

Un Sistema de Apoyo al Consenso Adaptativo para Problemas de Toma de Decisión en Grupo con Información Heterogénea

J.C. Martínez, L. Martínez, F. Mata
Dept. De Informática,
Universidad de Jaén

E. Herrera-Viedma
Dept. De Ciencias de la Computación e Inteligencia
Artificial, Universidad de Granada

Resumen. Los procesos de consenso se utilizan en problemas de toma de decisión en grupo (TDG) para conseguir que los expertos aproximen sus opiniones antes de obtener la solución final. En este tipo de problemas en los que intervienen varios expertos, éstos pueden proceder de ambientes de investigación diferentes y por lo tanto expresar sus preferencias mediante dominios de información distintos. Además es frecuente que inicialmente las preferencias de los expertos sean muy diferentes y conforme transcurre el proceso de consenso éstas se vayan acercando. En esta contribución presentamos un modelo de sistema de apoyo al consenso adaptativo para problemas de TDG definidos en contextos heterogéneos, donde los expertos expresan sus preferencias por medio de valoraciones numéricas, lingüísticas o intervalares. Recibe el calificativo de adaptativo puesto que es capaz de adaptar el proceso de búsqueda del consenso al nivel de acuerdo alcanzado en cada ronda de consenso.

1. Introducción

En la literatura podemos ver numerosas propuestas para resolver problemas de decisión donde los expertos usan el mismo dominio de información para expresar sus preferencias [8, 10, 12]. Sin embargo, en muchas ocasiones puede resultar aconsejable que los expertos expresen sus opiniones mediante diferentes dominios más acordes con su área de conocimiento o con la naturaleza de las alternativas. En un problema de decisión podemos tratar con alternativas cuya naturaleza es cuantitativa y que admiten valoraciones precisas [12, 14], y con otras en las que debido a la existencia de incertidumbre o imprecisión, valoraciones intervalares [11, 13] o lingüísticas [8] podrían ser más apropiadas. En estas situaciones, podemos decir que el problema

de decisión está definido en un contexto heterogéneo.

Tradicionalmente los problemas de TDG han sido resueltos mediante procesos de selección que permiten obtener el conjunto de alternativas solución a partir de las preferencias expresadas por los expertos [8, 10, 12]. Sin embargo, puede ocurrir que algunos expertos consideren que su opinión no ha sido tenida en cuenta para obtener la solución, y por tanto pueden estar en desacuerdo con ella. Para evitar esta situación, es recomendable llevar a cabo un proceso de consenso (Figura 1) donde los expertos discuten y cambian sus preferencias para alcanzar un acuerdo suficiente antes de tomar una decisión.



Figura 1. Proceso de resolución en un problema de TDG

En un problema de TDG, inicialmente las preferencias de los expertos suelen ser bastante diferentes y por tanto el grado de consenso bajo. En esta situación es lógico pensar que los expertos deberían cambiar muchas de sus preferencias con el propósito de acercar sus opiniones. Conforme se van desarrollando las diferentes rondas de consenso, el grado de acuerdo se irá incrementando y consecuentemente el número de cambios de preferencias que se debería exigir a los expertos debería ir disminuyendo. Esta característica, a la que podemos llamar adaptatividad, supone una optimización del proceso, ya que i) aumenta la velocidad de convergencia hacia el nivel de acuerdo buscado,

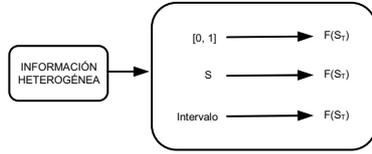


Figura 3. El proceso de unificación de información heterogénea.

Para llevar a cabo esta unificación, utilizamos funciones de transformación que transforman cada valor de preferencia numérica, intervalar y lingüística en un conjunto difuso $F(S_T)$, definido sobre el CBTL. A continuación presentamos brevemente tales funciones, encontrándose en [9] una descripción más detallada de las mismas.

Transformación de valores numéricos en $[0,1]$ en $F(S_T)$.

