

Modelo borroso para la evaluación y selección de proveedores

Javier Puente¹, Nazario García¹, Isabel Fernández¹, José Parreño¹

¹ Dpto. de Administración de Empresas, Área de Organización de Empresas. Escuela Politécnica Superior. De Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo. Campus Viesques, s/n 33204. Gijón. jpuente@uniovi.es, ngarciaf@uniovi.es, ifq@uniovi.es, parreno@uniovi.es.

Resumen

La función de compras se ha consolidado como una de las áreas críticas en la gestión de negocios. Si antes las relaciones entre comprador y vendedor estaban confrontadas, las tendencias actuales apuntan a la necesidad de comunicación y cooperación de ambas partes para lograr ventajas competitivas en el mercado. La toma de decisiones respecto a la evaluación y selección de proveedores, constituye un objetivo estratégico crucial de compleja gestión. Complejidad que se deriva entre otros factores de: a) La elección de las variables determinantes en la evaluación, b) La contingencia de estas variables respecto a diferentes categorías de producto y situaciones de compra, c) La metodología aplicada, d) La incertidumbre asociada a la valoración de algunas de las variables involucradas en los modelos.

El trabajo analiza el concepto de evaluación de proveedores y las variables involucradas para llevarla a cabo según diferentes autores. Posteriormente, se propone un modelo de evaluación y selección de proveedores que permite obtener el listado de proveedores homologados y tomar decisiones sobre el proveedor idóneo en la adjudicación de un suministro. Además, para incluir la incertidumbre asociada a la cuantificación de determinadas variables involucradas en el modelo, se extiende el mismo mediante el empleo de lógica borrosa.

Palabras clave: evaluación de proveedores, selección de proveedores, gestión de la cadena de suministro, lógica borrosa, sistemas de inferencia borrosos

1. Introducción

En la organización empresarial la gestión de proveedores ha venido teniendo un papel poco determinante en el éxito empresarial (Törrönen y Möller, 2003) hasta la concepción de dicha gestión en cadenas de suministros, que permite fortalecer la competencia en los mercados y donde la evaluación y selección de unos buenos proveedores se convierte en una pieza clave de éxito (Brun y Staudacher, 2000).

La revisión de la literatura sobre la evaluación y selección de proveedores permite identificar sus principales ventajas e inconvenientes (Min, 1994; Romero, 1996; De Boer et al., 2001; Bhutta, 2003). Como ventajas se señalan, entre otras, la posibilidad de obtener un ranking de proveedores, su calificación comparativa, la identificación de los criterios influyentes en su evaluación, o la capacidad de elegir el proveedor idóneo en una decisión de compra. Como desventajas destacan, la disparidad tanto de las definiciones empleadas para referirse a la “evaluación” y “selección” de proveedores como de las variables determinantes empleadas en dichos procesos, la dificultad de evaluar simultáneamente a proveedores nuevos e históricos,

o la complejidad asociada a la selección del proveedor idóneo según la importancia estratégica del producto objeto de compra.

Para mitigar dichas desventajas este trabajo propone, en primer lugar, un diseño de modelo que utiliza evaluaciones ponderadas de las variables consideradas más relevantes en la literatura. En segundo lugar y dado el alto grado de subjetividad en la asignación de las ponderaciones anteriores junto con la dificultad de procesar objetivamente información relevante para la decisión, se propone extender el modelo anterior mediante el empleo de la lógica borrosa. De esta forma, las variables involucradas pueden ser tratadas de forma lingüística y además, puede insertarse (en forma de reglas) el conocimiento necesario para tomar las decisiones de evaluación y selección.

2. Revisión de la Literatura

2.1. Cuestiones terminológicas

Son muchos los trabajos en los que se mencionan los conceptos de “evaluación” y “selección” de proveedores como si se tratase de dos procesos independientes con entidad propia; sin embargo, también son numerosos aquellos que parecen incluir el proceso de evaluación como parte del proceso de selección (Lee et al. (2001), Chan (2003), Chen y Paulraj (2004).

