

# MODELO DE NEGOCIACIÓN AUTOMÁTICA BILATERAL PARA ENTORNOS ABIERTOS DE COMERCIO ELECTRÓNICO

Miguel A. López, Juan R. Velasco, Iván Marsá Maestre, Andrés Navarro  
*Departamento de Automática. Universidad de Alcalá.  
Alcalá de Henares, ESPAÑA  
{miguellop,juanra,ivmarsa,andres}@aut.uah.es*

## RESUMEN

Este artículo presenta un modelo para la negociación automática bilateral y multiparámetro en entornos abiertos de comercio electrónico. El modelo se describe en el ámbito de un entorno competitivo de agentes software, en el que uno de los agentes del sistema actúa como comprador y otro de los agentes como vendedor. En un sistema abierto, la incertidumbre acerca del comportamiento de otro agente es clave, correspondiéndose con la realidad presente en medios convencionales de negociación o en comercio electrónico e Internet. Aún así, la actitud de un agente en un entorno competitivo frente a otro agente, puede diferir en cuanto al nivel de confianza recíproca existente. De esta manera, el modelo integra diferentes estrategias de interacción que son función de este nivel de confianza. Estas estrategias abarcan desde un posicionamiento puramente competitivo, con criterios estrictos de mínima revelación de información, hasta una estrategia cooperativa, en la que este criterio de privacidad se relaja. El modelo es capaz de encontrar una solución o acuerdo justo si dicha solución existe, de manera que en el proceso de negociación ningún usuario tenga privilegios. Se emplean restricciones difusas con prioridades (PFCSPs) con valoraciones y graduación de privacidad para representar propuestas, ya sean específicas o de espacios de soluciones, y para definir el grado de satisfacción de estas posibles soluciones. Dicho grado de satisfacción es función del cumplimiento de las restricciones impuestas al proceso de negociación, del perfil del usuario, y de mecanismos de argumentación.

## PALABRAS CLAVES

Agentes inteligentes, comercio electrónico, negociación automática, satisfacción de restricciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

La negociación es uno de los mecanismos fundamentales de los procesos de interacción en entornos de comercio electrónico [6][7][8]. Se puede definir como el proceso mediante el cual un grupo de agentes se comunican e intentan llegar a un acuerdo en alguna materia [1][4][5][8].

En este trabajo se presenta un modelo de negociación bilateral de compra-venta de productos, en el que un agente comprador negocia la compra de un producto con un agente vendedor. El comprador define sus requerimientos de compra y preferencias mediante restricciones, y el vendedor, que dispone de un catálogo de productos, tiene definida la utilidad que le reporta la venta de cada uno de ellos. Estos productos vienen definidos por varios parámetros negociables. De ahí que hablemos de procesos de negociación bilateral multiparámetro. En modelos anteriores [9] se ha partido del supuesto de un entorno semi-competitivo, en el que a los agentes se les presupone ciertas características que no son válidas en un entorno competitivo. Es el caso por ejemplo de la idea de que los agentes comprador y vendedor esperen mantener la relación comercial en un futuro. En nuestro caso generalizamos el modelo para dar cobertura a varios niveles de competitividad.

Para modelar los requerimientos del comprador el modelo emplea restricciones difusas con prioridades (*Prioritised Fuzzy Constraint Satisfaction Problems*, PFCSPs). Se han utilizado por los siguientes motivos: en primer lugar en muchas ocasiones no se conocen las características precisas del producto que se desea comprar, lo que da pie a la utilización de restricciones; en segundo lugar, muchas veces, una oferta no es

completamente aceptable o inaceptable, sino que las restricciones que debe cumplir una oferta se puede relajar, dando lugar a la aplicación de restricciones difusas; en tercer lugar las restricciones difusas por sí mismas, permiten no sólo la graduación en importancia de una restricción sobre un atributo del producto, sino la declaración de restricciones que relacionan múltiples atributos graduados también en importancia; finalmente se incorporan prioridades entre las diferentes restricciones para graduar también su importancia relativa.

