

Determinación del Estado de Madurez de Frutos Aplicando la Transformada Wavelet Tipo Bior 6.8

Guzmán Cano Miguel Cipriano (1), Trejo Durán Mónica (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica] | Dirección de correo electrónico: [mc.guzmancano@ugto.mx]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [mtrejo@ugto.mx]

Resumen

Conocer el estado de maduración de un fruto es cada vez de mayor importancia, ya que nos permite mejorar el aprovechamiento del mismo (en todos los sentidos y en cualquier punto de un proceso en el que se encuentre) y con ello poder reducir los factores que impactan de forma negativa en nuestro entorno. En el presente trabajo busca proporcionar una herramienta complementaria que pueda permitirnos determinar el estado de maduración de un fruto mediante la obtención del día en el cual se encuentra y el punto dentro del proceso de maduración del fruto, mediante el procesamiento digital de imágenes del fruto aplicando la transformada Wavelet Bior 6.8 en distintos puntos del proceso de maduración del fruto (guayaba).

Abstract

Knowing the state of ripeness of a fruit is becoming more important each day. It allows us to determine the best time for its consumption (by knowing the state in the maturing process in which it can be found). With this, it is possible to reduce the external factors which negatively influence the fruit. The purpose for this investigation is to create a complementary tool which can allow us to determine the state of ripeness of a fruit by finding the day and state in the maturing process in which a fruit can be found. This is all done by applying the Bior 6.8 wavelet transform to images of the fruit during the maturing process of the guava.

Palabras Clave

Guayaba; fruto no climatérico; MatLab, descomposición Wavelet; procesamiento digital de imágenes; proceso de maduración.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes factores que afectan el proceso de maduración de un fruto, por lo que hoy en día implementar un sistema de visión por computadora en los campos agrícolas nos da una alternativa de monitoreo de este proceso. El color es la mayor característica que nos permite hacer la evaluación de este proceso más que cualquier otro factor, y se puede realizar su medición de manera visual, instrumental y de visión mediante máquinas, además es el mejor método no destructivo para frutos con cambios de color considerables [1].

La Transformada Wavelet ha tomado un papel muy importante en el procesamiento de imágenes [2], se aplica principalmente para la obtención de frecuencias de una imagen (cambios drásticos de color); hablando particularmente de la transformada Wavelet tipo Bior nos permite detectar objetos en movimiento en cierto número de escenas (detección de bordes) [3]; realizar una reducción del ruido (principalmente Gaussiano) de una imagen [4] y [5]; realizar un enriquecimiento de color de alguna imagen, llevándola a escala de grises [6]; realizar una clasificación de imágenes determinando la textura presente en la imagen [7]; entre muchas otras más aplicaciones.

Dos de las aplicaciones más sobresalientes para el tema en cuestión en la transformada Wavelet es la realización de una marca particular en la imagen [8], así como también una compactación de la misma que nos permite remover información redundante de la misma y con ello reducir el espacio necesario para su almacenamiento y su manipulación [9].

Transformada Wavelet

Consiste en la descomposición de una señal en un conjunto de funciones que forman una base y son llamadas las "Wavelets", esto mediante el paso de la señal a través de una serie de filtros pasa-bajas y pasa-altas consecutivamente hasta un número N de veces [2] (algoritmo piramidal).

Para el caso de imágenes, realiza un mapeo en una serie de coeficientes constituidos por una representación multi-escala de la imagen; es decir, para una imagen $x(N,M)$ cada fila pasa por un par de filtros (pasa-baja y pasa-alta) obteniendo dos

imágenes $(N,M/2)$, posteriormente cada columna pasa por el mismo proceso obteniendo cuatro imágenes $(N/2,M/2)$ para un primer nivel de descomposición, las cuatro imágenes son denominadas LL (coeficientes de aproximación, permite continuar con el proceso de descomposición), LH (detalle o coeficientes verticales), HL (detalle o coeficientes Horizontales) y HH (detalle o coeficientes Diagonales) como se indica en la IMAGEN 1.