Ya Dickson (1966) apuntaba la necesidad de incorporar dos tipos de evaluación; una evaluación inicial -que establezca las garantías mínimas de inicio de transacciones con la empresa compradora con potenciales proveedores- y una evaluación complementaria – relacionada con el comportamiento observado en proveedores históricos-.

Partiendo de esta concepción, este trabajo distinguirá dos tipos de evaluación previos a la selección de un proveedor en un proceso de compra (ver Figura 1): La evaluación inicial o “a priori”, que calificará al proveedor para decidir sobre su inclusión o no en el listado de proveedores homologados, y la evaluación “a posteriori”, que complementa la evaluación a priori con la calificación del comportamiento de proveedores históricos según la bondad de su relación comercial con la empresa compradora. La disponibilidad de ambas evaluaciones se tendrá en cuenta a la hora de adoptar una decisión sobre la selección del proveedor idóneo en un proceso de compra determinado.

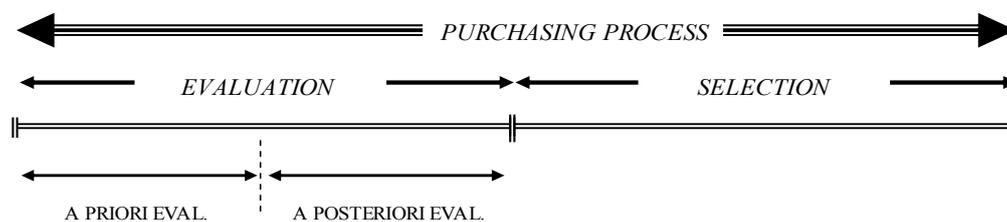


Figura 1. Fases del proceso de compra.

2.2. Variables empleadas en el proceso de compra

La mayoría de modelos empleados en la evaluación de proveedores responde a enfoques multicriterio (Weber et al., 1991; Weber y Ellram, 1993; Muralidharan et al., 2002; Bhutta y Huq, 2002), con variables tanto de tipo cuantitativo como cualitativo, requiriéndose ambos tipos para garantizar la robustez del análisis (Bhutta, 2003).

En Bhutta (2003) puede encontrarse una extensa revisión de las variables más comúnmente empleadas en 154 papers (desde 1986 hasta 2002), así como también en Kwong et al. (2002), Chan (2003), Garfamy (2004) o Pressey et al. (2007).

3. Modelo propuesto para la evaluación, homologación y selección de proveedores en un proceso de compra.

El modelo propuesto consta de dos fases sucesivas. Una fase evaluativa (Figura 2), calificadora de cada proveedor (nuevo o histórico), y una fase selectiva (Figura 3) capaz de elegir al proveedor idóneo ante un proceso de compra. En la Figura 2 se ilustra tanto la evaluación “a priori” -a la izda.- como la evaluación “a posteriori” -a la dcha.-. Como variables específicas de cada bloque del modelo, se han elegido las más recurrentes en la revisión de la literatura.