Para soportar toda la funcionalidad requerida a nuestro modelo, se incluyen junto a las restricciones difusas con prioridades, la valoración de dichas restricciones, y su graduación de privacidad. La valoración permite que un agente vendedor estime la importancia relativa que tienen las restricciones para el comprador. La exposición o no de esta información por parte del comprador depende de su política de negociación. La graduación de privacidad la utiliza el comprador para modular la exposición de restricciones concretas al vendedor. Además, el vendedor tiene la oportunidad de definir explícitamente su preferencia por ciertos atributos de producto, mediante la emisión de propuestas específicas de relajación de requerimientos del comprador.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 describe el marco teórico de las restricciones. La sección 3 describe los modelos del comprador y del vendedor. En la Sección 4 se amplía la descripción de los dos modelos abordando el problema de la comunicación y de los comportamientos de ambos agentes. La última sección incluye un resumen de las novedades incluidas en nuestro modelo, sus ventajas, y aplicaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se define el marco teórico que permite abordar el modelo. Comenzamos con el marco de los problemas de satisfacción de restricciones (*Constraint Satisfaction Problems*, CSPs) [11].

**Definición 1.** Un problema CSP es una *tupla*  $(X, D, C)$ , donde:  $X = \{x_i \mid i=1, \dots, n\}$  es un set finito de variables.  $D = \{d_i \mid i=1, \dots, n\}$  es el set de dominios. Cada dominio  $d_i$  es un set finito que contiene los posibles valores para las correspondientes variables  $x_i$  en  $X$ .  $C = \{R_i \mid R_i \subseteq \prod_{x_j \in \text{var}(R_i)} d_j, i=1, \dots, m\}$  es un set de restricciones. En este caso  $\text{var}(R_i)$  define el set de variables incluidas en una determinada restricción  $R_i$ :  $\text{var}(R_i) = \{x'_{i_1}, \dots, x'_{i_{k_{R_i}}}\} \subseteq X$ .

**Definición 2.** Una etiqueta de una variable  $x$  es una asignación de un valor a la variable, que vamos a llamar  $v_x$ . Una etiqueta compuesta  $v_{X'}$  de todas las variables del set  $X' = \{x'_{i_1}, \dots, x'_{i_m}\} \subseteq X$  es una asignación simultánea de valores a todas las variables del set  $X'$ :  $v_{X'} = (v_{x'_{i_1}}, \dots, v_{x'_{i_m}})$ .

**Definición 3.** En un  $CSP(X, D, C)$ , la función característica de  $R_i \in C$ ,  $\mu_{R_i} : \left(\prod_{x_j \in \text{var}(R_i)} d_j\right) \rightarrow \{0, 1\}$ , se define como:

$$\mu_{R_i} \left( v_{\text{var}(R_i)} \right) = \begin{cases} 1 & \text{si } v_{\text{var}(R_i)} \in R_i, \\ 0 & \text{resto.} \end{cases}$$

Una solución al  $CSP(X, D, C)$  es una etiqueta compuesta  $v_X = (v_x, \dots, v_{x_m})$  de todas las variables en  $X$  tal que:  $\min\{\mu_{R_i}(v_{\text{var}(R_i)}) \mid R_i \in C\} = 1$ .

En definitiva, la solución debe satisfacer todas las restricciones al completo, sin distinguir diferentes grados de satisfacción. Este es el motivo por el que se introduce el CSP difuso [1][2].

**Definición 4.** Un problema de satisfacción de restricción difusa (FCSP) es una *tupla*  $(X, D, C^f)$ , donde  $X$  y  $D$  son los mismos que en la Definición 1, y  $C^f$  es un set de restricciones difusas:

$$C^f = \left\{ R_i^f \mid \mu_{R_i^f} : \left(\prod_{x_j \in \text{var}(R_i^f)} d_j\right) \rightarrow [0, 1], i=1, \dots, m \right\},$$

donde  $var(R_i^f)$  define el set de variables de  $R_i^f$ . Utilizando la técnica de corte de matemática difusa, una restricción difusa puede inducir una restricción estricta.