En nuestro caso, utilizaremos conjuntos difusos con función de pertenencia triangular ($b_i = d_i$), para modelar las etiquetas lingüísticas $s_i \in S_T$. Sea \mathcal{G} un valor numérico, $\mathcal{G} \in [0,1]$, y $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$ el CBTL. La función τ_{NS_T} que transforma \mathcal{G} en un conjunto difuso sobre S_T se define como:

$$\tau_{NS_T} : [0,1] \rightarrow F(S_T)$$

$$\tau_{NS_T}(\mathcal{G}) = \{(s_0, \gamma_0), \dots, (s_g, \gamma_g)\}, s_i \in S_T \text{ y } \gamma_i \in [0,1]$$

$$\gamma_i = \mu(\mathcal{G}) = \begin{cases} 0, & \text{si } \mathcal{G} \notin \text{Soporte}(\mu_{s_i}(x)) \\ \frac{\mathcal{G} - a_i}{b_i - a_i}, & \text{si } a_i \leq \mathcal{G} \leq b_i \\ \frac{c_i - \mathcal{G}}{c_i - b_i}, & \text{si } b_i \leq \mathcal{G} \leq c_i \end{cases}$$

Transformación de valores intervalares en $F(S_T)$

Sea $I = [\bar{l}, \bar{i}]$ un intervalo en $[0,1]$ y $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$ el CBTL. La función τ_{IS_T} que transforma el intervalo I en un conjunto difuso sobre S_T se define como:

$$\tau_{IS_T} : I \rightarrow F(S_T)$$

$$\tau_{IS_T}(I) = \{(s_k, \gamma_k^i) / k \in \{0, \dots, g\}\}$$

$$\gamma_k^i = \max_y \min\{\mu_l(y), \mu_{s_k}(y)\}$$

donde $\mu_l(\cdot)$ y $\mu_{s_k}(\cdot)$ son las funciones de pertenencia asociadas con el intervalo I y el término s_k , respectivamente.

Transformación de términos lingüísticos en $F(S_T)$

Sea $S = \{l_0, \dots, l_p\}$ y $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$ dos conjuntos de términos lingüísticos tal que $g \geq p$. La función τ_{SS_T} que transforma los $l_i \in S$ en conjuntos difusos sobre S_T se define como:

$$\tau_{SS_T} : S \rightarrow F(S_T)$$

$$\tau_{SS_T}(l_i) = \{(s_k, \gamma_k^i) / k \in \{0, \dots, g\}\}, \forall l_i \in S$$

$$\gamma_k^i = \max_y \min\{\mu_{l_i}(y), \mu_{s_k}(y)\}$$

donde $\mu_{l_i}(\cdot)$ y $\mu_{s_k}(\cdot)$ son las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos asociados al término l_i y s_k respectivamente.

Una vez que hemos realizado el proceso de unificación, las preferencias de cada experto podrán representarse mediante una matriz de conjuntos difusos, \tilde{P}_{e_i} :

$$\tilde{P}_{e_i} = \begin{pmatrix} \tilde{p}_i^{11} = (\alpha_{i0}^{11}, \dots, \alpha_{ig}^{11}) & \dots & \tilde{p}_i^{1n} = (\alpha_{i0}^{1n}, \dots, \alpha_{ig}^{1n}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{p}_i^{n1} = (\alpha_{i0}^{n1}, \dots, \alpha_{ig}^{n1}) & \dots & \tilde{p}_i^{nm} = (\alpha_{i0}^{nm}, \dots, \alpha_{ig}^{nm}) \end{pmatrix}$$

3.2. Cálculo del grado de consenso

El grado de consenso evalúa el nivel de acuerdo entre los expertos. Para calcular el nivel de acuerdo es necesario calcular una matriz de consenso que representa la similitud o similaridad global entre las preferencias de todos los expertos y que se obtiene agregando las distancias entre las preferencias de los expertos.

Dado que la información con la que trabajamos son conjuntos difusos, la similaridad entre dos preferencias \tilde{p}_i^{lk} y \tilde{p}_j^{lk} se calcula por medio de la función de similaridad $s(\tilde{p}_i^{lk}, \tilde{p}_j^{lk})$ [7] definida en el intervalo unidad $[0,1]$:

$$s(\tilde{p}_i^{lk}, \tilde{p}_j^{lk}) = 1 - \left| \frac{cv_i^{lk} - cv_j^{lk}}{g} \right| \quad (1)$$

El valor cv_i^{lk} es el valor central del conjunto difuso:

$$cv_i^{lk} = \frac{\sum_{h=0}^g index(s_h^i) \cdot \alpha_{ih}^{lk}}{\sum_{h=0}^g \alpha_{ih}^{lk}} \quad (2)$$

siendo $index(s_h^i) = h$. El rango de este valor central es el intervalo cerrado $[0, g]$.

