

Comparación de metodologías para el conteo de frutas, verduras y plantas en un cultivo agrícola usando visión artificial

J.L. Hernández-Hernández¹, G. García-Mateos², J.M. González-Esquivá³, A. Ruiz-Canales⁴ y J.M. Molina-Martínez³

¹ Unidad Académica de Ingeniería, Universidad Aut. de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Guerrero (México), jose Luis.hernandez4@um.es

² Departamento de Informática y Sistemas, Facultad de Informática, Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia (España), ginesgm@um.es

³ Grupo de Investigación en Ingeniería Agromótica y del Mar, Universidad Politécnica de Cartagena, Pº Alfonso XIII 52, 30203 Cartagena, Murcia, (jgonzalez1690.josemiguel.molina.martinez@gmail.com)

⁴ Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuela 30312, España. aruizcanales@gmail.com

RESUMEN

En este artículo se describen y comparan tres metodologías basadas en visión por ordenador para detectar y contar frutas, verduras o plantas de un cultivo agrícola. Las metodologías utilizadas son: promedio del volumen total, componentes conexos y un método mixto que combina los anteriores. Como paso previo al conteo se realiza una segmentación por color para detectar los objetos de interés. Las tres metodologías requieren fotos de los cultivos, que pueden ser tomadas por un dispositivo móvil o con una cámara fotográfica de resolución media. Las pruebas han sido realizadas tanto con imágenes tomadas in situ sobre el cultivo, como con vídeo grabado desde un dron no tripulado. A los vídeos tomados desde el aire se les aplica un algoritmo de visión para generar una ortofoto aérea, sobre la cual se aplica el reconocimiento y conteo de árboles o plantas del cultivo de estudio. Todas las técnicas funcionan bien cuando los objetos a contar se encuentran separados. Cuando hay solapamiento, el método mixto es el que obtiene los mejores resultados.

Palabras clave: algoritmos de conteo, espacios de color, estimación de producción.

Comparison of methodologies for counting fruits, vegetables and plants in agricultural fields using computer vision

ABSTRACT

In this paper three computer vision techniques to detect and count fruits, vegetables, and plants in agricultural crops are described and compared. The three proposed methods are based on: average total volume, connected components, and a mixed method that combines the previous two. In all cases the first step consists of color segmentation in order to detect the objects of interest. The three methodologies require images of the crops, which can be taken with mobile devices or with camera of average resolution. Tests have been performed both with images taken in situ on the crop, and recorded video from an unmanned drone. A stitching algorithm is applied to these videos to generate an orthophoto, which is then used for counting

trees or plants. All techniques work well when counting objects are separated. When there is overlap, the mixed method is the one that gets the best results.

Keywords: Counting algorithms, color spaces, production estimate.

INTRODUCCIÓN

En el último lustro, la visión por ordenador ha sido ampliamente utilizada en el área de la ingeniería agromótica para la inspección, seguimiento, riego y cosecha de los productos agrícolas. Actualmente se están cambiando las operaciones manuales tradicionales como son la mano de obra lenta y propensa a errores de los seres humanos (Sun, 2008). Existen muchos métodos automatizados basados en imágenes para contar elementos en diferentes áreas tales como la horticultura y la industria alimentaria (Stajniko et al., 2004). Dichos métodos han demostrado su eficiencia en conteos automatizados, que son muy confiables, consistentes, rápidos y que superan a los conteos manuales.

Existen diversas causas que pueden producir dificultades en los algoritmos de conteo, tales como: iluminación, escasez de luz, sombras, ruido en las imágenes, saturación de píxeles, solapamiento y agrupamiento de objetos. Estas situaciones han sido consideradas y tratadas en las metodologías propuestas. Gracias a los avances tecnológicos de los últimos años, se siguen desarrollando nuevos algoritmos de procesamiento de imágenes para mejorar la precisión y la eficiencia de la inspección automática de los productos agrícolas y alimenticios (Baranowski et al., 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Como paso previo al conteo se utilizó la aplicación CAPS® (Hernández-Hernández et al., 2015), la cual está dirigida al reconocimiento de plantas y suelo en cultivos agrícolas. Con dicho software se creó un modelo de color que es utilizado en las tres metodologías para hacer la segmentación de los objetos. De esta forma, cada imagen utilizada para el conteo de los objetos es segmentada y convertida a binario para hacer la separación de los objetos y el fondo del mismo. En cada imagen se marcan dos o tres objetos con el fin de tomarlos como referencia del volumen medio de los objetos.