**Definición 5.** Dado un nivel de corte  $\sigma \in [0,1]$ , la restricción estricta inducida  $R^c$  a partir de una restricción difusa  $R^f$  se define como:

$$\mu_{R^c} \left( v_{var(R^f)} \right) = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{R^f}(var(R^f)) \geq \sigma, \\ 0 & \text{el resto.} \end{cases}$$

Este nivel de corte no es más por tanto que un umbral. Si el nivel de satisfacción sobrepasa este umbral, la solución es satisfactoria.

**Definición 6.** Un problema de satisfacción de restricción difusa con prioridad [10] (PFCSP) y graduación de privacidad es una tupla  $(X, D, C^f, \rho, \pi)$  donde  $(X, D, C^f)$  es un FCSP,  $\rho: C^f \rightarrow [0, \infty)$  es una función de prioridad, y  $\pi: C^f \rightarrow [0, 1]$  es una función de graduación de privacidad de una restricción. Dada una posible solución  $v_X$ , el grado de satisfacción de dicha solución viene dado por:

$$\alpha(v_X) = \Delta \left\{ \left( \frac{\rho(R^f)}{\rho_{max}} \right) \diamond \mu_{R^f}(v_{var(R^f)}) \mid R^f \in C^f \right\},$$

donde  $\rho_{max} = \max\{\rho(R^f) \mid R^f \in C^f\}$ ;  $\Delta$  es una *T-norma* (normal triangular) [10] que permite estimar con qué grado se satisfacen todas las restricciones, un ejemplo de T-norma lo constituye el operador *min*, que selecciona el mínimo de los valores que toman los operandos; y el operador  $\diamond: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ , llamado operador de prioridad, viene dado por la siguiente fórmula, que es la utilizada en el modelo descrito en [9]:

$$\left( \mu_{R^f}(v_{var(R^f)}) - 1 \right) \left( \frac{\rho(R^f)}{\rho_{max}} \right) + 1$$

Una solución a un PFCSP es una etiqueta compuesta  $v_X$  de todas las variables en  $X$  tal que:

$$\alpha_\rho(v_X) \geq \tau(n),$$

donde  $\tau(n) \in [0,1]$  es un valor predeterminado llamado la solución umbral del PFCSP. En [9] este umbral es una constante. En nuestro caso, puede variar en función del tiempo, o del número de iteración del proceso de negociación  $n$ .

Si particularizamos  $\Delta$  como un operador *min* podemos extraer las siguientes conclusiones: dada una propuesta, el grado de satisfacción global ante ésta vendrá dado por aquella restricción que se cumpla en menor grado; además, dichas restricciones estarán priorizadas; y finalmente, la solución será aceptada si el grado de satisfacción no es menor que un cierto umbral predeterminado. Una propuesta de producto puede cumplir todas las restricciones y estar por debajo del umbral. Esto ocurre cuando el corte de una o más de las restricciones está por debajo de este umbral. Se permite seguir con una negociación aún después de bajar los cortes de las restricciones por debajo del umbral, dado que es posible recibir argumentaciones que refuercen la aceptabilidad, u ofertas que no se hayan enviado anteriormente y que presenten mayor aceptabilidad.

**Definición 7.** El operador  $\oplus_p: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ , dado por:

$$a_1 \oplus_p a_2 = \frac{(1-\tau)a_1a_2}{(1-\tau)a_1a_2 + \tau(1-a_1)(1-a_2)}, \quad (1)$$

donde  $\tau \in (0,1)$ , es un operador uninorma con elemento unidad  $\tau$ .

El elemento unidad funciona como un umbral, de manera que si los dos valores están por encima del umbral se refuerza el resultado positivo, y si los dos valores están por debajo del umbral se debilita. Cuando uno de los valores está por debajo y otro por encima el resultado es un compromiso entre los dos valores. Este operador es el utilizado en [9] para incorporar argumentación, y es el que empleamos también nosotros.

