

Nuevas claves y propuestas para que los agentes gestionen eficientemente la cadena de suministro.

Roberto Alcalde Delgado¹, Lourdes Sáiz Bárcena¹, Ana Maria Lara Palma¹

¹ Área de Organización de Empresas. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. Calle: Francisco de Vitoria, s/n 09006 (Burgos). roberto.alcalde.delgado@gmail.com, lsaiz@ubu.es, amlara@ubu.es

Resumen

Los estudios de la cadena de suministro han puesto de manifiesto la importancia de su gestión eficiente, pero el efecto látigo que se produce en la cadena, incluso con la demanda constante, dificulta su control. En este trabajo se introduce una propuesta para reducir este efecto con actuaciones encaminadas a centralizar y compartir la información entre todos los agentes, manteniendo una trazabilidad global de la información

Palabras clave: cadena de suministro, efecto látigo, efecto Bullwhip, g-kanban

1. Introducción

Es frecuente buscar ventajas competitivas dentro de las organizaciones, pero estas también se pueden encontrar fuera de las mismas (Beamon, 1998). La buena gestión de la cadena de suministro (CS) se convierte en un factor de éxito y en una ventaja competitiva.

La gestión de la CS persigue la constante sincronización de los requerimientos del consumidor final con el flujo de materiales. Las materias primas han de moverse y transformarse desde el punto de suministro al de consumo en el menor tiempo posible. Para ello es primordial la integración y la coordinación de los agentes de la CS.

Para gestionar la CS de una organización es esencial conocer sus tres dimensiones: la dimensión vertical, la horizontal y la posición de la organización en la CS. La dimensión vertical se refiere a la cantidad de intermediarios que intervienen en la CS. Puede ser muy larga o muy corta, dependiendo del número de intermediarios que intervengan.

La dimensión horizontal hace referencia al número de proveedores o clientes que contiene cada grupo de intermediarios. Por último, la dimensión posición corresponde a la posición vertical en la que se encuentra la organización dentro de la CS.

Las alternativas son: al inicio o cerca de la fuente de suministro, al final o junto al consumidor final, o en un punto entre los extremos anteriores.

La estrategia de alineamiento de los agentes de la CS puede ser diferente, algunos ejemplos son: la gestión de inventario por el proveedor (Vendor Managed Inventory – VMI), la planificación colaborativa de las previsiones y reposiciones (Continuous Replenishment Program – CRP), la gestión de la relación con el cliente (Customer Resource Management – CRM), y la gestión de la relación con el proveedor (Supply Resource Management – SRM).

En general, la gestión de la CS depende de varios factores, los principales son: la longitud de la CS, el número de proveedores, la complejidad del producto y la posibilidad de intercambio de información.

2. El efecto látigo

Son aspectos importantes en la CS, la rapidez, la veracidad y la utilidad de la información que viaja por ella. Es frecuente encontrar CS donde no encontramos dichos aspectos y la información llega distorsionada como consecuencia de que procede del agente más próximo. De este modo los agentes más alejados del consumidor perciben una demanda con mayor oscilación y estacionalidad, aun en el caso de que el consumo real en el punto de venta sea casi constante.

Como advirtió Yao (2001), cuando los agentes actúan independientemente de los consumidores inciden negativamente en la efectividad, el valor añadido, los costes y el nivel de servicio de la CS. Estas perturbaciones en la CS se conocen como efecto látigo (Bullwhip effect).

La fuente de las perturbaciones del efecto látigo puede ser provocada por dos aspectos: la actuación de los agentes o la actuación del mercado.

La primera es debida a dos causas:

- Malas prácticas logísticas o ineficiencias inherentes a las cadenas, como por ejemplo, retrasar pedidos, tener unos inventarios inapropiados, mantener altos costes fijos en la reposición de existencias, malas redes de comunicación, etc.
- Actividades especulativas con afán de lucro o por miedo al futuro.

La segunda se debe fundamentalmente a cambios imprevistos en la demanda del mercado. Esta demanda puede que supere la capacidad de ser atendida autónomamente por los agentes minoristas. Cuando esto sucede, trasladan aguas arriba sus necesidades provocando unas expectativas crecientes en el resto de los agentes de la cadena.

Fujimoto (2007) hace una sugerencia para reducir el efecto látigo. Consiste en centralizar la información de la demanda real y prevista dentro de la CS, lo que proporciona un estado de información real de la demanda del consumidor para todos los agentes. De esta forma, la variación de la demanda del consumidor, expresada por los pedidos del estado anterior es sustituida por la demanda real, lo cual permite reducir el efecto látigo.

La industria automovilista utiliza dos sistemas para compartir la información: el sistema Kanban (de producción y de transporte) y el sistema previsiones a tres meses (Rolling the Three Months Forecast – RTTMF).

2.1. El sistema kanban

Para evitar producir en exceso, se debe utilizar un sistema pull, como es el sistema kanban. La palabra japonesa kanban significa señal o testigo. Es utilizada para identificar unas tarjetas que van ligadas a los lotes de los materiales durante la producción (kanban de transporte) o durante el transporte (kanban de transporte).

En este caso, nos interesa el kanban de transporte, por ser este, el que envía una señal de un agente a otro, de modo que este último le suministre el material. Si este no se encuentra en el almacén, lo fabricará. Para la fabricación puede ser necesario el envío de otras señales a sus proveedores, con lo cual se repite el proceso en otro eslabón de la CS (Figura 1).

Se dice entonces que la cadena de suministro está guiada por la demanda que es transmitida al ritmo de las señales kanban.

Históricamente el sistema kanban usaba unas tarjetas para señalar la necesidad de un material. Cada tarjeta kanban tiene información sobre la cantidad, la fecha de entrega y las piezas individuales que deben ser suministradas. Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido usar otros medios de comunicación electrónicos, como es el EDI (electronic data interchange, intercambio electrónico de datos).

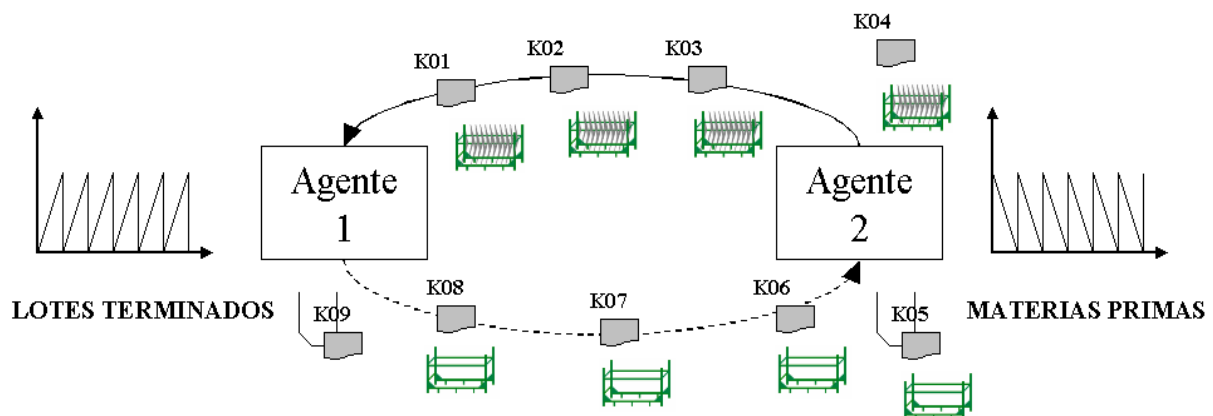


Figura 1. Sistema Kanban.

