

Gestión y procesamiento de imágenes aéreas de caña de azúcar

SCHNEIDER Gerardo E., SOLANO Agustín, KEMERER Alejandra,
HADAD Alejandro

Laboratorio de Sistemas de Información / Departamento Informática / Facultad
de Ingeniería / Universidad Nacional de Entre Ríos
Oro Verde, Entre Ríos Argentina, +54(343)4975-100 Int. 149
gschneider@bioingeniería.edu.ar, hadad@santafe-conicet.gov.ar, aguchosolano@gmail.com

Resumen

Se abordó una problemática asociada al soporte a través de sistemas de información y procesamiento de imágenes en una aplicación agronómica. En particular se trabajó sobre el contexto asociado a las zonas cañeras, a partir de la cual se procesaron imágenes aéreas multiespectrales de cultivo de caña de azúcar y se obtuvieron y analizaron indicadores que sirvieron como insumo para la clasificación automática del estado de las plantaciones al momento de la captura de las imágenes. Se desarrollaron herramientas informáticas que utilizan técnicas de inteligencia artificial y análisis de texturas que permitieron la clasificación y cuantificación de la superficie afectada por el fenómeno del quebrado y caída de la caña, y sus variantes. Complementariamente se crearon aplicaciones informáticas auxiliares para el manejo y organización del gran volumen información utilizado y generado, con un abordaje centrado en las potencialidades de trabajo colaborativo, distribuido y sistematizado para una línea de investigación que está en progreso.

Desde la perspectiva de las bases de datos, redes informáticas y soporte tecnológico, se presentaron una serie

problemas, los que fueron analizados y resueltos de acuerdo a criterios, algunos de los cuales son mencionados en el presente.

Palabras clave:

Caña de Azúcar, Imágenes Aéreas, Base de Datos, Segmentación

Contexto

La presencia de caña de azúcar caída al momento de la cosecha trae aparejadas importantes pérdidas en la recolección y en el ingenio azucarero.

Esta problemática fue abordada en conjunto entre la Facultad de Ingeniería de la U.N.E.R. y el grupo de investigación en Agricultura de Precisión de la Estación Experimental Agropecuaria del I.N.T.A. Paraná.

De esta interacción surgió inicialmente una tesina de grado y con posterioridad un Proyecto de Investigación y Desarrollo Novel enmarcado en la Facultad de Ingeniería de la UNER, en el que está inserta la línea de I/D/I.

Introducción

La industria azucarera es un sector de la economía que permite la obtención de alimentos y productos derivados, los que son esenciales para otras ramas de la industria. Es un actor medioambientalmente preponderante por su potencial para generar biocombustibles renovables que no emiten nuevo CO₂ a la atmósfera. A través del tiempo se han producido innovaciones en el proceso del ingenio azucarero, pero la cosecha es mano de obra intensiva donde no se han logrado introducir soluciones tecnológicas que reduzcan el impacto negativo en la producción [1]. No ha sido posible resolver el problema de la caña que se quiebra por acción del viento, por fenómenos climáticos, o por su propio peso al desarrollarse. Hasta la actualidad, no existe un método preciso y objetivo para cuantificar este estado en el cultivo, y su presencia tiene una muy alta implicancia en las pérdidas agronómicas e industriales.

El análisis realizado en este proyecto y las metodologías utilizadas permitieron encontrar características del problema, identificar variables y descartar otras según su significancia. A raíz de esto, por ejemplo, se logró cuantificar la superficie de caña caída en cuadros productivos del norte argentino, mediante la implementación de diversas formas de preprocesamiento y clasificadores basados en técnicas de machine learning. Además se desarrollaron herramientas de análisis y procesamiento que permitieron analizar los resultados obtenidos, generalizarlos a la totalidad de la superficie cultivada y verificarlos.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En este proyecto se están investigando técnicas de gestión, clasificación y

cuantificación espacial que permitan generar información relevante para la producción de caña de azúcar y otras especies vegetales.

Resultados y Objetivos

Los tiempos agrícolas y climáticos no toleran demoras, un pequeño retraso puede significar importantes pérdidas en el rendimiento o daños irreparables.

Como hipótesis de trabajo se considera que la tarea del productor o del agrónomo en un ámbito tecnológico basado en múltiples dispositivos móviles y estáticos, que le suministren información relevante de calidad para posibilitarle la toma de decisiones en tiempo real, fundada en datos objetivos obtenidos de sensores y procesamiento informático. Algunos de estos sensores se basan en el uso de aviones de reconocimiento ambiental y no tripulados o Drones [2], permitiendo obtener imágenes de calidad en el momento preciso, lo que no siempre se logra mediante satélites debido a la restricción de los tiempos orbitales.

Con ese concepto y ante una problemática significativa presentada por el INTA, iniciamos un camino de investigación basado en una visión integral de la problemática, partiendo de un conjunto de imágenes multiespectrales de plantaciones de caña de azúcar suministradas por el INTA.

