

SECCIÓN ESPECIAL: METODOLOGÍAS DE MODELADO Y SIMULACIÓN PARA LA MEJORA DE SISTEMAS LOGÍSTICOS Y DE PRODUCCIÓN

Las técnicas y herramientas de Modelado y Simulación proporcionan un entorno para estudiar el comportamiento dinámico del sistema objeto de estudio bajo distintas condiciones de operación, utilizando modelos continuos, discretos o combinados como representación del mismo. Estas técnicas pueden facilitar, cuando son utilizadas correctamente, el diseño, la evaluación de alternativas, la predicción, la experimentación de estrategias, el contraste de hipótesis, el entrenamiento o la toma de decisiones. Todo ello debería permitir obtener, según los casos, un mejor aprovechamiento de los recursos de los que se dispone, un incremento en los resultados del proceso productivo, una mejor organización o una mejor comprensión de los procesos, lo cual es esencial para lograr un adecuado nivel de competitividad en un entorno de producción y de servicios fuertemente condicionado por la globalización de las actividades económicas.

Las técnicas clásicas de optimización, principalmente las englobadas dentro de la Investigación Operativa, han sido el enfoque adoptado tradicionalmente para abordar el problema de la gestión operacional de los sistemas logísticos y de producción. En la actualidad estos sistemas han sido dotados de los mecanismos necesarios para responder a un mercado que demanda una gran flexibilidad tanto en los volúmenes de producción como en la variedad de productos. Políticas de fabricación y distribución contra pedido en los tiempos establecidos (*Make-to-Order* y *Just-in-Time*) han sustituido mayoritariamente a las políticas de grandes volúmenes de producción y gran capacidad de almacenamiento (*Make-to-Stock*). Esta nueva concepción de los procesos productivos conlleva la planificación y programación de las operaciones en los distintos niveles estratégico, táctico y operacional. Todo ello hace que aumente en estos sistemas la complejidad de la logística, la planificación y la programación de las operaciones al aumentar de manera muy considerable tanto el número de escenarios posibles como las alternativas de toma de decisión en dichos escenarios. La evaluación de estas alternativas constituye, en los casos prácticos, problemas NP-duros, es decir, problemas para cuya solución no se conocen

algoritmos que puedan ser resueltos en un tiempo polinomial. Sistemas productivos y logísticos altamente flexibles, con un elevado grado de concurrencia en el uso de los recursos disponibles, la presencia de no linealidades o de incertidumbre son algunas de las razones que dificultan, o incluso impiden, la obtención de modelos matemáticos que representen con el suficiente nivel de detalle el comportamiento del sistema productivo y que a su vez puedan ser utilizados por la mayoría de técnicas clásicas de optimización.

De forma resumida, y tal vez simplificando en exceso, encontramos que las técnicas de modelado y simulación son excelentes para el diseño estratégico y táctico pero están muy limitadas para la toma de decisiones operacionales debido al reducido número de escenarios que se pueden evaluar en un tiempo razonable. De forma complementaria, las técnicas de optimización son idóneas para la toma de decisiones operacionales aunque sea a costa de simplificar el modelo para hacerlo compatible y tratable por los algoritmos disponibles.

Una aproximación clásica para combinar los dos mundos consiste en la validación y evaluación de la calidad del modelo de optimización contra la simulación del modelo del sistema real. Aunque esta opción pueda parecer obvia en el colectivo científico, sigue siendo rechazada mayoritariamente en el sector industrial que opta por seguir implantando directamente los sistemas de planificación o gestión a pesar de que este camino acaba incrementando de forma significativa los costes de puesta en marcha. Otra aproximación, que se lleva desarrollando en los últimos años como alguno de los trabajos aquí presentados avala, consiste en combinar ambos mundos desarrollando nuevas metodologías y herramientas para la ayuda a la toma de decisiones. En esta aproximación la simulación, como técnica de evaluación, se combina con métodos de búsqueda utilizados como técnica de optimización basada, en muchos casos, en técnicas de Inteligencia Artificial.