2.2. Sistema de previsiones a tres meses

En este sistema se intercambia información relativa a las previsiones de la demanda que realizará un agente a otro. Se establecen tres meses de horizonte para las previsiones, y el periodo de actualización del horizonte puede ser mensual. Los parámetros anteriores pueden cambiarse.

El coste de producción aumenta cuanto menor sea la exactitud de las previsiones de la demanda (Lee H et al, 2000). Aunque la exactitud de las previsiones de la demanda sea alta, como sucede en el sector del automóvil, conforme se avanza en la CS la exactitud disminuye, debido principalmente a la baja información intercambiada.

Es más beneficioso compartir información cuando la demanda disminuye que cuando aumenta (Tseng et al, 2005). También es importante el momento en el que se transmite la información.

Las previsiones tratan de adelantar la información y la fiabilidad de estas beneficiará a los agentes del canal. Si esto no fuera así, el lead time o flexibilidad de los agentes del canal será importante. Aunque la reducción del lead time es deseable, en ocasiones esta se consigue con una reducción de los beneficios por incremento del coste (Milner et al 2003).

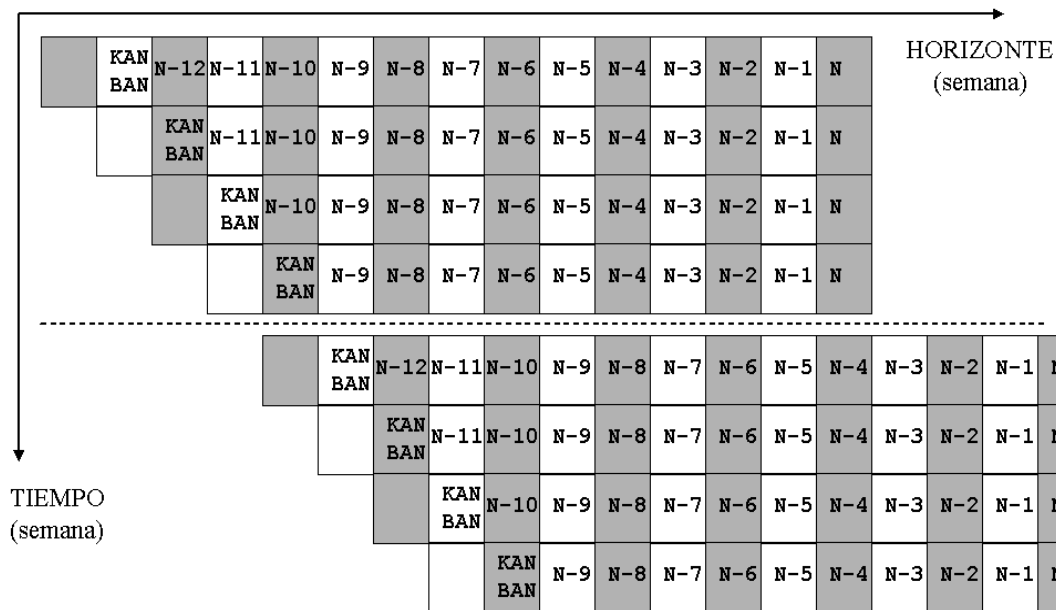


Figura 2. Sistema de Previsiones a Tres Meses y el sistema Kanban.

3. Propuestas para la cadena de suministro

El flujo tradicional de la información de la CS coincide con el flujo de material. Esto hace que los agentes tengan que fiarse de la información proporcionada por su agente más próximo, que puede no coincidir con la información real. Esto provoca inestabilidades que se traducen en ineficiencias en la CS (exceso de inventario, aumento del coste, etc...).

La estabilidad de la CS mejora cuando se comparte el conocimiento y se coordina a los agentes con la comunicación (Wu et al, 2006, Croson et al, 2003, Barrat, 2004, Machuca et al, 2004). La propuesta que se realiza se fundamenta en ello, mejorar la comunicación y la trazabilidad de la información para conseguir una mayor coordinación de todos los agentes.

En toda CS debe haber un intermediario que prevalece sobre los demás, y este debe ser quien establezca el ritmo y se lo comunique a los demás intermediarios. Además ha de estar compuesto por un único agente, al que llamaremos agente líder.

Hay que crear un canal de comunicación entre el agente líder y los demás intermediarios, como pueden ser, una página web, el sistema EDI (Electronic Data Interchange), el email u otro similar (Swaminathan et al, 2003). Este canal facilita la coordinación y la transmisión de la información (Figura 3) entre los agentes del CS.

El agente líder de la CS representado en la figura 3 es el productor. Cuando el agente líder no pertenezca ni al inicio ni al final de la CS existirán dos canales, uno para los clientes y otro para los proveedores de este.

Lo que se pretende es que sea la demanda del agente líder la que conduzca las actividades de toda la CS, en lugar de la demanda estimada o prevista por los agentes. Con ello se conseguirá reducir el efecto látigo. La reducción será mayor cuanto más cerca esté el agente líder del consumidor final.

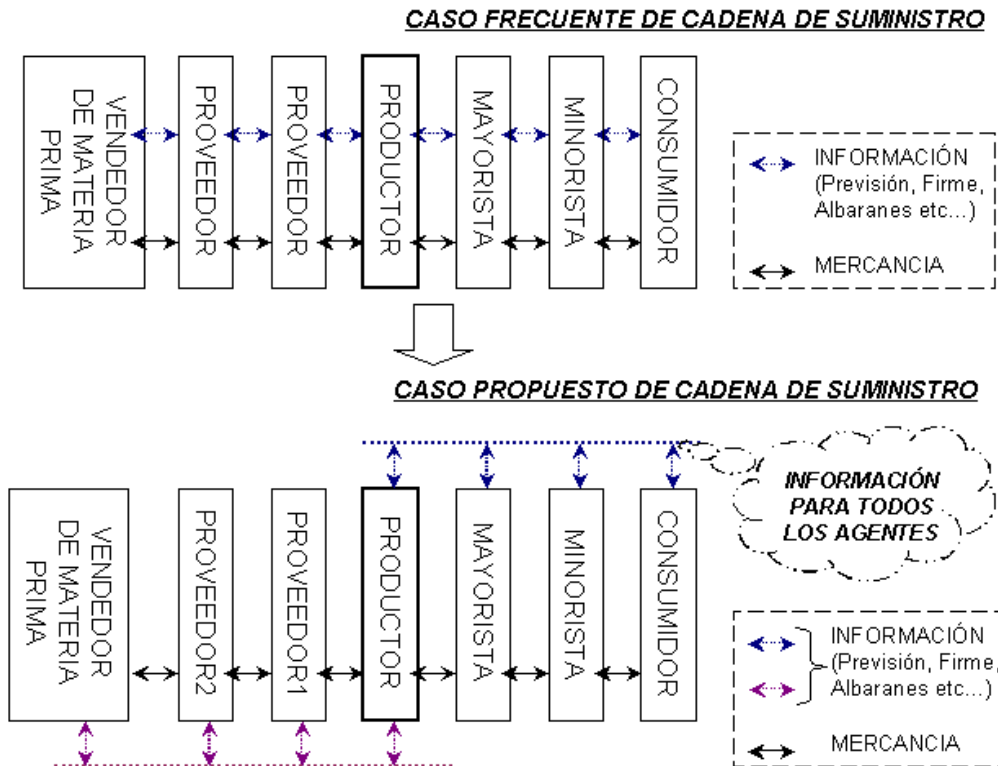


Figura 3. Cadena de Suministro Propuesta.

