**WP 1 - Supply Chain Network design**

**D 1.3 - Aproximación formal basada en optimización para tratar aspectos de incertidumbre durante la etapa de diseño de empresas**

Introducción: diseño de empresas flexibles

En un entorno globalizado como el actual, el diseño de las empresas está íntimamente ligado al diseño de la cadena de suministro de la misma, incluyendo desde los centros de producción (p. ej. localización y capacidad), hasta decisiones de suministradores, transporte y clientes; en resumen el diseño de toda la red de producción y distribución.

En términos prácticos, el diseño de una empresa y su cadena de suministro consiste en la identificación de una combinación eficaz de proveedores, fabricantes y distribuidores que ofrezcan la mejor cantidad y  combinación de productos y servicios a los clientes. El problema de diseño de la red de planificación y distribución es muy amplio y significa cosas diferentes para empresas diferentes. Por lo general, se refiere a una actividad estratégica que tiene como objetivo aumentar el valor de la empresa e incluye una o más de las siguientes decisiones:

-         Dónde ubicar las nuevas instalaciones (ya sean de producción, almacenamiento, logística, etc.)

-         Cambios significativos en las instalaciones existentes, por ejemplo, expansión, reducción o cierre.

-         Decisiones de suministro – sobre los proveedores y el origen de suministros para cada instalación.

-         Decisiones de asignación: qué productos se deben producir en cada instalación de producción, qué mercados deben ser atendidos,  por qué almacenes, etc.

Existen numerosos trabajos en la literatura que tratan el diseño de producción y redes de distribución. La necesidad de tener cuenta la incertidumbre en las decisiones estratégicas/ de planificación puede remontarse a la funcionalidad principal de los modelos de estratégicos y de planificación, que consiste en asignar recursos para el futuro sobre la base de información actual y las previsiones de futuro. El alto grado de incertidumbre en este tipo de decisiones se debe al hecho de que factores tales como los parámetros de mercado, las demandas de productos, la disponibilidad de stock de materia prima, y sus precios, así como parámetros técnicos, tales como los rendimientos y las cualidades del producto, y los tiempos de procesamiento: las tasas y los parámetros de las instalaciones como la fiabilidad: disponibilidad, tienen todos componentes estocásticos significativos.

El problema general consiste en que las empresas deben tomar decisiones estratégicas y operativas, con el fin de maximizar el beneficio esperado, y que periódicamente deben decidir cuándo y en qué medida ampliar la capacidad, e incluso más a menudo la cantidad que deben producir, todas estas decisiones frente una demanda futura desconocida, una tecnología disponible, etc. Aún y así, el problema de diseño de cadenas de suministro en condiciones de incertidumbre es un área de la investigación todavía relativamente reciente.

A pesar de los avances importantes que se han hecho en las formulaciones del problema, las estrategias de descomposición, así como las estrategias para incorporar los efectos de la incertidumbre en los modelos paramétricos estratégicos para el diseño y operación de las empresas y sus cadenas de suministro, todavía hay aspectos adicionales del problema muy importantes, que merecen mayor atención.

Uno de estos aspectos tiene que ver con la consideración de la incertidumbre asociada con los parámetros de diseño determinado. Otra área importante de mejora está relacionada con la función objetivo que se persigue en el análisis de las metodologías. Éstas están a menudo dirigidas simplemente a minimizar el coste total de la cadena de suministro cumpliendo una demanda fija y dada en un horizonte de planificación de futuro, más que el objetivo más ambicioso y adecuado de la maximización de los ingresos netos obtenidos dejando variar las ventas. En otras palabras, las empresas no tratan de maximizar los ingresos netos mediante la coordinación de la cadena de suministro y las decisiones de gestión de la demanda. Asimismo, el servicio al cliente debería también tenerse en cuenta al formular un modelo de diseño de empresa flexible, aunque es difícil de cuantificar como una cantidad monetaria en la función objetivo.

Otro aspecto tiene que ver con el nivel de detalle de las decisiones que se analizan en la etapa de diseño. Estas decisiones se refieren generalmente a la estructura de la red considerada en un nivel bajo de detalle, es decir, dónde ubicar las nuevas instalaciones, cambios en las instalaciones existentes y así sucesivamente. Por lo tanto, las decisiones con un mayor nivel de detalle, como las relacionadas con la configuración exacta de las plantas de la red o incluso la programación de las decisiones que se adopten una vez que la planta opera bajo un entorno de incertidumbre, generalmente no se consideran dentro de la formulación matemática.

Otra de las carencias de los modelos aplicados para el diseño de empresas flexibles y su cadena de suministro se basa en el hecho de que normalmente aplican el concepto de “elementos” fijos, es decir, asumen una determinada estructura fundamental de la red en términos de los niveles involucrados (por ejemplo, proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución, los clientes). Por lo tanto, se impone una estructura bastante rígida y el procedimiento de diseño se centra en la determinación del número de componentes en cada “elemento” y la conectividad entre los componentes de “elementos” adyacentes. Sin embargo, los cambios en la estructura fundamental de la red (por ejemplo, la introducción de “elementos” adicionales, o la eliminación parcial o pasando por alto de los existentes) a veces puede dar lugar a beneficios económicos que superan con creces lo que puede lograrse simplemente cambiando el número de componentes y/o la conectividad dentro de una estructura existente. Por desgracia, parece que a pesar de avances significativos en el área de optimización estratégica de diseño, los modelos aún carecen de la suficiente generalidad.

