

SISTEMA AUTOMÁTICO NO DESTRUCTIVO PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE FRUTAS BASADO EN VISIÓN POR COMPUTADORA

Guillermo M Sampallo - Arturo O González Thomas
Facultad Regional Resistencia, UTN
Resistencia, Chaco, Argentina

CONTEXTO

La línea de I+D presentada es una continuación y profundización de proyectos desarrollados por el grupo previamente. Todos dentro del área de procesamiento digital de imágenes y la utilización de la Inteligencia artificial para el procesamiento de los datos obtenidos por ese medio.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es determinar empleando procesamiento digital de imágenes, un conjunto de descriptores morfológicos y de aspecto, y a partir de ellos seleccionar el subconjunto más apropiado para la evaluación de la calidad de frutas. Estos descriptores son el insumo que emplea un sistema experto para la clasificación según estándares de calidad preestablecidos.

El método desarrollado calcula los descriptores morfológicos en forma automática, independientemente de la posición del producto en la escena. Los descriptores son firma, alto, ancho, perímetro, área, factores de forma, desviación cuadrática media, distancia significativa, superficie y volumen. La aplicación de este método está restringida a frutas esféricas con elevada simetría respecto de un eje. Para comprobar la validez de los algoritmos de cálculo se los aplicó primero a modelos y se valuó su performance. Finalmente se los aplicó a los siguientes productos: naranja y quinoto, y se realizó un análisis de los errores del método.

Los descriptores de aspecto analizados son: de textura (descriptores que surgen de la matriz de coocurrencia), color (análisis de las propiedades por banda color) y manchas (reconocimiento de la región manchada y calculo porcentaje manchado en la cara visible).

Palabras clave: visión por computadora, segmentación, descriptores, calidad.

INTRODUCCION

El consumidor de frutas es cada vez más selectivo y exigente al momento de comprar. Analiza la apariencia a través de la forma, la uniformidad y los defectos, y madurez a través del color, tamaño y textura. Esto trae como consecuencia la necesidad de optimizar las tareas de control de calidad para satisfacer dicha demanda.

La valoración de la calidad de productos alimenticios es a menudo subjetiva, y basada en cualidades tales como aspecto (color y forma), olor, textura y sabor. Frecuentemente las mismas son evaluadas por inspectores humanos. Se ha demostrado que la opinión humana puede ser engañada fácilmente. Tanto el costo de la labor como la subjetividad de los resultados acentúan la necesidad de instrumentar sistemas objetivos de control de la calidad.

Una alternativa es la aplicación de la inspección visual automatizada, debido a su bajo costo relativo, robustez, adaptabilidad, superior velocidad y exactitud en los resultados.

El empleo de la visión por computadora y software asociado para la clasificación de objetos es una herramienta cada vez más ampliamente utilizada en múltiples ámbitos de la industria y los servicios. Particularmente en la clasificación de frutas su empleo es creciente, debido a su bajo costo relativo y objetividad.

Los sistemas de inspección visual automática (Cámara-PC-Software) realizan tareas de adquisición, procesamiento y análisis de imágenes para la determinación de los descriptores visuales que definen la calidad de un producto agrícola y/o alimenticio. Tienen la ventaja de realizar un análisis no destructivo. Por ello, los algoritmos que realizan el cálculo de los descriptores correspondientes a partir de una imagen están en permanente revisión para mejorar tanto la velocidad de cálculo como reducir el error en sus resultados.

La limitación de este método es que mediante el mismo no se puede analizar ni el aroma ni el sabor y textura interna de la fruta, aunque las características que se obtienen del análisis del aspecto están fuertemente correlacionadas con los mismos: un color adecuado indica el grado de maduración, y por lo tanto un adecuado sabor y textura interna. La ausencia de manchas indica un producto sano y fresco.

LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

A partir de una imagen color de una escena donde están en posición fija relativa un número determinado de frutas de la misma especie claramente diferenciadas del fondo, lo que se busca básicamente es desarrollar algoritmos que aplicados a ese tipo imagen permitan determinar descriptores morfológicos (tamaño y forma) y de aspecto (textura, color y manchas) que permitan realizar un adecuado reconocimiento y evaluar la calidad del producto.

