SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA CLASIFICACIÓN Y CONTEO INTELIGENTE DE ENVASES EN PROCESOS DE RECICLAJE

DATOS DE CONTACTO:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
http://innoua.ua.es

RESUMEN

El grupo de investigación *Lucentia* de la Universidad de Alicante ha desarrollado una tecnología para la identificación, clasificación y gestión inteligente de envases residuales en entornos industriales de reciclaje, basados exclusivamente en técnicas ópticas y algoritmos de Inteligencia Artificial. La solución permite, de forma automatizada y en tiempo real, reconocer el tipo de material del envase y de sus componentes (como tapones), detectar la presencia de contaminantes químicos independientemente del etiquetado, y realizar un conteo preciso de los envases procesados, incluso en escenarios de alta variabilidad y densidad.

El sistema se integra fácilmente en líneas industriales mediante comunicación con autómatas programables (PLC), utilizando protocolos estándar, y no requiere conexión a internet. A través del procesamiento de secuencias de vídeo y modelos de redes neuronales optimizados, la tecnología es capaz de analizar propiedades ópticas de los envases para su clasificación y toma de decisiones, garantizando una elevada precisión y velocidad operativa.

Esta innovación permite optimizar los procesos de reciclaje, mejorar la trazabilidad de residuos, asegurar el cumplimiento normativo y reducir costes operativos. Por ello, es una solución ideal para empresas de tratamiento de residuos.



INTRODUCCIÓN

La creciente complejidad en la gestión de residuos y las exigencias normativas en materia de reciclaje hacen necesario el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas capaces de automatizar la identificación y clasificación de envases. En particular, la presencia de materiales heterogéneos, elementos accesorios como tapones y la posible contaminación química de los envases suponen un reto significativo para los sistemas convencionales, que suelen depender de técnicas combinadas (ópticas, químicas o manuales) difíciles de integrar y con elevados costes operativos.

En este contexto, se plantea la presente tecnología que permite abordar de manera integral estos desafíos mediante el uso exclusivo de visión artificial e inteligencia artificial. La solución desarrollada posibilita la identificación del tipo de material del envase, la detección de contaminantes químicos independientemente del etiquetado y el conteo preciso de los envases procesados, todo ello en tiempo real y de forma totalmente automatizada.

La tecnología está diseñada para su integración directa en entornos industriales de reciclaje, contribuyendo a mejorar la eficiencia de los procesos, reducir costes y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente en la gestión de residuos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

La tecnología consiste en un sistema basado en visión artificial e inteligencia artificial para la identificación, clasificación y conteo de envases en líneas de reciclaje.

El sistema emplea cámaras y condiciones de iluminación controladas para la adquisición de imágenes en tiempo real, que son procesadas mediante modelos de *deep learning*. Estos permiten identificar el material del envase, detectar elementos asociados y reconocer la presencia de contaminantes a partir de sus propiedades ópticas.

El dispositivo comprende una carcasa cerrada de protección adaptada a entornos industriales, que integra una boca de entrada para la introducción de envases, una recámara interior con cinta transportadora —eventualmente inclinada— para el desplazamiento de los mismos, y una salida inferior conectada a sistemas de clasificación. El sistema incorpora una luminaria LED regulable que garantiza condiciones de iluminación controladas, así como una cámara de adquisición de imágenes dispuesta estratégicamente para capturar secuencias de vídeo en tiempo real durante el tránsito de los envases.

El procesamiento de la información se realiza mediante un módulo programable que integra modelos de inteligencia artificial basados en redes neuronales convolucionales (CNN), optimizados para ejecución en tiempo real.

El método implementado incluye varias etapas secuenciales: adquisición de imágenes en tiempo real; preprocesado mediante transformaciones afines para la normalización geométrica de los envases; detección y reconocimiento mediante modelos de *deep learning*; verificación de resultados mediante consulta a catálogos externos; análisis de solapamientos entre objetos; y conteo dinámico basado en regiones de interés adaptativas. Finalmente, el sistema genera una señal de salida que se transmite a un autómata programable (PLC), el cual controla la clasificación física de los envases mediante mecanismos como sopladores o desviadores.

La comunicación con sistemas industriales se realiza mediante protocolos estándar como Ethernet/IP y OPC-UA, lo que facilita su integración en infraestructuras existentes. El sistema opera sin necesidad de conexión a internet y es capaz de procesar entre 20 y 60 imágenes por segundo, garantizando una respuesta en tiempo real.

