

Sensores virtuales en el control de calidad de granos

Guillermo Sampallo

Dpto de Materias Básicas. Facultad Regional Resistencia.

Universidad Tecnológica Nacional

gsampallo@gmail.com

Abstract

Un sensor virtual es un algoritmo que permite procesar valores medidos directamente de una o varias magnitudes física para calcular o estimar otra/s magnitudes de interés que no pueden hacerse directamente en un proceso determinado. Las magnitudes son estimadas porque presentan dificultades operativas y/o técnicas para ser medidas y pueden ser obtenidas a partir de mediciones disponibles de otras magnitudes simplificando operatividad e instrumentos, reduciendo costos obviamente.

En este trabajo se emplean sensores virtuales morfológicos y se describe técnicas de diseño e implementación en la estimación de magnitudes asociadas con el control de calidad del aspecto morfológico de granos, verificándose la utilidad de los sensores virtuales.

1. Introducción

En un proceso de empaquetado de granos donde los granos se mueven en una cinta transportadora es necesario incorporar un proceso de control de calidad que básicamente consiste en observar la forma, tamaño y aspecto de los granos, en lo posible en forma continua. En generalmente se emplea un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes que necesita cámaras digitales con resolución apropiada e iluminación conveniente para obtener imágenes de muestras de granos que al ser analizadas convenientemente a través de sensores virtuales (soft sensing) [1,2,3], es posible determinar magnitudes morfológicas vinculadas con el control de calidad de los granos en función de las definiciones del Código Alimentario Argentino [4] y las Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y subproductos. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Argentina [5]

El empleo de la visión por computadora y el software asociado para la clasificación de objetos [6] son las herramientas cada vez más utilizadas en múltiples ámbitos de la industria y de los servicios. Tienen la ventaja de realizar un análisis no destructivo. Por ello, los sensores virtuales que estiman las magnitudes correspondientes a partir de una imagen están en permanente revisión para mejorar tanto la velocidad de cálculo como la reducción del error en sus resultados.

Se ha empleado con éxito en la inspección de frutas y semillas para la clasificación de la forma, la detección de defectos, determinación de calidad y clasificación de variedades [7,8,9,10,11,12,13,14,15] Entre todos los métodos basados en el análisis de imágenes, las técnicas de procesamiento del color desempeñaron un papel importante en las inspecciones de diferentes frutas. [16]. Recientemente se desarrollaron sistemas expertos basados en procesamiento de imágenes para definir la calidad de arroz considerando su morfología y aspecto. [17]

Este trabajo presenta como sensores virtuales los algoritmos que determinan en forma indirecta los aspectos morfológicos de los granos a partir de imágenes de muestras de los mismos tales como área expuesta, alto, ancho, factor de formas y volumen.

2. Metodología

Se registra una imagen color con una resolución de 300 dpi de una muestra de granos de arroz (alrededor de 150 granos dependiendo del tipo grano en la escena) distribuida sobre una superficie plana.

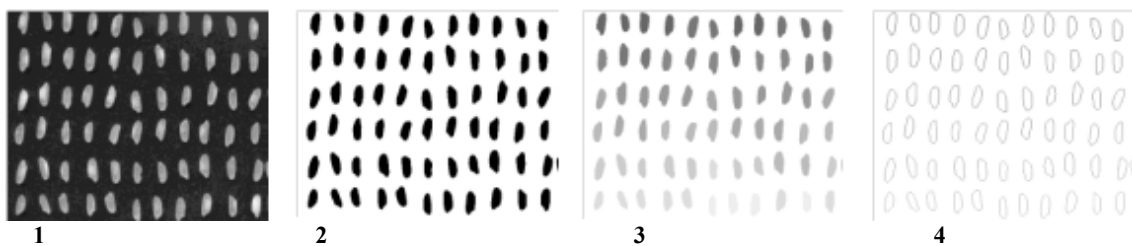


Figura 1: 1. Imagen original. 2. Imagen binarizada. 3. Imagen con los granos identificados por nivel de gris. 4. Imagen con el contorno de los granos

