



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Publicaciones Científicas

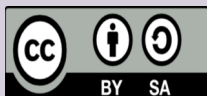
Leidy Catalina Londoño Giraldo

Inspección del Color de Productos Cosméticos Usando Visión por Computadora en una Mediana Empresa

2024

Evento: III Encuentro Latinoamericano de Experiencias Universitarias

Red internacional de Cooperación Académica



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Londoño Giraldo, L. C. (16-17 de mayo 2024). Inspección del Color de Productos Cosméticos Usando Visión por Computadora en una Mediana Empresa [Ponencia]. III Encuentro Latinoamericano de Experiencias Universitarias, Red internacional de Cooperación Académica. <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3334>

3er **Encuentro** *Latinoamericano* *de Experiencias* **Universitarias**

Academia, Investigación y Proyección Social



• RED INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN ACADÉMICA •

Inspección del Color de Productos Cosméticos Usando Visión por Computadora en una Mediana Empresa

Leidy Catalina Londoño Giraldo

leidy.londonog@est.iudigital.edu.co

Resumen

En la dinámica y competitiva industria cosmética, la apariencia física de los productos terminados, en particular el color, juega un papel crucial en la percepción del cliente y la calidad percibida del producto. Aunque el color no sea el único parámetro que determine la calidad de un producto, sí representa el primer acercamiento del consumidor, que en ese momento puede decidir aceptarlo o rechazarlo (Badui Dergal, 2006). Además, defectos visibles en el cuerpo del producto final que afecten su coloración, como separaciones, precipitados, presencia de material extraño, entre otros, aparte de afectar la estética del producto, también pueden afectar su desempeño (Ren et al., 2022).

En este contexto, el uso de tecnologías como la visión por computadora ha surgido como una alternativa innovadora a las técnicas tradicionales de inspección de color, ya que ofrecen la capacidad de analizar imágenes digitales de manera rápida y precisa, para detectar variaciones cromáticas sutiles y realizar evaluaciones objetivas del color en muestras de productos cosméticos.

El presente proyecto de investigación se enfoca en explorar el potencial de la visión por computadora para la inspección de color en muestras de productos cosméticos en una mediana empresa. Se busca comprender cómo estas tecnologías pueden optimizar los procesos de inspección, mejorar la precisión en la detección de diferencias de color, de inestabilidades en el producto que se reflejen en cambios de este parámetro, y así contribuir a su mayor estandarización en el producto terminado, lo que a su vez contribuye al beneficio de las empresas del sector y de los consumidores finales. Final-

mente, también se desea proponer un sistema prototipo para la inspección del color en el contexto de una mediana empresa.

Palabras Clave: industria cosmética, detección de defectos, visión por computador, machine learning.

Introducción: La implementación de la visión artificial en la inspección de color para productos cosméticos se justifica en la necesidad imperante de mejorar las técnicas de inspección de este en la industria cosmética, debido a su impacto directo en la percepción del consumidor, la calidad de los productos y la competitividad del mercado. La presencia de diferencias de color entre diferentes lotes de un mismo producto, así como un cambio de color durante su ciclo de vida, pueden afectar su desempeño comercial debido a quejas por parte de clientes cuya próxima compra puede verse afectada por su experiencia con un producto no conforme, o porque durante el tiempo en estantería, el producto cambió su apariencia, lo que afecta su posibilidad de compra.

En el contexto de una mediana empresa manufacturera, cuya inspección y control de calidad de color se hace mediante comparación visual con una muestra estándar y una fotografía por parte de un inspector de calidad; la falta de una herramienta que garantice una coincidencia más exacta entre el estándar de un producto y las muestras de los lotes que se produzcan del mismo, representa un problema en su sistema de control de calidad, ya que es susceptible a que se presenten situaciones que afecten la experiencia del cliente con el producto y la rentabilidad que la empresa manufacturera puede sacar de este. Lo anterior, debido a la ausencia de un procedimiento robusto y claro para la comparación del color que no dependa de la percep-