Los ejes temáticos sobre los que se está trabajando son básicamente:

- 1) La segmentación de la imagen. Es un tema sensible porque presenta varios niveles de dificultad:
 - a. Diferenciación entre el fondo y los objetos de interés.
 - b. Individualización de cada objeto de interés.
 - c. En cada objeto de interés se debe detectar características propias.
- 2) Los descriptores morfológicos bajo análisis son: firma, alto, ancho, factor de forma 1, área, perímetro, factor de forma 2, desviación cuadrática media, distancia significativa, superficie de revolución y volumen de revolución. Este conjunto de descriptores se evalúa para cada una de las frutas de la escena y el objetivo es reducir significativamente el tiempo de cálculo de los mismos. Para ello se está empleando solo datos obtenidos de la firma.
- 3) Los descriptores de aspecto bajo análisis son: textura (descriptores que surgen de la matriz de coocurrencia) color (análisis de las propiedades por banda color), manchas (reconocimiento de la región manchada y calculo porcentaje manchado en la cara visible).
- 4) Construcción de una base de conocimiento a partir de los descriptores morfológicos y de aspecto, de modo que cada vez que una imagen nueva se procese, incorpore y actualice los datos en forma eficiente.
- 5) Construcción de un sistema experto que use la base para realizar la evaluación de la calidad de cada una de las frutas presentes en la imagen.

RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

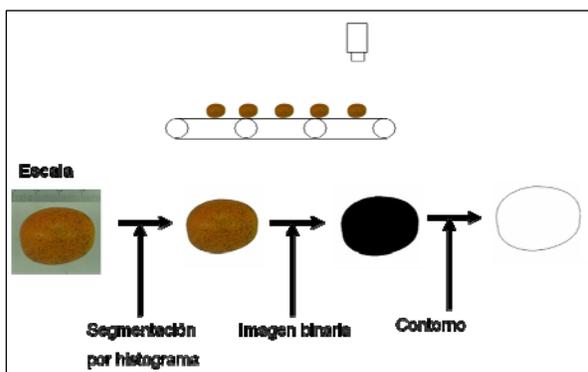


Fig 1: Esquema y secuencia de las operaciones de preprocesamiento

Determinación y validación de los descriptores morfológicos. Algunos resultados alcanzados

El esquema de la figura 1 muestra la forma en que se hicieron el registro de las imágenes y las operaciones de preprocesamiento que permiten obtener el contorno del producto, que consiste en los píxeles del borde de la imagen binaria. Su ancho es de un píxel. Se desarrollaron los algoritmos que toman como dato el contorno para calcular la Firma¹, y a partir de ella los siguientes descriptores:

1. Área.
2. Perímetro.
3. Alto.
4. Ancho.
5. Factores de forma.
6. Superficie de revolución.
7. Volumen de revolución.

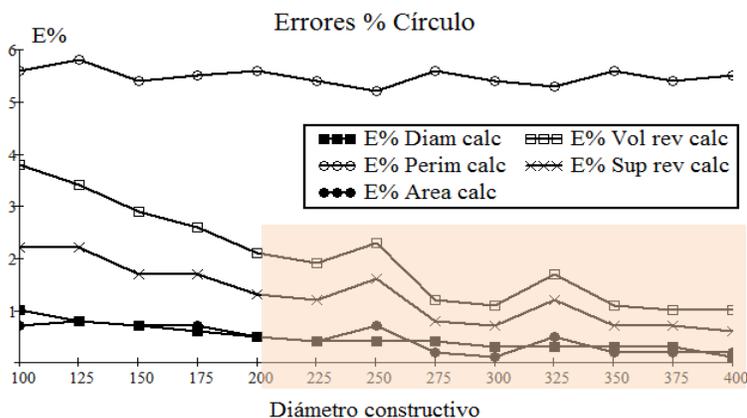


Gráfico 1 Representación de los errores porcentuales de los descriptores en función del diámetro constructivo en píxeles