### 3. EL MODELO DE NEGOCIACIÓN

El modelo de negociación que se presenta es aplicable en escenarios competitivos y semi-competitivos en los que un agente comprador negocia la compra de un producto con un agente vendedor. El agente comprador presenta requisitos al agente vendedor al respecto de las características del producto que busca. El agente vendedor dispone de un *set de productos*, con unas características asociadas, un *umbral mínimo de utilidad* que puede evolucionar en función del tiempo, y *argumentos* que pueden incentivar o incrementar la utilidad del producto para el comprador. En el modelo del comprador, entre otros, se define el *modelo de requerimiento* de la compra, y un *umbral de aceptación* de producto también dinámico. El modelo de requerimiento viene dado por un *set de restricciones* difusas con *prioridades* y *graduación de privacidad* que determinan de forma más o menos concreta el producto que se desea comprar, y la estrategia a seguir en el proceso de negociación. A grandes rasgos el agente comprador envía restricciones al vendedor, y el vendedor retorna propuestas concretas de productos que satisfacen las restricciones.

El modelo permite la aplicación de estrategias alternativas para la emisión de restricciones y su relajación, un mecanismo de seguridad para evitar que el vendedor fuerce al comprador a revelar todas sus preferencias, y un mecanismo de argumentación bidireccional. Este mecanismo de argumentación se basa en la inclusión de valoraciones explícitas de las restricciones y soluciones concretas emitidas, y su aceptación en mayor o menor medida como argumento válido.

En la descripción de los modelos de los agentes comprador y vendedor descritos a continuación se omiten las descripciones detalladas de las funciones y acciones definidas, y de la memoria de trabajo, que quedan fuera del ámbito de este documento. Nos hemos centrado en la descripción del dominio de conocimiento y del comportamiento de los agentes, que bastan para describir el comportamiento general del modelo.

### 3.1 Agente Comprador

El *agente comprador* es el agente que inicia el proceso negociador. Este proceso negociador va a estar regido por los requerimientos concretos del usuario, y por un umbral de aceptación.

**Definición 8.**  $DC = (\text{requerimientosCompra}, \tau, \kappa)$  representa el dominio de conocimiento de  $AC$ .

$\text{requerimientosCompra} = (X, D, C^f, \rho, \pi, \zeta, \vartheta, S)$  representa el modelo de requerimientos de una negociación concreta de compra.  $(X, D, C^f, \rho, \pi)$  define un PFCSP con graduación de privacidad, y  $\zeta(R_i^f) \in [0, 1]$  es el umbral de relajación de una restricción, que fija el mínimo nivel de corte que puede inducir una restricción estricta válida.  $X$  es el set de atributos del producto. Cada restricción  $R_i^f \in C^f$  lleva asociada una prioridad  $\rho(R_i^f) \in [0, +\infty)$ .  $S = \{s_i \mid i = 1, \dots, |X|\}$  describe el set de dominios de confianza asociados a cada atributo  $x_i$ , donde  $s_i \subseteq d_i$ . Los intervalos de confianza se definen como los rangos de valores que puede tomar un determinado atributo, a la recepción de una propuesta del vendedor, sin que el comprador intuya un intento ilícito por extraer nuevas restricciones.

Cada restricción  $R_i^f$  puede llevar asociada una valoración explícita que el comprador puede comunicar al vendedor, donde  $\vartheta^k(R_i^f) \in [0, 1]$ , y  $k$  es un número entero positivo que representa una determinada iteración en el proceso de negociación. La valoración es función de la iteración debido al hecho de que la importancia de la restricción puede variar en función del nivel de corte actual de la restricción. Esta valoración puede entenderse como un mecanismo de argumentación basado en afirmaciones. Una valoración será emitida, y atendida o no por el otro agente, dependiendo del nivel de confianza recíproco.

$\tau$  define el umbral de aceptación de una propuesta enviada por un vendedor. Para generalizar el umbral, se permite la definición del mismo como una función del tiempo o del número de iteraciones del proceso de negociación. Así,  $\tau : n \rightarrow [0, 1]$  vendrá definida normalmente por una constante, una función creciente o una función decreciente, donde  $n$  representa el número de iteración correspondiente.

