

# Implementation and evaluation of a wireless vision node for water management in agriculture

## Implantación y evaluación de un nodo inalámbrico de visión para la gestión del agua en agricultura

J.M. González-Esquivá<sup>1\*</sup>, G. García-Mateos<sup>2</sup>, A. Ruiz-Canales<sup>3</sup>, J.M. Molina-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar. DIAEA. Área de Ingeniería Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia).

<sup>2</sup>Departamento de Informática y Sistemas. Facultad de Informática. Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia (Murcia).

<sup>3</sup>Agua y Energía para una Agricultura Sostenible. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche. Ctra. de Beniel, km 3.2, 03312 Orihuela (Alicante).

\*jgonzalez1690@gmail.com.

### **Abstract**

**In this paper, a novel system to obtain the vegetation cover on an unattended, simple and automatic way is presented. It is composed of a set of low-cost camera modules that communicate with a cloud-computing server. The server after receiving and processing performing computer vision algorithms determines an estimate of water requirements, storing all data in a secure database in a web portal.**

**Keywords:** Arduino; Alometría; Photography.

### **Resumen**

**Por medio de la presente investigación se ha desarrollado un sistema novedoso para obtener, de una forma desatendida, sencilla y automática, la cobertura vegetal a partir de un sistema compuesto por un nodo de visión con cámara fotográfica de bajo coste comunicado con un sistema cloud-computing. De esta forma, el servidor, tras recibir y procesar las imágenes, y aplicando algoritmo de visión, determinará la cobertura vegetal para determinar el balance hídrico de la planta. Los datos son almacenados en una segura base de datos en un portal web.**

**Palabras clave:** Arduino; Alometría; Fotografía.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La estimación de los requerimientos hídricos en los cultivos es la etapa principal en el diseño de un sistema de riego, siendo cada vez más precisa con el avance de la tecnología. Por medio de funciones alométricas podemos relacionar diversos parámetros de una planta sencillos de medir (altura, volumen, superficie, etc.) con otras variables difíciles de medir como la biomasa o los coeficientes de evapotranspiración [1].

Se ha demostrado en diversos estudios que, tras realizar una calibración, se pueden aplicar funciones alométricas que relacionan la fracción de la cobertura vegetal con la profundidad reticular [2] o con la Evapotranspiración relativa [3,4]. En este sentido se han realizado diversos trabajos que facilitan la obtención de la fracción de la cobertura vegetal a partir de fotografías, aplicando técnicas de segmentación.

El objetivo de nuestro trabajo es desarrollar un sistema que automatice todo el proceso utilizando cámaras de bajo coste que obtengan la imagen en el campo, e integrarlo en un nodo de comunicación inalámbrico que transmita la imagen para su posterior procesamiento para la obtención de la fracción de cobertura vegetal por medio de la técnica Fuzzy C-Means (FCM) [5] y de histogramas de color, considerando los buenos resultados obtenidos en otras aplicaciones previas [6].

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El nodo de visión consta de una placa arduino DUE con una cámara OV706(CMOS,TTL), con un procesador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU y un módulo WIFI ESP8266, con un sistema de respaldo SD de 8Gb, comunicándose por un nodo central a un servidor cloud-computing, PC AMD Quad Core Processor (2 Ghz) con servidor Apache, PHP y la librería Magick (Studio, 2008). El proceso completo se ha realizado siguiendo los pasos que se presentan a continuación.

### 2.1. Nodo de visión

Toma de la imagen 320x240, con compresión del 90%. Para la selección de apertura del objetivo, se tomará previamente una lectura de la intensidad luminosa, aplicando los filtros preconfigurados acordes al nivel de luz. Por último se ajustan las ganancias de color por temperatura de color apoyados por filtros de infrarrojos y ultravioleta, para un ajuste más fino. El archivo se almacenará en un fichero CSV en la tarjeta SD del nodo de visión, sincronizando el archivo a la nube a continuación.

### 2.2 Servidor

Escalado de imagen a una resolución de (150x150) píxeles y corrección de la imagen por el sistema de 4 puntos, aplicando una transformación para corregir la distorsión por ángulo de visión o lente. Para ello se realiza una transformación bidimensional proyectiva.