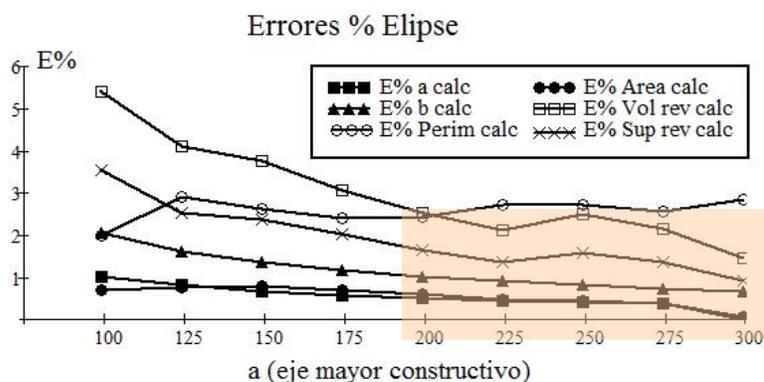


Gráfico 2: Representación de los errores porcentuales de los descriptores en función del eje mayor constructivo en píxeles

Para evaluar el cálculo de los descriptores mencionados, se construyó con un editor dos conjuntos de imágenes de dimensiones conocidas. El primero está compuesto de imágenes de un círculo negro sobre fondo blanco y el segundo conjunto con una elipse negra sobre un fondo blanco. Estos conjuntos pueden considerarse imágenes binarias de frutas de forma esférica o esferoidal. Los descriptores de tamaño de estas figuras

¹ La firma de una fruta es la representación en cartesianas de las coordenadas polar del contorno referidas al baricentro

geométricas se calculan en forma analítica a partir de sus valores constructivos, y se emplean como valores verdaderos para calcular el error del método.

Aplicando los algoritmos desarrollados a las imágenes de las figuras se calcularon los descriptores. Los mismos se emplean como valores medidos en el cálculo del error del método.

En el Gráfico 1 se representan los errores porcentuales del diámetro, perímetro, área, volumen y superficie de revolución en función del diámetro constructivo en píxeles, para las figuras circulares.

En el Gráfico 2 se representan los errores porcentuales en función del eje mayor a en píxeles, para las figuras elípticas. Se observa que los errores porcentuales del método disminuyen al aumentar a . Para todos los descriptores, si $a > 100$ píxeles el $|E\%|$ se mantiene por debajo del 5.5 %, y si $a > 200$ píxeles por debajo del 3.3%.

Para evaluar la precisión del método en la determinación de alto a y ancho b , se compararon los valores calculados procesando las imágenes de naranjas con los correspondientes valores medidos con un calibre de apreciación 0.02 mm. Los resultados se representan en el Grafico 3.

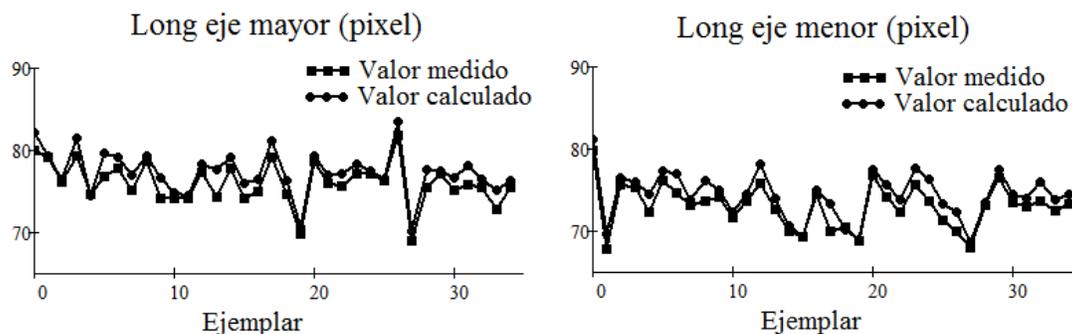


Gráfico 3: Representación de los valores medidos y calculados de las longitudes de los ejes mayor (izquierda) y menor (derecha) en función de los ejemplares.