El fondo negro de la imagen, asegura una eficiente binarización con un umbral apropiado. Luego se aplica un algoritmo que identifica los pixeles que pertenecen a cada grano, y a partir de este resultado se obtiene la imagen del contorno de cada grano como puede verse en la secuencia mostrada en la Figura 1, que corresponde a una región de la imagen de la muestra completa. Estas técnicas de procesamiento digital se hacen con bajo costo computacional. La imagen de la figura 1.4 es

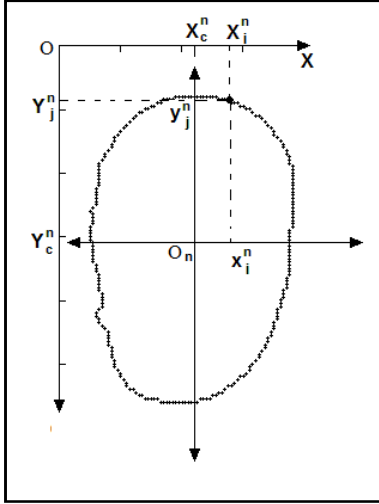


Figura 2: Baricentro del contorno del grano

digital, por lo tanto, los contornos de los granos son trazos constituidos por pixeles conectados. Se debe tener presente que un píxel es un área elemental en una imagen digital. Bajo esta condición, las coordenadas rectangulares de los pixeles que pertenecen al contorno de un grano, están referenciadas al vértice superior izquierdo O de la imagen están dadas por $(X_i, Y_j)_n$ que identifican la fila i y columna j de un pixel del contorno del grano n-ésimo (Figura 2). Es conveniente referir las coordenadas del contorno del grano n-ésimo al baricentro del mismo [16], se determina empleando

$$X_c^n = P. ent \left[\frac{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n} X_i^n}{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n}} \right]$$

$$Y_c^n = P. ent \left[\frac{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n} Y_j^n}{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n}} \right]$$

Ambas sumas dobles se realizan sobre los pixeles pertenecientes al grano n-ésimo. Donde $I_{X_i^n, Y_j^n}$ es el valor del nivel de gris del pixel de la imagen de posición $(X_i, Y_j)_n$. Con la finalidad de evitar pequeñas desviaciones en las coordenadas del baricentro se emplea la imagen con los granos identificados en vez del

contorno. Las coordenadas del contorno con respecto al baricentro O_n están dadas por:

$$x_i^n = X_i^n - X_c^n, \quad y_j^n = Y_j^n - Y_c^n$$

La posición del baricentro permite realizar la determinación de la firma de grano, es la representación polar de su contorno $r(\theta)$, (Figura 3)

$$r_{i,j}^n = \sqrt{(x_i^n)^2 + (y_j^n)^2}$$

$$\theta_{i,j}^n = \text{atan} \left[\frac{y_j^n}{x_i^n} \right]$$

2.1 Definición e implementación de los sensores virtuales morfológicos

Si se considera M ejemplares enteros de un mismo tipo y variedad de grano y se determina los siguientes descriptores

Firma patrón: Se obtiene promediando los valores de $r(\theta)$ por ángulo de las firmas normalizadas. Figura 3. Esta firma puede ser considerada el patrón de comparación. Otra alternativa es elegir como patrón la firma del ejemplar que se considere el más representativo de la forma deseada.

Largo: El largo del grano n-ésimo a_n es el segmento de mayor longitud entre dos puntos de su contorno. En la firma del grano sin normalizar, (Figura 3) corresponden a los valores máximos y determinados a partir del baricentro del grano. $R1_{\max}^n$ y $R2_{\max}^n$ son las distancias de los puntos del contorno más alejados del baricentro que maximizan el largo. Empleando el teorema del coseno resulta

$$a_n = \sqrt{(R1_{\max}^n)^2 + (R2_{\max}^n)^2 - 2R1_{\max}^n R2_{\max}^n \cos(\alpha)}$$

Donde α es el ángulo entre los dos segmentos de radios máximos max.

