

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE UNA CEREZA APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Moreno Ramírez Walter Alejandro (1), Trejo Durán Mónica (2), Lizárraga Morales Rocío Alfonsina (3), Cabal Yépez Eduardo (4), Carrillo Ledesma Luis Manuel (5)

1 [Ingeniería en Sistemas Computacionales, DICIS] | [wa.morenoramirez@ugto.mx]

2 [DICIS, Ingenierías, Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [mtrejo@ugto.mx]

3 [DICIS, Ingenierías, Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ra.lizarragamorales@ugto.mx]

4 [DICIS, Ingenierías, Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [educabal@ugto.mx]

5 [DICIS, Ingenierías, Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [lm.carrilloledesma@ugto.mx]

Resumen

Este trabajo presenta la implementación de un algoritmo para la segmentación de imágenes de cerezas, utilizando operaciones de morfología matemática y detección de bordes y círculos; buscando determinar los diferentes estados fisiológicos de la ciruela africana. Siendo este trabajo una base para futuras aplicaciones de clasificación y detección de cerezas que puede ser implementado en un entorno industrial.

Abstract

This article presents the algorithm implementation for the segmentation of cherries images, using mathematical morphology operations and, edges and circles detection; it is looking for the detection of physiological stages of the African cherry. This work is a basis to future classification and detection applications of cherries that can be implemented in an industrial environment.

Palabras Clave

Canny, Hough, segmentación, estados fisiológicos, ciruela africana

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Para determinar si una fruta está madura y puede ser consumida, los agricultores realizan inspecciones visuales, de textura al tacto y, en algunos casos, destructivas de la fruta para determinar su estado de madurez. Esto conlleva un error asociado a la subjetividad de cada persona al examinar una misma fruta.

El problema se presenta cuando se tiene un número muy grande de frutas del mismo tipo, en este caso las inspecciones visuales y de textura al tacto ya no son eficientes en costo, tiempo y el número de empleados con experiencia que se requieren para realizar dicha tarea.

Existen técnicas destructivas para la selección de frutas maduras, que pueden utilizar equipos muy costosos y cuyos resultados son tardados [1].

En cambio, existen métodos no destructivos basados en el análisis de imágenes digitales cuyo objetivo es obtener parámetros de tamaño, forma y, con esto, determinar la calidad de fruto, por ejemplo, de melones [2], bananas [3], entre otros.

En esta investigación se utiliza el procesamiento digital de imágenes para segmentar y analizar las características de color, en espacios RGB, de imágenes de la Ciruela Africana (*Prunus Africana*).

Se utilizó una base de datos de fotografías separadas en 4 grupos que representan un estado fisiológico diferente de la cereza africana, las fotos fueron tomadas durante 15 días.

Para obtener los parámetros de color de cada ciruela fue necesario aislarla del fondo, para ello se implementó una metodología que permitiera superar las diferencias entre cada imagen.

Marco teórico

La segmentación de imágenes divide la imagen en sus partes constituyentes hasta el nivel de subdivisión en el que se aíslan las regiones u objetos de interés.

Los algoritmos de segmentación se basan en una de estas dos propiedades básicas de los valores

del nivel de gris: discontinuidad o similitud entre los niveles de gris de píxeles vecinos [4].

Para la elaboración de este trabajo se utilizó la propiedad de discontinuidad entre píxeles vecinos, en particular dos componentes fundamentales como son la detección de bordes y círculos, para esto se utilizó el método de Canny y la transformada de Hough respectivamente. Además, como paso intermedio entre estos dos algoritmos, se utilizaron transformaciones fundamentales de la morfología matemática para acondicionar las figuras obtenidas.

Algoritmo de Canny

El algoritmo de Canny para la detección de bordes fue desarrollado por John F. Canny en 1986 [5] y se basa en una secuencia de técnicas que se aplican sobre una imagen. Este algoritmo tiene como objetivo principal satisfacer tres criterios principales:

- Baja tasa de error
- Buena localización
- Respuesta mínima

Este algoritmo utiliza cuatro técnicas o componentes: Suavizado de la imagen, obtención del gradiente y ángulos, supresión de no-máximos e Histéresis.

Morfología matemática

La morfología matemática, es el estudio de la generación y las propiedades de las formas cuya descripción básica se basa en la teoría de conjuntos. Donde cada objeto de la imagen es un conjunto de la morfología matemática.

Al realizar una transformación morfológica sobre una imagen se extraen estructuras geométricas en los conjuntos sobre los que se opera, para esto se utiliza otro conjunto de forma conocida denominado elemento estructurante [6].

