

Título: REDUCCIÓN DEL EFECTO BULLWHIP MEDIANTE TÉCNICAS BASADAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Nombre: Ponte Blanco, Borja

Universidad: Universidad de Oviedo

Departamento: Administración de empresas

Fecha de lectura: 02/12/2016

Programa de doctorado: Programa Oficial de Doctorado en Administración de Empresas

Dirección:

> **Director:** DAVID DE LA FUENTE GARCIA

> **Codirector:** RAÚL PINO DIEZ

Tribunal:

> **presidente:** CESÁREO HERNÁNDEZ IGLESIAS

> **secretario:** FRANCISCO JAVIER PUENTE GARCÍA

> **vocal:** Miles Weaver

Descriptores:

> ORGANIZACION DE LA PRODUCCION

El fichero de tesis no ha sido incorporado al sistema.

Resumen: La globalización ha revolucionado el contexto empresarial. El incremento de la oferta en bienes y servicios, los constantes cambios en los gustos de los consumidores y la expansión geográfica de las redes de distribución, entre otros factores, han trazado un nuevo entorno competitivo marcado por la intensidad, la complejidad y el dinamismo. Éste ha enfatizado el concepto de cadena de suministro. En los procesos, en las relaciones y en las interdependencias de la cadena de suministro se esconde una fuente clave de ventajas competitivas para las organizaciones que, sin embargo, es muy compleja de captar. Una de las razones de ello es la generación del denominado Efecto Bullwhip, que ha de entenderse como una fuente clave de ineficiencias en la cadena de suministro. Este fenómeno se refiere a la amplificación de la variabilidad de las órdenes transmitidas a lo largo del sistema.

Los capítulos 1 a 3 del presente trabajo exploran el papel de la inteligencia artificial en el desarrollo de mecanismos de previsión orientados a mejorar la gestión de la cadena de suministro. Se han utilizado redes neuronales artificiales (artificial neural networks, ANNs), bajo arquitecturas del tipo perceptron multi-capas (multi-layer perceptron, MLP) y funciones de base radial (RBF), junto a métodos estadísticos dentro de una estructura multi-agente. Ante demandas con tendencia y estacionalidad, el sistema ¿que escoge en cada momento la previsión más adecuada¿ obtiene un gran rendimiento en la reducción del Efecto Bullwhip desde una perspectiva local. Asimismo, se muestra cómo este sistema se podría integrar con facilidad en un sistema de mayor alcance, lo cual representa una de las principales ventajas de esta aproximación.

Los capítulos 4 a 6, que representan la principal línea de investigación dentro de este trabajo, tratan esta problemática desde una perspectiva sistémica. En este sentido, se pretende contribuir al despliegue de esta perspectiva dentro de las cadenas de suministro; el cual entendemos como el gran reto de las cadenas de suministro en el siglo XXI. Con este objetivo, se desarrolla un marco integrador para la gestión colaborativa de sistemas de producción y distribución basado en el Modelo de los Sistemas Viables de Beer (Viable System Model, VSM) y la Teoría de las Restricciones de Goldratt (Theory of Constraints, TOC). Sobre este marco, se explora la implementación de la solución mediante herramientas de modelado y simulación. Más en concreto, se utiliza la metodología Drum-Buffer-Rope (DBR) para proponer un motor operativo para la cadena de suministro y demuestra su eficacia, en comparación con alternativas tradicionales basadas en la producción en masa, tanto en términos operacionales (donde se engloba el Efecto Bullwhip) como en términos económicos.

No obstante, el trabajo subraya que la integración de procesos es sólo una de las áreas clave para el diseño de soluciones colaborativas. La transparencia en la información relevante, la sincronización y distribución en la toma de decisiones, y el diseño de un sistema de rendimiento global han de entenderse igualmente como condiciones sine qua non para la implementación exitosa de la colaboración en las cadenas de suministro. La alineación de incentivos también es esencial. Los riesgos y los beneficios han de ser compartidos adecuadamente con el objetivo de reducir la amenaza de comportamientos oportunistas. Los cinco campos mencionados se han considerado en la propuesta de una solución colaborativa viable y beneficiosa para todos los miembros; dado que este esquema nos permite comprender por qué solo un pequeño porcentaje de las cadenas de suministro reales son capaces de crear valor a través de la colaboración.

Esta Tesis Doctoral también pretende resaltar las técnicas de modelado y simulación como poderosos laboratorios de ensayo para el estudio de grandes problemas organizacionales que serían complejos de estudiar de otra forma. Este hecho subraya el enorme potencial del desarrollo de prototipos como metodología para el apoyo a la toma de decisiones y la transformación empresarial, especialmente en torno al complejo proceso de transición de una aproximación reduccionista (basada en la optimización local) a una holista (basada en la optimización global) en la cadena de suministro.

Globalization has utterly changed the economic landscape. The increase in the supply of goods and services, the constant evolution in customer preferences, and the geographical expansion of distribution networks, among other factors, have set up a new competitive environment, marked by intensity, complexity, and dynamism, that has put a greater emphasis on the concept of supply chain. Supply chain processes, relationships, and interdependencies can be a key source of competitive advantages. However, these advantages are difficult to capture. One of the reasons behind it is the generation of the so-called Bullwhip Effect, a major source of inefficiencies within supply chains. It refers to the amplification of the variability of orders throughout the system.

Chapters 1 to 3 in the present dissertation explore the role of artificial intelligence in the development of forecasting mechanisms that improve the management of the supply chain. We employ artificial neural networks (ANNs), both under multi-layer perceptron (MLP) and radial basis function (RBF) architectures, together with statistical methods within a multi-agent structure. Facing demand series with trend and seasonality, the

system that selects the most suitable forecast for every moment greatly mitigates the generation of the Bullwhip Effect from a local perspective. In addition, we show how this system could be easily integrated in a system with a larger scope, which represents one of the main benefits of this approach.

Chapters 4 to 6, which represent the main research stream of this research work, analyze this issue from a systemic perspective. In this sense, we aim to add to the deployment of this view throughout supply chains; which we understand as a major challenge for 21st-century supply chains. To this end, we develop an integrative framework for the collaborative management of production and distribution systems based on the Beer's Viable System Model (VMS) and on Goldratt's Theory of Constraints (TOC). Building upon this framework, we investigate the implementation of this solution through modelling and simulation techniques. Specifically, we design a Drum-Buffer-Rope (DBR) mechanism to act as the operational engine for the supply chain. We show its effectiveness in comparison with traditional alternatives based on the mass production paradigm both in operational (including the Bullwhip Effect) and financial terms.

Notwithstanding the foregoing, the present dissertation also underscores that process integration is only one of the key fields within the development of collaborative solutions for supply chains. Transparency in the relevant information, synchronization and allocation in the decision making must also be understood as conditions sine qua non for the successful implementation of collaboration across the system. Aligning incentives is also essential. In this regard, risks and benefits must be shared appropriately to reduce the menace of opportunistic behaviors. We carefully take into consideration all these fields in order to make the collaborative solution viable and profitable for every node, since we believe that this five-edge scheme makes it easier to understand why only a small percentage of real supply chains are capable of adding value through collaboration.

In this research, modelling and simulation techniques appear as powerful laboratories for the study of large organizational problems that would be difficult to study otherwise. This fact emphasizes the great potential of prototype development as a methodology for the support of decision making and business transformation, especially around the complex transition process from reductionism (based on local optimization) to holism (based on global optimization) in supply chains.