$\kappa \in \{0, 0.5, 1\}$  fija un nivel de confianza en el vendedor en tres niveles: 0 para el caso de desconfianza, 0.5 para un nivel intermedio de confianza, y 1 para el caso de mayor grado de confianza.

#### 3.1.1 Aceptabilidad

La aceptabilidad refleja la importancia de una argumentación del vendedor. Para ello hacemos uso del operador uninorma definido en (1), y de la siguiente función:  $aceptabilidad(p_i) = \alpha(p_i) \oplus_p ((1-\tau)\gamma + \tau)$ .  $\gamma \in [0,1]$  representa la valoración de los posibles argumentos asociados a un producto. Esta valoración es local al comprador. Si la valoración es 0 el grado de satisfacción equivale a la aceptabilidad. El segundo operando es siempre mayor que  $\tau$ , actuando la argumentación como refuerzo del grado de satisfacción. Esta función de aceptabilidad es la empleada también en [9].

### 3.2 Agente Vendedor

El agente vendedor  $AV$  se representa formalmente de la siguiente manera:

**Definición 9.**  $DC = (P, \kappa, \delta)$  representa el dominio de conocimiento del  $AV$ .

$P = \{p_i \mid p_i = (c_i, u_i, a_i), c_i = (c_i^1, \dots, c_i^n), a_i = (a_i^1, \dots, a_i^m), 0 \leq i \leq k\}$  describe el modelo de producto de un vendedor. Cada producto  $p_i$  viene definido por un set de características del producto negociables  $c_i$ . Cada parámetro  $u_i$  es una medida de la utilidad que para el vendedor tiene la venta del producto. Finalmente,  $a_i$  es un vector de argumentos aplicados a una determinada oferta.  $k$  representa el número total de productos disponibles.  $\kappa \in \{0, 0.5, 1\}$  fija el nivel de confianza en el comprador a tres niveles: 0 para el caso de desconfianza, 0.5 para un nivel intermedio de confianza, y 1 para el caso de máxima confianza.  $\delta$  es el umbral dinámico de utilidad, tal que  $\delta: n \rightarrow [0,1]$ , donde  $n$  es un entero positivo que define el número de iteración en el proceso de negociación. Este umbral determina qué soluciones de aquellas que se ajustan a las restricciones enviadas por el comprador son válidas, dada una determinada iteración del proceso de negociación. En líneas generales hay tres alternativas: que  $\delta$  tome un valor constante, de manera que el umbral sea siempre el mismo; que sea una función decreciente, con lo que a medida que pasa el tiempo se es menos restrictivo respecto a qué soluciones son válidas; y por último que sea una función creciente, que predispone al agente a encontrar soluciones más fácilmente al principio de la negociación, y con más dificultad a medida que transcurre el tiempo. Este último caso permite forzar la finalización de una negociación tras un número predeterminado de iteraciones.

## 4. LA NEGOCIACIÓN

### 4.1 Comunicación entre agentes

El protocolo de comunicación está basado en la alternancia de ofertas. A continuación se definen los formatos de los mensajes emitidos por el agente comprador y vendedor:

**Definición 10.** Una oferta de un *comprador* presenta la siguiente estructura:

$$OfertaComprador = (restricciones, valoraciones, acción),$$

donde aparecen la o las restricciones que se envían al vendedor. Cuando se ha relajado una restricción, se envía la restricción negada antes de ser relajada, y la restricción ya relajada. En segundo lugar pueden aparecer las valoraciones de las restricciones. Finalmente se representa la acción que se requiere ejecute el vendedor:

- *búsqueda* solicita al comprador la búsqueda de un producto que satisfaga las restricciones enviadas.
- *nuevaBúsqueda* solicita al comprador la nueva búsqueda de un producto que satisfaga las restricciones ya enviadas en una iteración anterior. Esto ocurre cuando el vendedor ha ofertado anteriormente un producto que aún cumpliendo todas las restricciones locales, no supera el umbral de aceptabilidad  $\tau$ .
- *acuerdo* solicita al vendedor la finalización de la negociación por éxito.
- *fallo* solicita al vendedor la finalización de la negociación por fracaso.