El grado de consenso se calcula mediante los siguientes pasos:

1. Se calculan los valores centrales de todos los conjuntos difusos:

$$cv_i^{lk}; \forall i = 1, \dots, m; l, k = 1, \dots, n \wedge l \neq k. \quad (3)$$

2. Para cada pareja de expertos e_i y e_j ($i < j$), se calcula una matriz de similitud $SM_{ij} = (sm_{ij}^{lk})$, donde $sm_{ij}^{lk} = s(\tilde{p}_i^{lk}, \tilde{p}_j^{lk})$.
3. Finalmente, se obtiene una *matriz de consenso* CM , agregando a nivel de pares de alternativas todas las matrices de similitud.

$$CM = \begin{pmatrix} cm^{11} & \dots & cm^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cm^{n1} & \dots & cm^{nn} \end{pmatrix}$$

Para obtener esta matriz podrían usarse diferentes operadores de agregación, de acuerdo con las propiedades particulares que se quieran implementar.

A partir de la matriz de consenso, podemos analizar el grado de consenso a tres niveles diferentes: pares de alternativas, alternativas y relaciones.

Nivel 1. *Consenso sobre pares de alternativas.*

Evalúa el consenso en cada par de alternativas (x_l, x_k) , coincidiendo con los valores de la matriz de de consenso CM ,

$$cp^{lk} = cm^{lk}, \forall l, k = 1, \dots, n \wedge l \neq k.$$

Nivel 2. *Consenso sobre alternativas.* Evalúa el grado de consenso sobre una alternativa x_l ,

$$ca^l = \frac{\sum_{k=1, l \neq k}^n cp^{lk}}{n-1} \quad (4)$$

Nivel 3. *Consenso sobre relaciones o consenso global.* Evalúa el grado de consenso total entre las preferencias de todos los expertos,

$$cr = \frac{\sum_{l=1}^n ca^l}{n} \quad (5)$$

El SACA usa este valor para comprobar el nivel de acuerdo alcanzado en cada ronda de consenso.

3.3. Comprobación del acuerdo alcanzado

En esta fase el SACA controla el nivel de acuerdo alcanzado en la actual ronda de consenso. Antes de aplicar el modelo de SACA, debe ser fijado un umbral mínimo de consenso, $\gamma \in [0,1]$, que dependerá del problema particular con el que estemos tratando. En cualquier caso, independientemente del valor γ , cuando el consenso global cr alcanza el valor γ , el SACA se detendrá y se aplicará el proceso de selección para obtener la solución. Sin embargo, existe la posibilidad de que el consenso global no converja al umbral de consenso y el proceso quede bloqueado. Con objeto de evitar esta circunstancia, el modelo incorpora un parámetro, para limitar el número de rondas de consenso a realizar.

3.4. Generación adaptativa de recomendaciones

Esta fase es la que imprime el carácter adaptativo al modelo al ajustar el proceso de búsqueda de preferencias a cambiar al grado de consenso existente en cada ronda de consenso. Si el grado de acuerdo no es suficiente, los expertos deben cambiar sus opiniones para aproximarlas. Para ello el SACA recomienda la dirección de los cambios de preferencia que los expertos deberían seguir para incrementar el grado de acuerdo. El número de cambios dependerá del nivel de acuerdo alcanzado en cada ronda, llevándose a cabo tres procedimientos distintos para buscar las preferencias a cambiar (PBp).

Las operaciones de esta fase se agrupan en dos tareas principales:

1. *Elección del PBp más apropiado.* El modelo establece una serie de condiciones en las que se tiene en cuenta el grado de consenso general alcanzado en la ronda actual y dos umbrales de consenso θ_1 y θ_2 (acordados por los expertos y que dependerán del tipo de problema) utilizados para diferenciar tres posibles situaciones del nivel de consenso: bajo, medio y alto. El algoritmo que implementa estas condiciones se muestra en la Figura 4.
2. *Ejecución del PBp.* Según el grado de consenso cr , el modelo ejecutará uno de los tres PBps.