Construcción del vector característico.

Consideramos un conjunto de M ejemplares de un producto y se quiere seleccionar de los mismos, aquellos que cumplan con determinados requerimientos de forma y tamaño. Al efecto se realizan las siguientes operaciones:

- Ajuste y normalización de la firma.
- Cálculo de la firma promedio.

Con estos datos se obtiene la desviación cuadrática media (DCM) y la distancia significativa (DS), que son descriptores de tipo estadísticos relacionados con la forma.

Para cada ejemplar de un producto se construye un vector característico formado por los siguientes elementos: DCM, DS, área, perímetro, factor de forma1 ($\text{Área} / \text{Perímetro}^2$), alto, ancho, factor de forma 2 ($\text{alto} / \text{ancho}$), superficie y volumen. No todos los elementos de este vector característico son linealmente independientes entre si. Es posible seleccionar una terna de , los menos correlacionados, y con ellos construir un espacio de clasificación de tres dimensiones. En este espacio los requerimientos determinan una región. El candidato que pertenezca a la región cumplirá con la exigencia solicitada.

Desarrollo del próximo objetivo del proyecto

La determinación y validación de los descriptores de aspecto (textura, color y manchas).

FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo consta de tres investigadores categorizados estables y tres becarios de grado y uno posgrado.

La relación con otros grupos del país se realiza a través de presentaciones a Congresos (JAIIO 2008 JII- Agroindustria) y vinculación a través de convenios institucionales.

BIBLIOGRAFIA

1. Duda R. O. and Hart P. E. Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley and Sons, 1973.
2. González Rafael C y Woods E. Richard Tratamiento Digital de Imágenes. Addison-Wesley / Diaz de Santos (1996).
3. Computer vision systems for rapid quality inspection of agricultural and food products. Wang Lu, Sun Da-Wen. ICETS2000 - Session 6: Technology Innovation and Sustainable Agriculture.
4. Artificial intelligence in agriculture. Editorial Computers and Electronics in Agriculture 40 (2003) 1 _ 3.
5. Improving quality inspection of food products by computer vision: a review. Jadhg Brosnan, Da-Wen. Journal of Sun Food Engineering 61 (2004) 3–16.
6. Machine Vision System for Automatic Quality Grading of Fruit. J. Blasco, N. Aleixos and E. Moltó Biosystems Engineering Volume 85, Issue 4 , August 2003, Pages 415 – 423
7. Citrus sorting by identification of the most common defects using multispectral computer vision. J. Blasco a, N. Aleixos, J. Gómez, E. Molto. Accepted 12 March 2007 Journal of Food Engineering
8. Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm. J. Blasco, N. Aleixos, E. Molto. Journal of Food Engineering 81 (2007) 535–543
9. A classification system for beans using computer vision system and artificial neural networks. Kivanc Kılıc, Ismail Hakki Boyacı, Hamit Koksel, Ismail Kusmenoglu. Journal of Food Engineering 78 (2007) 897–904.
10. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Kit L. Yam, Spyridon E. Papadakis. Journal of Food Engineering 61 (2004) 137–142.
11. Comparison of three algorithms in the classification of table olives by means of computer vision. R. Diaz, L. Gil, C. Serrano, M. Blasco, E. Molt, J. Blasco. Journal of Food Engineering 61 (2004) 101–107.
12. Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm. J. Blasco, N. Aleixos, E. Molto. Journal of Food Engineering (2007).
13. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Franco Pedreschi, Jorge Leo'n, Domingo Mery, Pedro Moyano. Food Research International 39 (2006) 1092–1098.
14. Low cost sensor for volume and surface area computation of axi-symmetric agricultural products. Ta Yuan Wang, Sing Kiong Nguang. Journal of Food Engineering 79 (2007) 870–877.
15. Segmentation of colour food images using a robust algorithm. Domingo Mery, Franco Pedreschi. Journal of Food Engineering 66 (2005) 353–360