El tamaño y forma de este conjunto se escoge, a priori, de acuerdo con la morfología del conjunto sobre el que se va a interaccionar y la extracción de formas que se desean obtener.

Utilizando el lenguaje de conjuntos, se definen dos operaciones nombradas dilatación y erosión.

Transformada de Hough

La transformada de Hough [7], es una técnica para la detección de formas y figuras en imágenes, las cuales son: líneas rectas o curvas, círculos, cuadrados, elipses y, en general, toda figura que pueda ser representada mediante una ecuación matemática.

Para poder implementar esta transformada es necesario, como paso anterior, obtener los bordes de la imagen, para obtener una menor cantidad de elementos no requeridos y que pudieran afectar en la detección de líneas y curvas, además de disminuir el tiempo de ejecución y consumo de recursos.

Justificación

Determinar el estado fisiológico de la ciruela africana usando métodos que permitan minimizar costos en la clasificación de la fruta y la automatización de la clasificación de la misma. Por ello la finalidad de este trabajo es obtener los parámetros de color de un área significativa de la ciruela presente en las imágenes.

Una vez se obtiene el área de la ciruela, se realizará un promedio de sus parámetros de color en el espacio RGB, esto con el fin de poder encontrar un prototipo para cada estado de madurez y que puedan ser clasificadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el software Matlab en su versión R2013a con el toolbox para procesamiento de imágenes, un computador portátil Dell Inspiron 13z 5323, utilizando MS Windows 7 Ultimate como sistema operativo, con las siguientes características de hardware:

- Procesador: Intel(R) Core(TM) i3-3217U, 4 núcleos físicos @ 1.80 GHz, memoria: 4 GB DDR3

Las imágenes que se utilizaron para este proyecto fueron capturadas en distintas etapas de maduración de la cereza africana a lo largo de 15 días. En la IMAGEN 1 se muestran unos ejemplos.

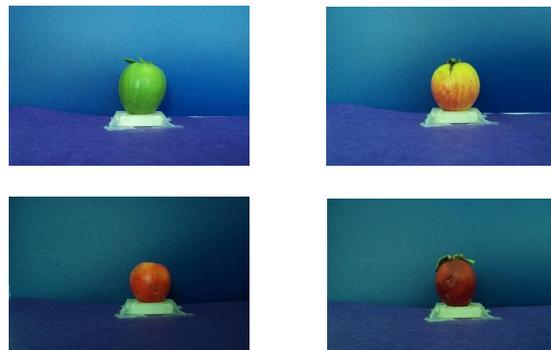


IMAGEN 1. Muestras de las imágenes utilizadas.

Debido a su variabilidad de condiciones de iluminación, color y tamaño de las cerezas se propone una metodología para segmentar un porcentaje mayor al 90% de las imágenes, el diagrama se muestra en la IMAGEN 2.



IMAGEN 2. Metodología propuesta para la segmentación de las imágenes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando las muestras de la IMAGEN 1, los resultados obtenidos de la segmentación se muestran en la IMAGEN 3, que son el resultado de la metodología de segmentación.

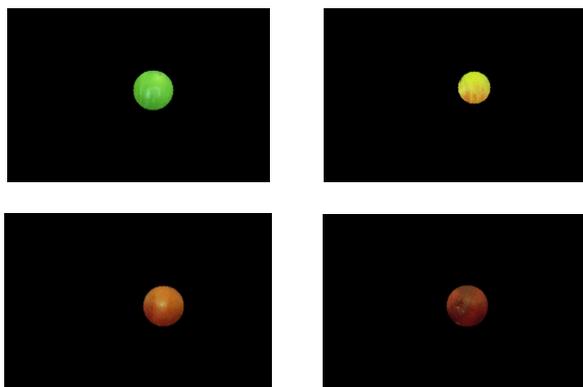


IMAGEN 3. Muestras de los resultados de la segmentación utilizando la metodología propuesta.

Los resultados obtenidos de la segmentación, utilizando la metodología propuesta, arrojan los resultados esperados, ya que el círculo encierra el área mayor de la cereza sin tener presentes elementos del fondo y la base. Aunque no se lograron los resultados para todas las imágenes. Para esto se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 1. y la Tabla 2., que contienen unos datos del programa de segmentación una vez terminó su ejecución.

Tabla 1: Tiempo obtenido del promedio de segmentación de todas las imágenes.

Tiempo de segmentación por imagen
4.3048 segundos
<ul style="list-style-type: none"> Dato obtenido utilizando las mismas características de hardware y herramientas de software descritas en este artículo.

Tabla 2: Datos de las imágenes segmentadas.