**Definición 11.** Una oferta de un *vendedor* presenta la siguiente estructura:

*OfertaVendedor = (producto, argumentos, relaxSet, acción),*

donde se presenta el producto, una propuesta de argumentos opcional, un set de restricciones opcional que se propone relaje el comprador, y una acción propuesta al comprador:

- *comprobar* solicita al comprador el análisis de producto propuesto para comprobar la aceptabilidad.
- *relajar* solicita al comprador la relajación de alguna restricción de las ya recibidas. Si la confianza es media o total, *relaxSet* contendrá aquellas restricciones que se desea sean relajadas, si no, *relaxSet* estará vacío.
- *fallo* solicita al comprador la finalización de la negociación por fracaso.

## 4.2 Comportamiento del Agente Comprador

Se definen tres estrategias diferentes a la hora de abordar la negociación: un nivel de confianza nulo, que define una estrategia más agresiva que hemos denominado *competitiva*; un nivel de confianza intermedio, que define una estrategia *semi-competitiva*, y un nivel de confianza máxima, en el que la estrategia es la menos agresiva, que hemos denominado *cooperativa*.

### 4.2.1 Estrategia Competitiva

No se atienden las peticiones de relajación de restricciones específicas emitidas por el vendedor. La minimización del envío de información privada pasa por enviar el menor número de restricciones posible, enviar prioritariamente aquellas que tengan menor graduación de privacidad, y no entrar a valorar dichas restricciones de forma explícita.

Una vez se envía la primera restricción de menor grado de privacidad, el comportamiento del agente viene dado por la recepción de los mensajes procedentes del invitado en los que o se solicita la comprobación de un producto (*comprobar*), o la relajación de alguna restricción o restricciones concretas (*relajar*):

- *comprobar*: se comprueba que el umbral de aceptabilidad se haya superado.
  - Si la oferta es aceptable se llega a un acuerdo.
  - Si la oferta no viola ninguna restricción pero la aceptabilidad no supera el umbral, se solicita al vendedor la búsqueda de una nueva oferta con las mismas restricciones.
  - Si la oferta viola alguna o algunas restricciones (de las no enviadas todavía), debe seleccionarse una de estas restricciones. Antes de tomar la decisión de enviar una de las restricciones, debe comprobarse la bondad de la oferta recibida. Para ello el producto ofertado no debe contener atributos con valores que estén fuera de los intervalos de confianza. Si se detecta una desviación se estima que la oferta tiene la intención de forzar la extracción de nuevas restricciones, en cuyo caso no se envía ninguna nueva restricción y se solicita una nueva búsqueda de oferta. Comprobada la bondad de la oferta, se selecciona aquella restricción con una graduación de privacidad menor.
- *relajar*: se relaja alguna restricción de las ya emitidas.
  - Si no existe la posibilidad de relajar alguna de las restricciones la negociación finaliza.
  - Si existe más de una restricción con posibilidad de relajación sin bajar del umbral mínimo de relajación de cada una, se relaja aquella que comporta una menor pérdida potencial de satisfacción global. Puede darse el caso de que dos o más restricciones puedan ser relajadas de manera que el nivel potencial de satisfacción global no se modifique, o sea el mismo si se relaja uno u otra restricción. En este caso se relaja la restricción con menor grado de privacidad.

### 4.2.2 Estrategia Semicompetitiva

La única diferencia respecto de la estrategia competitiva, viene dada por la posibilidad de enviar una nueva restricción ante una petición de relajación. Dado que en este escenario maximizar el grado de satisfacción prima sobre la minimización de revelación de información, se prefiere el envío de nuevas restricciones, a la relajación de restricciones ya enviadas. Si se envía una nueva restricción se envía aquella con menor grado de privacidad. Si no quedan nuevas restricciones para enviar, se aplica la misma estrategia que en el caso del escenario competitivo para relajar alguna de las restricciones.