Aproximación formal basada en optimización para tratar aspectos de incertidumbre durante la etapa de diseño de empresas

*Objetivos y alcance*

En este trabajo se propone la línea de una aproximación rigurosa para la optimización de los aspectos de diseño de las empresas, en todos sus niveles de decisión, que permita tratar aspectos de incertidumbre.

En este sentido, Moreno-Benito y Espuña (2011) abordan la capacidad de adaptación de los procesos por lotes para incluir los nuevos requisitos y políticas de producción de plantas en el nivel operativo. En concreto, se tratan modelos de resolución simultánea de decisiones estructurales y operacionales para tratar la fabricación de nuevos productos en las células de determinado proceso. Los objetivos planteados para la obtención de soluciones óptimas consisten en medidas de desarrollo global y sostenible, así como metas de minimización de la energía. El problema se formula como una optimización dinámica-lógica (MLDO), que se transforma en una optimización dinámica mixta entera (MIDO) y se resuelve a través de un enfoque directo simultáneo (Figura 1). Se ha analizado la reacción Denbigh  como caso de estudio que aborda el diseño sistemático de los modelos óptimos de procedimiento para los nuevos productos. Los grados de libertad adicionales obtenidos a partir de la consideración conjunta de decisiones estructurales y de funcionamiento dentro de la empresa permiten la adaptabilidad de la celda de proceso cumpliendo un objetivo de minimización del consumo de energía. Este entorno permite tratar no sólo el diseño de empresas flexibles, sino también introducir incertidumbre en el proceso de toma de decisión.

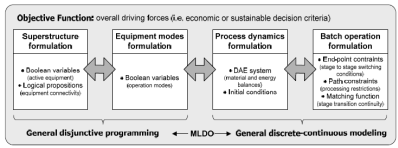


Figura 1. Relación global entre variables y modelos de proceso para el cálculo de un indicador económico.

Otro enfoque compatible basado en trabajos previos, consiste en el planteamiento de modelos matemáticos multiobjetivo, considerando métodos deterministas para la obtención de la frontera de Pareto, basado en el método de “epsilon-constraint”. El problema estocástico se resuelve para estudiar el impacto de la incertidumbre sobre la etapa de diseño de la cadena de suministro. Las curvas de Pareto estocástica y determinista pueden comparar para evaluar las ventajas de introducir el enfoque estocástico en el diseño. Entre las principales aportaciones de dicho enfoque, cabe destacar que la estrategia propuesta considerando la estocasticidad permite obtener mejores resultados globales que la aproximación determinística.

El trabajo de Lainez et al. (2010) presenta una estrategia de incorporación de la incertidumbre para la mejora la planificación y el diseño de las cadenas de suministro bajo consideraciones de impacto económico y ambiental que afectan al nivel estratégico de la empresa. La cadena de suministro y sus relaciones internas y externas se representan mediante un modelo matemático, que se resuelve con un algoritmo multiobjetivo-MILP, donde se analiza la incertidumbre en los parámetros del modelo. Concretamente, se analiza cómo se modifican los resultados del modelo a consecuencia de la variabilidad de los parámetros de entrada.  Si bien, muchos parámetros pueden ser descritos por medio de escenarios, debido a la falta de conocimiento de los árboles de escenarios posibles, se ha decidido utilizar las funciones de distribución de probabilidad (pdf) para todas las variables de entrada. Por otra parte todas las variables de entrada del modelo se modelan considerando distribuciones uniformes de probabilidad.  El modelo de salidas seleccionadas para el análisis de sensibilidad son los siguientes: la cadena de suministro de valor actual neto (VAN), el impacto global de la cadena de  suministro (ImpactSC), la capacidad instalada de las diferentes tecnologías disponibles (installedCapTechBen y installedCapTechBut), la cantidad total de compras de materia prima (t ot al Pur chBut, totalPurchBen y totalPurchElec), y la cantidad total de MA producido (totProducedMA) y la demanda satisfecha (totSatisfiedDemandMA).

Los resultados del modelo se obtuvieron mediante la optimización de cada uno de los escenarios del modelo de cadena de suministro implementado en GAMS. El modelo se ha estudiado mediante el uso de técnicas de regresión y métricas de descomposición de la varianza.  Respecto al objetivo general de conocer cuantitativamente cómo las variables de entrada afectan a las variables de salida, para la selección de un diseño de empresa flexible respecto a otro, el análisis apunta a priorizar las variables de entrada con incertidumbre de acuerdo al efecto que tiene sobre las variables de salida del modelo.

Referencias

*Presentaciones a congresos y publicaciones*

Laínez, J.M.; Bojarski, A.D.; Puigjaner, L. Chapter Title: "Environmental Considerations into Strategic and Tactical Planning of Supply Chains", in Environmental Planning, Editor: Newton, R.D. Series: Environmental Science, Engineering and Technology (2010). Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. ISBN: 978-1-61728-654-4

Moreno-Benito, M.; Espuña, A. “Facing New Products Demand through Simultaneous Structural and Operational Decisions in the Design of the Control Recipe” 14th International Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation  for Energy Saving and Pollution Reduction, Florencia (Italia), Mayo 2011, Chemical Engineering Transactions, Vol. 25, 423- 428, DOI: 10.3303/CET1125085

*Otras publicaciones relacionadas*

Guillén, G., Mele, F. D., Espuña, A., Puigjaner, L. “Addressing the design of chemicalsupply chains under demand uncertainty” Industrial and Engineering Chemistry Research, 2006, 45 (22), pp7566–7581