

ALGORITMOS EMPLEADOS Y ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL

ALGORITHMS USED AND APPLICATION AREAS OF ARTIFICIAL VISION¹⁴⁵

Paúl Freire Diaz¹⁴⁶

Ximena López Mendoza¹⁴⁷

Johnny Ernesto Noboa Reyes¹⁴⁸

Carmen Estrella Morocho Barrionuevo¹⁴⁹

Tania Paulina Morocho Barrionuevo¹⁵⁰

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹⁵¹

¹⁴⁵ Derivado del proyecto de investigación: Algoritmos empleados y áreas de aplicación de la visión artificial.

¹⁴⁶ Ingeniero en Electrónica y Computación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Máster universitario en ingeniería matemática y computación, Universidad Internacional de la Rioja, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: jpfreire@unach.edu.ec, Orcid: 0000-0002-0657-9717

¹⁴⁷ Ingeniera en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Magister en Informática Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: xlopez@unach.edu.ec, Orcid: 0000-0002-9564-6300

¹⁴⁸ Ingeniero en Electrónica y Computación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Magister en Sistemas de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: johnny.noboa@unach.edu.ec, Orcid: 0009-0000-1251-9238

¹⁴⁹ Ingeniera en Estadística Informática, ESPOCH, Master en Estadística Aplicada, Universidad de Granada-España, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: carmen.morocho@unach.edu.ec , Orcid: 0000-0003-0050-5888

¹⁵⁰ Biofísica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Máster Universitario en Estadística Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias-Carrera de Estadística, tpaulina.morochob@epoch.edu.ec , Orcid: 0000-0002-1019-6049

¹⁵¹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org



ALGORITMOS EMPLEADOS Y ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL¹⁵²

Paúl Freire Diaz¹⁵³, Ximena López Mendoza¹⁵⁴, Johnny Ernesto Noboa Reyes¹⁵⁵, Carmen Estrella Morocho Barrionuevo¹⁵⁶, Tania Paulina Morocho Barrionuevo¹⁵⁷

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza diferentes fuentes bibliográficas sobre los conceptos y usos de la visión artificial, reseñando varios métodos empleados para el procesamiento de imágenes y describiendo aplicaciones no muy conocidas de esta técnica, fundamentada en diversos algoritmos, que incluyen la lógica difusa, clasificadores estadísticos, redes neuronales y otros métodos similares. Así, en la primera sección de la revisión se exploran tres campos de aplicación de la visión artificial: la clasificación de productos, la inspección interna y la utilización de espectros invisibles para el ojo humano, como la radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR), y la visión hiperespectral. En la segunda sección, se describe trabajos donde, entre otros, se usan tres tipos de algoritmos: La lógica difusa, que es un enfoque matemático que permite manejar la incertidumbre en la toma de decisiones valores de verdad parciales o difusos en lugar de simplemente verdadero o falso; Las redes neuronales, que son modelos de aprendizaje automático inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, para procesar información y reconocimiento de patrones; y el uso de técnicas multivariantes como el Análisis de Componentes Principales

¹⁵² Derivado del proyecto de investigación: Algoritmos empleados y áreas de aplicación de la visión artificial.

¹⁵³ Ingeniero en Electrónica y Computación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Máster universitario en ingeniería matemática y computación, Universidad Internacional de la Rioja, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: jpfreire@unach.edu.ec , Orcid: 0000-0002-0657-9717

¹⁵⁴ Ingeniera en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Magister en Informática Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: xlopez@unach.edu.ec , Orcid: 0000-0002-9564-6300.

¹⁵⁵ Ingeniero en Electrónica y Computación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Magister en Sistemas de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: johnny.noboa@unach.edu.ec , Orcid: 0009-0000-1251-9238

¹⁵⁶ Ingeniera en Estadística Informática, ESPOCH, Master en Estadística Aplicada, Universidad de Granada-España, Analista de Evaluación, Universidad Nacional de Chimborazo, correo electrónico: carmen.morocho@unach.edu.ec , Orcid: 0000-0003-0050-5888

¹⁵⁷ Biofísica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Máster Universitario en Estadística Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias-Carrera de Estadística, tpaulina.morocho@epoch.edu.ec , Orcid: 0000-0002-1019-6049



(PCA), Análisis de Discriminante Lineal (LDA) y el Análisis de Clúster (Cluster Analysis). Como resultado se encontró que la visión artificial es una técnica con fuertes fundamentos informáticos, matemáticos y estadísticos, con innumerables combinaciones de técnicas, así como de aplicaciones tanto industriales como cotidianas.