El resultado de la ejecución de cada procedimiento es el conjunto de preferencias que cada experto e_i , deberá cambiar en la siguiente ronda de consenso, que llamaremos respectivamente $PREFECH_i^B$, $PREFECH_i^M$ y $PREFECH_i^A$.

```

inputs:   $cr \ \theta_1 \ \theta_2$ 
begin
  if  $cr \leq \theta_1$  then
    Ejecutar PBp Bajo
  else if  $cr \leq \theta_2$  then
    Ejecutar PBp Medio
  else
    Ejecutar PBp Alto
  end-if
End

```

Figura 4. Algoritmo para la selección del PBp.

A continuación se describen las características y el funcionamiento de cada procedimiento, PBp.

PBp cuando el grado de consenso es bajo

El SACA lleva a cabo este procedimiento en situaciones en las que el grado de consenso es considerado como bajo y el acuerdo está aún muy lejano, es decir $cr \leq \theta_1$.

El propósito de este procedimiento es identificar a partir de la matriz de consenso, los pares de alternativas donde no existe suficiente consenso y recomendar que todos los expertos sin excepción cambien dichos pares,

$$PREFECH_i^B = \{(l,k) | cp^{lk} < cp, l,k=1,\dots,n\}, \forall e_i \in E$$

Es decir, seleccionamos aquellos pares de alternativas en los que el consenso está por debajo de la media aritmética cp . Usamos este valor como un umbral de consenso dinámico que se actualiza en cada ronda.

PBp cuando el grado de consenso es medio

El SACA ejecuta este procedimiento cuando, $\theta_1 < cr \leq \theta_2$, es decir, se considera que el nivel de consenso ha mejorado pero todavía el acuerdo está lejano.

El propósito de este procedimiento es identificar las alternativas x_l y pares de alternativas (x_l, x_k) pertenecientes a estas

alternativas en las que no hay suficiente consenso y proponer que sean cambiadas sólo por los expertos con menos proximidad en tales alternativas. Para llevar a cabo esta selección, el modelo ha de calcular una *medida de proximidad*, que evalúa la distancia entre las preferencias de los expertos individuales y la preferencia colectiva. Para calcularla, primero necesitamos obtener una relación de preferencia colectiva $\tilde{P}_c = (\tilde{p}_c^{lk})$ que representa la opinión del grupo de expertos. \tilde{P}_c se calcula agregando el conjunto de relaciones de preferencia individuales unificadas $\{\tilde{P}_{e_1}, \dots, \tilde{P}_{e_m}\}$:

$$\tilde{p}_c^{lk} = \psi(\tilde{p}_1^{lk}, \dots, \tilde{p}_m^{lk}) = (\alpha_{c0}^{lk}, \dots, \alpha_{cg}^{lk})$$

donde

$$\alpha_{cj}^{lk} = \psi(\alpha_{1j}^{lk}, \dots, \alpha_{mj}^{lk})$$

Siendo ψ un “operador de agregación”, como por ejemplo la media aritmética.

Una vez obtenida la relación de preferencia colectiva, se calcula la matriz de proximidad, $PM_i = (pm_i^{lk})$, para cada experto e_i , donde cada elemento se obtiene como:

$$pm_i^{lk} = s(\tilde{p}_i^{lk}, \tilde{p}_c^{lk})$$

Para identificar las preferencias a cambiar, el procedimiento lleva a cabo las siguientes operaciones:

1. Se calculan los grados de consenso a nivel de alternativas:

$$ca^l = \frac{\sum_{k=1, k \neq l}^n cp^{lk}}{n-1}$$

Se identifican las alternativas en las que el grado de consenso es menor que el umbral de consenso. Al igual que en el procedimiento anterior, utilizamos un umbral dinámico de consenso a nivel de alternativas ca , que es la media aritmética de todos los valores de consenso a nivel de alternativas ca^l . Definimos pues el conjunto de alternativas a cambiar como:

$$X^{ch} = \{l | ca^l < ca\}.$$

2. Se identifican los pares pertenecientes a estas alternativas en los que no hay consenso,

$$P = \{(l,k) | l \in X^{ch}, cp^{lk} < cp\}.$$

3. A continuación hay que identificar los expertos que deben cambiar sus preferencias. Para ello se

calcula la proximidad de cada experto a nivel de alternativas en aquellas alternativas en las que no hay suficiente consenso,

$$\{pa'_i \mid pa'_i = \frac{\sum_{i=1, k \neq l}^m pp_i^{lk}}{n-1}, l \in X^{ch}\}, \forall e_i \in E.$$