Existen por lo tanto diversos motivos que incentivan una importante actividad por parte de la comunidad

científica articulada principalmente entorno a dos líneas de acción. Por un lado, actuaciones encaminadas a facilitar una mejor comprensión de los beneficios del uso de las técnicas de modelado y simulación en el sector industrial. En este sentido cabe destacar las actividades de difusión y formación dirigidas principalmente a la industria que, desde el Grupo Temático de Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos de CEA-IFAC (www.cea-ifac.es/wwwgrupos/simulacion), se vienen realizando en los últimos años. Por otro lado, promocionar y difundir los resultados de la investigación encaminada a la mejora de los sistemas logísticos y de producción mediante el uso de las técnicas de Modelado, Simulación y Optimización. Deseamos que la presente sección especial contribuya a este último propósito.

Sobre esta sección especial

El objetivo de esta sección especial es el de ofrecer un marco para la difusión de algunos de los últimos resultados obtenidos en un contexto donde el uso de las técnicas de Modelado, Simulación y Optimización constituye el eje central en la solución de problemas logísticos, de planificación o de gestión de recursos de la producción.

El primer trabajo ‘Modelado y Simulación de Sistemas Logísticos y de Producción mediante Redes de Petri’ ha sido elaborado por los profesores Emilio Jiménez, Mercedes Pérez y Félix Sanz. Los autores de este trabajo pertenecen al Grupo de Modelado, Simulación y Optimización de Sistemas Industriales y de Fabricación Automatizada de la Universidad de la Rioja. El grupo desarrolla su investigación en los campos del modelado, simulación y optimización de procesos automatizados de producción y logísticos. El investigador principal del grupo, y primer firmante del artículo, también colabora con el Grupo de Ingeniería de Sistemas de Eventos Discretos de la Universidad de Zaragoza. El grupo centra su actividad tanto en la investigación como en el desarrollo e innovación, por lo que la investigación de la que surge este artículo ha generado, además de publicaciones, transferencia a la industria y patentes en explotación. El artículo muestra, a través de un ejemplo industrial real que se ha desarrollado con éxito, la aplicación de las Redes de Petri en el modelado y simulación de sistemas logísticos y productivos, empleando tanto planteamientos clásicos como recientes investigaciones.

El trabajo ‘Optimización de Sistemas Logísticos mediante Simulación: una Metodología basada en Redes de Petri Coloreadas’ ha sido elaborado por los profesores Mercedes Narciso y Miquel Àngel Piera de la Universidad Autònoma de Barcelona, y Jaume Figueras de la Universidad Politècnica de Catalunya. Los grupos de las dos universidades han colaborado en el desarrollo de un conjunto de herramientas de ayuda a la toma de decisiones para la mejora de los sistemas de producción y logísticos. Dentro de esta

línea de trabajo se enmarca el artículo aquí presentado donde se describe un nuevo enfoque para integrar métodos de evaluación (simulación) con métodos de búsqueda (optimización) basados no sólo en resultados de simulación, sino también usando la información que proporciona el modelo de simulación. Los autores de este trabajo participan activamente en proyectos de investigación, industriales y de difusión. La actividad más reciente relacionada con la difusión consiste en la elaboración de un diccionario logístico en el marco del proyecto *LOGIS MOBILE “Competente Framework for Mobile On-site Accelerated Vocational Training in Logistics Information Systems”*.

El trabajo ‘Librería Java para la Simulación de Sistemas de Eventos Discretos y su aplicación en la Gerencia Hospitalaria’ ha sido elaborado por los profesores R. M. Aguilar, C. A. Martín y L. Moreno y los becarios I. Castilla y V. Muñoz. El grupo de Computadoras y Control de la Universidad de La Laguna en el que desarrollan su actividad investigadora se dedica al estudio de la gestión en las organizaciones sanitarias, proponiendo el uso combinado de la Simulación y la Inteligencia Artificial como herramientas de ayuda en la redistribución de recursos. Desde 1998 trabajan con el complejo hospitalario de Tenerife, y en la actualidad comienzan la generalización de la metodología propuesta a un Centro de Atención de Usuarios del Proyecto MEDUSA del Gobierno de Canarias y a la Compañía Cervecera de Canarias. En el trabajo presentado se describe la librería Java utilizada para el modelado de la evolución de los pacientes por los distintos departamentos del hospital.