VENTAJAS Y ASPECTOS INNOVADORES

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología presenta las siguientes ventajas:

- Permite la **clasificación automática de envases** utilizando únicamente información óptica, evitando el uso de técnicas químicas, espectroscópicas o mecánicas más costosas y complejas de integrar.
- Integra en un **único sistema** con funciones de identificación de material, detección de contaminantes y conteo preciso de envases, reduciendo la necesidad de equipos adicionales.
- Ofrece **alta precisión** en entornos complejos, incluyendo situaciones con solapamiento de objetos y gran variabilidad de tamaños de envases.
- Funciona **en tiempo real** (20–60 fps), lo que permite su integración en líneas industriales de alta velocidad sin generar cuellos de botella.
- Presenta una **integración sencilla** con sistemas industriales (PLC) mediante protocolos estándar, facilitando su incorporación en infraestructuras existentes.
- Opera **de forma autónoma y sin necesidad de conexión a internet**, lo que mejora la robustez y la seguridad del sistema en entornos industriales.
- **Reduce costes operativos** al sustituir soluciones multimétodo por una arquitectura basada en visión artificial e inteligencia artificial.
- **Mejora la trazabilidad y el control del proceso** de reciclaje, contribuyendo a una gestión más eficiente y conforme a normativa de residuos.

ASPECTOS INNOVADORES DE LA TECNOLOGÍA

Los aspectos más innovadores de la tecnología son los siguientes:

- La tecnología propone una clasificación integral basada exclusivamente en visión artificial, evitando la combinación habitual de técnicas ópticas, químicas y físicas que caracterizan a los sistemas actuales y que dificultan su integración industrial.
- Permite la identificación simultánea del material del envase, de elementos asociados (como tapones) y de contaminantes químicos a partir de propiedades ópticas, sin necesidad de inspección manual ni lectura de etiquetado.
- Incorpora un enfoque de análisis en tiempo real de secuencias de vídeo completas, en lugar de sistemas basados en imágenes aisladas o análisis indirectos, lo que mejora la robustez en entornos dinámicos.
- Introduce un sistema de conteo exacto de envases en condiciones de alta densidad y solapamiento, superando las

limitaciones de los enfoques clásicos basados en regiones de interés (ROI) o estimaciones por densidad, que suelen ser aproximadas.

• Integra de forma nativa la toma de decisiones industrial mediante comunicación directa con PLCs, facilitando la automatización completa del proceso de clasificación sin sistemas intermedios.

• Sustituye los enfoques convencionales de detección de contaminantes basados en espectroscopía, rayos X o inspección de etiquetado por un sistema no invasivo, más económico y fácilmente escalable.

• Combina en una única arquitectura tareas que habitualmente se abordan de forma separada (clasificación de material, detección de contaminantes y conteo), lo que supone una reducción significativa de complejidad de sistema y costes de implementación.

• Presenta un diseño industrializable y autónomo, capaz de operar en tiempo real sin dependencia de conexión a internet, lo que incrementa su robustez en entornos productivos.

ESTADO ACTUAL

La tecnología se encuentra desarrollada a **escala de prototipo funcional** y se han evaluado la operatividad del sistema y la eficiencia de los cálculos. La tecnología se podría implementar en entornos industriales con facilidad.

APLICACIONES DE LA OFERTA

La tecnología es aplicable principalmente en el ámbito de la **gestión de residuos y economía circular**, especialmente en procesos de clasificación automatizada de envases en plantas de reciclaje de residuos sólidos urbanos (RSU) y envases ligeros.

COLABORACIÓN BUSCADA

Se buscan empresas interesadas en adquirir esta tecnología para su **explotación comercial** mediante acuerdos de licencia y acuerdos de desarrollo de proyectos de I+D (cooperación técnica) para emprender proyectos relacionados con la tecnología.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Esta tecnología se encuentra protegida mediante **dos solicitudes de patente**.

• Título de la patente: "Dispositivo y método de detección y reconocimiento de la tipología de contaminante en un envase y conteo de envases".

• Número de solicitud: P202531163

• Fecha de solicitud: 09/12/2025

• Título de la patente: "Dispositivo y método para reconocer envases residuales".

• Número de solicitud: P202531162

• Fecha de solicitud: 09/12/2025

SECTORES DE APLICACIÓN (5)

Agroalimentación y Pesca
Contaminación e Impacto Ambiental
Informática, Lenguaje y Comunicación
Ingeniería, Robótica y Automática
Materiales y Nanotecnología