

Data-driven Agriculture, las tecnologías aplicadas a problemas de agricultura regional

Alberto Eduardo Riba⁽¹⁾, Fernanda Beatriz Carmona⁽¹⁾, Jorge Damián Tejada⁽¹⁾, Matías Agustín Pérez⁽¹⁾, Emmanuel Alejandro Portugal Murcia⁽¹⁾, Nelson Acosta^(2,3), Juan Manuel Toloza^(2,3)

¹ Departamento de Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Chilecito
9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina
{ariba, jtejada, fbcarmona}@undec.edu.ar
{emmanuel.portugal.91, mataguper}@gmail.com

² Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
General Pinto 399, Tandil, Buenos Aires, Argentina
{nacosta, jmtoloza}@exa.unicen.edu.ar

³ Universidad Nacional de Tres de Febrero
Mosconi 2736 - Sáenz Peña (B1674AHF), Buenos Aires, Argentina

Resumen

El sector agrícola regional se esfuerza por aplicar prácticas agrícolas modernas que garanticen una provisión segura y sostenible de alimentos de calidad, fomentar la eficiencia del uso de recursos, desarrollar una economía rentable y combatir el cambio climático.

La agricultura de precisión cumple un rol muy importante en estas prácticas, los avances en herramientas de sensado, la generalización del uso de los sistemas de posicionamiento globales, el uso de robots e Internet de las cosas (IoT) permiten mejorar la productividad y optimizar el uso de recursos agrícolas mediante el uso intensivo de los datos generados.

Data-Driven Agriculture es una nueva tendencia que no solo implica la digitalización y almacenamiento de información sino, también mediante el uso de herramientas de Big Data, desplegar políticas de gestión de los datos enfocadas a su análisis, explotación y protección.

Esta línea de I+D+i de gran interés regional, se enfoca en el problema de la racionalización y uso eficiente de los recursos agrícolas en regiones de climas áridos, con el objetivo de incrementar la productividad y combatir el cambio climático. Problemas detectados en empresas privadas y organizaciones del medio.

Los temas abordados son transversales a las áreas, programación, probabilidad y estadística, investigación operativa, bases de datos y análisis de sistemas.

En los proyectos enmarcados en esta línea participan alumnos de grado y los desarrollos propuestos convergen en tesinas de la Ingeniería en Sistemas y Licenciatura en Sistemas de la UNDeC.

Palabras clave:

Agromática, Data-Driven Agriculture, Red de Sensores, Agricultura de Precisión, Sistemas GNSS, Series de Datos Agrometereológicos.

Contexto

Esta línea de I+D+i corresponde al desarrollo e implementación de proyectos que fortalecen la inserción de la UNdeC en la comunidad y especialmente en el medio productivo de la región y refiere a los proyectos: “Programación y generación de pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas, utilizando TIC” FICyT - UNdeC 2009-2011, “Integración y administración de índices de sensado en la programación y pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas”, FICyT - UNdeC 2012 - 2014, “Utilización de métodos de diseño de software para desarrollar un sistema automatizado de riego”, FICyT - UNdeC 2011 - 2013, “Red de Sensores Inalámbricos basado en microcontroladores para la monitorización del riego presurizado en plantaciones de olivo”, FICyT - UNdeC 2013-2015, “Incremento de la precisión posicional relativa utilizando receptores GPS de bajo costo” FICyT - UNdeC 2016-2018, aprobados por la Secretaría de Ciencia y Tecnología, convocatoria para estímulo y desarrollo de la investigación científica y tecnológica (FICyT - UNdeC).

Además, se coopera activamente con distintos grupo de trabajo dentro de la universidad que desarrollan trabajos relacionados a la línea y con una empresa del medio dedicada al cultivo de olivo, esperando que otras empresas de la región se beneficien de los resultados de esta línea de I+D.

Introducción

La actividad agrícola en la región sólo es posible con la ayuda del riego artificial, utilizándose las tierras para cultivos de nogal, olivo, vid y frutales. La

agronomía es la ciencia aplicada que rige las prácticas agrícolas y es considerada una ciencia espacial. En un lote cultivado es posible encontrar sectores de alta productividad, muy próximos a sectores menos productivos. Esta variación espacial suele estar asociada a factores como la pendiente del suelo, la permeabilidad, el tipo del suelo y la fertilidad. Sin embargo, los agricultores manejan el cultivo de forma homogénea, aplicando dosis de fertilizante o irrigando de manera uniforme todo el lote.