### 2.3 Aplicación conjunta de algoritmos de segmentación

Aplicación conjunta de algoritmos de segmentación, para minimizar los efectos de una sobreexposición de luminosidad o ajuste de ganancia de colores, validándose la foto solo si se produce una discrepancia superior al 5%. Cuando las fotografías se realizan en las condiciones ambientales correctas, las dos técnicas coinciden en los valores.

Por un lado se utilizará el software CAPS® (Clasificación Automática de Plantas y Suelo) que implementa el método de segmentación binaria de imágenes por color [8] que incluye el recorte de imágenes y el entrenamiento de modelos de color [9]. El programa incluye varios modelos genéricos de planta/suelo, y se pueden crear otros modelos nuevos. El peso principal de la segmentación es el color.

Por otro lado, se aplica en paralelo el algoritmo fuzzy C-means [10]. La obtención de la segmentación se produce por la agrupación de los colores. La principal ventaja de este método es que no requiere de la intervención del humano para su aplicación aunque presenta un alto coste de computación que requiere reducir el tamaño de los archivos, aunque facilita una segmentación por agrupación de píxeles, la forma.

### 2.4 Morfología. Erosión y dilatación.

A partir de los elementos estructurantes principales, se eliminan por erosión aquellos grupos de píxeles que estén fuera de los objetos y se incluyen por dilatación aquellos píxeles que se encuentren en el interior de los objetos.

En un primer cultivo o temporada, se almacenan los datos obtenidos junto valores reales de una estación de Bowen para realizar un calibrado para la obtención de la curva de crecimiento.

Para su uso en posteriores cultivos, pudiéndose obtener las necesidades hídricas de la planta a partir de la cobertura vegetal [10] y ajustar los parámetros de riego.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se ha podido verificar el buen comportamiento de los nodos flexibles, independientemente del entorno, con una buena fiabilidad, haciendo viable su implementación a unas resoluciones pequeñas (320x120 píxeles), con un tamaño de archivo de 50-80 kb, facilitando su almacenamiento y tratamiento en servidores externos, con un peso medio total por solicitud de 100 kb. Dado el poco peso de los archivos, se ha podido utilizar una conexión 3G simyo, 1 GigaByte, que posibilita el envío de 10.000 fotografías con un precio 1€ / mes.

Un inconveniente que se ha presentado al trabajar con el Arduino, es sus pocas prestaciones de memoria y velocidad, requiriendo una velocidad de captura y envío de imágenes 5-10s, requiriendo la utilización de empaquetamiento y almacenamiento en tarjetas SD. En aquellos casos de que los ficheros tengan un peso elevado, se podrá empaquetar el fichero en varias partes, realizándose una reconstrucción completa en el servidor.

El sistema, al estar programado en PHP, ha facilitado implementarlo en un servidor Apache, donde se puede integrar en un hosting y realizar un sistema cloud computing con monitorización y evolución del cultivo (Fig. 1).

### **4. CONCLUSIONES**

En términos generales el sistema es un sistema flexible y económico con una gran escalabilidad, integración y adaptabilidad. Al ser un sistema configurado como servidor-cliente, esto permite que la unidad del servidor pueda soportar las acciones más pesadas de procesamiento sin necesidad de estar ubicado en el campo, permitiendo disminuir los requisitos de los equipos situado en el campo y por consiguiente la utilización de las tarjetas controladoras Arduino de bajo coste, las cuales forman un sistema ligero de procesamiento destinado solamente para controlar los parámetros de la cámara y la transmisión de las imágenes.

Otra ventaja es la utilización de la red para el traspaso de otras variables obtenidas por sensores diferentes o control de sistemas automatizados que son fácilmente integrables en las tarjetas Arduino (55 E/S), integrándose en el sistema SCADA ejecutado en la nube, de esta forma los usuarios podrán acceder de una forma sencilla por medio de un navegador web.

La utilización de las placas ESP8266 al disponer de una memoria de 4Mb, han facilitado el control y gestión de la memoria por parte de los Arduinos, impidiendo bloqueos del sistema por falta de memoria así como la falta de multiproceso en el almacenamiento y envío de ficheros.

El inconveniente principal es la notable variación del histograma de la imagen dependiendo de la exposición de la luz, siendo necesaria una calibración precisa dependiendo del nivel de luminosidad, aunque la utilización de sensores de nivel de luminosidad disminuye las incidencias.

