

PUNTOS DE VISTA

La inteligencia artificial. Nuevo enfoque en la evaluación de las máquinas en el complejo cosecha – transporte - recepción de la caña de azúcar

The artificial intelligence. New approach in the machines evaluation in the harvests -transport -front desk of sugar cane complex

Dr.C. Neeldes Matos Ramírez, Lic. Yoan Martínez López

Universidad de Camagüey, Grupo Multidisciplinario Agrícola (GMA), Camagüey, Cuba.

RESUMEN. En la actualidad, la producción de caña en Cuba de manera eficiente se ha vuelto una necesidad, más que un objetivo, por tal motivo en la segunda mitad del decenio del siglo XXI se han estado introduciendo nuevas tecnologías y máquinas que den respuesta a esta situación. El trabajo del complejo cosecha – transporte – recepción es decisivo en el propósito de disminuir los costos de producción de azúcar, en tal sentido la introducción de la ciencia y la técnica en este campo clasifican como la única alternativa para alcanzar los objetivos de producir azúcar de calidad a bajos costos. La Inteligencia Artificial (IA) es una ciencia que estudia el pensamiento y el diseño de máquinas inteligentes, es decir el estudio y la simulación de las actividades cognoscitivas del hombre. En este trabajo se exponen las aplicaciones de los algoritmos de la IA en la obtención de la composición óptima, del proceso cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar. También se expone otro método de evaluación del comportamiento de los indicadores técnicos, de explotación y económicos de la cadena y se presenta la composición más eficiente para la multiplicidad de variables que se desea obtener, de esta forma se responde a la limitación que tienen los métodos basados en la teoría del servicio masivo o teoría de colas, haciéndolo más compatible con los avances de la agricultura de precisión en el mundo.

Palabras claves: inteligencia artificial, agricultura de precisión, transportación de la caña de azúcar.

ABSTRACT. Currently, the production of cane in Cuba in an efficient way has become a need, more than an objective, for such motive in the second half the XXI century's decade new technologies and machines have been introduced to give answer to this situation. The work of the harvests – transport – reception complex is decisive in the purpose of decreasing the costs of sugar production, in such sense, the introduction of science and the technique at this field classify like the one and only alternative to attain the objectives to produce sugar of quality to low costs. The Artificial Intelligence (IA) is a science that studies the thought and the design of intelligent machines, that is, the study and the simulation of the man's cognoscitive activities. The applications of the IA algorithms in obtaining the optimal composition of the transportation harvests reception process of sugar cane, are presented. Also, another evaluation method of the behavior of the technical exploitative and economic indicators of the chain is exposed in this work and it is presented the most efficient composition for the multiplicity of variables that is desired, that responds to, in this way, the limitation that the theory -based methods of the mass service or tails theory have, making them compatible with the advances of the precision farmer in the world.

Keywords: Artificial intelligence, precision farmer, transportation of sugar cane.

INTRODUCCIÓN

En el proceso cosecha transporte del cultivo de la caña de azúcar participan un elevado número de medios técnicos con diversas funciones; por lo que se hace necesario implementar un método de trabajo que sea capaz de integrar de manera armónica

a todos en función de lograr el objetivo, que la materia prima llega a los Centros de Recepción o Basculador con resultados óptimos, desde la cosecha en los campos, partiendo de haber alcanzado una composición de los medios, bajo las condiciones

prácticas de explotación. Es por todo lo anteriormente expuesto que se define como un problema las deficiencias técnicas-organizativas en cuanto a la organización y planificación racional de los medios técnicos en el proceso, y por consiguiente el incremento de los gastos en el sistema; elemento de vital importancia para las Empresas Azucareras, las unidades de producción y el Ministerio del Azúcar (Castro, 2011). En dicho proceso, son múltiples los factores que de una forma u otra inciden directamente en la utilización eficiente del sistema de máquinas que participan en el proceso cosecha-transporte de la caña de azúcar (Martínez & Matos, 2011), tales como: el determinante rendimiento agrícola de los campos, las distancias de transportación de la materia prima, las capacidades de transportación de los camiones y remolques, las capacidades de molienda diaria en el Complejo Agroindustrial (CAI) y de procesamiento en el Centro de Acopio, así como las condiciones de explotación del complejo de máquinas que participan en la cosecha las cuales caracterizan la elevada complejidad de la interrelación del sistema, que de aprovecharse al máximo tributará al aumento de las productividades y por ende a elevar las ganancias, en fin, alcanzar altos índices de eficiencia económica.