La agricultura de precisión utiliza complejas fórmulas y modelos matemáticos para el análisis de los grandes volúmenes de datos geo-espaciales generados por las distintas tecnologías de sensado, convirtiéndose en un sistema de control en donde la retroalimentación de la información permite a los productores diseñar tratamientos específicos situados para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos involucrados [1].

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua, por el aumento de la superficie irrigada y por la escasa eficiencia en los sistemas de riego. Por este motivo es de vital importancia lograr un equilibrio hidrológico que asegure el abastecimiento de agua a la población y al sector agrícola.

En regiones de climas áridos el costo final de explotación es afectado en un alto porcentaje por factores imputables al riego. Dentro de este costo se considera la inversión inicial del sistema (detección de las napas, perforación del pozo y tendido del sistema de distribución) y el costo energético para su extracción y distribución (energía eléctrica y combustibles necesarios).

El sistema de irrigación más utilizado por los agricultores es el riego presurizado. Desde el punto de vista agronómico se denominan riegos

localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo suficiente para un buen desarrollo del cultivo.

Para incrementar la eficiencia en los sistemas de riego es necesario estudiar las distintas variables (requerimientos hídricos de los cultivos, características del suelo, condiciones meteorológicas, propiedades y limitaciones del sistema de riego) y como se relacionan para determinar el uso adecuado del recurso. Estas variables son de naturaleza heterogénea y algunas de ellas pueden ser capturadas automáticamente mediante el uso de sensores para permitir su posterior tratamiento y análisis para una correcta programación del riego.

Monitorización de riego en cultivos

Para la monitorización y programación del riego se debe tener en cuenta:

Factores ambientales:

- la medición o estimación de variables ambientales: temperatura, presión, radiación solar, evapotranspiración, entre otras.
- el monitoreo en el crecimiento y desarrollo del cultivo o fitomonitorio: tamaño del fruto, tamaño del tallo, flujo de savia, índice de estrés hídrico.
- la medición de variables en el suelo: temperatura, humedad, conductividad, constante dieléctrica.
- la medición de variables propias del agua aportada: salinidad, alcalinidad, etc.

Factores artificiales:

- Limitantes propios del sistema de riego instalado (cañerías, presiones, válvulas, aspersores, goteros). Entre ellos perfil-umbral (capacidad máx. diaria), coeficiente de uniformidad, etc.
- Aspectos económicos relativos al consumo energético utilizado por las bombas. Los aranceles de Kwatt/hora

varían según el momento del día en que son consumidos.

Actualmente las parcelas de la región capturan la información relacionadas con algunas de estas variables de manera aislada e independiente por tipo de sensor (de temperatura ambiente, de humedad de suelo, dendrómetros, estaciones meteorológicas, dataloggers, etc.), utilizando para el análisis e interpretación de datos la interface de software suministrada por el fabricante del dispositivo. Para otras variables el método de registro es totalmente manual utilizando planillas en papel y dicha información luego es volcada en planillas de cálculo.

Como resultados de proyectos de esta línea de investigación se implementó un sistema de registro para el procesamiento de esta información [2, 3, 4]. Como continuación se desarrolló una estación inalámbrica que automatiza la captura de la información de sensores ubicados en distintos sectores de la plantación [5]. Cada nodo de la red está compuesto por un dispositivo inalámbrico autónomo y un conjunto de sensores para la recolección de datos de naturaleza agrometeorológica. Esta práctica ha sido implementada con éxito en diversos ámbitos como detección de incendios forestales [6] o la monitorización de viñedos [7]. Estas redes se caracterizan por su escalabilidad, ausencia de cableado y bajo consumo, lo que las vuelve muy interesantes para aplicaciones en agricultura, ya que serían más costosas y complejas de implementar con otras tecnologías.

A partir de la automatización de la recolección de información de los sensores y la integración con el sistema actual, se optimiza la generación de estimaciones estadísticas y gráficos, lo que contribuirá al proceso de toma de decisiones relacionadas con el pronóstico y la planificación del riego.