### 4.2.3 Estrategia Cooperativa

Se envían desde el principio todas las restricciones junto a su valoración explícita. Las valoraciones de las restricciones deben adaptarse a lo largo de las iteraciones. La idea es la siguiente: una restricción poco valorada debería relajarse antes que una más valorada. Una restricción debe ser más valorada que otra si su relajación comporta una pérdida potencial de satisfacción global de las restricciones mayor que otra. En definitiva, en cada iteración debe actualizarse en el comprador la valoración de las restricciones, en función de los niveles de corte actuales de las restricciones y los niveles futuros tras una relajación. La mayor valoración será para aquella restricción que tras ser relajada, comporte la menor pérdida de satisfacción global.

La otra diferencia respecto del resto de estrategias aparece en el comportamiento del agente tras una solicitud de relajación. Si es posible relajar alguna restricción se aplican en orden de prioridad decreciente los criterios de: propuestas de relajación del vendedor, mínima pérdida potencial de satisfacción, y mínima graduación de privacidad.

## 4.3 Comportamiento del Agente Vendedor

### 4.3.1 Estrategia Competitiva

La posible valoración de las restricciones emitidas por el comprador no es tenida en cuenta, y no se utilizan propuestas de relajación concretas.

A continuación se definen las respuestas a los mensajes (*búsqueda/nuevaBúsqueda*).

- *búsqueda*: la restricción o restricciones recibidas en este mensaje se añaden al set de restricciones. Entonces, se busca aquel producto que maximice la utilidad local y que cumpla con las restricciones. Aquí se contemplan dos posibles estrategias:
  - Si se encuentran soluciones que superan el umbral de utilidad local  $\delta$ , se envía al comprador un mensaje con la propuesta de mayor utilidad local.
  - Si las soluciones no superan el umbral de utilidad local o no se encuentran soluciones, se solicita relajación sin propuestas concretas.
- *nuevaBúsqueda*: se busca una nueva solución para las mismas restricciones. Pero antes de generar una nueva solución, se intenta argumentar la anterior solución si la hay, y no se argumentó antes. El objetivo es mantener la utilidad en la medida de lo posible. Si esto anterior no es posible, la búsqueda de soluciones se lleva a cabo de manera idéntica al apartado anterior.

### 4.3.2 Estrategia Semicompetitiva

A diferencia de la estrategia competitiva, se utilizan propuestas de relajación concretas. Proponemos dos posibles algoritmos para obtener esta propuesta de relajación: uno agresivo consistente en tomar el producto de mayor utilidad todavía no enviado, y comprobar qué restricciones no se cumplen. Se envían entonces las restricciones que no se cumplen; y otro menos agresivo consistente en buscar soluciones que se ajusten al mayor número de restricciones recibidas. Una vez fijadas una o más soluciones que cumplen el mayor número de restricciones posibles se selecciona el producto de mayor utilidad.

### 4.3.3 Estrategia Cooperativa

La diferencia entre la estrategia semicompetitiva y cooperativa viene dada por un comportamiento diferente ante la emisión de propuestas de relajación de restricciones. El algoritmo propuesto mantiene el criterio de maximización del número de restricciones cumplidas, pero se elige aquella propuesta que maximiza la suma de las valoraciones de las restricciones que se cumplen, y la utilidad local. Este comportamiento permite que el vendedor proponga al comprador la relajación de aquellas restricciones que maximizan la utilidad global. Finalmente se envían las propuestas de relajación de restricciones que no se cumplen.

