

Agricultura de precisión con sensores inalámbricos

Fernando Rojas Rojas,
Programa de Ingeniería de Sistemas
Universidad Cooperativa de Colombia
Sede Neiva, Colombia
fernando.rojas@ucc.edu.co

Mateo Lezcano Brito, Ferley Medina Rojas
Programa de Ingeniería de Sistemas
Universidad Cooperativa de Colombia
Sede Neiva, Colombia
mateo.lezcanob@campusucc.edu.co,
ferley.medina@campusucc.edu.co

Abstract— This article discusses the general ideas of an expert system that is part of the research project "Development of tools based on knowledge. Agricultural applications". The expert system will cover the area of citrus crops and is built on a tool that is also obtained as part of the project.

Keywords—*expert system; artificial intelligent; precision agriculture; citrics*

Resumen— En el artículo se presentan las ideas generales de un sistema experto que forma parte del proyecto de investigación "Desarrollo de herramientas informáticas basadas en el conocimiento. Aplicaciones agrícolas". El sistema experto cubrirá el área de cultivos cítricos y se está desarrollada sobre una herramienta que también se obtiene como parte del proyecto.

Palabras claves—*sistema expertos; inteligencia artificial; agricultura de precisión; cítricos*

I. INTRODUCCIÓN

Los avances de la tecnología inciden en todas las esferas de la vida en general y de la agricultura en particular, por eso resulta cotidiano oír el término agricultura de precisión que se usa para definir una gestión agrícola que se apoya en la observación y la medición de las variables que influyen sobre los cultivos para después tomar decisiones.

Para llevar a cabo la agricultura de precisión se usan diferentes avances tecnológicos, entre los que se incluyen la navegación satelital, distintos tipos de sensores, imágenes que se captan por diversos medios y sistemas de información geográfica. La información que se obtiene por estos y otros medios permite analizar muchos factores que inciden sobre los resultados de las cosechas.

Las decisiones tomadas a partir de la medición de las distintas variables, humedad, temperatura, presión atmosférica, etc., permite optimizar los resultados tomando en cuenta diferentes puntos de vistas, como son:

- La visión agronómica que permite realizar ajustes de acuerdo a las necesidades de las plantas, lo que incide positivamente sobre los resultados de la cosecha.
- Desde el punto de vista del medio ambiente se pueden reducir los impactos negativos que podrían tener algunas técnicas empleadas en el cultivo, por ejemplo: el uso adecuado de los fertilizantes, insecticidas, pesticidas, etc.

- Con relación a la visión económica se puede mejorar el uso de los recursos, en general, de manera que se reduzcan los gastos lo que permitirá que los agricultores sean más competitivos.

Como es de esperarse, entre las técnicas empleadas en la agricultura de precisión se encuentran muchas relacionadas con el mundo de la informática en general y de la inteligencia artificial en particular.

En este artículo se habla acerca de un proyecto en el que se usarán diferentes técnicas asociadas a la agricultura de precisión para capturar datos que se procesarán en un sistema experto que deberá tomar decisiones con relación a diversos factores.

El sistema experto que se pretende realizar estará destinado al cultivo de cítricos e incluirá también el análisis de las plagas que afectan dichos cultivos.

El sistema forma parte del proyecto "Desarrollo de herramientas informáticas basadas en el conocimiento. Aplicaciones agrícolas" que se lleva a cabo en la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC) sede Neiva.

II. ACERCA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

El desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los últimos tiempos ha impactado positivamente en el campo de los sistemas expertos y ya existen aplicaciones de este tipo que se basan en los avances tecnológicos que se han producido en la web que abarca también el mundo de los teléfonos celulares y la nube [1], [2], [3].

Hoy en día es usual que se usen los sistemas expertos en la agricultura, por ejemplo en [4] se hace un análisis de algunos de esos sistemas, aunque se pueden encontrar muchos otros artículos que hacen referencias a ellos en áreas particulares como es el riego [5] y también se han empleado otros campos de la inteligencia artificial como es el caso de la visión [6] u otras técnicas modernas como son los drones para realizar esos estudios [7].

Elucidar y reproducir tal conocimiento es la tarea central en la construcción de sistemas basados en el conocimiento en general y de los sistemas expertos en particular; el sujeto de esta acción es el ingeniero de conocimientos.

Cuando el ingeniero de conocimiento se enfrenta a la tarea de hacer un nuevo sistema experto debe lidiar con dos tipos de conocimientos:

- El público que es el que está establecido formalmente.
- El privado que es atesorado por los expertos en el tema en cuestión.