### **5. AGRADECIMIENTOS**

Los autores queremos agradecer la asistencia técnica y la cesión de material por parte Telenatura EBT, S.L.

### **6. REFERENCIAS**

[1] White J.F., Gould S.J., 1965. Interpretation of the coefficient in the allometric. *Am.Nat.* 99 (904): 5-18.

- [2] Escarabajal-Henarejos D., Molina-Martínez JM., Fernández-Pacheco D.G., Cavas-Martínez F., García-Mateos G. 2015. Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce. *Agric. Water Manag.* 151: 148–157.
- [3] Fernández-Pacheco DG., Escarabajal-Henarejos D., Ruiz-Canales A., Conesa J., Molina-Martínez JM. 2014. A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain. *Biosyst. Eng.*, 117:23–34.
- [4] González-Esquiva J.M., García-Mateos G., Escarabajal-Henarejos D., Hernández-Hernández J.L., Ruiz-Canales A., Molina-Martínez J.M. 2017. A new model for water balance estimation on lettuce crops using effective diameter obtained with image analysis. *Agric. Water Manag.* 183:116-122.
- [5] Bezdek J.C. 1973. *Fuzzy Mathematics in Pattern Classification*. Doctoral Dissertation. Cornell University, Ithaca, NY.
- [6] Hernández-Hernández J.L., Ruiz-Hernández J., García-Mateos G., González-Esquiva J.M., Ruiz-Canales A., Molina-Martínez J.M. 2017. A new portable application for automatic segmentation of plants in agriculture. *Agric. Water Manag.* 183:146-157.
- [7] García-Mateos G., Hernández-Hernández J.L., Escarabajal-Henarejos D., Jaén-Terrones S., Molina-Martínez J.M. 2015. Study and comparison of colormodels for automatic image analysis in irrigation management applications. *Agric. Water Manag.* 151, 158–166.
- [8] Hernández-Hernández J.L., García-Mateos G., González-Esquiva J.M., Escarabajal-Henarejos D., Ruiz-Canales A., Molina-Martínez J.M. 2016. Optimal color space selection method for plant/soil segmentation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 122: 124-132.
- [9] González-Esquiva J.M., García-Mateos G., Hernández-Hernández J.L., Ruiz-Canales A., Escarabajal-Henarejos D., Molina-Martínez J.M. 2017. Web application for analysis of digital photography in the estimation of irrigation requirements for lettuce crops. *Agric. Water Manag.* 183: 136-145.
- [10] Escarabajal Henarejos D., Martínez Garrido P., Molina Martínez J.M., Ruiz Peñalver L., Ruiz Canales A. 2013. Estimación del coeficiente de cultivo en lechuga (*Lactuca sativa* cv. 'Hierro') mediante tratamiento digital de imágenes. VI Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT. Pp. 52–54.

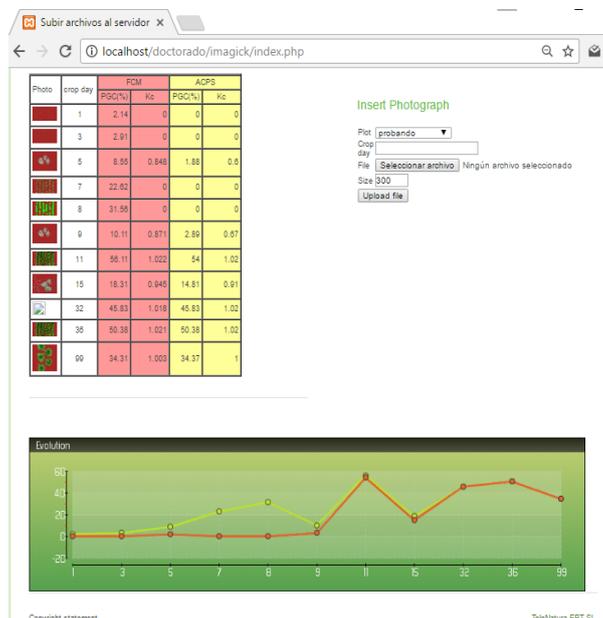


Figura 1. Captura de pantalla. Interface de subida de archivo