ción sensorial de una persona, lo que genera limitaciones en el proceso (Wang et al., 2018). También, a que el ojo humano sólo es fiable hasta cierto punto, porque las condiciones ambientales cambiantes y el estado de ánimo del observador son fácilmente influenciados (Hach Lange GmbH, 2023), así se trate de personal entrenado para esta labor. Así, para evitar las desviaciones propias del método de inspección visual, muchas compañías y laboratorios especializados hacen usos de colorímetros o espectrofotómetros para la medición del color de manera objetiva, los cuales hacen uso de coordenadas de color. No obstante, se trata de equipos que presentan varias limitaciones en su uso. Por ejemplo, debido a que estos equipos solo permiten la medición de una pequeña fracción de muestra del producto (Tomasevic et al., 2019; Trinderup et al., 2015), en muchos casos pueden pasar desapercibidos cambios de color dentro de una misma muestra y que necesitan tenerse en cuenta, como en el caso de la detección de separaciones o precipitados en una muestra de producto. Además, debido a que estos requieren que el producto entre en contacto con el equipo de medición, porque necesita una muestra para llevarla a cabo, se producen desperdicios por cantidades de producto terminado que se deben usar para el análisis y que ya no pueden ser empacadas para el consumidor final (Minz & Saini, 2021; Tomasevic et al., 2019).

Así, la visión artificial o visión por computadora (CV, por sus siglas en inglés "Computer Vision") emerge como una alternativa prometedora a las limitaciones de la inspección visual humana y de los equipos tradicionales de medición de color. La visión artificial proporciona a las computadoras la capacidad de percibir, analizar y comprender el contenido de imágenes (Etalibi et al., 2024). Esto lo logra mediante el uso de algoritmos de aprendi-

zaje, los cuales aplica en el análisis de muchas imágenes de un mismo objeto, en las que reconoce patrones para así poder crear su propio estándar o modelo del objeto presentado en las imágenes. Así, debido a su capacidad para reconocer patrones en imágenes, su uso ha sido extendido a la inspección del color en diferentes líneas de producción, especialmente en el sector de los alimentos, donde se ha comparado el uso de esta con los equipos tradicionales para la inspección del color (colorímetro y espectrofotómetro), cuyos resultados han mostrado desde un comportamiento similar (Minz & Saini, 2021), hasta un comportamiento superior de los procesos realizados mediante visión artificial (Tomasevic et al., 2019; Trinderup et al., 2015).

Por lo tanto, aunque no se cuenta con bibliografía disponible sobre el uso de visión artificial para la inspección de color en el sector cosmético, los estudios realizados en el sector de alimentos constituyen una buena referencia, ya que ambos sectores tienen objetivos similares en la inspección de color de un producto terminado (detección de diferencias de color en una muestra), por lo que la información puede ser extrapolable al sector de los cosméticos.

Referente Teórico

En la actualidad, la visión artificial o por computadora se ha expandido en el campo de la industria manufacturera, proporcionando capacidades de inspección automatizadas a los procedimientos de control de calidad. Para definir la visión por computadora es menester mencionar que es una rama de la inteligencia artificial. Esta última, aunque apenas es reconocida por el público general desde hace pocos años, es un subcampo de la ciencia computacional que ha estado en desarrollo durante décadas. La intelligen-

cia artificial es la rama de la ciencia computacional que se ocupa del desarrollo de agentes inteligentes o sistemas autónomos de razonamiento, aprendizaje y actuación (Ettalibi et al., 2024), con el fin de concederle a los computadores características similares a las de la mente humana. Esto se logra mediante la implementación de datos y algoritmos para imitar la forma de aprendizaje de los seres humanos. Este proceso es conocido como aprendizaje de máquina o machine learning (IBM, s/f). Ahora bien, la visión por computadora es una rama de la inteligencia artificial que permite a los computadores extraer información significativa de una gran cantidad de imágenes digitales o fotos y/o videos, para luego actuar o recomendar sobre esa información. Lo anterior lo logra analizando los datos gráficos que se le proporcionan, para luego hacer una distinción y reconocimiento de su contenido (Ettalibi et al., 2024).

Debido a que uno de los principales componentes de cualquier imagen y/o video es el color, la detección y evaluación de este ha sido el objetivo de varios sistemas de aplicación de visión artificial. Aunque no se encontraron referencias de desarrollo de sistemas de inspección de color de productos cosméticos a granel, en este campo sí se ha usado la visión artificial para el reconocimiento y clasificación de productos cosméticos (Umer et al., 2021), así como en la detección de defectos en los empaques del producto terminado. (COGNEX, n.d.).