4. Finalmente, obtenemos el conjunto de preferencias que cada experto debe cambiar según la siguiente expresión:

$$PREFECH_i^M = \{(l, k) \mid l \in X^{ch} \wedge (l, k) \in P \wedge pa'_i < \overline{pa}^l\}$$

Donde \overline{pa}^l es la media aritmética de las proximidades de todos los expertos en la alternativa x_l .

Teniendo en cuenta las nuevas restricciones que afectan al número de preferencias y número de expertos a cambiar, es fácil comprobar que la cardinalidad de ambos conjuntos es diferente, $\#(\bigcup_i PREFECH_i^M) \leq \#(\bigcup_i PREFECH_i^B)$.

PBp cuando el grado de consenso es alto

Este procedimiento se ejecuta en situaciones en las que el acuerdo está próximo, $\theta_2 < cr < \gamma$.

Llegado este momento, un número pequeño de cambios de opinión puede hacer que se alcance el consenso en la siguiente ronda. Esto se consigue añadiendo una nueva restricción a las ya existentes en el procedimiento anterior cuyo resultado es la reducción del número de expertos que han de cambiar sus preferencias.

El propósito de este procedimiento es identificar las alternativas y pares de alternativas en los que no existe suficiente consenso y proponer que sean cambiados sólo por aquellos expertos que con menor proximidad en esos pares. Para conseguir esto procede como sigue:

1. Realiza las mismas operaciones numeradas del 1-4 descritas en el PBp cuando el grado de consenso es medio.
2. Calcula el umbral de proximidad \overline{pp}^{lk} para cada par de alternativas, utilizado para seleccionar los expertos más alejados en los pares de alternativas en las que no hay consenso,

$$\{\overline{pp}^{lk} \mid \overline{pp}^{lk} = \frac{\sum_{i=1}^m pp_i^{lk}}{m}, (l, k) \in P\}.$$

siendo $pp_i^{lk} = pm_i^{lk}$.

Utilizando como umbrales de proximidad los valores $\beta_1^l = \overline{pa}^l$ y $\beta_2^k = \overline{pp}^{lk}$, para cada experto se obtiene el conjunto de preferencias a cambiar,

$$PREFECH_i^A = \{(l, k) \mid l \in X^{ch} \wedge (l, k) \in P \wedge pa'_i < \beta_1^l \wedge pp_i^{lk} < \beta_2^k\}.$$

Con esta nueva condición se puede comprobar que $\#(\bigcup_i PREFECH_i^A) \leq \#(\bigcup_i PREFECH_i^M)$, y

como $\#(\bigcup_i PREFECH_i^M) \leq \#(\bigcup_i PREFECH_i^B)$,

podemos asumir que nuestra propuesta adapta su funcionamiento al grado de consenso existente en cada momento, reduciendo el número de cambios conforme el grado de consenso va aumentando.

3.5 Generación adaptativa de recomendaciones

Para conseguir que en cada nueva ronda de consenso el acuerdo entre los expertos sea mayor, éstos han de cambiar las preferencias obtenidas por el PBp correspondiente en la dirección correcta, según la recomendación del modelo. Para ello se utiliza un conjunto de *reglas de dirección*, que comparan los valores centrales de los conjuntos difusos que representan las preferencias individuales y colectivas. Como resultado de esta comparación el modelo recomendará incrementar o decrementar las valoraciones individuales actuales dadas por los expertos.

Proponemos tres reglas de dirección:

DR.1. Si $(cv_i^{lk} - cv_c^{lk}) < 0$, el experto e_i debería incrementar la valoración dada al par de alternativas (x_l, x_k) .