Nuestro trabajo, desde el punto de vista tecnológico incorporó como directrices la utilización y desarrollo de software de código abierto, robusto, extensible, y escalable, basándose en un flujo de trabajo con las siguientes etapas:

Etiquetado de las imágenes

El etiquetado consiste en la delimitación de subregiones poligonales en las

imágenes, las que se etiquetan en clases de interés, y se utilizan como datos para el análisis y extracción de características. Se evaluaron alternativas para realizar un etiquetado de las imágenes que permita una sistematización en el flujo de trabajo de los polígonos demarcados por la Ing. Agrónoma para su procesamiento y análisis informático. Se optó por utilizar como base una herramienta de etiquetado llamada “Label Me”, desarrollada por el M.I.T. [3]. Se valoró su capacidad para funcionar como aplicación web en un servidor local, y que por ser Open Source permite sistematizar en pipelines los datasets generados.

Extracción de características y procesamiento de imágenes

A partir del dataset obtenido y considerado representativo del problema, se continuó con la tarea de búsqueda de variables o indicadores que posibiliten su estudio.

Se consideraron una serie de herramientas informáticas, lenguajes de programación y tecnologías de análisis con el fin de seleccionar las más prometedoras para la obtención de indicadores.

Se seleccionó Java Advanced Image API [4] por los operadores que incorpora, por la extensibilidad de sus funcionalidades, y por incorporar las características propias de Java.

Se desarrolló un software capaz de obtener características del dataset en forma automatizada directamente desde el pipeline.

Se realizaron corridas con imágenes originales normalizadas en brillo, y con imágenes procesadas mediante filtros Sobel y Fei Chen.

Persistencia de los datos

El problema de la persistencia de los datos del problema parte de un gran volumen de imágenes multispectrales, metadatos asociados al etiquetado de las mismas que se encuentran en formato de archivos xml que contienen las coordenadas que delimitan polígonos y clases, y metadatos asociados a cada cuadro productivo que se encuentran en planillas Excel. Estos últimos generados en el sitio de producción por agrónomos, los que registran variables como: Variedad de la caña, fecha de plantación, históricos de producción, número de surcos, superficie del cuadro productivo, fecha de corte, entre otros.

La persistencia de los datos correspondientes a las características se realizó sobre su mapeo en diversas tablas en una base de datos Postgres local. Por cada corrida del algoritmo de extracción de características se obtienen aproximadamente 50600 tuplas. La variación de parámetros, por ejemplo en una red neuronal, durante una corrida de entrenamiento genera unas 280000 tuplas, las que se almacenan para poder realizar un análisis de variación de pesos de la red.

Se analizaron variantes para el almacenamiento de las imágenes y subimágenes etiquetadas. Se optó por realizar un almacenamiento en disco sustentado en una estructura de metadatos en archivos xml que definen su contenido y permiten su incorporación al pipeline haciendo posible el procesamiento de la totalidad del dataset en la modalidad Batch, almacenándose los metadatos en tablas de la base de datos, lo que permite consultas complejas en lenguaje SQL.

Como consecuencia de que los insumos fundamentales para el entrenamiento de la red neuronal son las subimágenes procedentes del etiquetado y sus metadatos, y que éstos contienen referencias a la imagen original, al

polígono etiquetado, a la clase a la que corresponde, y a los parámetros del submuestreo realizado y los valores de sus indicadores como son el brillo, firma espectral, entropía de su histograma, desvío, etc. es que se crearon para su almacenamiento, consulta y análisis tablas en la base de datos que contienen claves y valores con tipos de datos definidos a tal fin.

Al momento de entrenar un clasificador existen varios factores que afectan negativamente la performance de la red, como ser: Desbalance de clases, tamaño del training set, solapamiento de clases [5]. Para evitar los dos primeros, el set de datos de entrenamiento es generado como un subconjunto aleatorio del dataset. Para ello se crea una vista en la base de datos a partir de una selección aleatoria del dataset.

```
query = "DROP VIEW balanceada;" + "CREATE VIEW balanceada AS "+ "(SELECT e.id FROM "+tablaAnálisisEspectro+" e WHERE e.tamVentana="+ tamVent + " AND e.clase='CP' ORDER BY RANDOM() LIMIT "+ cantMuestras + ")"+ " UNION (SELECT e.id FROM "+tablaAnálisisEspectro+" e WHERE e.tamVentana="+ tamVent+ " AND e.clase='CCA' ORDER BY RANDOM() LIMIT "+ cantMuestras+ ")"+ " UNION (SELECT e.id FROM "+tablaAnálisisEspectro+" e WHERE e.tamVentana="+ tamVent+ " AND e.clase='CCP' ORDER BY RANDOM() LIMIT "+ cantMuestras+ ")"+ " UNION (SELECT e.id FROM "+tablaAnálisisEspectro+" e WHERE e.tamVentana="+ tamVent+ " AND e.clase='CCF' ORDER BY RANDOM() LIMIT "+ cantMuestras+ ")"+ " UNION (SELECT e.id FROM "+tablaAnálisisEspectro+" e WHERE e.tamVentana="+ tamVent+ " AND e.clase='C' ORDER BY RANDOM() LIMIT "+ cantMuestras + ")";
```

Consulta generada desde Java para la generación del set de entrenamiento

Esta vista contiene igual número de muestras para cada clase, por lo que nos

aseguramos también que está balanceada en clases.