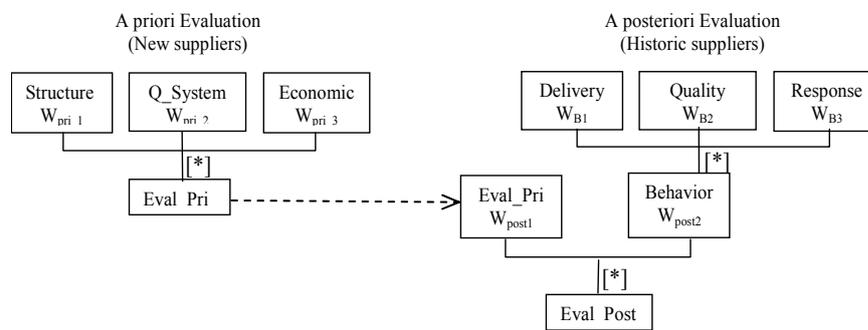


Figura 2. Fase I. Evaluación del proveedor

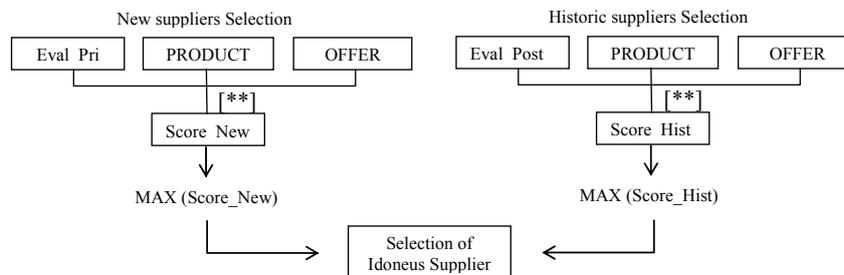


Figura 3. Fase II. Selección del Proveedor

En la evaluación “a priori” –Figura 2 izda.-, el modelo determina la puntuación [EVAL_Pri] en función de las variables “Structure”, “Q_System” y “Economic”, referidas a aspectos organizativos, desarrollo del sistema de calidad y situación económico-financiera de cada proveedor respectivamente. En la evaluación “a posteriori” –Figura 2 dcha.-, se determina la puntuación denominada [EVAL_Post], en función de la evaluación “a priori” anterior y de la puntuación correspondiente al comportamiento histórico [Behavior] –determinado a su vez a partir de los valores las variables “Delivery”, “Quality” y “Response”, referidas a la fiabilidad de entregas, proporción de pedidos rechazados y flexibilidad y capacidad de respuesta del proveedor respectivamente-.

Según la figura 3, para un conjunto de ofertas recibidas de proveedores nuevos, relativas a un determinado tipo de producto (ramal izquierdo del gráfico), el sistema calculará una puntuación asociada a cada nuevo proveedor [SCORE_New], en función de su evaluación “a priori” [EVAL_Pri], la evaluación del producto objeto de compra [Product], y la evaluación de su oferta [Offer]. Del mismo modo, para ofertas recibidas de proveedores históricos relativos a ese mismo tipo de producto (ramal derecho del gráfico), el sistema calculará una puntuación asociada a cada proveedor [SCORE_Hist], en función de su evaluación “a posteriori” [EVAL_Post], y las mismas puntuaciones anteriores [Product] y [Offer]. Las puntuaciones [SCORE_New] y [SCORE_Hist] proporcionadas por el modelo facilitan al responsable de compras el establecimiento de unos rankings en los que apoyar la decisión de adjudicación.

Las valoraciones de las variables dependientes en cualquiera de los bloques definidos en las figuras anteriores, se calcularán inicialmente mediante ponderación aritmética de las valoraciones de las variables influyentes en su determinación (en ambas figuras se denotan los pesos asociados a cada variable, W_x).

En la fase selectiva, se propone que el modelo procese información relativa a la tipología del producto objeto de compra y a las condiciones de cada oferta presentada para, conjuntamente con la evaluación de cada proveedor (obtenida en la fase previa), establecer los rankings de valoración de proveedores nuevos y proveedores históricos. Así, en la Tabla 1, se muestra el sistema de ponderación correspondiente a esta fase de selección según que el proveedor sea histórico o nuevo, y en función del tipo de producto objeto de compra (se ha establecido la clasificación de productos propuesta por Kraljic (1983): estratégicos (1), cuellos de botella (2), básicos (3) y generales o no críticos (4).

Tabla 1. Sistema de ponderaciones para la fase de selección

Input	Tipo de Producto			⇒	Output
	1, 2	3	4		
[Eval_Pri] / [Eval_Post]	W11	W31	W41		[Score New] / [Score Hist] Rango: 0-10
[Product]	W12	W32	W42		
[Offer]	W13	W33	W43		

El diseño del modelo descrito ha puesto de manifiesto su flexibilidad a la hora de definir los valores de ponderación en cada variable y su capacidad discriminante en la selección del tipo de proveedor en función del tipo de producto que sea objeto de compra. De esta forma, para unas mismas valoraciones de las variables intervinientes en un grupo de proveedores que presentan ofertas, los rankings de calificación obtenidos difieren según que el tipo de producto objeto de compra sea estratégico (o cuello de botella), básico o no crítico.