## 5. CONCLUSIÓN

Basándonos en técnicas de matemática difusa y restricciones, el artículo presenta un modelo de negociación bilateral para la compra-venta de productos en un sistema abierto de agentes software. Comparándolo con trabajos previos [3][9]: en primer lugar se introducen nuevos criterios de decisión en el modelo, como la graduación de privacidad, la valoración explícita de restricciones, y umbrales dinámicos de aceptabilidad y utilidad; y en segundo lugar, se proponen varios algoritmos que son función del nivel de confianza recíproco entre agentes para la búsqueda de soluciones, que buscan la maximización del beneficio local y global, y la minimización de la información privada revelada. La graduación de privacidad permite desacoplar el criterio de revelación de información del concepto de prioridad. En [9] el criterio de envío de nuevas restricciones se basa exclusivamente en las prioridades de las restricciones. Sin embargo, intuitivamente se puede ver que en un entorno competitivo puede no ser deseable revelar una restricción aunque localmente sea prioritaria. La valoración explícita permite sugerir un espacio de búsqueda óptimo al vendedor, y si éste es cooperante llegar a una convergencia más rápida y beneficiosa. Finalmente los umbrales dinámicos permiten modificar el comportamiento de los agentes en función del tiempo, haciéndolos más o menos agresivos. Respecto a los algoritmos, en [9] aparece un único patrón de comportamiento basado en la emisión de restricciones más prioritarias, y relajación de las menos prioritarias. Este comportamiento no es el óptimo para el comprador, dado que la relajación sucesiva de la restricción menos prioritaria no reporta una minimización de la pérdida potencial del grado de cumplimiento de las restricciones. Nosotros proponemos relajar aquella restricción que implique la menor pérdida potencial de satisfacción global de restricciones, independientemente de su prioridad. Además, en [9], se supone un entorno semi-competitivo, pero bajo un supuesto competitivo, la extracción forzada de restricciones desde el vendedor es tan sencilla como enviar ofertas falsas con una desviación grande de algún parámetro. Para solventar este problema hemos propuesto la inclusión de los intervalos de confianza. Sería interesante la inclusión de nuevas estrategias de detección de propuestas desviadas, basadas por ejemplo en aprendizaje o en el cálculo de desviaciones con alguna técnica más sofisticada.

Actualmente estamos desarrollando pruebas que comportan la evaluación experimental de todos los escenarios posibles, que resultan de la combinación de las tres estrategias presentadas para cada uno de los agentes, y la aplicación de diferentes funciones de umbrales dinámicos de utilidad y aceptabilidad.

## REFERENCIAS

- [1] Dubois, D. et al, 1994. Propagation and satisfaction of flexible constraints. In R. Yager and L. Zadeh, editors, *Fuzzy Sets, Neural Networks and Soft Computing*, pp. 166-187.
- [2] Dubois, D. et al, 1996. Possibility theory in constraint satisfaction problems: Handling priority, preference and uncertainty. *Applied Intelligence*, Vol. 6, No. 4, pp. 287-309.
- [3] Heiskanen, P. et al, 2001. Constraint proposal method for computing pareto solutions in multi-party negotiations. *European Journal of Operational Research*, Vol 133, No. 1, pp 44-61.
- [4] Jennings, N. et al, 2000. Automated Negotiation, *Proc. 5th Int. Conf. on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Systems*. Manchester, UK, pp. 23-30.
- [5] Jennings, N. et al, 2001. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, Vol. 10, No. 2, pp. 199-215.
- [6] Kraus, S., 2001. *Strategic Negotiation in Multiagent Environments*. The MIT Press.
- [7] Rosenschein, J. and Zlotkin, G., 1994. *Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*. The MIT Press.
- [8] Weiss, G., 1999. *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press.
- [9] Xudong, L. et al, 2003. A fuzzy constraint based model for bilateral, multi-issue negotiations in semi-competitive environments. *In Artificial Intelligence, Elsevier Science*, Vol. 148, pp. 53-102.
- [10] Xudong, L. et al, 2003. Prioritised Fuzzy Constraint Satisfaction Problems: Axioms, Instantiation and Validation. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 136, No. 2, pp. 151-188.
- [11] Yokoo, M., 1998. *Distributed Constraint Satisfaction: Foundations of Cooperation in Multi-Agent Systems*. Springer.