DR.2. Si $(cv_i^{lk} - cv_c^{lk}) > 0$, el experto e_i debería decrementar la valoración dada al par de alternativas (x_l, x_k) .

DR.3. Si $(cv_i^{lk} - cv_c^{lk}) = 0$, el experto e_i no modificará la valoración dada al par de alternativas (x_l, x_k) .

4. Conclusiones

En este trabajo hemos propuesto un modelo de SAC adaptativo para automatizar procesos de consenso en problemas de TDG con información heterogénea. Este modelo es capaz de llevar a

cabo procesos de consenso donde los expertos expresan sus preferencias usando diferentes dominios de información (numéricos, intervalares y lingüísticos). La forma en la que se llevará a cabo la búsqueda del consenso dependerá del nivel de acuerdo existente en cada ronda de consenso. Para ello se han definido tres procedimientos diferentes para buscar las preferencias que los expertos deberían cambiar, dependiendo del grado de consenso alcanzado en cada ronda. De esta forma se consigue mejorar la convergencia hacia el consenso reduciendo el número de rondas necesarias para alcanzarlo.

Agradecimientos

Esta contribución ha sido parcialmente subvencionada por el proyecto TIN2006-02121 y Fondos Feder.

Referencias

- [1] P. P. Bonissone y K. S. Decker, *Selecting Uncertainty Calculi and Granularity: An Experiment in Trading-Off Precision and Complexity*, North-Holland, 1986.
- [2] F. Chiclana, F. Herrera y E. Herrera-Viedma, *Integrating Multiplicative Preference Relations in a Multipurpose Decision Making Model Based on Fuzzy Preference Relations*, Fuzzy Sets and Systems, 122 (2001), pp. 277-291.
- [3] F. Chiclana, F. Herrera y E. Herrera-Viedma, *Integrating Three Representation Models in Fuzzy Multipurpose Decision Making Based on Fuzzy Preference Relations*, Fuzzy Sets and Systems, 97 (1998), pp. 33-48.
- [4] M. Delgado, F. Herrera, E. Herrera-Viedma y L. Martínez, *Combining numerical and linguistic information in group decision making*, Information Sciences, 107 (1998), pp. 177-194.
- [5] P. Eklund, A. Rusinowska y H. Swart, *Consensus reaching in committees*, European Journal of Operational Research, 178 (2007).
- [6] E. Herrera-Viedma, F. Herrera y F. Chiclana, *A Consensus Model for Multiperson Decision Making with Different Preference Structures*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A, 32 (2002), pp. 394-402.
- [7] E. Herrera-Viedma, L. Martínez, F. Mata y F. Chiclana, *A Consensus Support System Model for Group Decision-making Problems with Multi-granular Linguistic Preference Relations*, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 13 (2005), pp. 644-658.
- [8] F. Herrera y E. Herrera-Viedma, *Linguistic Decision Analysis: Steps for Solving Decision Problems under Linguistic Information*, Fuzzy Sets and Systems, 115 (2000), pp. 67-82.
- [9] F. Herrera, L. Martínez y P. J. Sánchez, *Managing Non-Homogeneous Information in Group Decision Making*, European Journal of Operational Research, 166 (2005), pp. 115-132.
- [10] J. Kacprzyk, *Group Decision Making with a Fuzzy Linguistic Majority*, Fuzzy Sets and Systems, 18 (1986), pp. 105-118.
- [11] S. Kundu, *Min-Transitivity of Fuzzy Leftness Relationship and Its Application to Decision Making*, Fuzzy Sets and Systems, 86 (1997), pp. 357-367.
- [12] S.H. Kim, y J.K. Kim., *An interactive procedure for multiple attribute group decision making with incomplete information: Range-based approach.*, European Journal of Operational Research, 118 (1999), pp. 139-152.
- [13] J. F. L. Teno y B. Mareschal, *An Interval Version of PROMETHEE for the Comparison of Building Products' Design with Ill-Defined Data on Environmental Quality*, European Journal of Operational Research, 109 (1998), pp. 522-529.
- [14] R. R. Yager, *On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decision Making*, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 18 (1988), pp. 183-190.
- [15] L. A. Zadeh, *The Concept of a Linguistic Variable and Its Applications to Approximate Reasoning*, Information Sciences, Part I, II, III, 8,8,9 (1975), pp. 199-249,301-357,43-80.
- [16] Q. Zhang, J. C. H. Chen y P. P. Chong, *Decision Consolidation: Criteria Weight Determination Using Multiple Preference Formats*, Decision Support Systems, 38 (2004), pp. 247-258.