Según la RAE, el color se define como la "sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda". La retina del ojo humano contiene células cono, sensibles a la luz para la visión diurna del color (ojo adaptado a la luz) y los llamados bastones para la visión nocturna (ojo adaptado a la oscuridad). Las células

cono se dividen en sensibles al rojo, verde y azul (Hach Lange GmbH, 2023). La interacción de estos grupos es responsable por los estímulos que son interpretados por el cerebro como color (KONICA MINOLTA, n.d.). Por esto, el color se trata de una sensación y por lo tanto es subjetiva, por lo que se debieron definir modelos y espacios de color para cuantificar esa sensación.

Los espacios de color, o modelos, se crearon para la especificación estándar de colores, además de denotar al color de una representación numérica. Un espacio de color define un modelo de composición del color. Los distintos espacios de color existen porque presentan información del color de manera que hacen que ciertos cálculos sean más convenientes o porque proporcionan una manera de identificar colores que es más intuitiva. Uno de los espacios más comunes es el modelo RGB (Red, Green, Blue), que se basa en la combinación de estos tres colores primarios (rojo, verde y azul) para generar una amplia gama de colores visibles. Este modelo es utilizado ampliamente en pantallas digitales y sistemas de iluminación electrónica. Por otra parte, el espacio de color HSV (Tono o Hue, Saturación o Saturation, Valor) se corresponde mejor con la forma en que las personas experimentan el color que el espacio de color RGB. Por ejemplo, este espacio de color es frecuentemente utilizado por personas que están seleccionando colores para pintura o tinta de un círculo cromático o paleta de colores. También existen el espacio de color CIE 1976 XYZ y el espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$, que son espacios de color independientes del dispositivo y que fueron desarrollados por la Comisión Internacional de Iluminación, conocida por el acrónimo CIE. Estos espacios de color modelan los colores según la sensibilidad típica de los tres tipos de células como en el ojo humano. El espacio de color XYZ es el modelo original desarrollado por la CIE. El espacio de color $L^*a^*b^*$

proporciona un espacio de color más uniforme perceptualmente que el modelo XYZ. Los colores en el espacio de color $L^*a^*b^*$ pueden existir fuera del gamut RGB (el conjunto válido de colores RGB) (MathWorks, n.d.).

Luego, la cuantificación del color es lo que ha hecho posible el desarrollo y avance de las técnicas de visión por computadora. Sin el reconocimiento de este, no sería posible que las máquinas aprendieran fielmente el reconocimiento de imágenes. El método computacional de aprendizaje de máquina que se usa para el procesamiento de la información de imágenes es el entrenamiento de redes neuronales convolucionales (CNN), las cuales pueden realizar tareas de segmentación, clasificación y detección. La segmentación de imágenes consiste en clasificar píxeles para que pertenezcan a una determinada categoría de objeto, según la información con que se entrena al sistema. La clasificación de imágenes se utiliza para determinar qué hay en una imagen, mediante el entrenamiento de las redes neuronales para identificar que lo que hay en una imagen es un objeto determinado. Finalmente, la detección de imágenes permite a las computadoras localizar dónde existen los objetos (NVIDIA, n.d.).

Así las cosas, la detección de color en una imagen se hace mediante la lectura de los píxeles de los objetos presentes en ella y el tratamiento de la información del color en ellas en el espacio de color más conveniente para la aplicación. Luego, la precisión de la medición depende críticamente de la calidad de la imagen capturada, que está influenciada por muchos factores como las condiciones de iluminación, la compresión de imagen y la calidad de la cámara. Entre estos factores, la configuración de iluminación debe prepararse considerablemente para aislar el área de imagen de la luz ambiental y proporcionar una distribución uniforme de luz al objeto ob-

jetivo (Nguyen et al., 2022), lo que indica que el hardware usado para la implementación de un sistema de visión por computadora también es un aspecto que debe tenerse en cuenta para su adecuado funcionamiento.

Aunque, como se mencionó previamente, no se encontraron referencias de uso de visión por computadora para la inspección de color de productos cosméticos, en la industria de alimentos se trata de una herramienta que se ha estudiado y cuyo funcionamiento se ha comparado con los métodos tradicionales de inspección de color. Por ejemplo, Tomasevic et al., 2019 & Trinderup et al., 2015 compararon los resultados obtenidos por un sistema de visión artificial y por un colorímetro tradicional en la detección del color de la superficie de carne fresca, teniendo en cuenta que se trata de un producto que no es ópticamente uniforme y puede presentar diferentes tonos en su superficie. Los resultados obtenidos muestran que el sistema de visión artificial obtuvo colores más precisos, especialmente para las superficies que presentaban más de un color. Por otra parte, Minz & Saini, 2021 realizaron la comparación entre un método espectrofotométrico y la implementación de la visión por computadora para la evaluación del color en queso mozzarella. Allí concluyeron que los resultados obtenidos mediante el sistema de visión artificial muestran que este puede ser usado como una alternativa rápida y económica a la medición por espectrofotometría.