Entre las razones que sustentan enfatizar en el conocimiento en lugar de hacer hincapié sobre los métodos de razonamiento formal están las siguientes:

- La mayoría de los problemas difíciles e interesantes no tienen soluciones algorítmicas tratables.
- Los expertos humanos obtienen su destacado desempeño gracias al conocimiento que poseen.
- El conocimiento es una fuente escasa cuyo refinamiento y reproducción crea riqueza.

III. ALCANCE DEL PROYECTO PROPUESTO

La idea final del sistema propuesto es captar los datos en el campo para después transmitirlo al sistema experto que se encargará de procesar la información para comunicar sus conclusiones a los actores humanos.

Para realizar la primera etapa se dispondrá de un ambiente para el desarrollo de sistemas expertos que está en fase de puesta a punto y también está contenido entre los objetivos del proyecto.

Las ideas del nuevo ambiente se basan en el sistema UCShell [8] con el cual se han realizado diversos sistemas expertos en otros campos, por ejemplo en la industria del plástico [9].

Para llevar a cabo el proyecto se formularon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Existe la necesidad de desarrollar un sistema general para construir sistemas expertos de forma que se facilite la construcción de sistemas de este tipo con características particulares?
2. ¿Cuáles deberán ser los mecanismos que se incorporen al sistema y cuáles serán sus métodos de búsquedas?
3. ¿El desarrollo de un sistema experto para seleccionar los cultivos de frutales ayudará a mejorar la producción y tendrá implicaciones en la mejoría de los ingresos de los agricultores?
4. ¿Cómo influye la disponibilidad de una herramienta propia en la calidad del aprendizaje dentro de la carrera de Ingeniería de Sistemas?

Las respuestas a las preguntas 1, 2 y 4 no forman parte del tema de este artículo, no obstante es importante acotar algunas observaciones con relación a ellas:

Sobre la primera pregunta se puede decir que sí existe esa necesidad porque el hecho de disponer de una herramienta

propia permitirá adecuarla con tan solo programar los nuevos requerimientos.

En el caso de la pregunta dos, los mecanismos mencionados fueron establecidos a priori y de acuerdo a los sistemas típicos que existen para desarrollar sistemas expertos, aunque debe señalarse que se ha tenido el cuidado de que la máquina de inferencia incluya las direcciones de búsquedas dirigidas por datos y dirigida por objetivos. La práctica dirá cuáles son las necesidades adicionales que será necesario programar.

Por último la pregunta 4 tiene que ver con la aplicación del sistema para desarrollar sistemas expertos y su uso en la práctica docente. Se puede decir que ya se usó de manera experimental en el primer semestre del curso 2016 y los resultados fueron satisfactorios, aunque a la fecha no se dispone de un estudio estadístico real que avale esos resultados, solo se ha constado en la práctica docente diaria por medio de observaciones in situ.

No se ha dicho nada acerca de la pregunta tres debido a que el tema central del artículo es exponer las ideas acerca del estado del proyecto y no se podrá medir la efectividad del sistema experto hasta que no se concluya la investigación. Un elemento importante del cual se debe hablar para poder abordar esta investigación es la agricultura de precisión.

IV. AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Es el uso de la tecnología para la colección y procesamiento de datos desde diferentes dispositivos electrónicos, ópticos algunos como sensores, cámaras y de sistemas geográficos de posicionamiento (GPS) para realizar las labores culturales focalizadas de un cultivo justo a tiempo, con las dosis requeridas de los insumos para hacer el seguimiento de las mismas [10]. Es así, como el desarrollo tecnológico de sensores para trabajar en redes locales y remotas se aplican en el monitoreo de cultivos en la necesidades de medir la deficiencias de nutrientes, condiciones del suelo y detección de las plagas o malezas de forma temprana [11]. Se emplea en la fertilización de cultivos de trigo, los cuales son tratados con el algoritmo de redes neuronales de la minería de datos para establecer patrones de manera que se pueda lograr predecir el rendimiento en la producción de estos [12]. En el uso razonable del agua en cultivos de acuerdo a la disponibilidad de este recurso tanto, en la superficie como de forma subterránea, con la implementación de algoritmos genéticos para establecer los patrones de manera que se pueda viabilizar entre, el costo y el beneficio de tener los niveles de humedad adecuado para que los cultivos alcancen una mejor producción y los costos en los cuales se incurren para sostener estos niveles durante el tiempo que dura el cultivo, desde su inicio (siembra) hasta la finalización (recolección) del mismo, con el análisis de las características del medio ambiente y del clima imperante durante el desarrollo del mismo [13] sea económicamente viable.