Una buena organización del proceso de cosecha – transporte – recepción daría la posibilidad de incrementar en un 20% el tiempo útil de trabajo de la combinada y que como resultado de esto se disminuirían los tiempos perdidos en los automóviles entre un 20 a un 25%. Si no se utiliza una organización racional del trabajo los tiempos perdidos de los medios de transporte en espera para ser cargados se incrementan entre un 35 a un 40% del tiempo total de la jornada. La tarea se concentra en obtener la composición racional, del proceso cosecha transporte del cultivo de la caña de azúcar con el objetivo de lograr una eficiente explotación de los recursos materiales, humanos y financieros (Cuba, Ministerio del Azúcar, 2011).

La teoría de cola no es una técnica de optimización, su objeto inmediato no es la de optimización del sistema de servicio masivo, si no su caracterización a través de los parámetros relevantes que sirven de base para la confección de modelos económicos – matemáticos asociados a los modelos de cola. Por ejemplo el cálculo efectuado en la Empresa Azucarera Argentina del municipio camagüeyano de Florida no debe ser de la misma forma que si fuera en Céspedes u otro municipio, demostrando la limitación de la teoría de colas. De ahí surgió la idea de aplicar algún algoritmo que fuera lo suficiente eficiente para la predicción de la cantidad de camiones necesarios. Es por eso que se pensó en la aplicación de técnicas de la Inteligencia Artificial (IA) para la solución del problema. Pero para dar solución, desde la perspectiva de las herramientas informáticas, a este problema y todas las dificultades que esto engloba, es de vital importancia desarrollar investigaciones dirigidas a su solución, apoyados en el actual desarrollo de las nuevas tecnologías de información. Para el desarrollo de herramientas como estas, las técnicas de Inteligencia Artificial resultan de mucho interés, debido a todos los métodos desarrollados para la adquisición del conocimiento y el aprendizaje automático, lo que sugiere un estudio teórico-práctico de las relaciones que se puedan establecer entre la Inteligencia Artificial y el estudio del

proceso cosecha – transporte - recepción de la caña de azúcar; de forma que con el empleo de las técnicas de aprendizaje se puedan desarrollar herramientas de apoyo y la toma de decisiones para directivos vinculados a la industria azucarera y adaptarlas a las especificidades de cada proceso.

La meta de lograr que las máquinas simulen al comportamiento humano, con capacidad propia para que por sí misma tomen decisiones, comienza a tener un auge importante, por tanto, la IA puede permitir fundamentar una nueva línea de trabajo, orientada a diseñar productos útiles y rentables, para la optimización de los procesos de cosecha, transporte y recepción de la caña de azúcar en el país en cuanto a costo y tiempo. Estos productos serán programas de consulta, capaces de ayudar a resolver los problemas que se presenten.

DESARROLLO

Sistemas Basados en el Conocimiento

Los Sistemas Basados en el Conocimiento se dividen en dos grandes grupos atendiendo al tipo de Base de Conocimiento (BC) que posean: Los Sistemas Basados en Reglas y los Sistemas Basados en Casos, los cuales como su nombre lo indica cuentan con una base de casos o ejemplos. Los Sistemas Basados en Casos, específicamente, brindan una opción factible para derivar una clasificación de un nuevo caso basado en los ejemplos almacenados, tienen la característica de aprender a medida que crece la base de casos o a partir de la llegada de un nuevo ejemplo, esto se conoce como forma de representación del conocimiento (Jurisica, 1993).

Sistema Basado en el Casos (SBC)

En los Sistemas Basados en Casos, la Base de Conocimiento (BC) son los propios casos del dominio de aplicación y el motor de inferencia (MI) es el Razonamiento Basado en Casos (RBC). En este paradigma la base del comportamiento inteligente de un sistema radica en recordar situaciones similares existentes en el pasado (Jurisica, 1993, Kolodner, 1987).