Finalmente, en un momento como el actual, en que la inteligencia artificial está en su mayor auge, la implementación de herramientas de automatización en tareas cotidianas en la industria manufacturera, como en el control de calidad del color del producto terminado mediante la evaluación con

un sistema de visión por computadora se ve como una tarea que puede generar beneficios para todas las partes involucradas. No obstante, uno de los retos que se presentan es el posicionamiento de esta tecnología como una herramienta accesible y que no implique costos superiores a las alternativas tradicionales, de manera que pueda llegar a una mayor cantidad de empresas, incluyendo las medianas.

Metodología

En este estudio, se utilizará un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos para abordar los objetivos de investigación de manera integral.

Primero se llevará a cabo una revisión de proyectos existentes relacionados con el uso de visión por computadora para la inspección de color: Esta fase constituye un proceso fundamental para

comprender a fondo las aplicaciones prácticas y los avances tecnológicos en el campo de la visión por computadora aplicada a la inspección de color. Esta revisión abarcará una amplia gama de fuentes, tanto académicas como prácticas, con el objetivo de capturar la diversidad de enfoques y tecnologías utilizadas en proyectos similares. Como se mencionó previamente, no se encontró bibliografía sobre el uso de visión por computadora para la inspección de productos cosméticos a granel, por lo que se toman como referencia estudios realizados en otros sectores afines, como el de alimentos, para la que sí se encontraron referencias.

En este proceso de revisión se realizará la búsqueda en bases de datos aca-

démicas y revistas especializadas relevantes para recopilar información sobre las tecnologías utilizadas, los enfoques metodológicos empleados y los resultados obtenidos en proyectos similares. Esto permitirá analizar en detalle las metodologías utilizadas, las tecnologías empleadas, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas en estudios previos, proporcionando así una base sólida de conocimiento para el desarrollo de la propuesta de investigación.

Durante esta fase, se prestará especial atención a varios aspectos. Por una parte, se revisarán las tecnologías y herramientas utilizadas en proyectos de visión por computadora para la inspección de color y se profundizará en cada uno de los componentes de hardware que son fundamentales para el funcionamiento eficiente y preciso de estos sistemas. Se analizarán las características y capacidades de los sistemas de cámaras utilizados en la captura de imágenes para la inspección de color. Esto incluirá la resolución de las cámaras, la velocidad de captura, la capacidad para trabajar en diferentes condiciones de iluminación y la adaptabilidad a entornos industriales. También, se considerará la utilización de cámaras RGB, cámaras hiperespectrales y cámaras de alta velocidad según las necesidades específicas de la inspección de color en productos cosméticos. De igual manera, se revisará la información disponible sobre los sensores de color utilizados para la captura y análisis de información cromática en productos cosméticos (Nguyen et al., 2022).

También, se estudiarán los algoritmos y técnicas de procesamiento de imágenes empleados en la extracción de características relevantes para la inspección de color. Esto abarcará técnicas de preprocesamiento, segmentación de imágenes, extracción de características cromáticas, corrección de color, detección de bordes y análisis de texturas. Se

considerará la eficiencia y precisión de estos algoritmos en la identificación de variaciones cromáticas y defectos visuales en productos cosméticos (Nguyen et al., 2022).

De igual forma, se explorarán las plataformas y herramientas de aprendizaje automático utilizadas para el desarrollo y entrenamiento de modelos de visión por computadora en la inspección de color como scikit-learn, así como plataformas de desarrollo de modelos (NVIDIA, s/f-b). Se evaluará la facilidad de uso, la escalabilidad y la integración con otros sistemas en entornos industriales.