3.1. El sistema G-Kanban (Global Kanban)

La propuesta consiste en ampliar el sistema kankan a toda la CS, de ahí que se ha llamado sistema kankan global o g-kanban. La principal peculiaridad de este sistema es que las tarjetas kankan siempre contienen información del agente líder, incluso en el caso de que la petición provenga de otro agente. Se consigue conservar la trazabilidad de la información y la sincronización del flujo de materiales a lo largo del canal según las necesidades del agente líder.

Los agentes deben ser capaces de relacionar toda la información que pueden obtener de la CS. Para facilitar esto, la tarjeta g-kanban presentará un código de identificación interpretable, figura 4. Este código de la tarjeta g-kanban está formado por dos partes iguales, una correspondiente al agente líder y otra al agente que no es líder. Cada parte comienza con una letra que identifica el tipo de información transmitida (previsión o firme). Continúa con el día en el que es necesario y un contador alfanumérico correlativo.

Además del código anterior, la tarjeta g-kanban deberá contener la siguiente información:

- Agente Origen y Agente Destino
- Referencia del producto final del agente líder.
- Referencia de la pieza demandada por el agente, así como la cantidad y la fecha de entrega.
- Otros datos, como el identificador del transporte que recogerá la mercancía.

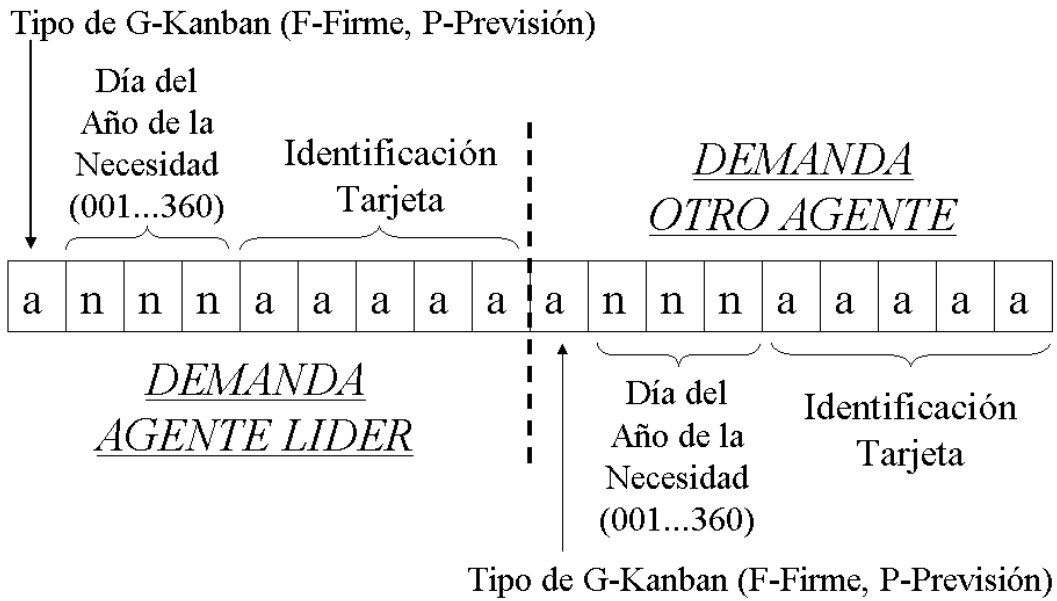


Figura 4. Codificación de la tarjeta g-kanban (Global Kanban)

A pesar de que la tarjeta tenga un agente origen y otro destino, la información es compartida con todos los agentes que forman el canal. La forma en la que se comparte esta información es crucial para evitar posibles espionajes entre los agentes que sean competidores. Es por esto, por lo que se debe establecer una política de accesibilidad de la información. Una opción puede ser que los datos de previsiones del agente líder sean visibles para todos los agentes, mientras que los firmes solo sean visibles para los agentes destino y el agente líder.

El agente líder enviará una tarjeta g-kanban a los siguientes agentes, y estos, en función de la cantidad disponible del material pueden enviar otra tarjeta g-kanban a su proveedor o agente, y así sucesivamente (figura 5). Todas las tarjetas g-kanban contienen una identificación de la demanda original del líder. Esta identificación puede ser utilizada para dar mayor visibilidad a todos los agentes por parte del líder, puesto que se puede reconstruir la situación real de los pedidos y las entregas a todos los agentes.

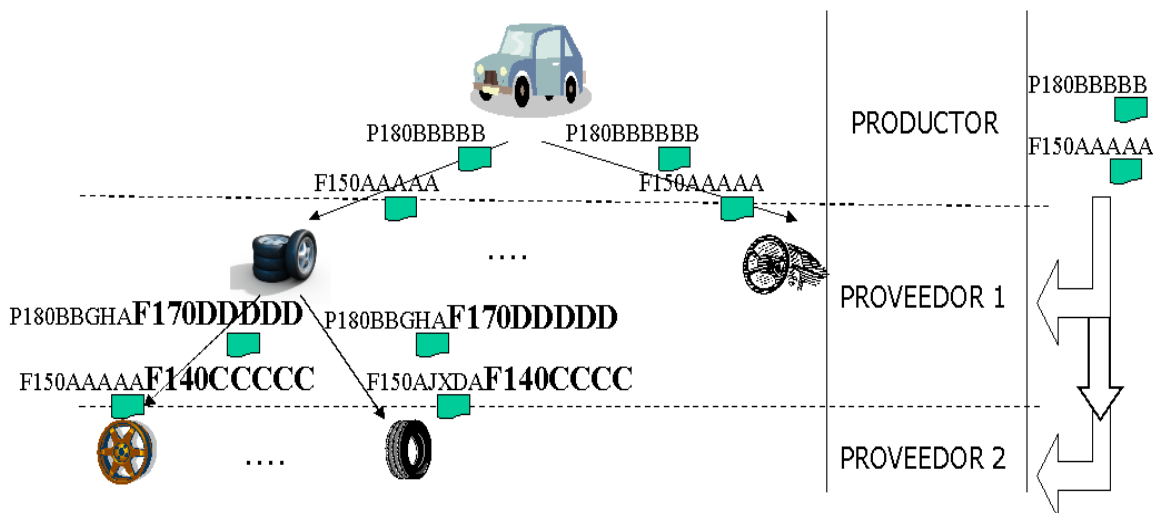


Figura 5. Coordinación de los intermediarios en el sistema G-Kanban

Al igual que con el sistema kankan, la tarjeta g-kanban o su información fluye asociada al flujo de mercancía.