ABSTRACT

The present research work examines various bibliographic sources on the concepts and uses of artificial vision, reviewing several methods employed for image processing and describing lesser-known applications of this technique, grounded in various algorithms, including fuzzy logic, statistical classifiers, neural networks, and other similar methods. Thus, in the first section of the review, three application fields of artificial vision are explored: product classification, internal inspection, and the utilization of invisible spectra to the human eye, such as ultraviolet (UV) and infrared radiation (IR), as well as hyperspectral vision. In the second section, works are described where, among others, three types of algorithms are used: Fuzzy logic, which is a mathematical approach that allows handling uncertainty in decision-making through partial or fuzzy truth values instead of simply true or false; Neural networks, which are machine learning models inspired by the functioning of the human brain, used for information processing and pattern recognition; and the use of multivariate techniques such as Principal Component Analysis (PCA), Linear Discriminant Analysis (LDA), and Cluster Analysis. As a result, it was found that artificial vision is a technique with strong computer, mathematical, and statistical foundations, offering countless combinations of techniques, as well as industrial and everyday applications.

PALABRAS CLAVE: Procesamiento de imágenes, visión artificial, Algoritmos de control, Técnicas multivariantes.

Keywords: Image processing, computer vision, control algorithms, multivariate techniques.



INTRODUCCIÓN

La Visión Artificial o Visión por computadora emula la capacidad de los seres humanos para percibir una escena, comprenderla y actuar en función de su necesidad, utilizando sistemas de procesamiento que ejecutan un análisis multivariado de datos y reconocimiento de imágenes (Andrés Palma-Jaramillo, Vladimir Vaca-Moscoso, Mauricio Torres-Berru III, & Fernando León-Pinzón, 2020), esto con la finalidad de extraer atributos específicos o variables que sean útiles y permitan determinar el tipo y características de un objeto, su tamaño, color, entre otros (Parra, Negrete, Llaguno, & Vega, 2018). Su finalidad es la de automatizar tareas repetitivas de inspección, clasificación, controles de calidad de productos, revisión de objetos sin contacto físico y gran velocidad.

Actualmente muchos procesos de clasificación se realizan manual o mecánicamente con el uso de tamices y zarandas (Lucas Meza & Sornoza Solórzano, 2017), pero ante la exigencia en la calidad, es importante responder con alternativas de clasificación automáticas, siendo una de las opciones el uso de sistemas de visión artificial, que ya desde algunos años atrás ha tomado relevancia por la baja en los precios de los equipos para este fin y el incremento de sus aplicaciones.

La clasificación de objetos por visión artificial se apoya en algoritmos matemáticos y estadísticos tales como redes neuronales, lógica difusa o borrosa, clasificadores estadísticos, entre otros (Andrés Palma-Jaramillo et al., 2020; Victor Aguilar-Alvarado & Alfredo Campoverde-Molina, 2019; Yu, Velastin, & Yin, 2020).

Para el procesamiento de una imagen se empieza con adquirir la misma a través de sensores que producen las señales a ser digitalizadas. Así, por ejemplo, para la fotografía se debe censar la luz, para radiografías los rayos X, ultrasonidos para imágenes ecográficas, etc. (La Serna Palomino & Román Concha, 2009)



DESARROLLO

Ámbitos del uso de Visión Artificial

Se observa un aumento en la cantidad y diversidad de aplicaciones industriales que requieren la aplicación de técnicas de visión artificial. En la Tabla 1 se describen varios ámbitos de aplicación y ejemplos de estos.