En los cultivos de remolacha para establecer patrones de las enfermedades que lo atacan, mediante el uso de los datos enviados y almacenados en las bases de datos por los sensores de imágenes hiper espectral reflectante, cuyo objetivo de estas imágenes es la obtención del espectro del pixel de cada imagen o escena para identificar el color, tamaño y ubicación de las manchas en las hojas del cultivo que son los síntomas para determinar el estado y avance de los posibles ataques de las enfermedades. El uso del algoritmo de máquina de soporte vectorial permite la clasificación no lineal de los datos obtenidos para hacer una predicción temprana de las enfermedades antes de que sus síntomas afloren en su totalidad, logrando un tratamiento oportuno que redunde en mejores condiciones de producción y por ende mayor rentabilidad del cultivo [14].

V. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

Los sistemas basados en el conocimiento, constituyen un campo particular de la inteligencia artificial. Como su nombre lo indica, se trazan el objetivo de manejar conocimiento de una manera inteligente o sea tienen la capacidad de hacer labores que se atribuyen a personas expertas. Para lograr su objetivo deben poseer conocimiento público pero principalmente un saber privado que lo distinga del conocimiento general.

El proceso de obtener el conocimiento y formalizarlo se conoce como ingeniería del conocimiento. Para llevarla a cabo se ha seguido la metodología CommonKADS [15], la cual gira alrededor del modelo de experiencia para obtener sistemas expertos que interactúan con los usuarios.

Esta fase de desarrollo se ha caracterizado por la formulación de los conocimientos expertos en el área de cultivos del departamento del Huila en Colombia. Los conocimientos se han estado extrayendo de las dos fuentes clásicas mencionadas anteriormente (pública y privada).

Se han usado diversas técnicas para formalizar el conocimiento extraído de los expertos y construir las bases de conocimientos necesarias, las cuales deben tener una modularidad que se derive de los diferentes componentes que formarán el sistema experto, aunque hasta el momento solo hay una base en un futuro serán más, lo cual no será ningún problema porque el sistema permite hacer cambios entre las diferentes bases con la posibilidad de exportar los resultados de una a otra.

Hasta el momento solo se ha hecho una parte de la etapa de ingeniería del conocimiento y se ha trabajado en forma estática. La figura 1, muestra una de las reglas del sistema en la etapa actual.

Una parte de los datos serán obtenidos por sensores que se instalarán en una finca con cultivo de frutales: naranja, mandarina y limón, lo que permitirá tomar los datos in situ. Los datos se recolectarán por medio de un mote (nodo principal de recolección de datos), luego a través un punto de acceso a la Internet, se almacenarán en un dominio de la web para poder procesarlos.

Se usarán técnicas de minería de datos [16] [17] para obtener el conocimiento requerido y la información será comparada con la suministrada por el sistema experto.

```

REGLA 1
SI
  LugarAtaque = 'Las hojas'      Yy
  FormaHojas  = 'Cóncavas'      Yy
  ParteHojas  = 'El envés'      Yy
  ColorHojas  = 'Amarillentas'  Yy
ENTONCES
  Ataque := 'Araña roja'
ACCIONES
  MOSTRAR
  'Los síntomas indican que las plantas está siendo',
  'atacada por la araña roja'.
  MOSTRAR IMAGEN ('aranaRoja.jpg')
FIN

```

Figura 1. Una regla del sistema experto.

El sistema para desarrollar sistema expertos que se emplea en esta investigación usa el paradigma de representación del conocimiento conocido como reglas de producción, las cuales tienen una premisa y una conclusión que sigue la forma:

SI <premisas> ENTONCES <CONCLUSIÓN>

La parte de las premisas se define a través de un conjunto de expresiones lógicas, formadas por operadores de relación, que están unidas por operadores lógicos de conjunción (Yy) y disyunción (Oo).

En la parte de la conclusión se permiten múltiples asignaciones del tipo:

Variable := <expresión>

Las palabras reservadas del lenguaje que se han usado en la figura 1 se han puesto en letra mayúscula para distinguirlas.

La regla de la Fig. 1 permite determinar que una plantación está siendo atacada por la araña roja si el ataque se localiza en el envés de las hojas, las cuales toman una forma cóncava y se ponen de color amarillento.