Como se mencionó previamente, se revisarán las menciones de los métodos de segmentación de imágenes utilizados para separar regiones de interés en una imagen, como áreas de productos cosméticos con diferentes tonalidades de color o posibles defectos. También, se estudiarán los algoritmos de extracción de características que permiten identificar patrones significativos en las imágenes relacionados con la calidad del color, la uniformidad de tonalidades, la presencia de impurezas u otros elementos relevantes para la inspección de productos cosméticos (NVIDIA, s/f-a). Estas características pueden incluir texturas, gradientes de color, histogramas, entre otros.

Por otra parte, también se revisarán las técnicas de corrección de color utilizadas para mejorar la precisión de la representación cromática en las imágenes. Esto puede involucrar métodos de ajuste de balance de blancos, corrección de tonos, eliminación de dominantes de color no deseadas y otras técnicas destinadas a garantizar una representación fiel del color real de los productos cosméticos (Nguyen et al., 2022).

Los enfoques de normalización de datos aplicados en proyectos de visión

por computadora también serán tenidos en cuenta para garantizar la coherencia y comparabilidad de los datos de color entre diferentes imágenes y condiciones de iluminación. Esto puede incluir técnicas de estandarización de colores, normalización de histogramas y métodos para minimizar el impacto de variaciones ambientales en la percepción del color (Google for Developers, s/f).

Asimismo, en el análisis detallado del modelado de aprendizaje automático para la inspección de color en productos cosméticos, se profundizará en varios enfoques y técnicas que han demostrado ser efectivos en la detección de variaciones cromáticas y defectos en entornos industriales. Entre los aspectos claves que se tendrán en cuenta se tienen las técnicas o algoritmos de clasificación utilizados en el contexto de la inspección de color para productos cosméticos, entre las que se encuentran las supervisadas, como máquinas de vectores de soporte (SVM), clasificadores de vecinos más cercanos (KNN), árboles de decisión y técnicas de ensamble como bosques aleatorios (Random Forest) y gradient boosting (Azure, s/f). Se evaluará la capacidad de estos algoritmos para categorizar imágenes según criterios de color, calidad y presencia de defectos. Además, se revisarán los enfoques de detección de objetos aplicados en proyectos de visión por computadora para identificar y localizar áreas de interés en imágenes de productos cosméticos. Esto puede incluir técnicas como R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks), Faster R-CNN, YOLO (You Only Look Once) y SSD (Single Shot MultiBox Detector) (Olorunshola et al., 2023). Se analizará la eficacia de estos enfoques en la detección de defectos específicos, como manchas, cambios de color no deseados y otros problemas de calidad. Además, se profundizará en el uso de redes neuronales convolucionales adaptadas a pro-

blemas de inspección de color en la industria manufacturera, en particular en el sector cosmético. Se estudiará la arquitectura y configuración de CNNs diseñadas para el análisis de imágenes de productos cosméticos, considerando aspectos como la extracción de características cromáticas, la detección de patrones relevantes y la capacidad de generalización a diferentes tipos de productos y condiciones de iluminación (Sharma et al., 2018).

De igual forma, se evaluará la escalabilidad de los modelos implementados, la capacidad de adaptación a nuevos datos y escenarios, la precisión en la detección de variaciones de color y defectos, así como la eficiencia computacional en entornos industriales. El objetivo es identificar los enfoques más adecuados y efectivos para la inspección de color en productos cosméticos, aprovechando el potencial del aprendizaje automático para mejorar la calidad y precisión en la evaluación visual de productos en la industria manufacturera.

Por último, en la fase cualitativa de revisión de bibliografía se analizarán los resultados obtenidos en otras investigaciones y las lecciones aprendidas en ellos. Este análisis abarcará varios aspectos clave que son fundamentales para comprender la efectividad y la viabilidad de estos sistemas en entornos industriales: Por ejemplo, el análisis de métricas de rendimiento para evaluar el rendimiento de los sistemas de visión por computadora en la detección de defectos de color. Estas métricas pueden incluir la precisión, la sensibilidad, la especificidad, la tasa de falsos positivos, la tasa de falsos negativos y otras medidas que permitan cuantificar la eficacia del sistema en la identificación precisa de variaciones cromáticas y anomalías en productos cosméticos.

También, un resultado importante a analizar en la bibliografía es la preci-

sión en la detección de defectos de color, es decir, la confiabilidad del sistema en la detección de defectos específicos relacionados con el color, como variaciones no deseadas, manchas, decoloraciones y otros problemas visuales que afecten la calidad percibida de los productos cosméticos. Se considerará cómo estos sistemas pueden distinguir entre diferencias sutiles de color y variaciones significativas que afecten la estética y la percepción del producto.