Tabla 1. Ámbitos de uso de la visión artificial

| Control de calidad | | | Robótica | | | Biología y medicina | | |
|---|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--|--|
| Inspección de productos (nivel de llenado, forma, tamaño) | Etiquetados | Control de calidad de alimentos | Inspección de circuitos impresos | Control de soldaduras | Guiado de vehículos tripulados | Análisis de imágenes de microscopía (virus, células, proteínas) | Resonancias magnéticas, tomografías, genoma humano | |
| Reconocimiento de caracteres | | | Control de tráfico | | | Agricultura | | |
| Control de cheques, | Inspección de textos. | Conteo de vehículos | Control de velocidad | Lectura de matrículas | Detección temprana de enfermedades | Interpretación de fotografías aéreas de plantaciones | Control de plantaciones | |

A continuación, se describen aplicaciones de la visión artificial dentro de la categorización de productos, inspección interna y espectros no perceptibles por el ojo humano.

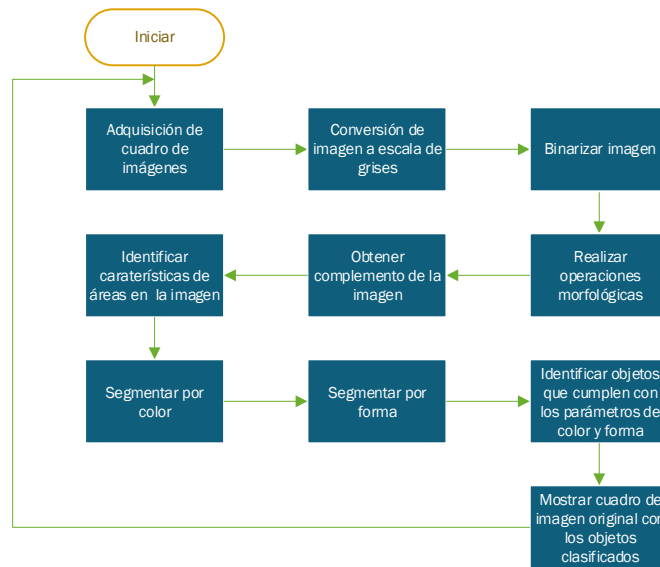
Categorización de productos

Los procesos de clasificación que se realizan de manera manual o a través de mecanismos mecánicos clasificadores, se basan en cambio **en el uso de tamices y zarandas calibradas según el tamaño de los granos** (Lucas Meza & Sornoza Solórzano, 2017), **los cuales pueden ser lentos y carecer de precisión, en cambio que** los sistemas basados en visión artificial mejoran la capacidad y tiempo de categorización de productos. Por ejemplo, a través de visión artificial se puede realizar el reconocimiento automático de frutas o verduras y clasificarlas según parámetros definidos (Kausar, Sharif, Park, & Shin, 2018; Tripathi & Maktedar, 2020; Victor Aguilar-Alvarado & Alfredo Campoverde-Molina, 2019).



En (Mon & ZarAung, 2020) se realiza una estimación del volumen del mango, proponiendo un método de cuatro pasos, donde en primer lugar se halla la correlación máxima de ancho y espesor, luego una estimación del ancho, posteriormente una estimación del espesor a través de la distribución de la intensidad de la luz y finalmente, el cálculo del volumen estimado. Las imágenes son obtenidas mediante una cámara digital.

Figura 2. Ejemplo de etapas seguidas en un proceso de clasificación por visión artificial



Mediante un programa se puede detectar y reconocer los caracteres de placas de vehículos para cobro de peaje usando: una cámara web como dispositivo de adquisición de la imagen de la placa; y una computadora para correr dicho programa en una cabina de peaje (Andrés Palma-Jaramillo et al., 2020).

Inspección interna

Para la inspección interna de un ser vivo, uno de los métodos es la tomografía axial computarizada, que está basada en el hecho de que un problema físico se puede resolver con ecuaciones diferenciales parciales definidas en una geometría compleja, por ejemplo, un hueso, trasladado a formas más simples que son procesadas individualmente (Cisneros Hidalgo, González Carbonell, Puente Alvarez, Camue Corona, & Oropesa Rodríguez, 1982).



Las imágenes obtenidas, pueden procesarse usando técnicas de visión artificial para diagnósticos médicos más precisos.