Los agentes pueden utilizar la formula (1) para cuantificar la necesidad de tarjetas g-kanban.

$$\text{N}^\circ \text{ Tarjetas} = (\text{Necesidad media} * \text{Tiempo Aprov.} * \text{Coef. Seguridad}) / \text{Cantidad contenedor} \quad (1)$$

No debemos pensar que se eliminará por completo el efecto látigo, puesto que es un fenómeno de la CS (Croson, 2005) y como tal, existirá siempre en mayor o menor medida.

4. Conclusión

La principal contribución de esta comunicación es la idea de transmitir explícitamente un código que facilite la compartición global de la información entre los agentes de la CS.

La propuesta realizada incluye nuevos aspectos en el sistema kanban, como son, código de identificación interpretable, único y con trazabilidad. De esta forma se facilita el seguimiento global de información desde el agente líder o sincronizador del flujo hasta los demás.

De la aplicación de esta propuesta se consigue reducir la incertidumbre de la demanda y mejorar las actuaciones de los agentes. Esto es gracias a que se mejora la comunicación entre todos y se consigue una mayor visibilidad a toda la CS. Por todo ello, el efecto látigo se reducirá, consiguiéndose una CS más eficiente.

El uso de las nuevas tecnologías es un facilitador para implementar esta propuesta. Siendo el numero cambios tecnológicos en la CS dependiente del grado deseado de implementación.

Por otra parte, al ser una mejora inicialmente positiva para todos los agentes de la CS, su implementación será bien recibida.

Las amenazas para su implementación aparecen en aquellas CS donde los agentes juegan entre ellos con la información para conseguir mejores precios. Como es el caso de aquellas CS compuestas por intermediarios que tienen varios agentes que son competencia. O en otros casos en los que también se utilice la información para incrementar el poder de negociación del canal. Estas razones tienen peso suficiente en negocio como para plantearse dificultades y reticencias en su implementación.

Con el fin de superar las amenazas se pueden establecer unas políticas de accesibilidad a la información. Estas deben ser definidas por el líder y comunicadas a todos los agentes. Siendo su definición un factor clave para éxito de la implementación.

Referencias

Barrat, M. (2004). "Understanding the meaning of collaboration in the supply chain". *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1):30-42.

Beamon M. B. (1998). "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods". *International Journal of Production Economics*, 55(3):281-294.

Croson R., Donohue K., Katok E., Serman J. (2005). "Order stability in supply chains: coordination risk and the role of coordination stock". *Penn State Working Paper*.

- Croson, R., Donohue K. (2003). "Impact of POS data sharing on supply chain management: An experimental study". *Production and Operations Management*, 121:1-12.
- Fujimoto, H. (2007). "Towards an Efficient Supply Chain Management". *Osaka Keidai Ronshu*, 58(1).
- Lee H, So KC, Tang CS. (2000). "The value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain". *Management Science*, 46(5).
- Machuca, J.A.D. and Barajas, R.P. (2004). "The impact of electronic data interchange on reducing bullwhip effect and supply chain inventory costs". *Transportation Research Part E*, 40:209-228
- Milner, J.M., Kouvelis, P. (2003). "More Demand Information or More Supply Chain Flexibility: What Does the Answer Depend On?" *Working Paper*, <http://www.olin.wustl.edu/workingpapers/pdf/2003-03-001.pdf> (Consultada en Febrero-2008)
- Swaminathan, J.M., Tayur, S.R. (2003). "Models for Supply Chains in E-Business". *Management Science*, 49(10):1387-1406.
- Tseng, Y., Wong W.Y., Tu Y. (2005). "The Utilization of share demand information in a textile supply chain". *Conference. System Dynamics Society*.
- Wu D.Y., Katok E. (2006). "Supply Chain Design and Analysis: Models an Methods". *Journal of Operations Management*, 24:839-850.
- Yao, D. (2001). *Study of Bullwhip Effect and Channel Design in Supply Chains*. The University of Wisconsin-Milwaukee.

Planificación Colaborativa en el Contexto de Incertidumbre en la Gestión de la Red/Cadena de Suministro*

Nicolay Mena O'Meara¹, Francisco-Cruz Lario², Eduardo Vicens Salort³

¹ Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). UPV. Camino de Vera s/n, Edificio 8G.-Esc 4-Nivel 1. Valencia. nimeom@doctor.upv.es

² Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). UPV. Camino de Vera s/n, Edificio 8G.-Esc 4-Nivel 4. Valencia. fclariorio@omp.upv.es

³ Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). UPV. Camino de Vera s/n, Edificio 8G.-Esc 4-Nivel 4. Valencia. evicens@omp.upv.es

Resumen

Para satisfacer las demandas de un mercado cada vez más impredecible, se debe mejorar la Colaboración con los socios. Se necesita producir más productos de toda clase. También se necesita gestionar cada pedido con mayor eficacia y mayor rapidez. La combinación de todas estas exigencias es difícil de lograr. Para lograr esto se pretende dar a conocer una metodología novedosa para mejorar la Planificación Colaborativa en la Red/Cadena de Suministro, en particular el modelo de metodología que se pretende utilizar se basa en Inteligencia Artificial enfocándose en las redes Neuronales y Lógica Difusa, siendo modelos que en los últimos años han tenido gran acogida por muchos investigadores interesados en la Planificación de la Red/Cadena de Suministro.

Palabras clave: Red de Suministro, Planificación Colaborativa, Incertidumbre

1. Introducción

El Marco de Planificación Colaborativa de la Cadena de Suministro es extraído de diferentes autores, que han publicado sus artículos desde el año 1990 a 2006 (Ver Tabla 1). El objetivo de este documento es analizar y discutir los diferentes métodos de Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministro generados hasta el momento. Esta investigación analiza primero la Planificación Colaborativa de la R/CdS en las etapas de Proveedor, Fabricación y Distribución. Del análisis del actual Estado del Arte se deduce que el Contexto de Incertidumbre (Mena et al, 2008) ha sido el menos investigado. Y modelos de mayor uso actualmente para este tipo problemas de incertidumbre en la R/CdS son los de Inteligencia Artificial. En el presente documento se pretende dar a conocer el funcionamiento de una Red Neuronal Difusa (FNN).

* Este trabajo proviene de la participación de los autores en el proyecto de investigación de "Metodología Jerárquica en Contexto de Incertidumbre en la Planificación Colaborativa de la Cadena/Red de Suministro-Distribución. Aplicación al Sector Cerámico" (DPI2004-06916-CO2-01).

2. Tipos de Modelos en la Gestión de Red/Cadena de Suministro para Planificación de la Cadena de Suministro en Contexto de Incertidumbre.