El trabajo ‘Simulación del movimiento de personas. Aplicación a la evacuación de buques’ ha sido elaborado por los profesores Francisco Pérez Arribas y Amable López Piñeiro y los becarios Ernö Peter Cosma, y Rafael Donoso Morillo. El grupo multi-departamental de I+D en ‘Factores Humanos a Bordo’ (E.T.S.I.N.-U.P.M.) en el que desarrollan su actividad trabaja en el estudio de diversos aspectos del comportamiento de los tripulantes y pasajeros a bordo de los buques. Ha desarrollado diversos modelos de respuesta del mareo ante los movimientos del buque, del movimiento de peatones a bordo y de la conducción de vehículos. La aportación más importante es un micromodelo celular adaptado a entornos de geometría compleja y dimensiones reducidas. Con AESA ha participado en el estudio de estos problemas para un buque de alta velocidad y con la colaboración de IZAR, Transmediterránea y Next Limit ha desarrollado la aplicación Sifbup para el estudio de estos problemas, cuyos fundamentos y posibilidades se describen en el trabajo presentado.

El trabajo ‘Entorno gráfico de modelado para problemas de optimización de sistemas a gran escala’ ha sido elaborado por los profesores Jesús Manuel de

la Cruz García, Bonifacio de Andrés y Toro, José Luis Risco Martín y Alberto Herrán González. El grupo de Ingeniería de Sistemas, Control, Automática y Robótica (ISCAR) está constituido por profesores de las áreas de Ingeniería de Sistemas y Automática (ISA), Arquitectura de Computadores (AC) y Sistemas Informáticos y Programación (SIP) de la Universidad Complutense de Madrid y tiene como principal objetivo contribuir al aprovechamiento industrial de la experiencia investigadora de sus integrantes. Fruto de la colaboración con importantes empresas de los sectores petroquímico, farmacéutico y aeronáutico, entre otros, surge la iniciativa de desarrollar un entorno gráfico de modelado que permitiera facilitar todas las etapas que componen la optimización de sistemas a gran escala. Este entorno se ha integrado con éxito en varias ampliaciones de los proyectos firmados con estas compañías.

El trabajo "Modelado Visual de Procesos Industriales" ha sido elaborado por los profesores Ignacio Díaz Blanco, Abel A. Cuadrado Vega, Alberto B. Diez González y Guillermo Ojea Merín. El grupo de Supervisión y Diagnóstico de Procesos Industriales, en el que desarrollan su actividad, se centra en el campo de la optimización, monitorización y diagnóstico de procesos industriales empleando técnicas de minería de datos visual. En los últimos años, los autores han presentado en diversas revistas y congresos internacionales varias herramientas de visualización de datos y conocimiento previo relativo a procesos industriales (casos, reglas, modelos, correlaciones) sobre mapas topológicos autoorganizados (SOM), que actualmente son aplicadas a través de proyectos con empresas y de financiación pública en la determinación de factores que afectan a la calidad de producto en el campo de la siderurgia, así como en la monitorización de la condición de máquinas eléctricas a partir de corrientes y vibraciones. El trabajo aquí presentado describe las técnicas desarrolladas presentándolas como parte de una metodología general de modelado visual aplicable a procesos industriales que permite la integración, reutilización y descubrimiento de conocimiento bajo un enfoque visual.

Redactores invitados:

Antoni Guasch i Petit

*Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática
e Informática Industrial
Universidad Politécnica de Cataluña
e-mail: Toni.Guasch@upc.edu*

Juan José Ramos González

*Departamento de Telecomunicaciones y de
Ingeniería de Sistemas
Universidad Autónoma de Barcelona
e-mail: Juan.Jose.Ramos@uab.es*