La resonancia magnética usa las propiedades de los materiales, dado que la materia al ser colocada bajo un campo electromagnético fuerte tiene reacciones a nivel de sus partículas atómicas, que pueden ser captadas en una serie de secciones de dos dimensiones que cubren todo el objeto o sus regiones y son ubicadas en una matriz de píxeles volumétricos conocidos como vóxeles para una vez procesadas, ser visualizadas como una imagen (Armony, Trejo-martínez, & Hernández, 2012). Esta técnica no invasiva, en un principio aplicada a las neurociencias, tiene mayor resolución temporal comparada con otras que tienen el mismo propósito.

La calidad interna de las frutas u productos alimenticios tradicionalmente es evaluada por métodos destructivos, escogiendo una muestra del elemento y cortándola para verificar su interior. Como técnicas no destructivas para la detección de semillas, por ejemplo, se encuentran la resonancia magnética (RM), la tomografía axial computarizada (TAC) y los rayos X, se puede verificar el estado de cada uno de los objetos. Según (Cubero, Aleixos, Moltó, Gómez-Sanchis, & Blasco, 2011), la resonancia magnética es la más prometedora dentro de estos métodos.

Uso de espectros no perceptibles por el ojo humano

En ciertas aplicaciones, se requiere adquirir imágenes en regiones del espectro no perceptibles para el ojo humano, como la radiación ultravioleta (UV) y partes del espectro infrarrojo (IR) (Gonzalez Galvis & Parra, 2015). Estas técnicas actualmente bajo investigación son costosas dado que los equipos usados son instrumentos médicos.

La técnica de visión hiper-espectral, que es la combinación del procesamiento de imágenes y la espectrografía, ha sido usada para analizar los cambios producidos en el grano de cacao durante el proceso de fermentación tradicional. Se basa en la medición de un amplio rango de estrechas longitudes de ondas, para mostrar la interacción de la radiación electromagnética con la materia. La imagen extraída mediante una cámara hiper-espectral está representada en forma de un cubo de datos, adquiridos en una gran cantidad de canales



para obtener una firma espectral, una especie de “huella dactilar” (Soto, Ruiz, Ipanaqué, & Chinguel, 2016).

Algoritmos usados para visión artificial

Existe gran variedad de algoritmos para la determinar las estructuras presentes en una imagen captada, paso crucial para un proceso de visión artificial. Las técnicas más usadas se apoyan en el análisis de los niveles de gris contenidos en cada punto de la imagen, las características que presentan en el espacio, usando lógica difusa (Fuzzy Logic), redes neuronales o combinaciones y variaciones de dichas técnicas. La elección de una u otra depende de la exactitud, rendimiento frente al ruido y el tiempo requerido para el proceso (Hernandez-Juarez, Mejia-Rodriguez, Arce-Santana, Scalco, & Rizzo, 2015).

Lógica difusa

Para el diseño de sistemas de clasificación, es común combinar los principios de visión artificial con algoritmos de lógica difusa. Esta lógica permite tomar decisiones de una manera más natural, basadas en aproximaciones y grados de confianza en lugar de reglas estrictas de verdad o falsedad. Por ejemplo, en sistemas de control de climatización, la temperatura no se ajusta simplemente a "encendido" o "apagado", sino que puede tener grados intermedios dependiendo de las condiciones. Los controladores automáticos diseñados con esta técnica responden de mejor manera a la imprecisión de la información y a condiciones reales, imitando el razonamiento humano. (Anduray & Irigoyen, 2017).

Un ejemplo de uso de lógica difusa es el trabajo de (Omid, Soltani, Dehrouyeh, Mohtasebi, & Ahmadi, 2013), en el cual se describe el proceso para detectar defectos en huevos de gallina, sean estas imperfecciones, roturas o fisuras o puntos de sangre internos.