Una vez que el sistema diagnostique los diferentes problemas emitirá las recomendaciones para resolverlos y se retroalimentará para verificar si esas sugerencias han tenido los resultados esperados. En esta etapa los sensores juegan un papel fundamental debido a que permiten captar datos reales en el campo que se transmiten inmediatamente al sistema experto el cual a su vez analiza las distintas situaciones y toma las decisiones pertinentes para finalmente comunicárselas al agricultor.

VI. CONCLUSIONES

Los avances logrados en el campo de la inteligencia artificial permiten que hoy en día se puedan realizar proyectos que incluyan esas técnicas en general y los sistemas basados en el conocimiento en particular.

El uso de sensores en las áreas de cultivos permite captar información relevante en cualquier momento.

Gracias a los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones se puede transmitir los datos captados a sistemas remotos que harán conclusiones para comunicárselas a los agricultores, los cuales podrán tomar decisiones finales.

REFERENCIAS

- [1] J. Efsthathiou, A. Calinescu and G. Blackburn, "A web-based expert system to assess the complexity of manufacturing organizations", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol. 18, no. 3-4, 2002, pp. 305-311.
- [2] N. Dunstan, "Generating domain-specific web-based expert systems", *Expert Systems with Applications*, vol. 35, no. 3, 2008, pp. 686-690.
- [3] Y. Duana, J.S. Edward, M.X. Xuc, "Web-based expert systems: benefits and challenges", *Information & Management*, vol. 42, no. 6, 2005, pp. 799-811.
- [4] S. Mishra, Akankasha. "Expert system in agriculture: an overview". *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering*, vol. 1 no. 5, 2014, pp. 45-49
- [5] Ayman Nada, Mona Nasr, Maryam Hazman. "Irrigation Expert System for Trees". *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)* Vol. 3, no. 8, 2014, pp. 170-175.
- [6] José Miguel Guerrero Hernández. 2015. Sistema de visión para agricultura de precisión: identificación en tiempo real de líneas de cultivo y malas hierbas en campos de maíz. Tesis para optar por el grado de doctor en ciencias. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial.
- [7] J.M. Peña, J. Torres-Sánchez, A. Serrano-Pérez, F. López-Granados. Weed mapping in early-season sunflower fields using images from an unmanned aerial vehicle (UAV). *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*, no. 42, 2014, pp. 39-48
- [8] M. G. Lezcano-Brito. *Desarrollando sistemas expertos con UCShell*. Santa Clara, Cuba: Felix Varela, 2012.
- [9] M. G. Lezcano-Brito, M. Lezcano-Brito, L. Ríos-Rodríguez. "Sistema experto para la identificación de plásticos". *Ingeniería Solidaria*, vol. 12 no. 20, 2016.
- [10] *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*. Vol 3, No 1 2013, pp. 13-27.
- [11] W.S., Leea; , V., Alchanatisb; C., Yangc; M., Hirafujid; , D., Moshoue; , C., Lif. Sensing technologies for precision specialty crop production *Computers and Electronics in Agriculture* Vol 74 No 1. 2010, pp. 2-33.
- [12] Rub, Georg; Kruse, Rudolf; Schneider, Martin; Wagner, Peter Data mining with neural networks for wheat yield prediction *Computer science* Vol 5077. 2008, pp. 47-56.
- [13] Karamouz, Mohammad; Zahraie, Banafsheh; Kerachian, Rea; Eslami, Ahmad Crop Pattern and Conjunctive Use Management: a Case Study *Irrigation and Drainage*, volumen 59 issue 2. 2010, pp. 161-173.
- [14] Rumpfam, T.; Mahleinb, A.-K.; Steinerbm, U.; Oerkeb, E.-C.; Dehneb, H.-W.; Plümera, L. Early detection and classification of plant diseases with Support vector machines based on hyperspectral reflectance *Computers and electronics in agriculture*, vol 74 issue 1. 2010, pp. 91-99.
- [15] J. Patel, Ch. Bhatt. "A Commonkads Model framework for web based agricultural decision support system". Vol 5, No 4 (special issue). 2014, pp. 196-203.
- [16] R. F. Medina and S. C. Gomez, "Algoritmos y funcionalidades de la Minería de Datos," in *Twelfth American and Caribbean Conference for engineering and technology*, Guayaquil Ecuador, 2014.
- [17] R. F. Medina; S. C. Gómez, "Funcionalidades de la minería de datos. *Revista Ingeniería y Región*, 2015, vol. 12, No 2, pp. 31-40.