Ancho: El ancho del grano n-ésimo b_n es el segmento entre los extremos de los radios mínimos y determinados a partir del baricentro de la firma del grano sin normalizar (Figura 3). $R1_{\min}^n$ y $R2_{\min}^n$ son las distancias de los puntos del contorno más cercanos del baricentro que minimizan el ancho. Empleando el teorema del coseno resulta

$$b_n = \sqrt{(R1_{\min}^n)^2 + (R2_{\min}^n)^2 - 2R1_{\min}^n R2_{\min}^n \cos(\beta)}$$

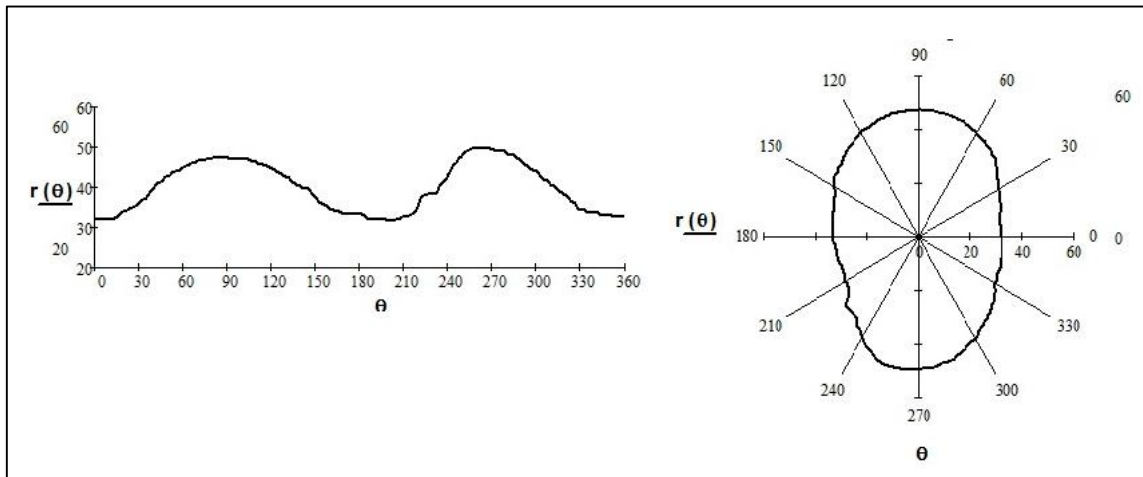


Figura 3: Izquierda: Firma $r(\theta)$ de un grano de arroz. Derecha: reconstrucción polar de su contorno a partir de la firma.

Donde β es el ángulo entre los dos segmentos de radios mínimos.

El empleo de la firma para determinar el largo y ancho del grano asegura un error porcentual inferior al 0.3% como se demostró en [17].

Factor de forma 1: es la relación entre el largo y el ancho del grano n -ésimo.

$$\text{Factor de forma 1} = \frac{a_n}{b_n} = \frac{\text{Largo}_n}{\text{Ancho}_n}$$

Perímetro: En la imagen del contorno del grano n -ésimo, se inicia un recorrido por el desde un píxel perteneciente al mismo y se acumula 1 si el vecino es horizontal o vertical y raíz de 2 si es diagonal, el resultado acumulado se multiplica por un factor de escala.

Área de la sección expuesta del grano n : se obtiene contando los píxeles pertenecientes al grano n -ésimo y multiplicando por el factor de escala.

Factor de forma 2: es la relación entre el área y el perímetro del grano n -ésimo.

$$\text{Factor de forma 2} = \frac{4\pi \cdot \text{Area}}{\text{Perimetro}^2}$$

3 Algunos Resultados de la aplicación del sistema

En la figura 4 se muestra el informe emitido por el sistema para un grano en particular dando sus características morfológicas (firma) y de aspecto (histograma).

En la Figura 5 se muestra el reporte general del análisis realizado sobre una muestra, que contiene las características morfológicas y de aspecto de la misma, clasificando el tipo de arroz y su calidad, en términos del Código Alimentario Argentino.

4. Conclusiones

Se presentó conceptos relacionados con el diseño y aplicaciones de los sensores virtuales en un proceso de control de calidad de granos donde no es posible disponer de sensores físicos reales para la determinación directa de magnitudes físicas vinculadas con el control de calidad.

