

Desarrollo de un algoritmo genético predictivo para planeamiento empresarial del sector apícola

Martina L. Cesca¹[0009-0009-5519-8679], Diego A. Rodriguez^{1,2}[0000-0002-1127-618X] y Nélida B. Brignole^{1,3}[0000-0002-4795-2872]

¹ Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Computación Científica (LIDECC)-Depto de Ciencias e Ing. de la Computación (DCIC), Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina

² Departamento de Informática, Universidad Nacional de Salta (DI-UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina

³ Planta Piloto de Ingeniería Química (UNS - CONICET) C La Carrindanga km. 7 - 8000 Bahía Blanca – Argentina
dybrigno@criba.edu.ar

Resumen. El competitivo mercado actual exige que las empresas sean más flexibles, innovadoras y receptivas a las necesidades de sus clientes. La disponibilidad de abundante información, con la ayuda de los optimizadores, permitirá a los directivos tomar las decisiones adecuadas y oportunas con el objeto de reaccionar ágilmente en función de sus objetivos organizacionales. Con la finalidad de ampliar el alcance de las estrategias evolutivas explotándolas en este complejo contexto, la meta perseguida es optimizar procedimientos de análisis empresarial para el sector apícola con el fin de aumentar su nivel de competitividad. Más específicamente, el objetivo a largo plazo es sustentar estrategias comerciales para el sector apícola mediante un software especializado en la toma de decisiones gerenciales basado en el procesamiento de información con métodos de Inteligencia Artificial. Con el propósito de aplicarla en este contexto, estamos trabajando en el diseño e implementación de una nueva herramienta computacional de optimización predictiva basada en un Algoritmo Genético Codificado Real (RCGA). La función de fitness emplea métricas KPI (Key Performance Indicators) representativas que indican cómo la empresa progresa hacia sus objetivos principales.

Palabras clave: Planificación, Inteligencia Artificial, Algoritmos Genéticos, Apicultura, Optimización.

1. Introducción

Argentina tiene una apicultura muy competitiva y produce miel de alta calidad. Nuestro país actualmente se posiciona como el cuarto productor de miel pura del mundo. Es el principal productor de América, superando a países como Estados Unidos, México y Brasil. Hace décadas, los cambios estructurales acontecidos en nuestro país han producido modificaciones en las condiciones en que opera la economía, las que obligan a

un replanteo estratégico del modo de adaptarse a las nuevas exigencias competitivas. La idea de usar recursos informáticos para el soporte de decisiones apícolas de las empresas surge como un mecanismo de cooperación para solucionar problemas comunes debido a la falta de herramientas de análisis cuantitativo.

En la actividad apícola argentina, la toma de decisiones se basa principalmente en estimados a partir de la experiencia. Un sistema de información que ayude al crecimiento del sector permitirá superar sus metas. Para perfeccionar su planificación económica, es novedoso crear un Sistema Inteligente de Soporte de Decisión (IDSS) basado en metodologías evolutivas de Inteligencia Artificial (IA).

Las soluciones de Inteligencia de Negocios (BI: Business Intelligence) deben involucrar el manejo de indicadores clave de desempeño (KPI: Key Performance Indicator) que permitan realizar la toma de decisiones de manera eficiente y oportuna. Hoy en día, existen varios métodos y principios en la literatura para la selección de KPIs. Sin embargo, todos se enfrentan al mismo problema: la falta de procedimientos óptimos para la selección de métricas adecuadas para una empresa en particular.

Desde el punto de vista de la investigación aplicada, es un reto ampliar el alcance de las estrategias evolutivas para poder explotarlas como herramientas predictivas en este contexto complejo. Los algoritmos metaheurísticos inspirados en la naturaleza han podido brindar algunos resultados prometedores en diversas aplicaciones donde los problemas de optimización son difíciles [1]. En particular, los Algoritmos Genéticos (GA) [2] tienden a ser flexibles, eficientes, altamente adaptables y fáciles de implementar. Además, los GA pueden aplicarse eficazmente en amplios problemas prácticos adaptando a individuos y operadores genéticos a medida para representar el problema combinatorio específico de interés.

Nuestra meta global es diseñar estrategias comerciales para el sector apícola mediante un software especializado. Actualmente, cada punto de extracción de miel no cuenta con optimizadores para facilitar la toma de decisiones gerenciales en la cadena de valor (CdV) del sector apícola argentino.

En primer lugar, hemos desarrollado un software denominado EVOBEE para analizar los primeros eslabones de la cadena de suministro de la miel [3]. En nuestro caso, estos eslabones comienzan con los productores de miel y terminan cuando el producto acabado es entregado para su distribución. En particular, EVOBEE se concentra solamente en la localización óptima de las colmenas y sus traslados a través de los diversos campos. Su objetivo consiste en maximizar el Valor Actual Neto (VAN) del eslabón primario de la CdV apícola del Sudoeste (SO) bonaerense, con el fin de determinar cuáles son las principales actividades que generan mayor valor a dicha producción [4].

A continuación, hemos diseñado conceptualmente un IDSS para la producción apícola denominado IDSSapi [5], aplicable a empresas con menos de 50 empleados. El IDSSapi consta de cinco módulos principales que colaboran de manera sinérgica para enriquecer y agilizar el proceso de toma de decisiones inteligentes. Se ha previsto emplear metodologías de aprendizaje automático basadas en IA.

Aún resta implementar el quinto módulo, el cual ofrecerá diversas opciones para realizar predicciones. Se planifica crear optimizaciones específicas basadas en un GA codificado real (RCGA). En este manuscrito se reporta el diseño e implementación del módulo GA, el cual abarca aspectos de gestión empresarial, como la definición y seguimiento de indicadores esenciales para evaluar el rendimiento del negocio.