No obstante, el modelo con ponderaciones puras presenta ciertos inconvenientes. En primer lugar no refleja ciertos matices potencialmente exigibles en este problema, como el hecho de que una situación económica deficiente por sí sola determine la no homologabilidad del proveedor; que una estructura inadecuada no penalice críticamente al proveedor o que una evaluación a posteriori deficiente determine su deshomologación. Además, las ponderaciones puras exigen la previa normalización de categorías en los rangos de puntuación de las variables involucradas en el modelo. Por otra parte, la naturaleza de las decisiones para seleccionar proveedores es compleja y poco estructurada (Chen-Tung, 2006) y la estimación de algunos de los factores cuantitativos y cualitativos implicados en tales decisiones está

sujeta a altas dosis de incertidumbre y subjetividad (Amida et al., 2006). Por ello se propone extender el modelo anterior a un sistema borroso de inferencia que permita emular el proceso de razonamiento humano y tomar decisiones a partir de datos imprecisos o sujetos a vaguedad (Bevilacqua y Petroni, 2002) y que mitigue los efectos los inconvenientes descritos.

3.1. Extensión del modelo mediante sistemas de inferencia borrosos.

Los sistemas borrosos de ayuda a la decisión se basan en la Teoría de conjuntos borrosos (Zadeh, 1965) permitiendo incorporar en los modelos un componente de incertidumbre, que los hace más efectivos en términos de aproximación a la realidad (Lootsma, 1997). En estos sistemas, las variables, de tipo lingüístico, permiten procesar información tanto cualitativa como cuantitativa dado que toman como valores etiquetas asociables a conceptos del lenguaje común. Esto contrasta con las variables numéricas tradicionales cuyos valores son exclusivamente números (Driankov et al., 1996).

Los modelos de decisión borrosos requieren una base de conocimiento constituida a partir del saber hacer de un experto en el problema, capaz de explicar el funcionamiento del sistema a través de un conjunto de reglas lingüísticas construidas con las variables de entrada y salida. Así, en primer lugar, es necesario definir el rango y forma de las etiquetas en que se particionan los dominios de las variables del sistema para poder definir las de forma borrosa. Los Sistemas de Decisión Borrosos de tipo Mamdani, apoyados en lo anterior, permiten inferir resultados en un proceso que consta de cinco fases: Borrosificación de valores crisp de entrada, aplicación de operadores lógicos en los antecedentes de cada regla, implicación a los consecuentes, agregación de los consecuentes de todas las reglas y desborrosificación del agregado final (Chen and Klein, 1997).

Basándonos en estos conceptos, se propone adaptar el modelo desarrollado al ámbito borroso, lo que supondrá, en primer lugar, la necesaria transposición de las variables comentadas a sus homólogas borrosas (de modo que puedan tomar valores lingüísticos en los rangos previamente definidos). En segundo lugar establecer la adecuada secuenciación de los subsistemas borrosos en las fases de evaluación y selección e incorporar el conocimiento para desarrollar estos procesos en forma de reglas, en aquellos puntos del sistema en los que se desee obtener una calificación –estos puntos están marcados con [*] en la Figura 2. Aquí, es importante precisar que dependiendo del producto cuya oferta se esté analizando, determinados subsistemas contendrán reglas de decisión diferentes aunque involucren a idénticas variables –estos subsistemas están marcados con [**] en la Figura 3-.

En el desarrollo de esta adaptación, se ha optado por implementar el sistema global de inferencia borroso en el entorno de trabajo MATLAB 6.5 – Toolbox ‘Fuzzy’ (v. 2,0). Mamdani Model - (Mamdani and Gains, 1981). El principal motivo de esta elección radica en la posibilidad de programar archivos “.m”. A través de estos archivos se podrán encadenar los subsistemas de decisión necesarios (permitiendo que las salidas de un sistema pasen a ser entradas del subsiguiente), así como incorporar cualesquiera funciones de tipo lógico o matemático en fases intermedias del proceso decisorio (por ejemplo para permitir seleccionar la máxima puntuación de varios proveedores en una determinada variable).

Para diseñar cada subsistema de inferencia borroso es preciso definir las etiquetas borrosas asignables a sus variables (tanto de entrada como de salida) y su base de reglas (que incorpora el conocimiento para la toma de decisión –en términos de calificación-). La estructura de las reglas es de tipo condicional y debe permitir de forma intuitiva la asignación de etiquetas lingüísticas en todas sus variables.