Distintos autores (Arrow, 1951; Morse y Kimball, 1951; Clark y Scarf, 1960; Lariviere, 1999; Lee y Whang, 1999; Cachon, 2001; Zha, 2002; Jeong, 2002; Gupta, 2003; Berning y Guido, 2004; Jung, 2004; Donk, 2005; Ying, 2005; Hua, 2006; Peidro, 2007; Liang, 2008) han clasificado los posibles Tipos de Problema de Incertidumbre presentes en la CdS de forma diferente. Los cuales se clasifican en este documento en tres categorías: Problema de Suministro, Problema de Producción y Problema de Demanda (En Centros de Distribución, Detallistas, etc.). El Problema de Suministro está causado por la variabilidad del funcionamiento del proveedor debido a las entregas defectuosas o retrasadas que realice. El Problema de Producción resulta de la falta de fiabilidad del proceso de producción. Finalmente, Problema de Demanda es la más importante de los tres, se presenta en forma de previsiones inexactas.

A partir de los diferentes Modelos bajo Incertidumbre se ha llegado a una Metodología de Modelado en la cual se tiene en cuenta las etapas Proveedor, Fábrica y Distribución, podemos ver que es de gran importancia la Planificación en cada una de éstas. En el siguiente apartado se explicará con más detalle la Metodología y se harán otras referencias de más relevancia.

Tabla 32 - Resumen de enfoques de la CdS con Planificación Colaborativa

Autores	Año	Tema de Enfoque
Fiske et al	1990	Teoría de forma relacional y concepto de interdependencia analizando la CdS
Sheppard y Sherman	1998	Tipología de configuración de la CdS
Rey	2001	Estrategias de Colaboración
Lejeune y Yakova	2003	Configuraciones de la CdS teniendo en cuenta las 4C's
Danese	2004	Reaprovisionamiento, Pronóstico, Planificación Colaborativa, (CPFR)
Akkermans	2004	Toma de Decisiones con múltiples compañías independientes
Stadler H.	2005	Procesos de Planificación en la CdS
Holweg, Matthias	2005	ECR, VMI y CPFR
Hacklin	2006	Herramientas de Planificación Estratégicas, Innovación Colaborativa
Verheij	2006	Desarrollo de nuevos métodos para una plataforma como soporte a los procesos de planificación colaborativa en proyectos
Grosz	2006	Modelo con una dinámica de Agentes en el contexto de Actividad Colaborativa

2.1. Metodología para la Planificación Colaborativa con Incertidumbre en la GCS con Inteligencia Artificial.

Según Bongju et al., (2002) la Cadena de Suministro consta de 3 etapas: Proveedor, Producción y Distribución. Estas etapas también implican tres entidades de negocio como se

muestra en la Figura. 1: Vendedores, Fabricantes y Distribuidores los cuales inician y ejercen esfuerzos en cada correspondiente etapa. Muchos investigadores consideran a los distribuidores y a los detallistas como entidades claves del negocio (Beamon; 1998). Aunque muchas actividades y diversas funciones se incluyen en cada una de las anteriores etapas, el presente estudio pretende enfocarse en las actividades de planificación. Reconocer la importancia de la actividad de planificación en una etapa determinará cuán efectiva es la Red/Cadena de Suministro bajo un ambiente externo e interno de Incertidumbre. Las actividades de planificación en una Cadena de Suministro son diferentes unas de otras según sus variables de pronóstico y las etapas implicadas, como se muestra en la Figura 1.

Numerosas investigaciones tratan de determinar el problema de la Incertidumbre en la Planificación y generalmente emplean métodos estadísticos.

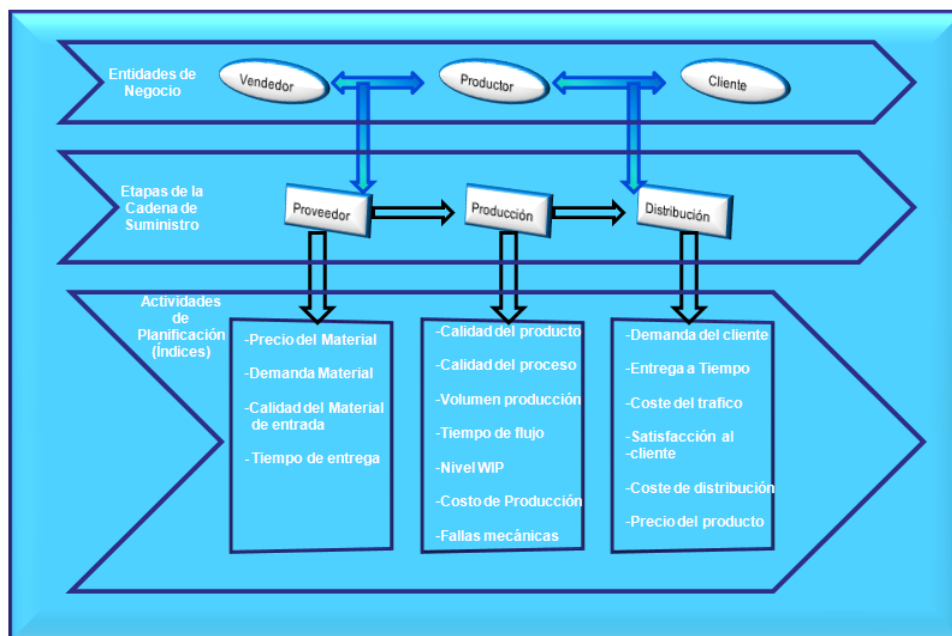


Figura 21. Actividades de Planificación en la Cadena de Suministro (Fuente elaboración Propia)

Sin embargo, uno de los grandes problemas de la Planificación se centra en la Planificación de la Demanda debido a su influencia de ambientes internos y externos. Recientemente, la Inteligencia Artificial principalmente las Redes Neuronales Artificiales (ANNs), se están aplicando a la Planificación de la Demanda por su funcionamiento prometedor en áreas de reconocimiento. En el presente documento se pretende dar a conocer el funcionamiento de una Red Neuronal Difusa (FNN), que pueda eliminar los pesos de poca importancia, para luego aprender reglas IF-THEN difusas (decisiones) obtenidas de la propia experiencia de los decisores de cada Etapa (Proveedor, Producción y Distribución) para mejorar la Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministro. El resultado de las FNN se complementa con los datos históricos a través de una ANN. Según Kuo et al; (2002) los resultados obtenidos con las FNN, eliminando los correspondientes pesos, son mejores que los obtenidos sin eliminar sus pesos, superando los métodos estadísticos y a las ANN solamente en exactitud.