El razonamiento basado en casos denota un método en el cual la solución de un nuevo problema se realiza a partir de las soluciones conocidas para un conjunto de problemas previamente resueltos (o no resueltos) del dominio de aplicación.

Esta tecnología se ha utilizado satisfactoriamente en disciplinas como el derecho, la medicina y los sistemas de diagnóstico con grandes bases de casos. Estos sistemas serán sistemas computacionales, con características especiales, que incorporan en forma operativa el conocimiento, de los profesores más experimentados en las diferentes asignaturas, de forma que es capaz de resolver problemas inteligentemente y de explicar y justificar sus respuestas.

Existen varios tipos de SBC, lo cual está determinado por el método de aprendizaje automatizado que se use en su desarrollo. Los métodos de aprendizaje y clasificación pueden ser organizados, atendiendo a su naturaleza, en métodos estadísticos, modelos o algoritmos matemáticos para el reconocimiento de patrones, estrategias basadas en árboles de decisión, entre otras (Acosta, 2000 y 2001).

Definición de la Base de Conocimientos

Para crear la Base de Conocimientos se hace necesario definir los ejemplos o casos de los que se aprende y los rasgos o atributos que no son más que lo que caracteriza a la base, es decir son las características de los casos de una base de conocimiento o de casos dadas. Estos rasgos o atributos pueden clasificarse como discretos, continuos, difuso entre otras; en dependencia de sus características (Addin, 1982; Caballero, 2007).

Aspectos que distinguen a los SBC de otros programas

La separación del conocimiento de cómo este es usado (distinción entre conocimiento y estrategia de control).

- El uso de conocimiento muy específico del dominio.
- Naturaleza heurística, en lugar de algorítmica, del conocimiento empleado.
- No requieren analizar completitud.
- Pueden dar múltiples soluciones

Ventajas Amplia distribución de experticia escasa

- Fácil modificación.
- Consistencia en las respuestas.
- Gran accesibilidad.
- Preservación de la experticia.
- Solución de problemas que incluyen datos incompletos.
- Explicación de soluciones.
- Permite evaluar el efecto de nuevas estrategias añadiendo o modificando conocimiento.
- Constituye un entrenador en el dominio de aplicación.

Desventajas

- Las respuestas no siempre son correctas.
- Conocimiento limitado al dominio de experticia.
- Ausencia de sentido común.
- No reconocen el límite de su conocimiento.

¿Cuáles son los métodos de aprendizaje y su clasificación según la IA?

La clasificación consiste en el proceso de asignar a una entrada concreta, el nombre de una clase a la que pertenece. Las clases entre las que puede elegir el procedimiento de clasificación se pueden describir de gran cantidad de formas. Su definición dependerá del uso que se les dé. La clasificación constituye una parte importante de muchas de las tareas de resolución de problemas. En su forma más simple, se presenta directamente como una tarea de reconocimiento. Antes de que se pueda hacer la clasificación, se deben definir las clases que utilizará (Mitchell, 1997). Los diferentes algoritmos de aprendizaje se agrupan en una taxonomía en función de la salida de los mismos. Algunos tipos de algoritmos son:

Aprendizaje supervisado: se conocen las entradas y las salidas deseadas del sistema. Un ejemplo de este tipo de algoritmo es el problema de clasificación, donde el sistema de

aprendizaje trata de etiquetar (clasificar) una serie de vectores utilizando una entre varias categorías (clases). La BC del sistema está formada por ejemplos de etiquetados anteriores.

Aprendizaje no supervisado: todo el proceso de modelado se lleva a cabo sobre un conjunto de ejemplos formado tan sólo por entradas al sistema. No se tiene información sobre las categorías de esos ejemplos. El SBC que se propone; pretende predecir la cantidad de camiones disponibles por combinadas.

Métodos de clasificación

k-Vecinos más Cercanos (k-NN)

El clasificador k-Vecinos más Cercanos (k-NN) es uno de los métodos de clasificación supervisada más usados. Utiliza funciones de distancia o similitud para generar predicciones a partir de ejemplos almacenados. Este algoritmo pertenece a la clase de algoritmo perezoso (Lazy Learning algorithms), pues almacena el conjunto de entrenamiento y deja todo el procesamiento para la fase de clasificación. Es altamente sensible a la definición de las funciones de distancia o similitud utilizadas y a las características de los rasgos que conforman cada uno de los ejemplos almacenados. Muchas variantes del k-NN se han propuesto reducir esta sensibilidad parametrizando la función de distancia o similitud con características de peso. Otro de los factores que intervienen en el desempeño del clasificador es la Base de Casos que se utiliza en el proceso de clasificación (Aha, 1991).