A continuación, se detalla el diseño del subsistema correspondiente a la evaluación “a priori”, siendo la construcción del resto de subsistemas similar a éste. La definición de las etiquetas borrosas de las variables de entrada y salida de este subsistema se describe en la figura 4 y su base de reglas en la tabla 2. La regla correspondiente a la celda sombreada en dicha tabla es: SI (“Structure” is High & “Q_System” is Low & “Economic” is Med) THEN (“Eval_Pri” is Med).

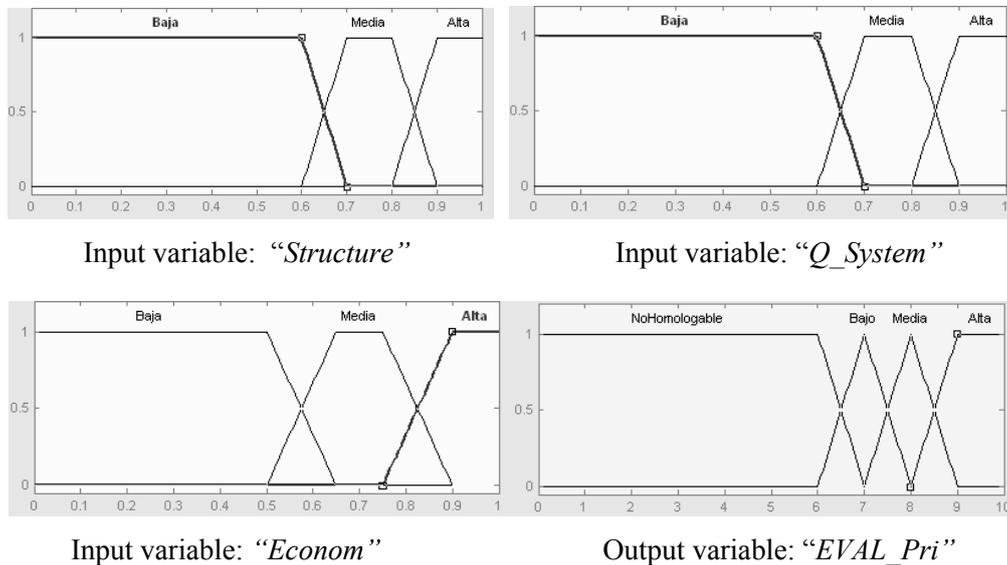


Figura 4. Variables del subsistema de inferencia creado para la evaluación “a priori”

Tabla 2. Reglas del subsistema de inferencia creado para la evaluación “a priori”.

“EVAL_Pri”		Structure								
		Low	Med	High	Low	Med	High	Low	Med	High
Q_System	Low	NH	NH	NH	NH	M	M	L	M	M
	Med	NH	NH	NH	L	M	M	M	H	H
	High	NH	NH	NH	M	M	H	H	H	H
		Low			Med			High		
Econom										

La propia configuración del modelo borroso permite tener en cuenta determinados matices que se apuntaban como inconvenientes en el modelo de ponderaciones puras. Así, por ejemplo, en la propia definición de la variable económico-financiera se ha impuesto un límite por debajo del cual el proveedor se considerará no-homologado. También en la base de reglas, para puntuaciones medias o altas de la variable económico-financiera, el valor de la variable de salida vendrá determinado fundamentalmente por los valores de las otras dos variables de entrada: sistema de calidad y/o estructura del proveedor, según las asignaciones mostradas en la Tabla 2. Por otra parte, la definición directa de las etiquetas borrosas para cada variable, exime del proceso de normalizar sus rangos.

Una vez diseñado un subsistema borroso, puede inferirse en él la calificación de cada proveedor, en función de los valores “crisp” asignados a sus variables de entrada, y lo que es mejor, a través de los mapas de inferencia, es posible analizar la congruencia de la evaluación global dada a cualquier proveedor en un subsistema. A modo de ejemplo, las Figuras 5, y 6 ilustran globalmente el aspecto de la evaluación a priori de cualquier proveedor en función de

dos variables de entrada, para un valor constante de la tercera variable de entrada no reflejada en el gráfico.

