



José Blasco, Sergio Cubero,
Juan Gómez-Sanchís,
Enrique Moltó

Centro de AgroIngeniería. Instituto
Valenciano de Investigaciones
Agrarias (IVIA),

blasco_josiva@gva.es

Avances en visión artificial automática de productos hortofrutícolas

La visión artificial permite adecuar de manera precisa el destino comercial a su calidad real

La implantación de sistemas visión artificial en la agricultura ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido, principalmente, a la necesidad de reducir los costes de producción

Introducción

La calidad de los productos hortofrutícolas viene dada por una serie de atributos que los hacen más o menos atractivos para el consumidor. Estas características incluyen, entre otras, madurez, tamaño, peso, forma, color, presencia de manchas o enfermedades, presencia de irregularidades o de semillas, etc. En resumen, son características que influyen en la apariencia del producto, en sus cualidades nutricionales y organolépticas o en su aptitud para la conservación. La mayoría de estos factores se han evaluado tradicionalmente mediante inspección visual realizada por personal cualificado. Sin

embargo, la producción a grandes escalas, la necesidad de cumplir con estándares cada vez más exigentes o la dura competencia de terceros países con menores costes de producción, han hecho emerger alternativas automáticas a esta inspección manual.

La implantación de sistemas visión artificial en la agricultura ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido, principalmente, a la necesidad de reducir los costes de producción. A su introducción ha ayudado una reducción en los precios de los equipos y un incremento en sus prestaciones. Los sistemas basados en esta tecnología proveen infor-

mación sustancial sobre los atributos de los objetos presentes en una escena y son capaces de analizar los objetos en regiones del espectro electromagnético que están más allá de los límites humanos, como el ultravioleta o el infrarrojo. La amplitud espectral de los sistemas ópticos artificiales les permite ser utilizados para la predicción de la madurez o la inspección de la calidad. Los procesos de postcosecha se han beneficiado enormemente de las técnicas de visión artificial, y son actualmente capaces de inspeccionar la calidad de los productos de manera individual y objetiva (Wu et al., 2004) (Chen *et al.*, 2002).

El Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), a través del Centro de Agroingeniería, lleva diseñando, desde hace 20 años, sistemas de visión artificial para automatizar tareas agrícolas. Las aplicaciones en las que ha trabajado van desde los sistemas robotizados de recolección automática hasta los sistemas automáticos de inspección de la calidad de fruta fresca o procesada. Parte de estas investigaciones se han realizado en colaboración con la empresa privada, lo que ha permitido la transferencia al sector productivo de muchos de los avances obtenidos. A continuación se describen algunos de los desarrollos más recientes llevados a cabo en este Centro de investigación.

Inspección de fruta mínimamente procesada

Se ha trabajado, principalmente en la puesta a punto de técnicas que han facilitado el desarrollo de sistemas automáticos de inspección de la calidad de dos productos diferentes: los arilos de granada y los gajos de satsuma. Estas dos aplicaciones

El prototipo desarrollado para granada ha permitido la comercialización de un nuevo tipo de producto, arilos de granada en IV gama, por parte de Frutas Mira Hnos

tienen algunos elementos comunes a la hora de diseñar maquinaria para la clasificación automática de la fruta. Ambos productos son de pequeño tamaño, presentan un elevado grado de dificultad en su manejo y se rompen con facilidad, lo que dificulta la construcción de sistemas para manipularlos, tanto aislarlos para poder inspeccionarlos individualmente, como para agruparlos en lotes de calidad similar.

El prototipo desarrollado para granada se ha probado durante varias campañas en las instalaciones de la empresa colaboradora, Frutas Mira Hermanos S.L., lo que ha permitido mejorar algunos aspectos de su funcionamiento hasta alcanzar una producción aproximada de 200 kg/h y una eficacia en la clasificación cercana al 90%. Este equipo ha permitido la comercialización de un nuevo tipo de producto, arilos de granada en IV gama, haciendo posible el aprovechamiento frutos dañados externamente pero de calidad interior óptima, a la vez que se prolonga el período de comercialización.