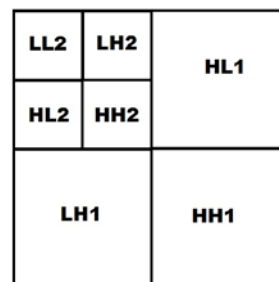


IMAGEN 1: Esquema de la descomposición a dos niveles de la transformada Wavelet.

La transformada Wavelet es local en tiempo y frecuencia, y tiene la característica de mostrar transitorios de la señal es cuestión, ya que es una separación intermedia en bandas de frecuencias; es decir, es la separación de la señal en N señales, cada una correspondiente a una banda de frecuencia que contiene las señales en tiempo a ese rango de frecuencia.

Como en toda transformación es necesario regresar a la señal original, el método de reconstrucción consiste en hacer el mismo procedimiento pero a la inversa; es decir, partir de una imagen del nivel de descomposición superior hasta los coeficientes de orden menos.

Wavelet Bior 6.8

La transformada Wavelet es una proyección sobre una función ortogonal (existen muchos tipos), por lo que para la transformada Bior (Biortogonal) se trata de un par de funciones ortogonales a las cuales se realiza esta proyección. Los tipos de filtros a utilizar para la descomposición por niveles de frecuencia y su respectiva reconstrucción son los mostrados en la IMAGEN 2.

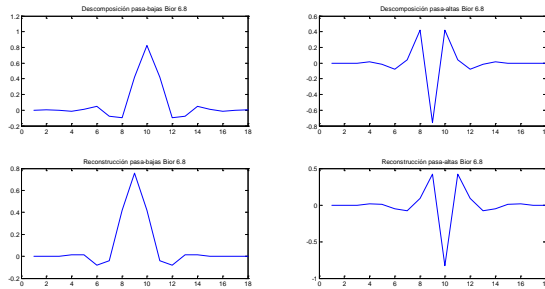


IMAGEN 2: Filtros Bior 6.8 necesarios para la descomposición y la reconstrucción de la imagen; obtenidos mediante MatLab.

El objetivo del presente trabajo consiste en proporcionar una herramienta que aunada a otro análisis nos permita determinar la madurez presente en un fruto en base a un análisis estadístico de los coeficientes arrojados en los diferentes niveles de descomposición Wavelet Bior 6.8, lo anterior para diferentes estados de maduración de una guayaba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- Cámara digital Sony de 10.2 MP.
- 15 Guayabas.
- Una computadora con software MatLab.

Métodos

Se tomaron fotografías de quince guayabas durante un periodo de doce días, tomando las fotografías en días pares, omitiendo los impares (para tener un cambio más pronunciado en el color); Para la toma de las fotografías se realizó lo posible por mantener la iluminación lo más parecida posible en cada día de captura de imagen; el almacenamiento de las guayabas fue en condiciones ambientes.

Se implementó la transformada Wavelet en MatLab (comparándola con la que ya que proporciona el software, siendo más eficiente esta última, por lo que se utilizó la proporcionada por el software).

Se realizó la descomposición Wavelet en sus tres dimensiones de color R, G, B por separado a ocho niveles con una muestra de la imagen de 625X625 pixeles, esto mediante el corte de la imagen original, como se muestra en IMAGEN 3.

Se obtuvo el promedio por día de las quince guayabas para seguir con su análisis estadístico, el cual fue, promedio, varianza, desviación estándar, entropía y kurtosis de los ocho niveles de descomposición.

Se realizó un análisis visual del comportamiento de los resultados estadísticos en búsqueda de un comportamiento favorable que nos permita determinar la madurez presente en la guayaba.



IMAGEN 3: Fotografía correspondiente al día 10, con su respectivo corte para el procesamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizando el análisis antes mencionado es posible apreciar mejores resultados en los coeficientes pertenecientes al primer nivel de descomposición, específicamente a los promedios por día, ya que aunque no nos proporcionan una conclusión concreta del día y con ello el estado de madurez, nos limita el número de opciones correspondientes al estado en el que se encuentra en fruto, y a diferencia del resto del análisis estadístico es más satisfactorio.

Como se puede apreciar en la IMAGEN 4, IMAGEN 5 e IMAGEN 6, podemos tener un conjunto de posibles días en los que se encuentra el fruto (debido a los múltiples puntos que toca un mismo valor en la abscisa respecto a la ordenada). Debido a este conjunto de posibles resultados (días) es posible considerarlo como una herramienta complementaria, ya que por sí sola podría requerir

algún otro tipo de análisis partiendo del mismo objetivo.