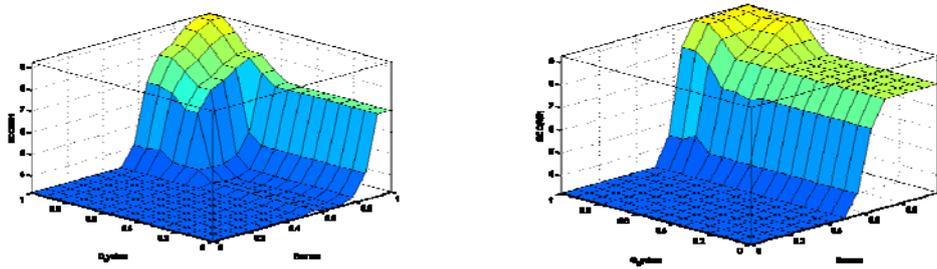


Figura 5. Mapa de soluciones de la evaluación “a priori” según las variables Q_system y Economic, (para un valor constante “bajo” (izda.) y “alto” (dcha.) de la variable Structure).

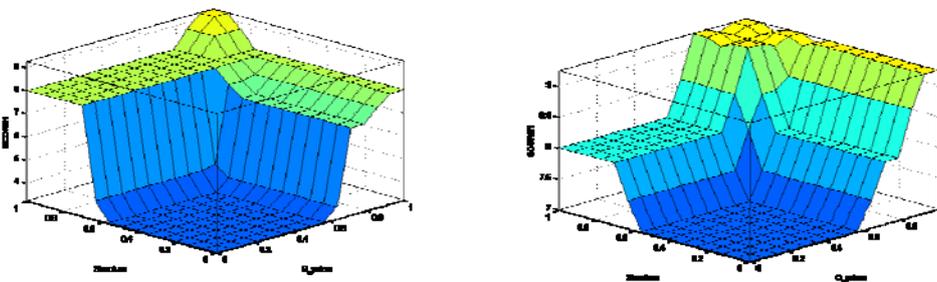


Figura 6. Mapa de soluciones de la evaluación “a priori” según las variables Structure y Q_system, (para un valor constante “bajo” (izda.) y “alto” (dcha.) de la variable Economic).

Al analizar la asignación de calificaciones en la Figura 5, puede observarse la congruencia del subsistema ya que, para cualquier valor de la variable Structure, el hecho de tener puntuaciones bajas en la variable Economic otorga una evaluación a priori desfavorable (independientemente de Q_System). Además, valores crecientes en Q_System y en Economic tienden a otorgar mejores calificaciones en Eval_Pri, siendo esta tendencia más fuerte a medida que el valor considerado para Structure sea mayor.

En la Figura 6, también se aprecia congruencia. Suponiendo valores altos de la variable Economic, se aprecian importantes gradientes crecientes en Eval_Pri a partir de valores intermedios de las variables Structure y Q_System. En el gráfico de la derecha se aprecia cómo cuando la variable Economic es muy alta, el valor meseta de partida para Eval_Pri es notablemente mayor que en gráfico izquierdo (correspondiente a valores más bajos de Economic).

Así, al analizar todas las combinaciones de variables en cada subsistema, es posible ir ajustando el conocimiento en su base de reglas (en caso de encontrar algún tipo de inconsistencia), lo que permite garantizar la robustez del modelo.

4. Conclusiones

El modelo desarrollado ha permitido incorporar las variables más comúnmente empleadas en la literatura en el ámbito de la evaluación y selección de proveedores. Aunque el método de ponderación pura planteado inicialmente, permite dotar de gran flexibilidad al mecanismo de

evaluación, ciertos matices exigibles al problema requieren la adaptación del sistema para conseguir un modelo más robusto y capaz de procesar la incertidumbre asociada a alguna de sus variables. La adaptación del modelo inicial a un sistema de inferencia borroso ha permitido mitigar los inconvenientes anteriores, propiciando un modelo robusto, versátil y congruente para la calificación de un proveedor en las diferentes fases del proceso de compra.