También, el rendimiento de los sistemas de visión por computadora es un aspecto importante. Es decir, el análisis de los tiempos de detección y análisis de defectos de color, así como la capacidad de los sistemas para manejar grandes volúmenes de datos en entornos industriales en tiempo real o cerca de tiempo real.

De igual forma, teniendo en cuenta que se necesita de un sistema aplicable a medianas empresas, se examinará la aplicabilidad y la adaptabilidad de los sistemas de visión por computadora en entornos industriales reales. Esto incluirá la evaluación de la robustez frente a variaciones ambientales, la escalabilidad para diferentes líneas de producción y la integración con sistemas de control de calidad existentes en la industria cosmética.

Finalmente, se identificarán las lecciones aprendidas de proyectos anteriores, incluyendo desafíos encontrados, limitaciones técnicas, aspectos clave de implementación y buenas prácticas para el diseño, desarrollo e implementación exitosa de sistemas de visión por computadora en la inspección de color.

Ahora, con respecto a la fase cuantitativa del proyecto, referente a la propuesta de modelado de visión por computadora con machine learning,

primero se haría la selección y preparación de datos. Para garantizar la representatividad y diversidad de los datos, se seleccionarán imágenes de productos cosméticos que abarquen diferentes gamas de colores, texturas y acabados. Estas imágenes se obtendrán tanto de muestras estándar como de productos con variaciones naturales que puedan encontrar en un entorno de producción real. Durante la preparación de los datos, se aplicarán técnicas de preprocesamiento para mejorar la calidad y coherencia de las imágenes. Esto incluirá correcciones de color, eliminación de ruido, ajuste de iluminación y normalización de tamaño y resolución. Además, se realizará una segmentación de las imágenes para aislar las áreas de interés relacionadas con el color de los productos cosméticos.

Luego, se planea analizar la pertinencia de emplear técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes para extraer características relevantes que ayuden a distinguir entre diferentes tonalidades, variaciones sutiles de color y posibles defectos en los productos cosméticos. Esto incluiría el uso de algoritmos de detección de bordes, análisis de histogramas de color, transformaciones de espacio de color (como RGB, HSV o LAB) y técnicas de filtrado para resaltar características específicas. Además, se explorarían métodos de aprendizaje no supervisado, como el clustering, para identificar patrones intrínsecos en los datos sin la necesidad de etiquetas previas. Esto permitiría una exploración más profunda de las variaciones de color presentes en los productos cosméticos y una mejor comprensión de la diversidad de muestras que el modelo debe reconocer.

Luego, se entraría a la fase de desarrollo y entrenamiento del modelo que incluiría la implementación de un modelo de visión por computadora basado en redes neuronales convolucionales (CNN), adaptado específicamente

para la detección y clasificación de variaciones de color en productos cosméticos. La preferencia por un modelo basado en CNN se debe a que en la bibliografía consultada se recomienda ampliamente este tipo de modelo para las tareas de visión por computadora (Sharma et al., 2018).

Luego, el modelo entrenado se sometería a rigurosas pruebas de validación utilizando conjuntos de datos de prueba independientes. Se evaluará la precisión del modelo en la detección de variaciones de color, la capacidad para discriminar entre tonalidades similares y la robustez frente a ruido y variaciones en las condiciones de captura de imágenes. Para optimizar el rendimiento del modelo, se realizarían ajustes en los hiperparámetros de la red neuronal, como tasas de aprendizaje, funciones de activación y arquitectura de capas. Además, se emplearían técnicas de regularización, como la dropout, para evitar el sobreajuste del modelo a los datos de entrenamiento y mejorar su capacidad de generalización a nuevos casos. La validación cruzada y el uso de métricas de evaluación, como la precisión, la sensibilidad y la especificidad, permitirán una evaluación exhaustiva del modelo en diferentes escenarios de inspección de color, garantizando su efectividad y confiabilidad en aplicaciones prácticas dentro de la industria cosmética.

Este enfoque detallado en el modelado de visión por computadora con machine learning asegura que el modelo desarrollado sea capaz de identificar y clasificar variaciones de color en productos cosméticos con alta precisión y robustez, contribuyendo significativamente a la mejora de los procesos de inspección y control de calidad en la industria.