Riego automatizado inteligente

Existe una gran cantidad de sistemas para la determinación, control y automatización del riego que permiten un consumo óptimo de agua.

En nuestra región, los equipos de riego localizado empleados en la mayoría de las explotaciones agrícolas no poseen automatismos, o en algunos casos, estos se encuentran en desuso. La apertura y cierre de las válvulas de las diferentes subunidades y sectores de riego se realiza en forma manual, acotando los tiempos de riego, basándose principalmente en la experiencia de quien lo programa o en recomendaciones surgidas de mediciones de humedad de suelo. La fertirrigación sufre de las mismas limitaciones.

Ajuste de series meteorológicas

La automatización de la recolección de información de sensores permitió notar que las series agrometeorológicas resultantes presentan problemas de completitud, veracidad y exactitud.

La calidad de estas series depende de dispositivos electromecánicos (sensores, estaciones meteorológicas, dataloggers), de redes de transmisiones inalámbricas, de personal de mantenimiento y de baterías. Cualquiera de estos factores resulta un punto de fallo ineludible que degrada la calidad [8]. Para mitigar estos se pueden establecer políticas y estándares de funcionamiento de hardware y software que tiendan a prevenirlos, minimizarlos y ante su aparición, controlarlos. A pesar de la implementación de tales políticas existen casos en los que simplemente los fallos ocurren, y se deben tomar medidas ante estas situaciones.

Todos estos motivos inclinaron al estudio, análisis y desarrollo de métodos y técnicas de detección, corrección y ajuste de datos de series agrometeorológicas para mejorar su calidad. Actualmente un trabajo final de

grado de un alumno avanzado de la carrera está relacionado con esta temática.

Los Sistemas Globales de Posicionamiento (GNSS)

Los sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) son muy utilizados en la agricultura de precisión para georreferenciar sectores de parcelas, existen tecnologías implementadas como NAVSTAR-GPS y GLONASS, y otras en vías de implementación como GALILEO y COMPASS.

En la actualidad existe una gran variedad de receptores GNSS y su costo varía en función de su precisión. Los receptores de bajo costo proveen posiciones con precisiones de una decena de metros (aplicables a navegación, seguimiento de fauna y flotas, turismo y ocio, etc.). Cuando se trabaja con este tipo de receptores no se puede asegurar de obtener posiciones con una precisión mayor a los 15 metros el 95% de las veces [9, 10].

La agricultura de precisión necesita de sistemas que provean más precisión en sus localizaciones para optimizar el uso de los recursos, siendo normalmente estos dispositivos más costosos [11]. Por este motivo es muy importante estudiar, diseñar y desarrollar de algoritmos, técnicas y métodos que permitan disminuir el error en la posición entregada por receptores GNSS de bajo costo para mejorar la precisión del posicionamiento. Esta temática es abordada en una tesis de maestría por uno de los integrantes del equipo de trabajo.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

- Sistemas de Información y Base de Datos
- Sistemas de Tiempo Real

- Diseño de dispositivos de automatización
- Comunicaciones inalámbricas
- Redes de sensores
- Ajuste de series de datos
- Posicionamiento de precisión
- Protocolo NMEA
- Sistemas Multiconstelación
- Posicionamiento diferencial de bajo costo

Resultados y Objetivos

Objetivos

- Analizar y estudiar las diferentes tecnologías de microcontroladores, módulos de conexiones inalámbricas y tipos de sensores (de temperatura ambiente, de humedad de suelo, dendrómetros) disponibles en el mercado.
- Monitorizar en forma centralizada, remota y en tiempo real las variables capturadas por los diferentes sensores.
- Mejorar la capacidad de administración y planificación de los recursos hídricos destinados al riego, a través del análisis de las variables obtenidas de los nodos instalados en sectores con diferentes características de suelo y clima.
- Configurar adecuadamente los algoritmos de control y aplicar estrategias de riego que optimicen la relación kg. producido por m³ de agua aplicada.
- Evaluar distintos esquemas de control, comparar los resultados e inferir en la elaboración de nuevas estrategias de riego.
- Desarrollar técnicas, métodos y algoritmos para mejorar a la precisión del posicionamiento utilizando receptores GNSS de bajo costo en un prototipo de GNSS diferencial.