5. Referencias

1. Petr Kadlec, Bogdan Gabrys*, Sibylle Strandt "Data-driven Soft Sensors in the process industry" Computers and Chemical Engineering 33 (2009) 795–814.
2. Hernández G Hugo.y Aguirre C Jaime. Estimación de calidad en polímeros empleando sensores virtuales. Dyna, Año 72, Nro. 147, pp. 65 - 73. Medellín, Noviembre de 2005. ISSN 0012-7353
3. Salvador Carlos, América Morales. Fundamentos y Aplicaciones de los Sensores Virtuales Simposio de Metrología 2008. Santiago de Querétaro, México, 22 al 24 de Octubre.
https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/S3/SM2008-S3D2-1065.pdf
[Consulta 24/08/2015](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/S3/SM2008-S3D2-1065.pdf)
4. Código alimentario argentino
http://64.76.123.202/SAGPYA/economias_regionales/_arroz/_publicaciones/CODIGO

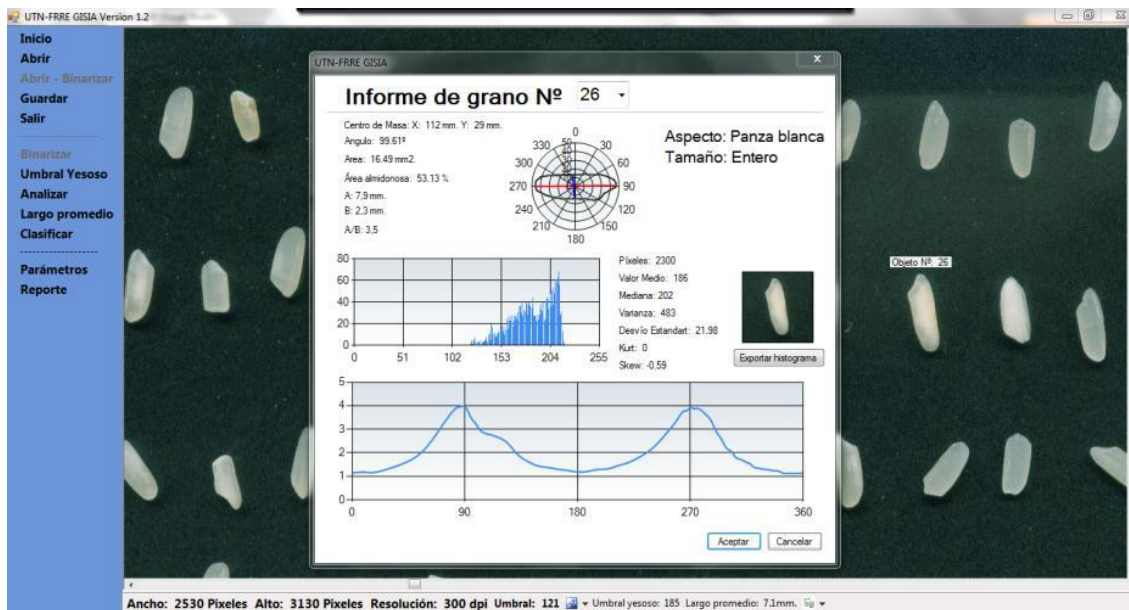


Figura 4: Imagen de la aplicación cuando exhibe el informe de un grano de la muestra, por detrás presenta parte de la muestra de granos bajo estudio