También, se espera poder evaluar la aplicabilidad práctica del modelo en

entornos industriales, considerando factores como la escalabilidad, la integración con sistemas existentes de control de calidad, la robustez ante cambios en las condiciones de iluminación y la facilidad de uso por parte del personal de inspección. Después de esto se extraerán conclusiones sobre la efectividad del modelo de visión por computadora en la inspección de color para productos cosméticos.

En resumen, la metodología combina la revisión exhaustiva de proyectos existentes, la propuesta de un modelo de visión por computadora con machine learning específico para la inspección de color en productos cosméticos y la evaluación detallada de resultados para proporcionar conclusiones sólidas y recomendaciones prácticas para la implementación de tecnologías de visión artificial en la industria cosmética.

Resultados esperados y/o conclusiones

En el marco de esta propuesta de investigación, se espera proponer un sistema prototipo basado en visión artificial para la inspección de color en productos cosméticos. Este sistema integrará tecnologías de visión por computadora, algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de procesamiento de imágenes para detectar variaciones de color y posibles defectos en los productos.

Se llevará a cabo una evaluación preliminar para determinar la precisión y eficiencia del sistema prototipo en la detección de diferencias de color y defectos cosméticos. Se espera obtener resultados que demuestren una alta precisión en la identificación de variaciones sutiles de color, incluso bajo condiciones variables de iluminación y texturas complejas en los productos.

Se prevé realizar una comparación entre los resultados obtenidos mediante

el sistema de visión artificial y los métodos tradicionales de inspección de color, como la evaluación visual humana y el uso de muestras físicas como referencia. Se espera que el sistema prototipo supere significativamente a los métodos tradicionales en términos de precisión, objetividad y velocidad de inspección.

Se anticipa que la implementación del sistema prototipo en la línea de producción de la empresa cosmética pueda resultar en una reducción notable de errores de inspección y costos asociados. Se espera que la automatización de procesos previamente manuales permita una mayor eficiencia operativa y una disminución en los productos no conformes.

Se espera que la mejora en la detección de defectos de color y la estandarización en el color de los productos cosméticos contribuya directamente a una mayor calidad del producto final. Se anticipa que esto se traduzca en una mayor satisfacción del cliente y una mejora en la percepción de la marca en el mercado cosmético.

Se identificarán consideraciones importantes para la implementación a escala del sistema de visión artificial en la inspección de color para productos cosméticos. Estas consideraciones incluirán la necesidad de capacitación del personal, la optimización continua de algoritmos y la integración con sistemas de gestión de calidad existentes en la empresa.

Como resultado de esta propuesta, se esperan abrir perspectivas futuras para la aplicación de tecnologías de visión artificial en otros aspectos de la producción cosmética, como la detección de texturas, formas y patrones. Se recomendará continuar la investigación y el desarrollo en esta área para

seguir mejorando los procesos de control de calidad y la competitividad de la empresa en el mercado cosmético.

En resumen, se esperan resultados positivos y beneficios significativos derivados de la implementación de la visión artificial en la inspección de color para productos cosméticos, lo que contribuirá a mejorar la calidad, eficiencia y competitividad de la empresa en el mercado cosmético.

Referencias

Azure. (s/f). Machine learning algorithms . Recuperado el 4 de mayo de 2024, de <https://azure.microsoft.com/en-in/resources/cloud-computing-dictionary/what-are-machine-learning-algorithms>

Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos. México: Alhambra Mexicana.

COGNEX. (s/f). COSMETIC DEFECT INSPECTION: Capture defects on challenging packaging

surfaces . Recuperado el 29 de marzo de 2024, de <https://www.cognex.com/industries/consumer-products/automated-assembly/cosmetic-defect-inspection>

Ettalibi, A., Elouadi, A., & Mansour, A. (2024). AI and Computer Visionbased Real time Quality Control: A Review of Industrial Applications. *Procedia Computer Science* , 231 , 212 220.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.195>

Google for Developers. (s/f). Normalización. Recuperado el 4 de mayo de

2024, de <https://developers.google.com/machine-learning/data-prep/transform/normalization?hl=es-419>

Hach Lange GmbH. (2023). Objective color assessment and quality control in the chemical,

pharmaceutical and cosmetic industries

IBM. (s/f). ¿Qué es machine learning? Recuperado el 29 de marzo de 2024, de <https://www.ibm.com/es-es/topics/machine-learning>

