

Optimización de simulaciones en puertos marítimos

Simulation optimization for seaport operations

■■■■
Ricardo Pérez-Rodríguez¹, Arturo Hernández-Aguirre², Miguel Reyes²

¹ CONACYT (México)

² CIMAT A.C. Centro de Investigación en Matemáticas (México)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8281>

La logística y el transporte de mercancías entre diferentes destinos se están volviendo más complejas. El transporte marítimo en particular está recibiendo más presión para proporcionar servicios eficientes a sus clientes. Además, la competencia entre los puertos marítimos les ha obligado a buscar nuevas estrategias para mejorar la eficiencia de sus servicios. Por lo tanto desarrollar nuevas herramientas de decisión y/o nuevos algoritmos de optimización es muy importante para los operadores portuarios.

La eficiencia del puerto marítimo depende de la coordinación adecuada de los recursos. Un flujo continuo de contenedores en los procesos portuarios es necesario para garantizar eficiencia. Para mejorar la eficiencia mencionada en esta investigación se utiliza el tiempo medio de espera como una medida para monitorear el desempeño del puerto marítimo.

Se introduce un nuevo enfoque y/o algoritmo como una tendencia en la investigación de los puertos marítimos. En esta investigación se propone un nuevo algoritmo que utilizará el enfoque de optimización de simulaciones. Este nuevo algoritmo utiliza un modelo de probabilidad en lugar de los tradicionales operadores evolutivos como la cruce y la mutación utilizados en los algoritmos genéticos. Por lo tanto un modelo de probabilidad reemplaza a los operadores evolutivos mencionados para describir explícita y analíticamente la distribución del espacio de soluciones. Utilizamos un *Algoritmo de Estimación de Distribuciones* (por sus siglas en inglés EDA) como una rama del cómputo evolutivo. El modelo de probabilidad utilizado se basa en la técnica de suavizado *kernel*. Se considera un modelo de simulación para validar cada solución. La simulación se utiliza para modelar el entorno del puerto marítimo, mientras

que el EDA se utiliza para guiar el proceso general de búsqueda para identificar las mejores soluciones.

Diez instancias relacionadas a puertos marítimos se han desarrollado sobre la base de la metodología diseñada por Hartmann [1]. Esto replica condiciones de puerto real, para analizar la capacidad de solución del algoritmo propuesto. Las instancias son datos de entrada para todos los algoritmos. Las instancias están disponibles en <https://drive.google.com/file/d/0B2Cilz8pLvwoc3hwd3RKNWtPMjA/view?usp=sharing>

El *Algoritmo Genético* (GA), el *Algoritmo de Distribución Marginal Univariante* (UMDA) y el *Algoritmo de Maximización de la Interconexión de la Información Mutua* (MIMIC) se proponen como referencia para la comparación con el esquema EDA.

Aunque el MIMIC obtiene el mejor rendimiento en 5 de cada 10 casos, el EDA obtiene el segundo lugar en 6 de cada 10 casos. Parece dar argumentos para apoyar el estudio y la mejora del EDA propuesto para futuras investigaciones.

La estimación de la densidad *kernel* es una buena opción cuando no hay suficiente evidencia o información sobre la que el modelo paramétrico necesita [2]. Los resultados muestran que el algoritmo MIMIC superó al resto de los algoritmos en algunos casos específicos. Probablemente se deba a la naturaleza de esos casos específicos, en los cuales los supuestos gaussianos parecen ser apropiados para describir el proceso. Esto puede confirmar que cuando el modelo paramétrico es correctamente elegido, los resultados son buenos. Sin embargo, existen otros casos en los que el algoritmo MIMIC funciona pobremente y los algoritmos como el GA o el EDA obtienen mejores resultados incluso más que el algoritmo UMDA en general. Esto apoya la idea de que el enfoque no paramétrico es conveniente en los casos en los que falla el modelo paramétrico.

Los resultados obtenidos de esta investigación muestran el incremento porcentual relativo promedio (por sus siglas en inglés RPI) como el desempeño de los algoritmos. El algoritmo propuesto es competitivo, es decir, en 6 de cada 10 casos.

El esquema EDA es una opción válida para ser considerado en este tipo de problemas aplicados. Su desempeño parece ser muy similar al del algoritmo GA. Los datos también apoyan la idea de que los algoritmos UMDA y MIMIC proporcionan diferentes resultados. Se debe a que MIMIC considera información de entropía entre variables del problema cuando se muestrea la descendencia. Por el contrario, el UMDA sólo utiliza la distribución marginal de las variables. Además el EDA todavía puede mejorarse, por ejemplo al considerar las columnas como no independientes en el proceso de muestreo. Esto podría conducir a una versión más competitiva de este algoritmo en la investigación futura. Además condiciones de incertidumbre podrían considerarse como una investigación futura para obtener tiempos de espera más realistas.

REFERENCIAS

- [1] Hartmann S, Generating scenarios for simulation and optimization of container terminal logistics, *OR Spectrum*, 26 (2004) 171-192.
- [2] Pérez-Rodríguez R, Hernández-Aguirre A, Reyes-Cortés M, Simulation optimization to enhance the performance of the seaport operations, *DYNA New Technologies*, 4-1 (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8143>.