3. Métodos para la Toma de Decisiones en la Planificación Colaborativa basada en Inteligencia Artificial.

3.1. Introducción a la Inteligencia Artificial en La Cadena de Suministro

La Inteligencia Artificial empezó como resultado de la investigación en la psicología cognitiva y lógica matemática. Se ha encaminado sobre la explicación del trabajo mental y construcción de algoritmos de solución a problemas de propósito general. Punto de vista que favorece la abstracción y la generalidad. Dentro del gran panorama de oportunidades que tenemos para poder aplicar la inteligencia artificial en las empresas, es muy notoria la presencia de un punto en especial, “La inteligencia artificial en la Cadena de Suministro”. En muchas ocasiones, la competencia en la Cadena de Suministro radica en la acertada toma de decisiones, en tiempo y forma. Pero también es difícil encontrar personas que tengan las características necesarias para tomar decisiones correctas en todo momento. Estos decisores, necesitan de herramientas que les permitan visualizar de un modo general, las fortalezas y debilidades de su Cadena, así como las áreas de oportunidad que pudieran llegar a presentarse. Además necesitan de sistemas que les ayuden a mejorar la calidad de las decisiones que se toman día a día. La mayoría de los sistemas de inteligencia artificial, tienen la peculiaridad de “aprender”, lo que les permite ir perfeccionando su desempeño conforme pasa el tiempo. Además estos sistemas pueden analizar volúmenes muy grandes de información a muy alta velocidad, lo que permite obtener indicadores puntuales de las operaciones de la empresa. En el presente documento, se expondrán algunas de las características más importantes del uso de la Inteligencia Artificial (IA) en la Toma de Decisiones en la Cadena, sus componentes, áreas de oportunidad, además las variantes que se pueden desprender de la tecnología y la forma en cómo pueden ser aplicados en el mundo real.

3.2. Métodos de para la TdD con ANN

La mayoría de los métodos de Planificación de la Demanda convencionales según (Meyer; 1993), utiliza diferentes factores o datos estadísticos para determinar la Planificación. Sin embargo, la relación entre los factores o los datos históricos (variables independientes) y la Planificación de la Demanda (la variable dependiente) es difícil de entender. Obtener resultados prometedores para estos enfoques es bastante difícil. Por lo que, diferentes personas toman decisiones y prefieren utilizar su propia intuición, en vez de enfoques basados en modelos de datos históricos. Sin embargo, un modelo libre como lo es el de ANN, que se aplica en el área de Planificación de la Demanda es adecuado para el reconocimiento de patrones en control (Automática). Las ANN son sistemas derivados por modelos de neurofisiología. En general, consiste en una colección de operaciones no lineales y sencillas cuyas entradas y salidas interaccionan para formar una red. En muchos estudios se han usado las ANN para Planificar la Demanda, aunque sus conclusiones sean a menudo contradictorias. Algunos estudios como los de, Weigen et al; (1991), dicen que las ANN son métodos fiables, mientras otros estudios como los de Tang et al; (1991), contradicen la afirmación de Weigen. Weigen et al; (1991) introdujo la eliminación de pesos a través del algoritmo backpropagation⁸⁵ aplicado al estudio de manchas solares. Adicionalmente, las ANN se han

⁸⁵**Algoritmo Backpropagation** (es un algoritmo de una red neuronal retroalimentada), es un algoritmo de aprendizaje supervisado que busca predecir la variable necesitada; se debe conocer los valores de salida esperados (los cuales son obtenidos por medio de recopilación de datos de un promedio histórico), y los asocia con las entradas, para tener un reconocimiento o clasificación de patrones actualizando pesos y ganancias.

comparado con los métodos de Box–Jenkins en trabajos como el de tráfico de pasajeros en una aerolínea internacional, ventas de coches en el sector domestico y ventas de coches en los EEUU (Tang et al; 1991). Concluyó que los modelos de Box-Jenkis superaron a los modelos de ANN en la Planificación de Demanda a corto plazo, aunque las ANN superaron al modelo de Box-Jenkis en la Planificación de Demanda a largo plazo. Chakraborty et al; (1992), presentó un enfoque de las ANN analizando las series temporales multivariantes, usando pronósticos en los precios de harina de tres ciudades de EEUU, demostrando que el mejor desempeño lo presentaron las ANN. Además, Lachtermacher y Fuller; (1995), presento un modelo calibrado de ANN, que usa el modelo Box-Jenkis para identificar datos de “componentes de demora”. Este modelo empleó también un método heurístico para sugerir el número de unidades necesitadas para estructurar el modelo.

3.3. Métodos para la TdD con FNN

Las ANN y los modelos difusos se han utilizado en muchas áreas de aplicación (Zadeh, 1973; Lippmann, 1987; Lee, 1990), mostrando sus ventajas y desventajas. Por lo tanto, se ha obtenido un gran éxito combinando ambos modelos. Últimamente hay dos modelos que han alcanzado un importante protagonismo en este ámbito de aplicación: (1) las ANN y (2) la Lógica Difusa. La Lógica Difusa se basa en el conocimiento de expertos (decisiones), sin embargo, no es muy objetiva. Además, adquirir conocimientos robustos y encontrar expertos disponibles en el tema es difícil. Las Redes Neuronales y la Lógica Difusa pueden aproximar cualquier función no lineal mediante su funcionamiento interno con neuronas ocultas o con reglas difusas disponibles. Recientes resultados demuestran que la fusión de las dos modelos parece ser muy eficaz para modelar una extensa clase de sistemas complejos no lineales en los que no se dispone de información completa de algún modelo. Hoy en día se trabaja, con algoritmos de ANN que aprenden por si mismos para aumentar el desempeño de sistemas difusos y se ha demostrado que son innovadores. Además, las reglas difusas IF-THEN nacieron y fueron ajustadas aprendiendo de métodos que usan los datos numéricos. Takagi y Hayashi, (1991) introdujeron una ANN de propagación hacia a delante con Lógica Difusa. Jang, (1991, 1992); y Jang y Sun, (1993) propusieron un método que transforma el sistema difuso en una red capaz de adaptarse a un medio equivalente y funcional, empleando un algoritmo Error-Backproagation (EBP) para actualizar los parámetros de premisas e identificar los parámetros de consecuencia. Mientras tanto, Shibata et al., (1992) presentaron métodos semejantes. (Lin y Lee, (1991) propusieron un sistema difuso, basado en un Control de Lógica con una Red Neuronal (NN-FLCS). Ellos introdujeron un bajo nivel de aprendizaje a las Redes Neurales y a la Lógica Difusa para obtener una arquitectura de conexiones normales. Además, Kuo et al., (1999) introdujeron una ANN hacia a delante (se refiere a un aprendizaje hacia a delante) con Lógica Difusa representada por el modelo de Takagi–Sugeno⁸⁶.

⁸⁶ Modelos del tipo Takagi-Sugeno: Son las funciones que definen los parámetros del consecuente. Para la premisa, los parámetros son los que definen los conjuntos difusos que dividen el espacio de entrada.

4. Asignación de las Fuzzy Neuronal Networks para la Tomas de decisiones en la Gestión de Red/Cadena de Suministro.

4.1. Aspectos Claves para la Metodología

A partir de los planteamientos identificados en los apartados anteriores, se determinan las bases para esta metodología y así poder desarrollar, en un futuro trabajo, los modelos que buscan dar solución al problema, pensado en el contexto del sector cerámico, destacando la selección del modelo que sirve de referencia y de fundamento teórico para ser aprovechado en la resolución del problema planteado. En virtud del desarrollo del modelo que se pretende realizar, su validación práctica es necesaria, por lo que se propone identificar aquellas técnicas de solución (apartado 3.2 y 3.3) que permiten la posible aplicación del modelo y obtención de los posibles resultados, a partir de los cuales la deducción de las futuras conclusiones permitirá examinar el desempeño del modelo, analizar con mayor profundidad la problemática, corroborar las preguntas de investigación, revisar las implicaciones para la teoría, las prácticas y las políticas de gestión, así como identificar las limitaciones y líneas futuras de investigación. En los siguientes párrafos se muestra el desarrollo de la metodología para llegar al posible modelo.