Metodología por volumen total

Esta metodología consiste en tomar la imagen binaria y realizar las siguientes acciones. En primer lugar se cuenta el número total de píxeles de los objetos segmentados en la imagen (píxeles blancos en la figura 1). Después se cuentan los píxeles de las imágenes marcadas para obtener el promedio de píxeles por objeto. Finalmente se calcula el número total del primer paso dividido por el promedio del segundo, para obtener una estimación de la cantidad de objetos encontrados en función del volumen total.

Metodología por componentes conexos

Esta segunda metodología consiste en tomar la imagen binaria ya segmentada y aplicar un algoritmo para buscar todos sus componentes conexos. Sea S el conjunto de los píxeles de color blanco, dado un píxel $P \in S$, el subconjunto de todos los píxeles $Q \in S$ conectados a P (directamente o a través de otros píxeles) forman un componente conexo de S . Los componentes conexos, Q para i entre 1 y n , se denominan también regiones (Rosenfeld and Kak, 2014). En una situación ideal, cada componente conexo corresponde a un objeto de la imagen. Dos factores pueden afectar este hecho: (i) el solapamiento puede hacer que varios objetos se observen como un solo componente; (ii) los errores de

segmentación pueden hacer que un objeto quede partido en varios componentes. Estos tipos de errores pueden compensarse mutuamente, dando lugar a una estimación cercana al valor real. El número de objetos se aproxima con los componentes encontrados.

Metodología mixta de conteo

Esta metodología es una combinación que intenta aprovechar las ventajas del método de volumen total y el de componentes conexos. En el primer paso se obtienen los componentes conexos de la imagen. Los componentes son analizados uno a uno. Si su tamaño es menor que una cuarta parte del volumen medio de los objetos de interés, el componente es descartado (se considera ruido). En otro caso, se divide su tamaño por el volumen medio, tomando el redondeo al entero más cercano. Esto permite identificar si, en caso de solapamiento, el componente corresponde a uno, dos o más objetos. El resultado será la suma total de objetos estimados para cada componente conexo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para validar las tres metodologías se tomó una muestra de 16 fotos de cultivos de viñedos, lechugas, naranjos y racimos de uvas. Se utilizaron 4 imágenes de cada tipo. En los dos primeros tipos el objetivo fue contar plantas, y en los dos últimos fue contar frutas. En la figura 1 se muestra una imagen de cada uno de los cultivos utilizados en los experimentos.

Se tomaron todas las imágenes de prueba y se procesaron con las tres metodologías descritas, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 1. Con el fin de comparar las tres técnicas descritas, los datos obtenidos fueron representados gráficamente, como se puede ver en la figura 2.

CONCLUSIONES

El conteo de objetos en visión artificial ha sido tratado por muchos investigadores y todos han obtenido muy buenos resultados, pero normalmente se han dirigido a un solo tipo de objetos. En la presente investigación se buscó tener diversidad de objetos a contar y sobre todo tratar los problemas de solapamiento y agrupación de objetos.

Los resultados obtenidos, que se encuentran en la tabla 1, muestran que de las tres técnicas utilizadas la que obtuvo los peores resultados fue la de componentes conexos, debido a la aparición de muchos componentes pequeños por ruido en las imágenes. Claramente la mejor es la técnica mixta con un error inferior al 2,8%, que es capaz de aprovechar la robustez de los componentes conexos, resolviendo los casos de solapamiento con una estimación por volumen medio. En cuanto al tiempo de ejecución, los tres métodos son muy eficientes ya que no requieren cálculos costosos. El tiempo de procesamiento por imagen es inferior a un segundo en un ordenador medio.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por el MINECO español, así como por la Comisión Europea bajo los fondos FEDER, con el proyecto TIN2012-38341-C04-03. También ha sido apoyado por el programa PROMEP UAGro-196 de México.

REFERENCIAS

Baranowski, P., Mazurek, W., Wozniak, J., and Majewska, U., 2012. Detection of early bruises in apples using hyperspectral data and thermal imaging. *Journal of Food Engineering* 110 (3), 345–355.

