



Optimización de gran escala: un reto en el desarrollo de gemelos digitales en las cadenas de suministro

DR. JOSÉ ANTONIO MARMOLEJO SAUCEDO
Facultad de Ingeniería
Universidad Panamericana México

Hoy en día, con el desarrollo de supercomputadoras y el origen de los ordenadores cuánticos, el análisis de datos a gran escala de manera síncrona o en tiempo real se ha vuelto necesario y posible. Anteriormente hacerlo en tiempo real otorgaba una ventaja competitiva a quienes lo podían realizar, sin embargo, los requerimientos de la industria contemporánea exigen que las aplicaciones y desarrollos en tecnologías de la información sean una necesidad más que un valor agregado.

Hablando de optimización en general, la optimización de varios sistemas complejos a menudo se puede reducir matemáticamente a un problema de optimización combinatoria. Estos problemas tienen como objetivo encontrar una combinación de valores discretos que minimice una función de las variables discretas llamada función de costo.

La toma de decisiones basada en la solución óptima puede considerarse factible pero muy difícil de encontrar. La mayoría de estos problemas se pueden clasificar como no deterministas de tiempo polinomial (NP) —difícil, donde la complejidad de cálculo aumenta exponencialmente con el tamaño del problema, lo que hace que la optimización combinatoria a gran escala sea un reto [1]. Los problemas de optimización combinatoria son económicamente valiosos, pero computacionalmente difíciles de resolver.

Ahora bien, en la industria logística y las cadenas de suministro, diversas optimizaciones combinatorias prácticas como el problema de ruteo vehicular (VRP por sus siglas en inglés), o los problemas clásicos de asignación y empaquetamiento se pueden convertir en los problemas de búsqueda del estado fundamental



de soluciones aproximadas. En este contexto, las estrategias de solución heurísticas han dado excelentes resultados, con las limitaciones técnicas de convergencia global que han sido descritas en la literatura, sin embargo, siguen siendo competitivas en los tiempos de cálculo de soluciones [2].

Por otra parte, el paradigma de la integración y coordinación de los eslabones de las cadenas de suministro mediante la digitalización ha ido evolucionando al grado de establecer al control y operación en tiempo real un estándar que persiguen diferentes industrias hoy en día (ver Figura 1).

tiempo real y las instantáneas de las órdenes de trabajo planificadas y liberadas, las órdenes de venta, las aprobaciones pendientes, la demanda y la oferta (ver Figura 2).

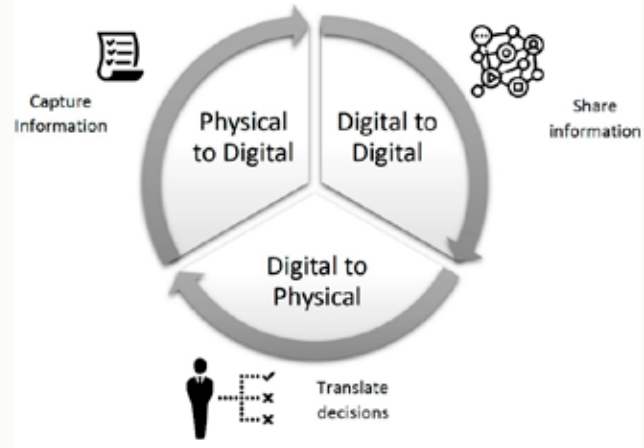


Figura 2. Digitalización de las operaciones en una organización

Ahora bien, el concepto no solo abarca la cadena de suministro logística, sino también las ciudades inteligentes por mencionar alguno más (ver Figura 3).