Además se crearon tablas para almacenar los aciertos, errores y resultados del clasificador con fines estadísticos, y el historial de variación en los pesos de la red neuronal, para su análisis posterior.

Almacenamiento de imágenes y trabajo colaborativo

Se creó un repositorio web de imágenes digitales de cultivos que permite sistematizar los datasets y mantener organizado un gran volumen de imágenes. Al asociar lotes de imágenes con proyectos, y a su vez con usuarios vinculados roles, es posible compartir información asegurando la seguridad e integridad de los datos, propiciando un trabajo colaborativo eficiente.

Se facilitan las búsquedas mediante la asociación de metadatos y datos a las imágenes, como ser las coordenadas del lugar de captura, variedad del cultivo, parámetros de la fotografía, del sitio, de las segmentaciones, postprocesamientos, etc. Además se genera información de utilidad a partir de cálculos con dichos datos, como ser superficies implantadas, superficies afectadas por fenómenos climáticos y enfermedades, etc.

El sistema permite utilizar directamente las imágenes desde el servidor mediante la utilización de una ruta directa, de esta forma es posible la integración en “pipelines” con otras aplicaciones.

El desarrollo está programado en Java y se basa en un modelo de tres capas. La interfaz de usuario web está basada en el framework Vaadin, el que permite lograr interfaces amigables, atractivas y potentes. Para la lógica de negocios se implementó un mapeo objeto relacional utilizando “Java Persistent Api (JPA) y Eclipselink”. Para la persistencia de datos

se utilizó PostgreSQL como motor de base de datos.



Fig. 1 – Imagen multispectral

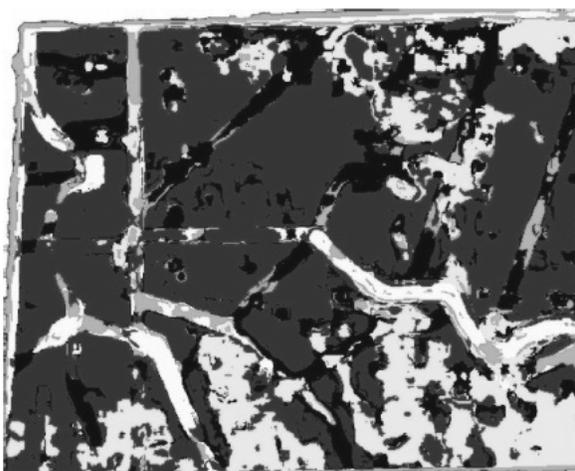


Fig. 2 – Segmentación con R.N.A.



Fig. 3 – Segmentación basada en árboles de decisión

Algunos de los métodos utilizados para la segmentación de imágenes multispectrales (Fig. 1) fueron obtenidas combinado preprocesamiento estadístico y redes neuronales [6] (Fig. 2) y otros mediante filtrado de estandarización de brillo, extracción de características de textura y arboles de decisión [7] (Fig. 3).

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está compuesto por profesionales de diferentes especialidades como Bioinformática, Bioingeniería e Ing. Agronómica. Actualmente los miembros del equipo de trabajo están realizando actividades de posgrado y tesis de grado en el área de sistemas de información y en agronomía.

Referencias

- [1] Sustaita, G., 2003 – 2005. Tesis Final MBA: Modelo estratégico para la industria azucarera regional
- [2] Cid R., Moltoni A. Inta Castelar: El uso de U.A.V. (Unmanaged Aerial Vehicles) en Agricultura de Precisión, enfocado prioritariamente al manejo de malezas
- [3] Label Me, disponible en : <http://labelme.csail.mit.edu/>
- [4] Oracle, s.f. Java Adv. Imaging In Action. <http://www.oracle.com/technetwork/java/success-141979.html>.
- [5] P. Toribio et al. Complejidad de los datos en las Redes Neuronales Artificiales: Estado de la Cuestión. Centro Universitario UAEM
- [6] Schneider et al (2013). Implementación de un software para el análisis de imágenes aéreas multispectrales de caña de azúcar. En: Vent. Inf.. No. 28 (ene.-jun.). Universidad de Manizales. p. 13-29. ISSN: 0123-9678
- [7] Agustín Solano et al. "Characterization of multispectral aerial images of sugarcane", Journal of Physics: Conference Series, 477, 2013.