Primero se discute con el Decisor de cada Etapa (Proveedor, Producción y Distribución) de la Cadena de Suministro para seleccionar el ámbito de aplicación de las Etapas de la CdS de las actividades de Planificación. A continuación se deberán examinar las actividades de planificación que intervienen en dicho ámbito y por último se discutirá sobre los factores importantes que afectan a la Planificación.

Luego se recolectan todos los factores que afectan cada actividad de Planificación seleccionada y teniendo éstas se usan las FNN para establecer reglas IF-THEN. Esto para arreglar los factores que afectan la Planificación. Teniendo los factores que afectan la Planificación se integran con los datos históricos de la Planificación de la Etapa a planificar (Proveedor, Fabrica y Distribución), por medio de una Red Neuronal Backpropagation.

Para manejar los factores que afectan la Planificación se necesita un enfoque más robusto y por esto se usan Redes Neuronales Difusas (FNN) y Redes Neuronales Artificiales (ANN).

Para pronosticar un sistema inteligente se necesita según Kuo et al., (2002):

- Recopilación de datos,
- un modelo especial Redes Neuronales Difusas como pauta, e
- integración para la Toma de la Decisiones con una Red Neuronal Artificial.

La Figura 2 muestra la Arquitectura del modelo. La arquitectura del modelo determina primero los factores cualitativos⁸⁷ que afectan la Planificación de la Demanda. Después estos factores se integran con los históricos (factores cuantitativos⁸⁸) por una Red Neuronal con propagación hacia adelante con un algoritmo de Error Back-Propagation (EBP).

⁸⁷Las técnicas cualitativas se usan cuando los datos son escasos, por ejemplo cuando se introduce un producto nuevo al mercado. Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativa en estimados cuantitativos.

⁸⁸Las técnicas cuantitativas son Análisis de Series de Temporales (de Tiempo). El análisis consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro.

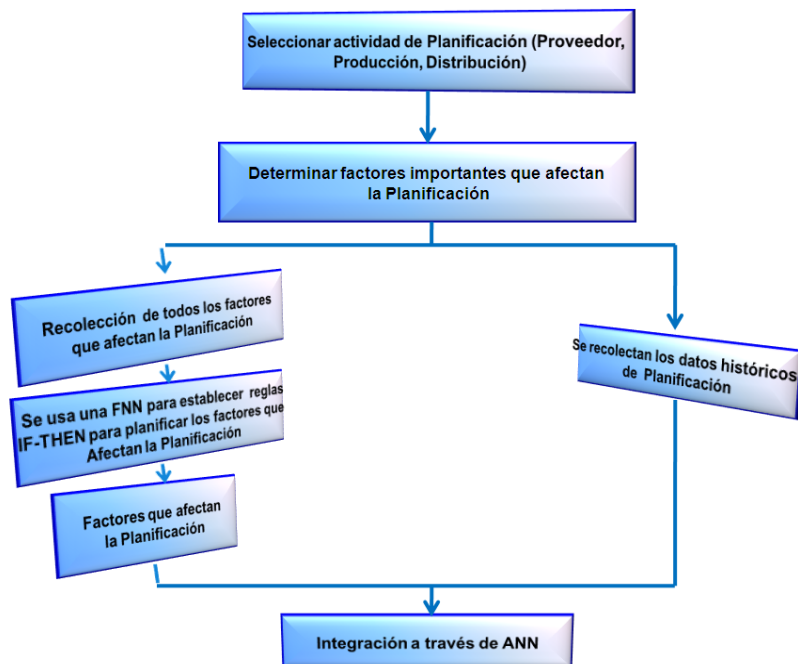


Figura 2. Arquitectura de la Metodología (Fuente de elaboración propia).

4.1.1. Recopilación de Datos

Se requieren dos clases de datos diferentes, que incluyen datos cuantitativos y cualitativos. En la etapa a planificar de la Cadena de Suministro se deben proporcionar datos históricos de las actividades de planificación necesarias, mientras que los factores que afectan la planificación de cada etapa pueden ser aplicados por reglas IF-THEN. En este estudio se pretende usar decisiones difusas para obtener reglas difusas IF-THEM de los expertos (decisores) del dominio.

4.1.2. Modelo especial Redes Neuronales Difusas como pauta:

Para realizar eficientemente la actividad de planificación mediante FNN hay que tener en cuenta que la arquitectura de las FNN se basa en Lógica Difusa que posee una condición previa y una consecuencia; un ejemplo de variables de condición previa son los de factores efectivos mientras la Demanda representa variables de consecuencia. Para poder aplicar esta arquitectura del modelo se debe buscar el método que sea más conveniente para obtener los datos y las reglas IF-THEM. Después de este procedimiento, los datos se pueden aplicar para entrenar la FNN propuesta. La estructura estudiada de FNN es similar a la de Ishibuchi et al., (1995). La diferencia principal es que la red que se pretende emplear es la de distribución de campana asimétrica en vez de distribución triangular con pesos borrosos. Además, la red puede eliminar los pesos poco importantes durante la instrucción.

4.1.3 Integración para la Toma de la Decisiones con una Red Neuronal Artificial

Las FNN proporcionan un efecto cualitativo en la Toma de Decisiones. Para poder obtener el resultado esperado de la integración de los factores que afectan la Planificación con los datos

históricos de las planificaciones anteriores, en este estudio, se pretende emplear una Red Neuronal con Propagación hacia Adelante con un Algoritmo de Aprendizaje Backpropagation (EBP). Cada resultado de las FNN es un número borroso, el cual tiene diferentes cortes, estos se pretenden aplicar para obtener números verdaderos de FNN.

5. Conclusiones

Pretende desarrollar un sistema de **Planificación Colaborativa** basado en IA enfocándose en **Redes Neuronales** y **Lógica Difusa** para resolver los problemas de Incertidumbre en la Red/Cadena de Suministro. Se quiere proporcionar mediante la integración de las Redes Neuronales y Lógica Difusa una planificación más segura en cada etapa de la Red/Cadena de Suministro. Y mediante esta metodología lo que se pretende es que el sistema aprenda de datos históricos para que cada vez mejore la respuesta deseada.