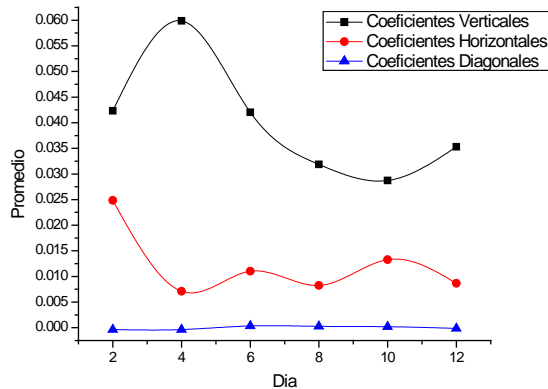


IMAGEN 4: Promedio por día de los primeros coeficientes de aproximación para B (Azul).

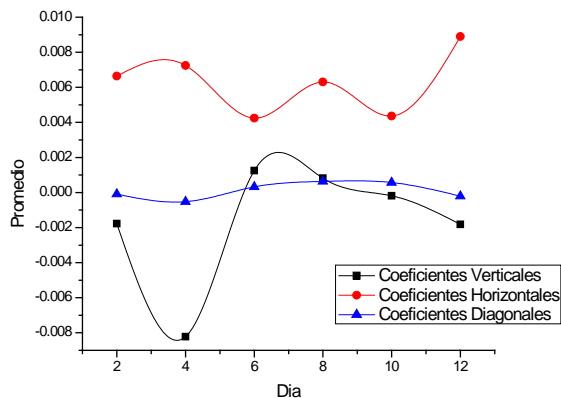


IMAGEN 5: Promedio por día de los primeros coeficientes de aproximación para G (Verde).

La IMAGEN 7 muestra tres fotografías tomadas con la misma cámara, de un grupo de quince guayabas, al cual se le dio un trato similar, que a diferencia de cualquier otra, de estas se conoce el día en el cual se encuentran al momento de tomar la fotografía, permitiendo conocer los resultados del experimento; cabe mencionar, que se toma como referencia que el día de su compra, fue el día correspondiente a su corte, por lo que algunas

pueden variar un poco (las tomadas como base y las tomadas para prueba).

Sería interesante adicionar un análisis para dos tiempos diferentes, que nos arroje dos puntos y con ellos una dirección, que nos permitiría conocer hacia donde se mueve y con ello ser más excluyentes en la determinación de la madurez del fruto, cabe mencionar también, que conocer aproximadamente en que día se encuentra la guayaba podría ir aunado con métodos destructivos que nos permitiría conocer más detalles del fruto (azúcar, firmeza, acides, etc.) para tener la mayor información.

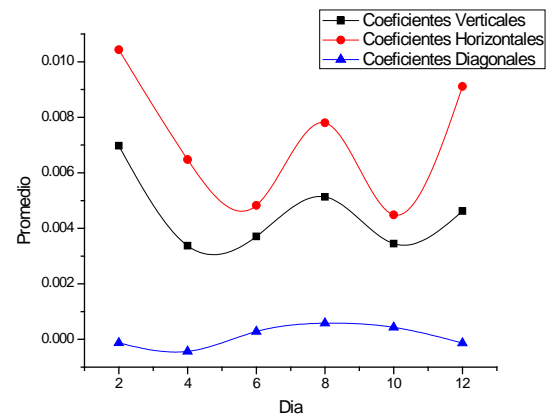


IMAGEN 6: Promedio por día de los primeros coeficientes de aproximación para R (Rojo).

Considerando tres guayabas en tres puntos de maduración (no madura, madura, sobre madura).

Para el caso de la primera guayaba de la IMAGEN 7, el Azul en sus coeficientes Horizontales (HL) indica un día próximo a 2.2, para el Verde en sus coeficientes Diagonales indica un día próximo a 11.9, para el resto de los coeficientes y todo el Rojo, no arroja ningún valor.