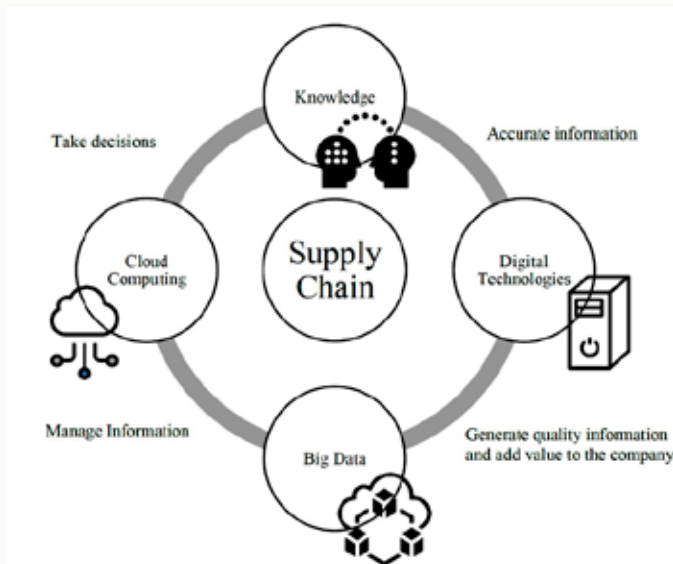


Figura 1. Integración digital de la cadena de suministro [3]

En este sentido, se han planteado conceptos como gemelos o sombras digitales. Un gemelo digital de la cadena de suministro es un modelo de simulación virtual de una cadena de suministro real que se utiliza para analizar la dinámica de la cadena de suministro y predecir el éxito del proceso. Los modelos de gemelos digitales se benefician de los datos en

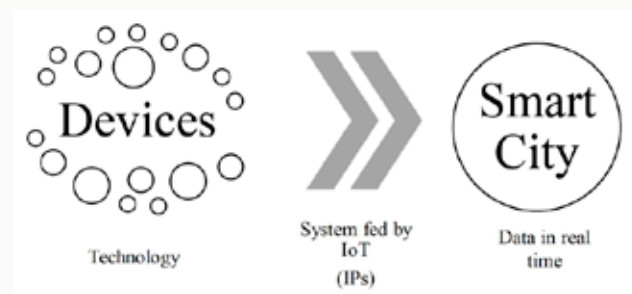


Figura 3. Ciudades inteligentes como gemelos digitales

Considerando lo anterior, los problemas de optimización de gran escala como los mencionados anteriormente se establecen como un reto para el desarrollo de gemelos digitales en la cadena de suministro, es decir, la solución de estos modelos matemáticos como elemento de entrada en el ciclo de intercambio de información entre actores del gemelo digital. Los





motores de optimización deberán estar dotados de estrategias de solución híbridas (basadas en heurísticas y técnicas de aceleración de convergencia) montadas en servidores de cómputo en la nube que permitan su inmediato acceso en un esquema anidado o cíclico.

Responder de manera ágil y precisa a los diferentes estímulos o condiciones de estado en las cadenas de suministro se vuelve una puerta de entrada a ideas innovadoras para integrar grandes cantidades de información y gran capacidad de cálculo en tiempos reales.

Finalmente, en el contexto de sistemas de gemelos digitales en las organizaciones la respuesta a la pregunta ¿precisión o velocidad de cálculo? vuelve a posicionarse como un dilema en el área de optimización de gran escala.

Referencias

- [1] Garey, M. R., & Johnson, D. S. (1979). Computers and intractability (Vol, 174), Freeman.
- [2] Hager, W. W., Hearn, D. W., & Pardalos, P. M. (Eds.). (2013). *Large scale optimization: state of the art*.
- [3] Marmolejo-Saucedo, J., & Hartmann, S. (2020). Trends in digitization of the supply chain: A brief literature review. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 7(29).

José Antonio Marmolejo Saucedo

Es doctor en Ingeniería con especialidad en Investigación de Operaciones graduado con honores por la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó estudios de Maestría en Investigación de Operaciones y Maestría en Ingeniería Industrial con especialidad en Sistemas de Gestión de la Calidad. Asimismo, es egresado de la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Politécnico Nacional.

En el ámbito de la enseñanza ha sido profesor investigador en la Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN, Universidad Autónoma de Nuevo León, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), Universidad Anáhuac México Norte y actualmente es profesor investigador de la Universidad Panamericana México.

En el rubro de investigación, su campo de conocimiento es la optimización matemática de gran escala con diversas aplicaciones como desarrollo de gemelos digitales, logística, sistemas eléctricos de potencia y cómputo evolutivo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 2 del Conacyt y ha publicado diversos artículos en revistas de alto impacto internacional. Adicionalmente, ha dictado conferencias, cursos y talleres a nivel internacional en países como Lituania, Estados Unidos de Norteamérica, Colombia, Reino Unido, Brasil, Polonia, Malasia y Canadá.