El caso de los gajos de satsuma es diferente, ya que no se trata de introducir un nuevo producto en el mercado, sino de abaratar los costes de producción con el objetivo de mantener el nivel competitivo de nuestras empresas. La producción mínima requerida es de 500 kg/h, equivalente a inspeccionar aproximadamente 28 gajos/s. El prototipo desarrollado individualiza los gajos empleando una plataforma vibradora que separa los gajos mientras los conduce hasta las cintas transportadoras. Un total de 8 cintas se encargan de transportar los gajos desde la zona de inspección hasta que son finalmente separados en categorías asociadas a su calidad. El sistema de inspección identifica los gajos enteros y los diferencia de los rotos, estableciendo grados de rotura correspondientes con distintas categorías comercia-

les. Además, detecta los gajos que contienen semillas en su interior y de esta forma garantiza que la máxima categoría está compuesta únicamente por gajos enteros y carentes de semillas. Las pieles u otros objetos extraños que se pueden desprender durante los procesos previos de pelado y desgajado de la fruta, son también detectados y eliminados de la línea de producción.

Inspección de fruta en fresco

El Centro de Agroingeniería del IVIA ha trabajado en el desarrollo de sistemas automáticos para la detección de los daños externos de la piel de los cítricos y para la identificación de la causa de cada daño combinando información proveniente de zonas visibles y no visibles del espectro electromagnético.

Como fruto de estas investigaciones, se ha patentado, junto con la empresa Roda Ibérica, S.A. una máquina que es capaz de detectar cítricos podridos en una línea de confección, lo que evita la necesidad de que personal especializado se vea expuesto a la peligrosa luz ultravioleta utilizada para detectar este importante daño.

Análisis de imágenes hiperespectrales

Como continuación del trabajo anterior, en la actualidad se está trabajando en el análisis de imágenes hiperespectrales (Gómez-Sanchís, 2008a y 2008b). La forma general de una curva espectral y la posición y fuerza de las bandas de absorción en muchos casos se puede emplear para identificar y discriminar compuestos diferentes (Microimages, 2009). Las podredumbres y otras enfermedades graves alteran esos compuestos químicos y hacen aparecer otros debidos al propio hongo, por lo que esta técnica se ha empleado en el Centro de Agroingeniería para intentar

El IVIA, a través del Centro de Agroingeniería, ha trabajado en aplicaciones que van desde los sistemas robotizados de recolección automática hasta los sistemas automáticos de inspección de la calidad de fruta fresca o procesada

El continuo descenso de los equipos de visión artificial, unido al incremento de sus funciones y de la capacidad de procesamiento, hace que sea una técnica cada vez más empleada

Como fruto de las investigaciones sobre fruta en fresco, se ha patentado, junto con la empresa Roda Ibérica, S.A. una máquina que es capaz de detectar cítricos podridos en una línea de confección

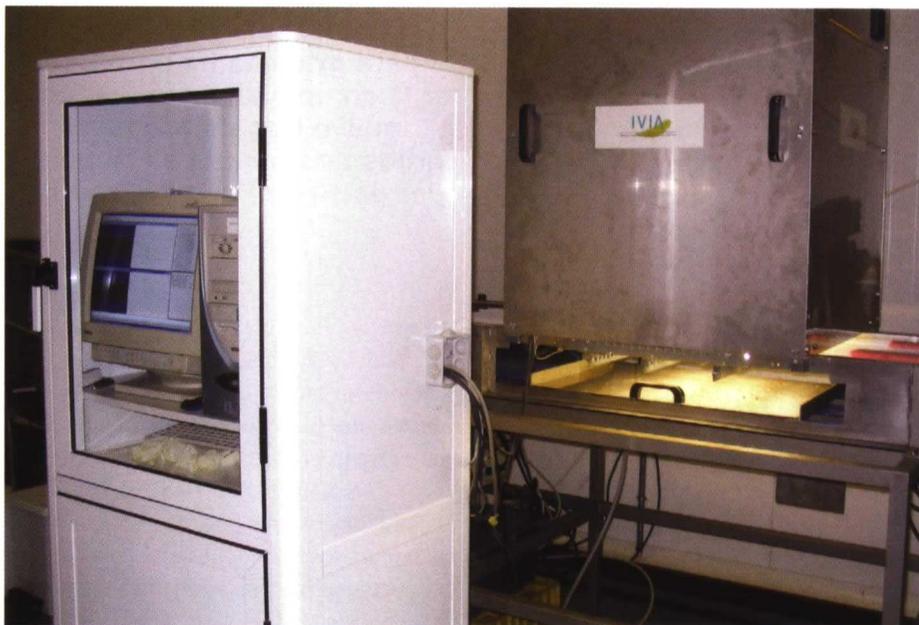
la detección temprana de podredumbres en poscosecha.