Referencias

- Arrow, K.A.; Harris, T.E.; Marschak, J. (1951). "Optimal inventory policy". *Econometrical*, 19:250–272.
- Beamon, B.M. (1998). "Supply chain design and analysis: models and methods". *International Journal of Production Economics*, 55:281–294.
- Berning, G. (2004). "Integrating collaborative planning and supply chain optimization for the chemical process industry (I) methodology". *Computers & Chemical Engineering*, 28(6-7):913-27
- Bongju, J.; Ho-Sang J.; Nam-Kyu P. (2002). "A computerized causal forecasting system using genetic algorithms in supply chain management". *The Journal of Systems and Software*, 60:223–237.
- Cachon, G.P. (2001). "Supply Chain coordination with contracts". *Working paper*, The Wharton School of Business, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Chakraborty, K.; Mehrotra, K.; Mohan, C. K. (1992). "Forecasting the behavior of multivariate time series using neural networks". *Neural Networks*, 5(6):961–970.
- Clark A. J.; Scarf H. (1960). "Optimal Policies for a multiple echelon inventory problem". *Management Science*, 6:475-490
- Dudek, G.; Stadtler, H. (2005). "Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners". *European Journal of Operational Research*, 163(3):668-87.
- Fiske, A.P. (1990). "Relativity within Moose ("Mossi") culture: four incommensurable models for social relationships". *Ethos*, 18:180–204.
- Grosz, B.J.; Luke H. (2006). "The dynamics of intention in collaborative activity". *Cognitive Systems Research*, 7(2-3):259-72.
- Gupta, A.; Maranas, C.D. (2003). "Managing demand uncertainty in supply chain planning". *Computers and Chemical Engineering*, 27:1219-1227

- Hacklin, F.; Marxt, C.; Fahrni, F. (2006). "Strategic venture partner selection for collaborative innovation in production systems: A decision support system-based approach". *International Journal of Production Economics*, 104(1):100-12.
- Holweg, M. (2005). "Supply Chain Collaboration: Making Sense of the Strategy Continuum". *European Management Journal*, 23(2):170-81.
- Hua, Z.; Li, S.; Liang, L. (2006). "Impact of demand uncertainty on supply chain cooperation of single-period products". *International Journal of Production Economics*, 100(2):268-284.
- Ishibuchi, H.; Kwon, K.; Tanaka, H. (1995). „A learning algorithm of fuzzy neural networks with triangular fuzzy weights". *Fuzzy Sets and Systems*, 71:277–293.
- Jang, J. -S. R. (1991). "Fuzzy modelling using generalized neural networks and kalman filter algorithm". *Proceedings of Ninth National Conference on Artificial Intelligence* (pp. 762–767).
- Jang, J.-S.R. (1992). "Fuzzy controller design without domain expert". *IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 289–296).
- Jang, J.-S. R.; Sun, C.-T. (1993). "Functional equivalence between radial basic function networks and fuzzy inference systems". *IEEE Transactions on Neural Networks*, 4(1):156–159.
- Jeong, B.; Jung, H.; Park, N. (2002). "A computerized causal forecasting system using genetic algorithms in supply chain management". *The Journal of Systems and Software*, 60:223–237.
- Jung, J.Y.; Blau, G.; Pekny, J.F.; Reklaitis, G.V.; Eversdyk, D. (2004). "A simulation based optimization approach to supply chain management under demand uncertainty". *Computers & Chemical Engineering*, 28(10):2087-106.
- Kuo, R.J.; Xue, K.C. (1999). "Fuzzy neural network with application to sales forecasting". *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2):123–143.
- Kuo, R.J.; Wu, P.; Wang, C.P. (2002). *An intelligent sales forecasting system through integration of artificial neural networks and fuzzy neural networks with fuzzy weight elimination*.
- Lachtermacher, G.; Fuller, J. D. (1995). "Backpropagation in time-series forecasting". *Journal of Forecasting*, 14:381–393.
- Lariviere, M.A. (1999). "Supply Chain contracting and coordination with stochastic demand". In S. Tayur, R. Ganeshan, M. Magazine (eds.), *Quantitative Methods for Supply Chain Management*. Kluwer Academia Publishers, Norwell, M.A.
- Lee, C.C. (1990). "Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller—Parts I and II". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 20(2):404–435.
- Lejeune, M.A.; Nevena Y. (2005). "On characterizing the 4 C's in supply chain management". *Journal of Operations Management*, 23(1):81-100.

- Liang, T.-F. (2008). "Integrating production-transportation planning decision with fuzzy multiple goals in supply chains". *International Journal of Production Research*, 46(6):1477–1494.
- Lin, C.T.; Lee, C.S.G. (1991). "Neural-network-based fuzzy logic control and decision system". *IEEE Transactions on Computer*, C-40(12):1320–1336.
- Mena, N.A.; Vicens, E.; Lario, F.C. (2008). "Methodologies of Modeling in the Supply Network/Chain Management (SN/CM) in the Context of Uncertainty in the Process Hierarchical Planning". *15th International Working Seminar on Production Economics*; Innsbruck.
- Meyer, G.G. (1993). "Marketing research and sales forecasting at schlegel corporation". *Journal of Business Forecasting*, 12(2):22–23.
- Morse, M.P.; Kimbal, G.E. (1951). *Methods of operations research*. Cambridge:MIT Press.
- Peidro, D.; Mula, J.; Poler, R. (2007). "Supply chain planning under uncertainty: a fuzzy linear programming approach". *Fuzzy Systems Conference. FUZZ-IEEE 2007*. IEEE International. July 2007. pp. 1-6.
- Sheppard B.H.; Sherman D.M. (1998). "The grammars of trust: a model general implications". *Academy of Management Review*, 23(3):422–437.
- Shibata, T.; Fukuda, T.; Kosuge, K.; Arai, F. (1992). "Skill based control by using fuzzy neural network for hierarchical intelligent control". *Proceedings IJCNN'92* (pp. II-81–II-86).
- Stadler, h. (2005). "Supply Chain Management and Advanced Planning-basics. Overview and challenges". *European Journal of Operational Research*, 163:575-588.
- Rey, M. (2001). "Supply Chain Collaboration". *Transport & Logistics, Business Briefing: Global Purchasing and Supply Chain Networks*. 40-42.
- Takagi T.; Hayashi, I. (1991). "NN-driven fuzzy reasoning". *International Journal of Approximate Reasoning*, 5:191–212.
- Tang, Z.; Almeida, C.; Fishwick, P. A. (1991). "Times series forecasting using neural networks vs. Box–Jenkins methodology". *Simulations, Simulations Councils*, 303–310.
- Van Donk; Dirk Pieter; Taco, van der Vaart (2005). "A case of shared resources, uncertainty and supply chain integration in the process industry". *International Journal of Production Economics*, 96(1):97-108.
- Verheij, H.; Godfried A. (2006). "Collaborative planning of AEC projects and partnerships." *Automation in Construction*, 15.4: 428-37.
- Weigen, A.S.; Rumelhart, D.E.; Huberman, B.A. (1991). "Generalization by weight-elimination with application to forecasting". *Advances in Neural Information Processing Systems*, 3:875–882.
- Ying Xie; Keith Burnham. (2005). "A heuristic procedure for the two-level control of serial supply chains under fuzzy customer demand". *Int. J. of Production Economics*, 102(1):37-50.

Zadeh, L.A. (1973). "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3(1):28–44.

Zha, X.F. (2002). "A knowledge intensive multi-agent framework for cooperative/ collaborative design modeling and decision support of assemblies". *Knowledge-Based Systems*, 15(8):493-506.