Redes neuronales

Las redes neuronales artificiales son un conjunto de técnicas de aprendizaje automático entre los más utilizados. Estas redes “aprenden” a partir de la experiencia



emulando el funcionamiento del cerebro humano (Cruz Bellas, 2017). Se han probado exitosamente técnicas basadas en visión artificial con parámetros visuales difíciles de definir y relativos, tales como la forma de células o de frutas, sin importar la posición o tamaño del objeto inspeccionado. En el trabajo de (Constante, Chang, Pruna, & Escobar, 2016) las imágenes de fresas son adquiridas de una webcam o de una base de datos almacenadas en un computador para ser tratadas por algoritmos de visión artificial y de redes neuronales. Se analiza las fresas en dos etapas importantes, la primera usando un algoritmo para adquirir y procesar las imágenes, y en segundo lugar se entrena una red neuronal.

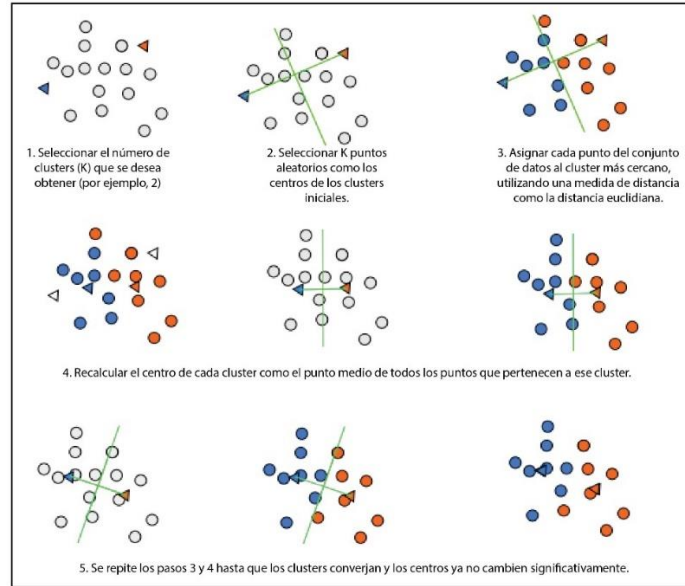
Técnicas multivariantes

Las técnicas multivariantes son un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos utilizados para analizar conjuntamente múltiples variables o características de datos, permitiendo entender las relaciones complejas entre ellas y extraer información valiosa para la toma de decisiones. Estas técnicas, entre las que se encuentran el Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Discriminante Lineal (LDA) y el Análisis de Clúster (Cluster Analysis), son especialmente útiles cuando se trabaja con datos que involucran múltiples dimensiones o aspectos interrelacionados.

En el trabajo de (Barba-Guamán, Quezada-Sarmiento, Calderon-Cordova, Enciso, & Guamán, 2017) se desarrollan prototipos de software mediante la implementación de algoritmos fundamentales de visión artificial, tales como el Análisis Discriminante Lineal (LDA), Análisis de Componentes Principales (PCA), con el objetivo de detectar movimiento de objetos, reconocimiento facial y detección de peatones. Así mismo, (Gualdrón & Duque Suárez, 2016) crearon un sistema de identificación facial utilizando una combinación de técnicas de reconocimiento de patrones, que incluyen el Análisis de Componentes Principales (PCA), y la incorporación de características como el género y la expresión facial, explorando el potencial del sistema en aplicaciones específicas, como el control de robots para interacción social.

Figura 3. Descripción del algoritmo K-means





El algoritmo denominado K-means o K-medias de agrupamiento, es un criterio no jerárquico que consiste en un algoritmo de clustering, que se utiliza para dividir un conjunto de datos en grupos o clusters, según la similitud entre ellos (Hernandez-Juarez et al., 2015; Yu et al., 2020). Esto consiste en hallar un número K de agrupamientos a partir de los vectores de un conjunto determinado, siguiendo los pasos descritos en la figura 3.

Para la clasificación de granos de trigo y cebada (Guevara-Hernández & Gómez-Gil, 2011), se han usado exitosamente las técnicas multivariantes de análisis discriminante (AD) y el algoritmo de los K vecinos más próximos o K-nearest neighbors (K-NN) (Yu et al., 2020). El procedimiento utilizado para la clasificación se compone de dos etapas, una de entrenamiento y otra de prueba. Se realiza un análisis de las características de granos considerados óptimos para el entrenamiento del sistema, para luego en la etapa de prueba compararlas con las características de granos usados para probar el sistema. En la primera etapa se obtiene una lista ordenada de características, denominada vector de características, que maximiza el poder de clasificación. En la segunda etapa se lleva a cabo una clasificación basada en técnicas multivariantes. Los resultados obtenidos determinan una precisión alta en la clasificación y que el análisis de varias características morfológicas, de textura y de color de forma conjunta ofrece mejores resultados que el uso de un sólo tipo de características.