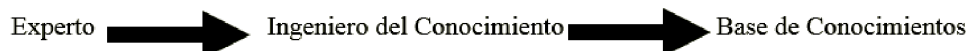
Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Una red neuronal es un modelo computacional que pretende simular el funcionamiento del cerebro a partir del desarrollo de una arquitectura que toma rasgos del funcionamiento de este órgano sin llegar a desarrollar una réplica del mismo. El cerebro puede ser visto como un equipo integrado por aproximadamente 10 billones de elementos de procesamiento (neuronas) cuya velocidad de cálculo es lenta, pero que trabajan en paralelo y con este paralelismo logran alcanzar una alta potencia de procesamiento (Matich, 2001; Freeman, 1993).

Modo de adquisición del conocimiento

La adquisición del conocimiento es la transferencia y transformación del potencial de experiencia en la solución de un problema desde varias fuentes a un programa. Las fuentes fueron generalmente expertos humanos pero también se utilizaron datos empíricos, libros y casos de estudios. El trabajo de ingeniería del conocimiento estuvo encaminado al hecho de “descubrir” dentro del universo intelectual de los expertos humanos todas las reglas no escritas que han logrado establecer a través de muchos años de trabajo, de experiencias vividas y de fracasos.

Para extraer el conocimiento de los expertos el método que se empleó fue la interacción directa de los ingenieros del conocimiento con los expertos (Addin, 1982; Caballero, 2007; Guardati, 1994; Jurisica, 1993, Kolodner, 1987).



Solución al problema de la composición óptima, del proceso cosecha transporte del cultivo de la caña de azúcar

Se hace necesario entonces definir los atributos o rasgos para la confección de la BC.

Definición de los atributos

Atributos:

Ra – Rendimiento agrícola, ha;

D – Distancia de transportación, km;

T_{cc} – Tiempo de llenado del camión por la combinada, h;

T_{dc} – Tiempo de descarga del camión, h;

T_c –Tiempo del ciclo del camión, h;

n – Cantidad de camiones;

m – Cantidad combinadas;

C_{expn} – Costo de explotación de los camiones, pesos/h;

C_{expm} – Costo de explotación de las combinadas, pesos/h;

W_i – Productividad de la cosechadora, t/h;

Atributo objetivo:

N_{vt} – Cantidad optima de transporte (camiones) por combinas.

En la (Tabla 1) se muestra la definición de los atributos.

TABLA 1. Demostración de los atributos principales

Atributo	Interpretación	Valores
Ra	Rendimiento agrícola	Real
D	Distancia de Tiro.	Real
T_{cc}	Tiempo de llenado del camión por la combinada	Real
T_{dc}	Tiempo de descarga del camión	Real
T_c	Tiempo del ciclo del camión	Real
n	Cantidad de camiones	Entero
m	Cantidad combinadas	Entero
C_{expn}	Costo de explotación de los camiones.	Real
C_{expm}	Costo de explotación de las combinadas	Real
W_i	Productividad de la cosechadora	Real
N_{vt}	Cantidad optima de transporte (camiones) por combinadas	Entero.

Definición de los casos

Un caso estará compuesto por un vector de datos y una clasificación. Cada uno constituirá la información experimental del Proceso cosecha-transporte-recepción de cada Central.

Con esos datos experimentales se confeccionaría la BC del proceso cosecha-transporte-recepción. Ejemplo de la BC, (Tabla 2).

TABLA 2. Ejemplo de la Base de Conocimiento (BC)

Emp. Azucareras	Ra	D	T_{cc}	T_{dc}	T_c	n	m	C_{expn}	C_{expm}	W_i	N_{vt}
Argentina	40	12	0.12	0.15	0.23	10	6	1.12	1.14	34.89	5
Céspedes	20	15	0.23	0.12	0.4	7	3	1.09	1.07	29.8	3
Siboney	13	7	0.3	0.15	0.5	9	5	1.04	1.89	27.98	2
Bat. de las Guasimas	13	13.2	0.2	0.1	0.2	3	2	1.8	1.98	36.6	1

Solo restaría experimentar con los métodos de clasificación mencionados anteriormente para dar solución al problema planteado.