Referencias

Törrönen, P.; Möller, K. (2003). Business Suppliers' Value Creation Potential: Empirical Analysis. Helsinki School of Economics and Business Administration. Work-in-progress. Paper submitted to de IMP 2003 conference.

Brun, A.; Staudacher, A.P. (2000). Negotiation-driven supply Chain Co-ordination small and medium enterprises. Proceedings of the ECAI 2000 workshop 13 Agent Technologies and their application scenarios in logistics, Vol. 13, pp. 55-60.

Min, H. (1994). International Supplier selection a multi-attribute utility approach. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 24, pp.24-33, 1994.

Romero, C. (1996). Análisis de las decisiones multicriterio (multicriteria decision analysis in English), Isdefe.

de Boer, L.; Labro, E.; Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 7, pp. 75-89.

Bhutta, M.K.S. (2003). Supplier selection problem: methodology literature review. Journal of International Technology and Information Management, Vol. 12, pp. 53-72.

Lee, E.K.; Ha, S.; Kim, S.K. (2001). Supplier Selection and Management System Considering Relationships in Supply Chain Management. Transactions on engineering management, Vol. 48, pp. 307-318.

Chan, F.T.S. (2003). Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach. International Journal of Production Research, Vol. 41, pp. 3549-3579.

Chen I.J.; Paulraj, A. (2004). Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework. International Journal of Production Research, Vol. 42, pp. 131-163.

Dickson, G.W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. Journal of Purchasing, Vol. 2, pp. 5-17.

Weber, Ch.A.; Current, J.R.; Benton, W.C. (1991). Vendor selection criteria and methods. European Journal of Operational Research, Vol. 50, pp 2-18.

Weber, Ch.A.; Ellram, L.M. (1993). Supplier selection using multiobjective programming a decision support system approach. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 23, pp. 3-14.

- Muralidharan, C.; Anantharaman, N.; Deshmukh, S.G. (2002). A multicriteria group decision making model for supplier rating. *The Journal of Supply Chain Management*, Vol. 38, pp. 22-33.
- Bhutta, S. K.; Huq, F. (2002). Supplier selection problem: a comparison of total cost of ownership and analytic hierarchy process. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 7, pp. 126-135.
- Kwong, C.K.; Ip, W.H.; Chan, J.W.K. (2002). Combining scoring method and fuzzy expert systems approach to supplier assessment: a case study. *Integrated Manufacturing systems*, Vol. 13, pp. 512-519.
- Garfamy, R.M. (2004). Supplier selection and process improvement: an exploratory multiple-case study. Universitat Autònoma de Barcelona, Faculty of Economics and Business Studies, Department of Business Economics. Doctoral Program in Business Creation, strategy and Management. Research work, 2004.
- Pressey, A.; Tzokas, N.; Winklhofer, H. (2007). Strategic purchasing and the evaluation of “problem” key supply relationships: what do key suppliers need to know?. *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 22, pp. 282 – 294.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, Vol. 61, pp. 109-117.
- Chen-Tung, Ch.; Ching-Torng, L.; Sue-Fn, H. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal Production Economics*, Vol. 102, pp. 289–301.
- Amida, A.; Ghodsypoura, S.H.; O’Brien, C. (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal Production Economics*, Vol. 104, pp. 394–407.
- Bevilacqua, M.; Petroni, A. (2002). From Traditional Purchasing to Supplier Management: A Fuzzy Logic-based Approach to Supplier Selection. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 5, pp. 2002.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-53.
- Lootsma, F. (1997). *Fuzzy Logic for Planning and Decision-Making*. Kluwer, Dordrecht.
- Driankov, D.; Hellendoorn, H.; Reinfrank, M.(1996). *An Introduction to Fuzzy Control*. 2nd Edition. Springer-Verlag. Berlin.
- Chen, C.B.; Klein, C.M. (1997). An efficient approach to solving fuzzy MADM problems. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 88, pp 51–67.
- Mamdani, E.H.; Gains, B.R. (1981). *Fuzzy Reasoning and its Applications*, Academic Press. New York.

