10142978.
- [12] R. Surya and E. Gautama, "Cassava Leaf Disease Detection Using Convolutional Neural Networks," in *2020 6th International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)*, 2020, pp. 97–102. doi: 10.1109/ICSITech49800.2020.9392051.
- [13] V. Kant, K. S. Gill, S. Malhotra, and S. Devliyal, "The Role of Deep Learning in Transforming Cassava Leaf Disease Diagnosis," in *2024 First International Conference on Electronics, Communication and Signal Processing (ICECSP)*, 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICECSP61809.2024.10698387.
- [14] A. A. John, "Identification of Diseases in Cassava Leaves using Convolutional Neural Network," in *2022 Fifth International Conference on Computational Intelligence and Communication Technologies (CCICT)*, 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/CCICT56684.2022.00013.
- [15] P. Kaushik, E. Jain, K. S. Gill, D. Upadhyay, and S. Devliyal, "Comparative Analysis of Cassava Leaf Disease Prediction Using the Deep Learning Approach," in *2024 2nd International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS)*, 2024, pp. 1369–1373. doi: 10.1109/ICSCSS60660.2024.10625585.
- [16] A. Pai, A. Raotole, S. Shirodkar, S. Bose, and M. H. Kolekar, "From Pixels to Prognosis: Exploring Convolutional Neural Networks for Cassava Leaf Disease Diagnosis," in *2023 OITS International Conference on Information Technology (OCIT)*, 2023, pp. 168–173. doi: 10.1109/OCIT59427.2023.10430882.
- [17] R. Singh, A. Sharma, N. Sharma, and R. Gupta, "Automatic Detection of Cassava Leaf Disease using Transfer Learning Model," in *2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology*, 2022, pp. 1135–1142. doi: 10.1109/ICECA55336.2022.10009338.
- [18] A. Gopi, S. L. R, and I. T. Joseph S, "Disclosing the Potential of Deep Learning in Cassava Leaf Disease Analysis by using CNN and Neural Networks Approach," in *2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 2024, pp. 188–193. doi: 10.1109/ICICT60155.2024.10544880.
- [19] P. Roshini, S. Khajavali, M. L. S. Snigdha, B. D. Harsha, B. Srilakshmi, and A. Gopi, "CNN Design with AlexNet Algorithm for Diagnosis of Diseases in Cassava Leaves," in *2024 International Conference on Expert Clouds and Applications (ICOECA)*, 2024, pp. 1–8. doi: 10.1109/ICOECA62351.2024.00129.

- [20] H.-T. Thai, N.-Y. Tran-Van, and K.-H. Le, "Artificial Cognition for Early Leaf Disease Detection using Vision Transformers," in *2021 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)*, 2021, pp. 33–38. doi: 10.1109/ATC52653.2021.9598303.
- [21] J. Zhang *et al.*, "MAIANet: Signal modulation in cassava leaf disease classification," *Comput Electron Agric*, vol. 225, p. 109351, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109351>.
- [22] G. Singh and K. K. Yogi, "Comparison of RSNET model with existing models for potato leaf disease detection," *Biocatal Agric Biotechnol*, vol. 50, p. 102726, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102726>.
- [23] F. Arshad *et al.*, "PLDPNet: End-to-end hybrid deep learning framework for potato leaf disease prediction," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 78, pp. 406–418, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.07.076>.
- [24] N. H. Shabrina *et al.*, "A novel dataset of potato leaf disease in uncontrolled environment," *Data Brief*, vol. 52, p. 109955, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109955>.
- [25] G. Sambasivam and G. D. Opiyo, "A predictive machine learning application in agriculture: Cassava disease detection and classification with imbalanced dataset using convolutional neural networks," *Egyptian Informatics Journal*, vol. 22, no. 1, pp. 27–34, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eij.2020.02.007>.
- [26] R. Sharma *et al.*, "Plant Disease Diagnosis and Image Classification Using Deep Learning," *Computers, Materials and Continua*, vol. 71, no. 2, pp. 2125–2140, 2021, doi: <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.020017>.
- [27] Y. Oishi *et al.*, "Automated abnormal potato plant detection system using deep learning models and portable video cameras," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 104, p. 102509, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102509>.
- [28] K. K. Chakraborty, R. Mukherjee, C. Chakraborty, and K. Bora, "Automated recognition of optical image based potato leaf blight diseases using deep learning," *Physiol Mol Plant Pathol*, vol. 117, p. 101781, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101781>.
- [29] M. Wang, B. Fu, J. Fan, Y. Wang, L. Zhang, and C. Xia, "Sweet potato leaf detection in a natural scene based on faster R-CNN with a visual attention mechanism and DIOU-NMS," *Ecol Inform*, vol. 73, p. 101931, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101931>.
- [30] J. S. Prashanth, N. R. Moparthi, G. B. Krishna, A. V. K. Prasad, B. Sravankumar, and P. R. Rao, "MPCSAR-AHH: A hybrid deep learning model for real-time detection of cassava leaf diseases and fertilizer recommendation," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 119, p. 109628, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109628>.
- [31] Y. Sari, M. Alkaff, and M. Arif Rahman, "Identifikasi Penyakit Tanaman Ubi Kayu Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Probabilistic Neural Network (PNN)," *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, Jul. 2021, doi: 10.31603/komtika.v5i1.4605.
- [32] S. Deepa, J. Vijayanand, K. Danesh, M. Gomathi, and K. Subramani, "Implementation of Deep CNN Model for the Detection of Plant Leaf Disease," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 11, pp. 463–470, 2023, doi: 10.17762/ijritcc.v11i9s.7457.
- [33] S. D. Agustin and A. Juarna, "Deep Learning Implementation Using Convolutional Neural Network In Detecting Diseases In Potato Leaves," *Explore*, vol. 13, no. 1, pp. 6–12, Jan. 2023, doi: 10.35200/ex.v13i1.31.
- [34] K. S. Chandra, "Implementation of Deep Learning for Image-Based Potato Leaf Disease Detection," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 11, no. 6, pp. 3938–3951, Jun. 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.53806.
- [35] R. L. Leepkaln, A. M. de Ré, and K. L. Wiggers, "Identification of Late Blight in Potato Leaves Using Image Processing and Machine Learning," in *Optimization, Learning Algorithms and Applications*, A. I. Pereira, A. Mendes, F. P. Fernandes, M. F. Pacheco, J. P. Coelho, and J. Lima, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 164–177.
- [36] A. S. Tewari and P. Kumari, "Lightweight modified attention based deep learning model for cassava leaf diseases classification," *Multimed Tools Appl*, vol. 83, no. 20, pp. 57983–58007, 2024, doi: 10.1007/s11042-023-17459-3.
- [37] J. M. Hasi and M. O. Rahman, "Potato Disease Detection Using Convolutional Neural Network: A Web Based Solution," in *Machine Intelligence and Emerging Technologies*, Md. S. Satu, M. A. Moni, M. S. Kaiser, and M. S. Arefin, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 35–48.
- [38] M. G. Lanjewar, P. Morajkar, and P. P., "Modified transfer learning frameworks to identify potato leaf diseases," *Multimed Tools Appl*, vol. 83, no. 17, pp. 50401–50423, 2024, doi: 10.1007/s11042-023-17610-0.
- [39] R. Devendiran, M. Kuduva, and S. D. Pande, "Potato Leaf Disease Detection Using Deep Learning Algorithm," in *Innovations in Data Analytics*, A. Bhattacharya, S. Dutta, P. Dutta, and D. Samanta, Eds., Singapore: Springer Nature Singapore, 2024, pp. 189–200.