- Aumentar la uniformidad y la eficiencia de la aplicación del agua del riego para reducir los costos asociados de consumo del agua.

Resultados

Como resultados se puede mencionar; los trabajos de tesis de grado de dos de los integrantes, denominados “Sistema de Gestión de Riego y Fertilización”, presentado en 2014 y “Estación inalámbrica basada en microcontroladores para la monitorización del riego en plantaciones de olivo” presentado en marzo de 2018; el artículo presentado en el evento 45 JAIIO – Concurso de trabajos Estudiantiles 2016, titulado “Red de sensores inalámbricos basados en microcontroladores para la monitorización del riego presurizado en plantaciones de olivo”; el artículo presentado en XXII CACIC en 2016 titulado “Procesamiento de sentencias NMEA-0183 para el análisis de la geometría satelital utilizando receptores GPS de bajo costo”; el artículo presentado en XXIII CACIC en 2017 titulado “Estación de monitoreo en tiempo real de parámetros agrometeorológicos para determinar la necesidad de riego en plantaciones agrícolas”.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está formado por cinco docentes de las carreras Ingeniería en Sistemas, Licenciatura en Sistemas e Ingeniería Agronómica de la UNdeC (acreditadas por CONEAU), de la carrera Ing. Sistemas de la UNICEN y UNTREF y dos alumnos de la UNdeC.

De los docentes: 1 es posdoctorado en Informática, 1 es doctor en Informática; 2 maestrandos que presentarán su tesis en la Universidad Nacional de San Juan; un doctorando que presentará su tesis en la

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Los alumnos de grado se hallan realizando su trabajo de tesina final en esta línea de I+D.

Los integrantes son docentes de las asignaturas Arquitecturas de computadoras II, Programación I y II y Agromática I y II. Estas asignaturas fomentan la participación en proyectos de investigación, por lo que pueden surgir nuevos trabajos en esta línea.

Referencias

- [1] E. W. Schuster, S. Kumar, S. E. Sarma, J. L. Willers and G. A. Milliken (2011) "Infrastructure for data-driven agriculture", IEEE 8th International Conference & Expo on Emerging Technologies for a Smarter World, New York, NY
- [2] F. B. Carmona, A. Riba, A. Sfeir, and F. E. Frati, "Pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," (2008), eje: Ingeniería de Software y Base de Datos.
- [3] F. B. Carmona, E. A. Riba, A. Sfeir, and F. E. Frati, "Pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," (2010), eje: Innovación en Sistemas de Software. [Online]. Available:<http://hdl.handle.net/10915/19571>
- [4] E. A. Riba, F. B. Carmona, F. E. Frati, J. D. Tejada, N. Acosta, and J. M. Toloza, "Integración y administración de índices de sensado en la programación y pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," (2012), eje: Innovación en sistemas de software.
- [5] C.-Y. Chong and S. Kumar, "Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges," Proceedings of the IEEE, vol. 91, no. 8, pp. 1247–1256, Aug. 2003.
- [6] Javier Solebera, "Detecting forest fires using wireless sensor networks," Sep. 2010.
- [7] Alberto Bielsa, "Smart agriculture Project in Galicia to monitor a vineyard with waspmote," Jun. 2012.
- [8] M. N. Khaliq, T. B. M. J. Ouarda (2007) "Short communication on the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)" International Journal of Climatology, Vol. 27 681-687p
- [9] Tolosa Juan Manuel. (2012) "Algoritmos y técnicas de tiempo real para el incremento de la precisión posicional relativa usando receptores GPS estándar". SEDICI, Universidad Nacional de La Plata.
- [10] Alberto Riba, (2016) "Procesamiento de sentencias NMEA-0183 para el análisis de la geometría satelital utilizando receptores GPS de bajo costo". XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016).
- [11] Alberto Eduardo Riba, Jorge Damián Tejada, Fernando Emmanuel Frati, Nelson Acosta, Juan Manuel Toloza "Aumento de la precisión posicional empleando técnicas y algoritmos para el tratamiento del error en receptores GNSS de bajo costo", XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017)