| | |
|---|-----|
| Modelo semántico-difuso de un sistema de recomendaciones de información para bibliotecas digitales universitarias | 73 |
| José M. Morales-del-Castillo, Enrique Herrera-Viedma, Eduardo Peis <i>Universidad de Granada</i> | |
| Mejorando el sistema de recomendaciones SIRE2IN: un enfoque interdisciplinar | 81 |
| Carlos Porcel Gallego, Enrique Herrera Viedma, José M. Morales del Castillo <i>Universidad de Córdoba</i> | |
| Análisis y detección de determinadas estructuras condicionales en documentos de texto | 89 |
| Cristina Puente, José A. Olivas <i>Universidad Pontificia de Comillas</i> | |
| Clustering documental basado en mapas de Kohonen optimizados mediante técnicas de lógica borrosa | 97 |
| Francisco Pascual Romero, Arturo Peralta, José Ángel Olivas, Jesús Serrano-Guerrero <i>Universidad de Castilla-La Mancha</i> | |
| Resúmenes de textos basados en conjeturas | 105 |
| Alejandro Sobrino Cerdeiriña <i>Universidad de Santiago de Compostela</i> | |
| Applying fuzzy linguistic tools to evaluate the quality of airline web sites | 113 |
| L. Hidalgo, F.J. Cabrerizo, J. López Gijón, E. Herrera-Viedma <i>Universidad de Granada</i> | |

Toma de Decisiones I: Modelos

| | |
|---|-----|
| Consistency of reciprocal fuzzy preference relations..... | 123 |
| Sergio Alonso Burgos, Francisco Chiclana, Enrique Herrera-Viedma, Francisco Herrera, <i>Universidad de Granada</i> | |
| A procedure to estimate missing information in group decision-making with fuzzy linguistic information | 139 |
| Sergio Alonso Burgos, Francisco Javier Cabrerizo Lorite, Francisco Herrera, Enrique Herrera-Viedma, Francisco Chiclana <i>Universidad de Granada</i> | |
| Borda decision rules within the linguistic framework | 149 |
| José Luis García Lapresta, Bonifacio Llamazares, Miguel Martínez Panero <i>Universidad de Valladolid</i> | |
| Un sistema de apoyo al consenso adaptativo para problemas de toma de decisiones en grupo con información heterogénea | 157 |
| Luis Martínez López, Juan C. Martínez, Francisco Mata, Enrique Herrera Viedma <i>Universidad de Jaén</i> | |
| Toma de decisión en grupo basada en las alternativas ideal y anti-ideal en un ambiente difuso..... | 163 |
| M ^a Teresa Lamata, M ^a Socorro García-Cascales, Antonio Masegosa <i>Universidad de Granada</i> | |



**ACTAS DEL
II SIMPOSIO SOBRE LÓGICA FUZZY Y
SOFT COMPUTING
(LFSC 2007)**

EDITORES

Enrique Herrera Viedma
Juan Luis Castro
Jorge Casillas
Rafael Alcalá
Sergio Alonso
Luis Martínez
José Ángel Olivas

Organizadas por:

European Society for Fuzzy logic and Technology (EUSFLAT)



THOMSON
—★—™



**ACTAS DELII SIMPOSIO SOBRE LÓGICA FUZZY Y SOFT COMPUTING
(LFSC 2007)**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier otro medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Derechos reservados ©2007 respecto a la primera edición en español, por LOS AUTORES
Derechos reservados ©2007 International Thomson Editores Spain, S.A.

Magallanes, 25; 28015 Madrid, ESPAÑA
Teléfono 91 4463350
Fax: 91 4456218
clientes@parainfo.es

ISBN: 978-84-9732-609-4
Depósito legal: M-

Maquetación: Los Autores
Coordinación del proyecto: @LIBROTEX
Portada: Estudio Dixi
Impresión y encuadernación: FER Fotocomposición, S. A.

IMPRESO EN ESPAÑA-PRINTED IN SPAIN