Un método para el procesamiento de la imagen consiste en luego de adquirida, generar histogramas con la información de la matriz, lo que permite evaluar con medidas estadísticas la información de la imagen. Posteriormente es necesario determinar las regiones donde se encuentran los contornos de la imagen (Blanchet & Charbit, 2006).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La visión artificial permite automatizar procesos que requerirían una gran cantidad de trabajo manual y tiempo si se hicieran por seres humanos. Esto puede aumentar la eficiencia y la productividad en la inspección de calidad, detección de defectos. y otros campos, desde la manufactura hasta la seguridad y la atención médica.

Con el uso de visión artificial se puede obtener y analizar grandes cantidades de datos de imágenes y extraer información valiosa, como patrones y tendencias, lo que permite tomar decisiones instantáneas o realizar acciones en función de la información visual capturada.

La lógica difusa destaca por su habilidad para gestionar la incertidumbre y tomar decisiones flexibles en situaciones de información visual poco clara. Las redes neuronales sobresalen en el reconocimiento y aprendizaje de patrones complejos en datos visuales, adaptándose y generalizando en entornos cambiantes. Por otro lado, las técnicas multivariantes permiten capturar relaciones entre múltiples variables en datos visuales, mejorando la precisión y robustez de los algoritmos en tareas como la detección de objetos, eliminando características redundantes o irrelevantes. Esto no solo acelera el procesamiento de datos, sino que también puede mejorar la eficiencia y la precisión de los algoritmos de visión artificial. Estos tres enfoques enriquecen las capacidades de la visión artificial y su aplicación en diversos campos.

Dependiendo del algoritmo utilizado es posible que se presenten varias desventajas. Por ejemplo, el uso de lógica difusa puede llegar a ser muy complejo en la creación de reglas y la interpretación de resultados debido a su uso de valores de verdad parciales. En cuanto a las redes neuronales, demandan grandes cantidades de datos para el entrenamiento, lo que puede ser costoso y lleva tiempo, pudiendo ser difíciles de interpretar y entender, especialmente en términos de cómo llegan a sus decisiones. Por último, las técnicas



multivariantes pueden enfrentar problemas por la presencia de un gran número de variables o características en un conjunto de datos en comparación con la cantidad de observaciones o muestras disponibles de datos, lo que puede resultar en cargas computacionales significativas, y su aplicación efectiva requiere conocimientos estadísticos y matemáticos sólidos, lo que puede limitar su accesibilidad para algunos usuarios.

Si bien en el presente artículo se han descrito varios ámbitos de uso de la visión artificial, existen muchos otros, tales como la detección de objetos por vehículos autónomos, la supervisión de sistemas de seguridad, identificación de gestos en lenguaje de señas, análisis de escritura manuscrita, entre otros.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrés Palma-Jaramillo, M. I., Vladimir Vaca-Moscoso, R. I., Mauricio Torres-Berru III, Y., & Fernando León-Pinzón, L. V. (2020). *Design of a prototype for collection of tolls with artificial vision*. 5, 60–76. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i7.1495>
- Anduray, R. G. J., & Irigoyen, S. M. Z. (2017). Development of a fuzzy controller for liquid level by using Raspberry pi and Internet of Things. *2017 IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN), 2018-Janua*, 1. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CONESCAPAN.2017.8277606>
- Armony, J. L., Trejo-martínez, D., & Hernández, D. (2012). Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 4(2), 36–50. <https://doi.org/10.5579/rnl.2012.010>
- Barba-Guamán, L., Quezada-Sarmiento, P. A., Calderon-Cordova, C., Enciso, L., & Guamán, D. (2017). Desarrollo de prototipos software mediante el modelo Game Jam y técnicas básicas de visión artificial. *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975676>
- Blanchet, G., & Charbit, M. (2006). Digital Signal and Image Processing using MATLAB®: Second Edition. In *Digital Signal and Image Processing using MATLAB®: Second Edition* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1002/9781118999592>
- Blasco, J., Cubero, S., Gómez-Sanchís, J., & Moltó, E. (2010). Avances en visión artificial automática de productos hortofrutícolas. *Poscosecha*, (Horticultura global), 48–51.
- Cisneros Hidalgo, Y. A., González Carbonell, R. A., Puente Alvarez, A., Camue Corona, E., & Oropesa Rodríguez, Y. (1982). Revista cubana de investigaciones biomédicas. In *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* (Vol. 33). Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas, Ministerio de Salud Pública.