2. El Algoritmo Genético Codificado Real (RCGA)

El RCGA predictivo se implementó en el lenguaje Java, sin usar los módulos standard para GA que suelen ofrecer los paquetes comerciales ya que son “cajas negras” de difícil adaptación. Esto implica especificar la función de aptitud (fitness), el cromosoma y los operadores genéticos más convenientes para los individuos previamente definidos.

En particular, para plantear el fitness empleamos KPIs porque son métricas ampliamente usadas para evaluar el rendimiento de un proceso productivo y detectar los cuellos de botella. Dichas métricas deben ajustarse a las estructuras de la empresa, los procesos de producción y los flujos de datos internos y externos. Dado que cada indicador describe únicamente un sector y un ámbito concretos de la actividad de la empresa, las fórmulas de indicadores de éxito deben ser construidas a medida. Cada KPI puede asociarse a una fórmula, la cual es función no lineal de algunas variables de diagnóstico del negocio.

La formulación del fitness (Ec. 1) se plantea mediante el método de promedios ponderados. Se busca maximizar la diferencia entre r indicadores de rentabilidad y v indicadores de vulnerabilidad empresarial dados por las funciones f_i , $i = 1, \dots, r$ y g_j , $j = 1, \dots, v$, respectivamente. Las variables de optimización son los vectores $\underline{w}$ y $\underline{x}$ que representan factores de peso y variables de estado representativas del sistema, respectivamente. El fitness se expresa utilizando variables monetarias y la normalización se contempla mediante las conversiones z_i, z_j $i = 1, \dots, r; j = 1, \dots, v$.

$$Fitness = \max_{\underline{w}, \underline{x}} \left(\sum_{i=1}^r w_i z_i f_i(\underline{x}) - \sum_{j=1}^v w_j z_j g_j(\underline{x}) \right) \quad (1)$$

El cromosoma debe contener la solución al problema, la cual es un vector $[\underline{w} \quad \underline{x}]$. Dado que el proceso de decodificación de una cadena binaria no siempre es sencillo, se decidió representar el cromosoma utilizando un conjunto de valores reales. Así, sus genes corresponden directamente a puntos del espacio de diseño.

Para lograr búsquedas eficientes, el GA debe exhibir buenas capacidades de exploración y explotación. Estas habilidades dependen de los operadores específicos elegidos para resolver un problema. Por lo tanto, se analizarán las capacidades de exploración y explotación de los bien conocidos operadores para RCGA de Cruzamiento de Laplace (LX) [6] y de Mutación basada en distribución de Potencias (PM) [7]. En primer lugar, su desempeño se testeará formalmente con un conjunto de problemas de prueba clásicos. A continuación, se proyecta recolectar y preprocesar los datos

esenciales de diagnóstico para validar el desempeño del prototipo en el contexto empresarial.

3. Conclusiones

En base a nuestro diseño del IDSSapi, estamos implementando un optimizador RCGA basado en KPI, que le brindará a las empresas del sector apícola un soporte para la toma de decisiones. De este modo, se espera proveer una herramienta de diagnóstico que permita abordar una necesidad primordial y aún insatisfecha relacionada con el análisis económico-financiero de la actividad apícola.

Los indicadores KPI contienen principalmente información cuantitativa utilizada para el monitoreo del desempeño empresarial. Un desafío clave para el negocio es tomar acciones correctivas rápidamente, pues a menudo este control se realiza en forma manual. Además existe una lista larga de KPIs donde resulta difícil identificar conexiones claras relacionadas con los objetivos empresariales. Por lo tanto, crear una metodología de soporte que identifique y jerarquice los KPIs automáticamente será especialmente útil para la evaluación ágil del rendimiento del proceso productivo.

Estamos explorando los alcances de los RCGA como herramientas predictivas en este contexto. Dado que las empresas acopian una gran cantidad de datos, otro desafío es definir las métricas KPI adecuadas mediante funciones no lineales representativas. Una tarea pendiente es recolectar y preprocesar los datos necesarios para representar los KPI mediante fórmulas matemáticas que incluyan variables de optimización clave.

Referencias

- [1] Yang, X.S.: Recent advances in swarm intelligence and evolutionary computation. Springer, Heidelberg. (2015)
- [2] Goldberg, D. E., Holland, J. H.: Genetic algorithms and machine learning. Machine learning, 3(2), 95-99. (1988)
- [3] Villar, L.B., De Meio Reggiani, M.C., Vigier, H.P., Brignole, N.B.: Algoritmos genéticos para la toma de decisiones en la cadena de valor apícola. En: International Conference of Production Research- Americas 2020. Bahía Blanca, Argentina (2020)
- [4] De Meio Reggiani, M.C., Villar, L.B., Vigier, H.P., Brignole, N.B.: An evolutionary approach for the optimization of the beekeeping value chain. Computers and Electronics in Agriculture, 194, 106787 (2022)
- [5] Debortoli, D.O., Rodríguez, D.A., Brignole, N.B.: Diseño de un Sistema de Soporte de Decisión para el Desarrollo Productivo Apícola. En: XXXIX Congreso Argentino de Mecánica Computacional y I Congreso Argentino Uruguayo de Mecánica Computacional. Concordia, Argentina (2023)
- [6] Deep, K., Thakur M.: A new crossover operator for real coded genetic algorithms. Applied Mathematics and Computation, 188(1), 895-911 (2007)
- [7] Deep, K., Thakur M.: A new mutation operator for real coded genetic algorithms. Applied mathematics and Computation, 193(1), 211-230 (2007).