KONICA MINOLTA. (s/f). Conceptos Colorimétricos. Recuperado el 29 de marzo de 2024, de <https://sensing.konicaminolta.us/mx/learning-center/light-measurement/colorimetry-concepts/>

MathWorks. (s/f). Understanding Color Spaces and Color Space Conversion . Recuperado el 29 de marzo de 2024, de <https://la.mathworks.com/help/images/understanding-color-spaces-and-color-space-conversion.html>

Minz, P. S., & Saini, C. S. (2021). Comparison of computer vision system and colour spectrophotometer for colour measurement of mozzarella cheese. *Applied Food Research*, 1(2), 100020. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100020>

Nguyen, C.-N., Vo, V.-T., & Cong Ha, N. (2022). Developing a computer vision system for real time color measurement A case study with color characterization of roasted rice. *Journal of Food Engineering* , 316 , 110821.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110821>

NVIDIA. (s/f a). Computer Vision . Recuperado el 29 de marzo de 2024, de

<https://www.nvidia.com/en-us/glossary/computer-vision/>

NVIDIA. (s/fb). Scikit learn . Recuperado el 4 de mayo de 2024, de <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/scikit-learn/>

Olorunshola, O., Jemitola, P., & Ademuwagun, A. (2023). Comparative Study of Some Deep Comparative Study of Some Deep Learning Object Detection Algorithms: RLearning Object Detection Algorithms: R-CNN, FAST RCNN, FAST R-CNN, FASTER RCNN, FASTER R-CNN, SSD, and CNN, SSD, and YOLO. YOLO. Nile Journal of Engineering and Applied Science Nile Journal of Engineering and Applied Science, , 00, 1. , 1. <https://doi.org/10.5455/NJEAS.150264><https://doi.org/10.5455/NJEAS.150264>

Ren, Z., Fang, F., Yan, N., & Wu, Y. (2022). State of the Art in Defect Detection Based on

Ren, Z., Fang, F., Yan, N., & Wu, Y. (2022). State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision. Machine Vision. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing International Journal of Precision Engineering and Manufacturing--Green Green Technology Technology, , 99(2), 661(2), 661--691. <https://doi.org/10.1007/s40684691>. <https://doi.org/10.1007/s40684--021021--0034300343--66>

Sharma, N., Jain, V., & Mishra, A. (2018). An Analysis Of Convolutional Neural Networks For

Sharma, N., Jain, V., & Mishra, A. (2018). An Analysis Of Convolutional Neural Networks For Image Classification. Image Classification. Procedia Computer Science Procedia Computer Science, , 132132, 377, 377--384. 384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.198><https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.198>

[org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.198](https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.198)

Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., & Djekic,

Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., & Djekic, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148, 5, 5–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.015>

Trinderup, C. H., Dahl, A., Jensen, K., Carstensen, J. M., & Conradsen, K. (2015). Comparison of

Trinderup, C. H., Dahl, A., Jensen, K., Carstensen, J. M., & Conradsen, K. (2015). Comparison of a multispectral vision system and a colorimeter for the assessment of meat color. a multispectral vision system and a colorimeter for the assessment of meat color. *Meat Science*, 102, 1, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.0127>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.012>

Umer, S., Mohanta, P. P., Rout, R. K., & Pandey, H. M. (2021). Machine learning method for

Umer, S., Mohanta, P. P., Rout, R. K., & Pandey, H. M. (2021). Machine learning method for cosmetic product recognition: a visual searching approach. cosmetic product recognition: a visual searching approach. *Multimedia*

Tools and Multimedia Tools and ApplicationsApplications, , 8080(28), 34997(28), 34997--35023. <https://doi.org/10.1007/s1104235023>. <https://doi.org/10.1007/s11042--020020--0907909079--yy>

Wang, T., Chen, Y., Qiao, M., & Snoussi, H. (2018). A fast and robust convolutional neural

Wang, T., Chen, Y., Qiao, M., & Snoussi, H. (2018). A fast and robust convolutional neural network--based defect detection model in product quality control. based defect detection model in product quality control. The International Journal The International Journal of Advanced Manufacturing Technologyof Advanced Manufacturing Technology, , 9494(9), 3465(9), 3465--3471. <https://doi.org/10.1007/s001703471>. <https://doi.org/10.1007/s00170--017017--08820882--00>.