Porcentaje de imágenes segmentadas correctamente	
Total de imágenes	407
Correctas	396
Incorrectas	11
% de efectividad	97.30 %

Una vez se tienen las imágenes segmentadas se procedió a obtener el promedio de cada canal de color y en escala de grises para cada grupo. Esto se realizó para los cuatro grupos de cada uno de los 15 días.

Como resultado final se graficaron los valores de cada día para cada canal de color y para cada grupo. En la IMAGEN 4 se muestra una de las gráficas obtenidas que es un caso específico para el grupo 3, donde se encuentran las ciruelas maduras, este grupo es de especial interés para poder desechar todas las ciruelas que no estén maduras.

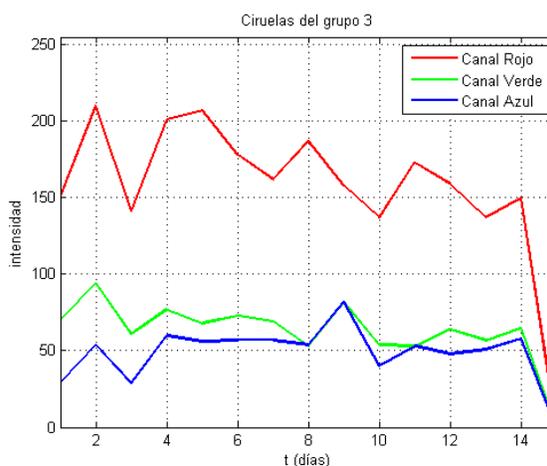


IMAGEN 4. Gráfica de las intensidades de cada canal de color para las ciruelas del grupo 3.

Promediando los datos de cada gráfica obtenida, por ejemplo, la incluida en la IMAGEN 4., podemos obtener un prototipo en RGB para cada grupo de ciruelas. Estos prototipos se incluyen en la Tabla 3.

Tabla 3: Prototipos de intensidades en RGB para cada grupo de frutas.

Prototipos de color en RGB para cada grupo de ciruelas.	(R, G, B)
	Grupo 1
Grupo 2	(194, 160, 57)
Grupo 3	(151, 70, 29)
Grupo 4	(100, 41, 24)

Como resultados finales obtenemos los prototipos para cada grupo que es un promedio de todas las intensidades de cada canal de color para cada grupo. Con esto se permite la clasificación de una nueva ciruela en alguno de los cuatro grupos, utilizando fotografías como método no destructivo.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta para segmentar las imágenes obtuvo un porcentaje alto de efectividad en cuanto a imágenes segmentadas correctamente. Así mismo, la segmentación de cada imagen llevo un tiempo significativamente bajo.

Una vez se segmentaron las imágenes se pudo obtener los prototipos de color en cada canal del espacio RGB, que nos sirven para que una computadora pueda identificar una cereza en cierto grupo sin la necesidad de la intervención de un ser humano. Aunque es una aproximación que podría mejorarse realizando pruebas que incluyeran imágenes con variables de iluminación y color de fondo controlados y con más muestras para cada grupo para tener una mayor cantidad de datos para analizar.

Para trabajos futuros se pueden utilizar las imágenes segmentadas para obtener los parámetros de color en otros espacios de color.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco todo el apoyo brindado a la Universidad de Guanajuato y al Departamento de Estudios Multidisciplinarios.

REFERENCIAS

- [1] Magwaza, L. & Tesfay, S. Z. (2015). A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. *Food and Bioprocess Technology* 8(10), 1995-2011.
- [2] Syazwan Nasaruddin, A., Shah Baki, S. R. M., & Tahir, N. M. (2011). Watermelon Maturity Level Based on Rind Colour as Categorization Features. *IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research.*, 545-550.
- [3] Balestani, A. M., AhmadiMoghaddam, P., Motlaq, A. M., & Dolaty, H. (2012). Sorting and Grading of Cherries on the Basis of Ripeness, Size and Defects by using Image Processing Techniques. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*
- [4] Segmentación (procesamiento de imágenes). (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 17 de Julio de 2017 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Segmentaci%C3%B3n_\(procesamiento_de_im%C3%A1genes\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Segmentaci%C3%B3n_(procesamiento_de_im%C3%A1genes))
- [5] Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (6), 679-698.
- [6] Serra, J., & Soille, P. (Eds.). (2012). *Mathematical morphology and its applications to image processing (Vol. 2)*. Springer Science & Business Media.
- [7] Duda, R. O., & Hart, P. E. (1972). Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*, 15(1), 11-15.
- [8] Ballard, D. H. (1981). Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. *Pattern recognition*, 13(2), 111-122.