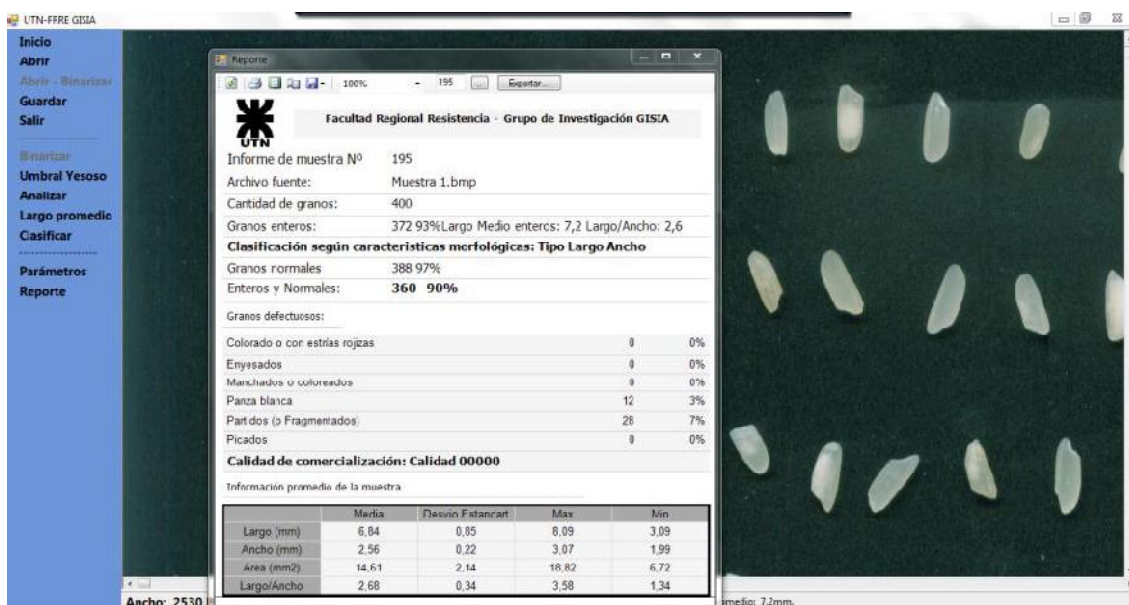


Figura 5: Imagen de la pantalla de la aplicación cuando exhibe el reporte de una muestra de granos pulidos

- ALIMENTARIO_ARGENTINO_Arroz.pdf
 f. Consulta 11/08/2015
- Resolución 1075/94: Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y subproductos. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Argentina. <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/28301/norma.htm>.
 - Analizador de granos de arroz Suzuki S-21 <http://www.conarroz.com/pdf/10Herramientasdigitales.pdf>.
 - Brosnan T., Sun D. W.. Improving quality inspection of food products by computer vision - A review. Journal of Food Engineering (61), 3-16. (2004)
 - Nicolai B.M., Beullens K., Bobelyn E., Peirs A., Saey W, Theron K.I., Lammertyn J.. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. Postharvest Biology and Technology 46 (2), 99-118. (2007)
 - Riquelme M. T., Barreiro P., Ruiz-Altisent M. Valero C. Olive classification according to external damage using image analysis.

- Journal of Food Engineering 87 (3), 371-379. (2008)
10. Elmasry G., Wang N., Vigneault C., Qiao J., Elsayeda A. Early detection of apple bruises on different background colors using hyperspectral imaging, *LWT - Food Science and Technology* 41 (2), 337-345. (2008)
 11. Mendoza, F., Aguilera, J.M. Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas. *Journal of Food Science* 69 (9), 471–477. (2004)
 12. Leiva-Valenzuela G. A., Lu R., Aguilera J. M. Prediction of firmness and soluble solids content of blueberries using hyperspectral reflectance imaging, *Journal of Food Engineering*, Volume 115 (1), 91-98, (2013).
 13. Paulus I., Schrevens E. Shape Characterization of New Apple Cultivars by Fourier Expansion of Digitized Images, *Journal of Agricultural Engineering Research* 72 (2), 113-118. (1999)
 14. Haidar, A. Haiweld D. Mavridis, N.. Image-based date fruit classification. En 4th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 357–363. (2012)
 15. Arizhagan S., Newlin Shebiah R., Aananthi S., Vishnu Varthini S. Detection of unhealthy region of plant leaves and classification of plant leaf diseases using texture features. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15 (1), 211-217. (2013)
 16. Sampallo G., Acosta C., González Thomas A., Cleva M. Sistema experto para clasificación de granos de arroz pulidos. Congreso Argentino de Agroinformática, CAI 2013 42 JAIO. 172-186. (2013)
 17. Merian J. *Dinámica*. 6° Ed. Madrid. Mac Graw Hill (1998).
 18. Sampallo Guillermo, González Thomas Arturo, Acosta Cristian, Cleva Mario. Medida de las Característica morfológicas de granos de arroz empleando procesamiento de imágenes. La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - en el Nordeste Argentino – N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia. Editorial EduTecne ISBN N° 978-987-27897-0-1 (2011).