La combinación con la que se obtuvieron mejores resultados de detección de píxeles pertenecientes a podrido fue la de usar algoritmos genéticos como método para seleccionar las longitudes de onda más importantes y árboles de regresión para segmentar las imágenes. Mediante esta combinación, se detectó el 91% de la fruta podrida.

Inspección de la calidad interna mediante imágenes

Actualmente, la calidad interna de las frutas y vegetales se estima mediante métodos destructivos, basados en muestreos de cada partida de producto que intentan representar su estado global. Sin embargo, estos procedimientos no aseguran la calidad individual de los frutos y, a menudo, ralentizan considerablemente el proceso de selección. En el Centro de Agroingeniería estamos investigando la utilización de técnicas no destructivas para la detección de las semillas. Entre ellas se encuentran los ultrasonidos, los rayos X, la tomografía axial computerizada (TAC) y la resonancia magnética. Se han realizado experimentos utilizando todas estas técnicas, siendo la resonancia magnética de imagen (RMI) la más prometedora para estimar esta calidad interna debido a su inocuidad y a que permite examinar completamente el interior de la fruta.

El gran problema que presenta hoy en día esta técnica es el elevado precio de los equipos, pensados para la medicina, y las dificultades técnicas de instalación de los grandes equipos actuales. A pesar de ello, el desarrollo de equipos de RMI contruidos a medida para la agricultura, podría abaratar los costes y presentarla a medio



plazo como una técnica con un elevado potencial para su uso en líneas de confección que aseguren una calidad excelente externa, pero también interna.

Conclusiones

La visión artificial es una técnica que permite la detección y eliminación de objetos no deseados en líneas de confección de fruta mínimamente procesada. Esta técnica se ha empleado con éxito para la estimación automática de la calidad de granos de granada y de gajos de mandarina, clasificando cada pieza de fruta en diferentes categorías comerciales atendiendo a su color y tamaño o detectando piezas rotas o dañadas.

Más allá de la detección de manchas en fruta fresca, la visión artificial permite la identificación de los daños que presenta, lo que permite adecuar de manera precisa su destino comercial a su calidad real. Además, permite realizar la estimación en tiempo real de la calidad de forma individual para cada fruta, asegurando que toda la partida es inspeccionada.

La visión artificial permite realizar la estimación en tiempo real de la calidad de forma individual para cada fruta, asegurando que toda la partida es inspeccionada

Otra ventaja importante es la capacidad de los sistemas más modernos para encontrar daños utilizando zonas del espectro electromagnético no visible, como el infrarrojo cercano, o aprovechar fenómenos lumínicos como el de la fluorescencia para realzar la presencia de algunos daños potencialmente peligrosos y hacerlos detectables.

A la luz de los resultados obtenidos, la resonancia magnética de imagen se presenta como una técnica prometedora a medio-largo plazo, en la que conviene seguir investigando con el objetivo de desarrollar sistemas capaces de estimar la calidad interna de la fruta y, más concretamente, la detección de semillas o daños internos.

El continuo descenso de los equipos de visión artificial, unido al incremento de sus funciones y de la capacidad de procesamiento, hace que sea una técnica cada vez más empleada en la agricultura para tareas de inspección y automatización de procesos, así como en la monitorización de instalaciones. Por ello es importante seguir investigando en nuevos equipos y algoritmos que se adapten a las necesidades específicas de un sector tan complejo y diverso.



El artículo completo está en la revista ON LINE en formato PDF.