- Hernández-Hernández, J.L., García-Mateos, G., González Esquivá, J.M., y Molina-Martínez, J.M., 2015. Entrenamiento y selección automática de modelos de color para la segmentación de plantas. VIII Congreso Ibérico de Agroingeniería, Orihuela, 1-3/6.
- Rosenfeld, A., and Kak, A. C., 2014. Digital picture processing (Vol. 1). Elsevier.
- Stajanko, D., Lakota, M., and Hocevar, M., 2004. Estimation of number and diameter of apple fruit in an orchard during the growing season by thermal imaging. Computers and Electronics in Agriculture 42(1): 31–42.
- Sun, D.W. (Ed.), 2008. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Elsevier Inc., New York.

Nombre del archivo	Cantidad de objetos encontrados				Porcentajes de error		
	Prom./vol.	Comp. conexos	Mixta	Real	Prom./vol.	Comp. conexos	Mixta
Vid 1.jpg	60	236	57	52	15.4%	353.8%	9.6%
Vid 2.jpg	152	139	146	146	4.1%	4.8%	0%
Vid 3.jpg	189	111	185	171	10.5%	35.1%	8.2%
Vid 4.jpg	81	148	78	78	3.8%	89.7%	0%
Lechugas 1.jpg	36	41	29	29	24.1%	41.4%	0%
Lechugas 2.jpg	34	39	29	29	17.2%	34.5%	0%
Lechugas 3.jpg	28	33	29	29	3.4%	13.8%	0%
Lechugas 4.jpg	5	9	5	5	0%	80.0%	0%
Naranjas 1.jpg	8	19	8	8	0%	137.5%	0%
Naranjas 2.jpg	9	16	10	10	10.0%	60.0%	0%
Naranjas 3.jpg	10	73	10	10	0%	630.0%	0%
Naranjas 4.jpg	37	55	36	41	9.8%	34.1%	12.2%
Uvas 1.jpg	99	99	99	104	4.8%	4.8%	4.8%
Uvas 2.jpg	55	69	58	58	5.2%	19.0%	0%
Uvas 3.jpg	124	80	123	123	0.8%	35.0%	0%
Uvas 4.jpg	97	101	96	98	1.0%	3.1%	2.0%
Totales ...	1024	1268	998	991	6.89%	98.54%	2.30%

Tabla 1. Cantidad de objetos encontrados en cada imagen y los porcentajes de error.

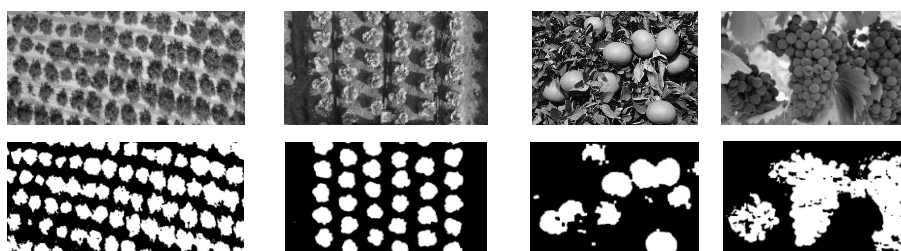


Fig. 1. En la parte superior se muestra una fotografía de cada uno de los tipos de cultivos utilizados y en la parte inferior su imagen binaria.

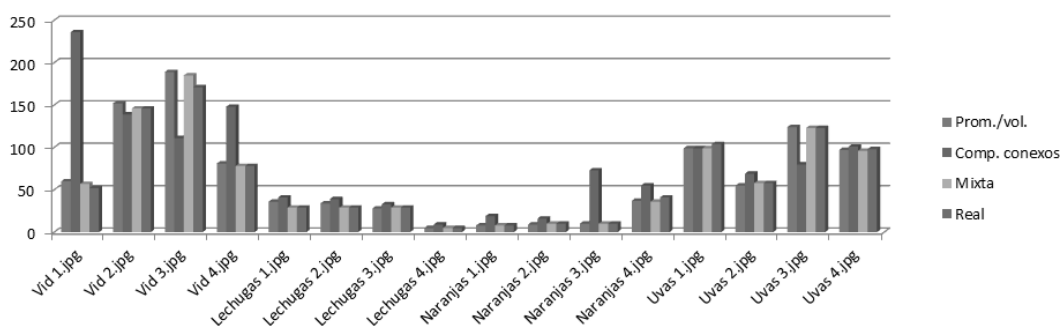


Fig. 2. Comparación gráfica de las tres metodologías de conteo utilizadas.