Para la guayaba intermedia de la IMAGEN 7, el Verde en sus tres coeficientes Diagonales (HH), Verticales (LH) y Horizontales (HL) arroja 11.8, 3.6 y 4.2 correspondientemente, para el resto de los coeficientes y todo el Azul y Rojo no arroja ningún valor.

Para la tercera guayaba de la IMAGEN 7, el Verde en sus coeficientes Horizontales (HL) arroja cuatro posibles días, 5.8, 6.2, 9.8 y 10, para el resto de los coeficientes y todo el Azul y Rojo no arroja nada.



IMAGEN 7: Tres imágenes tomadas para comprobación de resultados, diferentes a las tomadas como base, pero tomadas con la misma cámara, la primera de izquierda a derecha nos indica un día aproximado a uno, la intermedia esta aproxima a cinco días y la ultima de izquierda a derecha corresponde a trece días.

Cambia el coeficiente que nos proporciona el valor más cercano al correcto, pero de una u otra manera, estamos cerca del valor correcto.

CONCLUSIONES

Es posible decir que este método nos puede proporcionar una herramienta complementaria para algún estudio de la madurez de un fruto, hasta este momento podemos definir de buena manera el día en el que se encuentra el fruto adicionando el conocimiento empírico del ser humano, ya que si te dice que está entre el día uno y el día ocho, y se puede apreciar cómo no madura, podemos concluir que se encuentra en el día uno, queda la adición de otra herramienta que nos permita definirlo con mayor claridad (estudio del color, adicionar una red neuronal, buscar algún otro método para el procesamiento, como una correlación, etc.).

Es importante reproducir el experimento controlando factores como la iluminación y la temperatura principalmente, además de buscar más alternativas para el análisis de los coeficientes que nos proporcionen información conveniente para determinar la madurez del fruto. Como trabajo futuro se pretende buscar otras técnicas de análisis de procesamiento de imágenes así como también para la determinación de la madurez.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato por hacer posible este proyecto, al Dr. Eduardo Cabal Yépez, Dr. Carlos Rodríguez Doñate, y M.I. Luis Manuel Ledesma Carrillo por sus valiosos consejos y apoyo.

REFERENCIAS

- [1] Mohammadi V., Kheiralipour K., & Ghasemi-Varnamkhasti M. (2015). Detecting maturity of persimmon fruit based on image processing technique. *Scientia Horticulturae*, 184 (5), 123-128.
- [2] Hiremath P. S., Akkasaligar P. T., & Badiger S. (2011). Performance comparison of wavelet transform and contourlet transform based methods for despeckling medical ultrasound images. *International Journal of Computer Applications*, 26(9), 34-41.
- [3] Salem M. A., Ghamry N., & Meffert B. (2009). Daubechies Versus Biorthogonal Wavelets for Moving Object Detection in Traffic Monitoring Systems. *Informatik-Berichte*, ISSN: 0863-095X
- [4] Dong H., & Wang F. (2012). Image-Denoising Based on Bior Wavelet Transform and Median Filter. In *IEEE 2012 Symposium on Photonics and Optoelectronics (SOPO)*, Shanghai, May 21-23, 1-3
- [5] Thakur R. (2013) Analysis of Orthogonal and Biorthogonal Mother Wavelet Using Gaussian noise for Image Denoising. Special Issue for National Conference On Recent Advances in Technology and Management for Integrated Growth,
- [6] Xiao D., & Ohya J. (2007). Contrast enhancement of color images based on wavelet transform and human visual system. In *Proceedings of the IASTED International Conference on Graphics and Visualization in Engineering*, Clearwater, Florida, USA, January 3-5, 58-63.
- [7] Chang J. D., Yu S. S., Chen H. H., & Tsai C. S. (2010). HSV-based Color Texture Image Classification using Wavelet Transform and Motif Patterns. *Journal of Computers*, 20(4), 63-69.
- [8] Prasad B. R., Kota K. V., & Reddy B. M. (2012). Biorthogonal Wavelet Transform Digital Image Watermarking. *International Journal of Advanced Computer Research*, 2(3).
- [9] Halder, P. An Efficient Image Compression Algorithm Using Dct-Biorthogonal Wavelet Transform With Arithmetic Coding.