CONCLUSIONES

- En el trabajo se muestran las posibilidades que pueden brindar las técnicas de Inteligencia artificial (IA) para la solución de problemas reales relacionados con la toma de decisiones

y la racionalización de los recursos de la economía, en un importante renglón del país.

- Es posible utilizar este método en la organización científica de las transportaciones de la caña de azúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, P. P.: *Edades en la cosecha, molidas estables, manejo de variedades, tres elementos a considerar en las zafras del futuro*, Ministerio del Azúcar, Ed. Publicaciones Azucareras, La Habana, Cuba. 2001.
- ACOSTA, P. P.: *Muestreo de campo*, Dirección del Viceministerio de Caña del MINAZ, Ed. Publicaciones Azucareras, La Habana, Cuba, 2000.
- ADDIN, S. R.: *Pensamiento Inteligente*, New York Cambridge University Press. USA, 1982.
- AHA, D.; D. KIBLER & K. ALBERT: *Instance-based learning algorithms*, Machine Learning, Kluwer Academic Publishers, Springer, Boston, USA, 1991.
- CABALLERO, Y.: *Aplicación de la teoría de los conjuntos aproximados en el preprocesamiento de los conjuntos de entrenamiento para algoritmos de aprendizaje automatizado*, Ed. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2007.
- CASTRO, R. *“Fundamentos Técnicos-Prácticos del Cultivo de la Caña de Azúcar [en línea] Disponible: www.monografias.com [Consulta: junio 15 2011].*

CUBA, MINISTERIO DEL AZÚCAR: *Conferencia impartida a Programadores de Zafra en la EPICA de Matanzas* Diciembre de 2000. [en línea] www.monografias.com. [Consulta: junio 15 2011].

FREEMAN, J. A.; D. SKAPURA.: *Redes neuronales: algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación*, Addison-Wesley Iberoamericana, New York, USA, 1993.

GUARDATI, S. R.: "Razonamiento Basado en Casos. Soluciones avanzadas. [en línea] 1994, Disponible: www.monografias.com. [Consulta: junio 15 2011].

JURISICA, I.: *Representation and Management Issues for Case-Based Reasoning Systems* Department of Computer Science, Ed. University of Toronto, Canada, 1993.

KOLODNER, J. L. K.: *Using experience in clinical problem solving: Introduction and framework*, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions, USA, 1987.

MATICH, D. J.: *Redes neuronales, Conceptos básicos y aplicaciones*. Ed. Universidad Tecnológica Nacional, México, Marzo, 2001.

MITCHELL, T.: *Machine Learning*, Burr Ridge, IL, McGraw Hill, Boston, USA, 1997.

MARTÍNEZ, L. Y.: *Shell para la construcción de Sistemas Expertos Conexionistas*, 88pp., Trabajo de Diploma (en opción al título de Licenciado en Informática), Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba, 1998.

MARTÍNEZ, L. Y.; N. MATOS N.; PÉREZ DE ARMAS, R. L. y MACHADO, Y. M.: *Optimización del proceso Cosecha-Transporte-Recepción de la caña de azúcar*, Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 5 (3): 1994-1536, 2011.

Recibido: 25 de enero de 2013.

Aprobado: 20 de marzo de 2014.

Neeldes Matos Ramírez, Ing. Mecánico, Profesor Asistente de la Universidad de Camagüey, Miembro del Grupo Multidisciplinario Agrícola (GMA), Tel: (032) 261456. Dirección Postal: Calle 3^{ra} N° 70% B y C Rpto: Las Mercedes. CP: 70 500, Tel: 282984. Cuba, Correo electrónico: neeldes.matos@reduc.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola:
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



**desarrollamos
y comercializamos**

- Elementos para Sistemas de Riego.
- Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.
- Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.
- Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.

INFORMACIÓN: Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranjo
E-mail: agricomercial@minag.cu Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665