Constante, P., Chang, O., Pruna, E., & Escobar, I. (2016). Artificial Vision Techniques for Strawberry 's Industrial Classification. *Ieee Latin America Transactions*, 14(6), 2576–2581. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7555221>

Cruz Bellas, L. (2017). *Modelos predictivos de accidentes de tráfico en Madrid*. Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).

Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., & Blasco, J. (2011). Advances in Machine Vision Applications for Automatic Inspection and Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 487–504. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0411-8>

Freire Diaz, P., López-Mendoza, X., Casignia, B., Cisneros Barahona, A. S., & Uvidia Fassler, M. I. (2020). Classification of Andean Chocho (*Lupinus Mutabilis* Sweet) by Shape and Color Using Artificial Vision. *Artificial Intelligence, Computer and Software Engineering Advances*, 1, 64–78. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0_5

Gonzalez Galvis, J. L., & Parra, J. A. (2015). *Diseño e Implementación de un sistema de reconocimiento de naranjas para el Robot Gio 1 usando visión asistida por computador*. Universidad Católica de Colombia.

Gualdrón, O. E., & Duque Suárez, O. M. (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS APLICANDO INTELIGENCIA Y VISIÓN ARTIFICIAL. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(124), 117–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/rcta.v2i24.1222>

Guevara-Hernández, F., & Gómez-Gil, J. (2011). A machine vision system for classification of wheat and barley grain kernels. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 672. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-140-10>

Hernandez-Juarez, S., Mejia-Rodriguez, A. R., Arce-Santana, E. R., Scalco, E., & Rizzo, G. (2015). Evaluación Cuantitativa del Desempeño de Métodos de Segmentación Aplicados a Imágenes Médicas para el Análisis de Estructuras Anatómicas de Interés. *Memorias Del*



Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, 374–377.

<https://doi.org/10.24254/CNIB.15.66>

Kausar, A., Sharif, M., Park, J., & Shin, D. R. (2018). Pure-CNN: A framework for fruit images classification. *Proceedings - 2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2018*, 404–408.

<https://doi.org/10.1109/CSCI46756.2018.00082>

La Serna Palomino, N., & Román Concha, U. (2009). Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6(2), 9–16. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)70160-3](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)70160-3)

Lucas Meza, P. J., & Sornoza Solórzano, A. C. (2017). *Estudio y diseño de una clasificadora gravimétrica de maní (arachis hypogaea) como estrategia de implementación en pequeñas industrias* (Universidad Técnica De Manabí). Universidad Técnica De Manabí. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18064.66564>

Mon, T. O., & ZarAung, N. (2020). Vision based volume estimation method for automatic mango grading system. *Biosystems Engineering*, 198, 338–349.

<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.021>

Omid, M., Soltani, M., Dehrouyeh, M. H., Mohtasebi, S. S., & Ahmadi, H. (2013). An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques. *Journal of Food Engineering*, 118(1), 70–77.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.019>

Parra, P., Negrete, T., Llaguno, J., & Vega, N. (2018). Determination of the Degree of Fermentation of Cocoa through Different Techniques of Artificial Vision. *16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion,"* (July), 19–21. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.163>

Romero Acero, Á., Marín Cano, A., & Jiménez Builes, J. A. (2015). Sistema de clasificación por visión artificial de mangos tipo Tommy. *Revista UIS Ingenierías*, 14(1), 21–31.



