

# Un Modelo Lingüístico para la Resolución de Problemas de Toma de Decisión en Grupo para el Sector Turístico

Luis Martínez, Francisco Mata, Pedro J. Sánchez, Elena Martínez

*Dpto Informática, Universidad de Jaén*  
*{martin,fnata,pedroj}@ujaen.es*  
*Universidad de Jaén*

## Resumen:

*La Toma de Decisiones es un área que está relacionada con gran cantidad de tareas y procesos que el ser humano realiza en sus tareas cotidianas habitualmente. El área que nos ocupa en la presente comunicación es la Industria del Turismo. En ella puede darse que el problema que estamos tratando presente aspectos cualitativos que son difícilmente valorables de forma exacta o presente aspectos cuantitativos que presenten dificultad para obtener una valoración exacta y se acepte una valoración aproximada. En estos casos, el uso de la Teoría de Conjuntos Difusos mediante el Enfoque Lingüístico Difuso ha proporcionado muy buenos resultados. En esta contribución pretendemos presentar como el uso de la Información Lingüística en la Toma de Decisiones nos será de utilidad para mejorar los procesos de decisión en el ámbito del sector turístico.*

**Palabras Clave:** Toma de Decisiones, Conjuntos Difusos, variables lingüísticas, la Industria del Turismo

## 1. Introducción

La Toma de Decisiones es un área que está relacionada con gran cantidad de tareas y procesos que las personas realizan de forma habitual en sus tareas cotidianas. De esta gran variedad de campos nos centraremos en el contexto de la Industria del Turismo para la presente comunicación. En este contexto nos encontramos con una gran cantidad de información dada por un gran número de fuentes y en la mayoría de los casos valorando aspectos cualitativos donde la información referida a los mismos presenta un alto grado de incertidumbre. Debido a este grado de incertidumbre en la información el modelo de representación lingüístico puede verse como una solución adecuada para

representar la información a problemas del contexto del sector turístico que mejoren este tipo de información vaga e imprecisa. En la literatura podemos encontrar ejemplos del uso de la Toma de Decisiones Multicriterio utilizando el modelo de representación lingüístico (Chung-Hsing, 2000),(Yu-Her, 2002) aplicado a la Industria del Turismo. Nosotros en la presente comunicación nos centraremos en estudiar un modelo de Toma de Decisión en Grupo lingüístico dentro del contexto del sector turístico.

Un problema de Toma de Decisión en Grupo (TDG) se define como una situación de decisión en la cuál (i) hay dos o más expertos, cada uno de ellos caracterizados por sus propias percepciones, actitudes, motivaciones, conocimiento, ... (ii) los cuáles reconocen la existencia de un problema común, y (iii) que intentan obtener una decisión en común. Debido al hecho de que la información proporcionada por los principios de razonamiento humano son a menudo vagos e imprecisos, el modelado de estos problemas requiere el uso de modelos de representación adecuados para información imprecisa y operadores de agregación de este tipo de información.

En el contexto difuso, un problema de TDG puede ser modelado como: un conjunto finito de alternativas,  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , ( $n \geq 2$ ) , con un conjunto finito de expertos,  $E = \{e_1, \dots, e_m\}$ , ( $m \geq 2$ ). Donde cada experto  $e_k \in E$ , proporciona sus preferencias sobre el conjunto de alternativas,  $X$ , mediante alguna de las siguientes estructuras:

1. *Vector de Utilidad*: Se utiliza un vector donde cada elemento representa la preferencia de cada una de las alternativas propuestas al problema:  $(p_1, \dots, p_n)$  dónde  $p_i$  es la preferencia sobre la alternativa  $x_i$ .

2. *Relación de preferencia:*  $P^k$ , con una función de pertenencia,  $\mu_{p^k} : X \times X \rightarrow U$ , donde  $\mu_{p^k}(x_i, x_j) = p_{ij}^k$  denota el grado de preferencia de la alternativa  $x_i$  sobre  $x_j$ . Dependiendo de la naturaleza del universo del discurso  $U$ . Si  $U=[0,1]$  hablaremos de relaciones de preferencia difusa (Kacprzyk, 1986) y si  $U=S$  (conjunto de etiquetas lingüísticas) hablaremos de relaciones de preferencia lingüística (Herrera, 1995).

En esta contribución utilizaremos relaciones de preferencia lingüística en las que los grados de preferencia están valorados mediante etiquetas lingüísticas pertenecientes a un conjunto de etiquetas  $S$ .

Un proceso de TDG se compone de dos fases (Roubens, 1997):

1. *Fase de Agregación:* En esta fase se combinan las preferencias individuales de los distintos expertos para obtener un valor de preferencia colectiva sobre cada alternativa.
2. *Fase de Explotación:* En esta se aplica un criterio de precedencia que ordena los valores de preferencia colectiva. De esta forma se obtiene la alternativa o conjunto de alternativas solución al problema.

En la literatura científica podemos encontrar diferentes modelos computacionales que nos ayudan a realizar la fase de agregación tanto en el contexto numérico ( $[0,1]$ ) (Kacprzyk, 1986), como en un contexto lingüístico (Herrera, 1996 y 2000).

En esta contribución revisaremos un modelo lingüístico para la resolución de procesos de decisión cuando trabajamos con problemas definidos en un contexto con imprecisión o vago. Este modelo lo aplicaremos a un problema simple de Toma de Decisión en Grupo en el contexto del sector turístico.

Esta contribución está estructurada como sigue: en la Sección 2 veremos el Enfoque Lingüístico Difuso, en la Sección 3 estudiaremos un modelo lingüístico de Toma de Decisión en Grupo, en la Sección 4 presentaremos un ejemplo de Toma de Decisiones en entorno lingüístico aplicado a la Industria del Turismo y para finalizar expondremos una serie de conclusiones.

## **2. Enfoque lingüístico difuso**

En esta sección, presentamos algunos conceptos básicos sobre el enfoque lingüístico difuso utilizado para representar la información lingüística en los problemas de Toma de Decisiones.

Cuando trabajamos con conocimiento vago e impreciso, no podemos estimar de forma precisa un valor numérico. Entonces, un enfoque más realista es el uso de etiquetas lingüísticas en lugar de valores numéricos, es decir, asumimos que las variables que participan en el problema son valoradas mediante términos lingüísticos (Zadeh, 1975). Este enfoque es apropiado para gran cantidad de problemas, ya que permiten una representación de la información de una forma más directa y adecuada en caso de ser incapaces de expresarla de forma precisa. En (Bordogma, 1997),(Delgado, 1993),(Herrera, 1995) se muestran algunas aplicaciones del enfoque lingüístico a la toma de decisiones.

Normalmente, dependiendo del dominio del problema, se elige un conjunto de términos lingüísticos adecuado y se utiliza para describir el conocimiento vago o impreciso. El número de elementos en el conjunto de etiquetas determina lo que se denomina la *granularidad*, es decir, el grado de distinción entre diferentes grados de incertidumbre. En (Bonissone, 1986) se describe el uso de conjuntos de etiquetas lingüísticas con un número impar de etiquetas, donde el término medio representa "aproximadamente 0,5", con el resto de etiquetas distribuidos simétricamente a su alrededor.

$$\{N, MB, B, M, A, MA, P\}$$

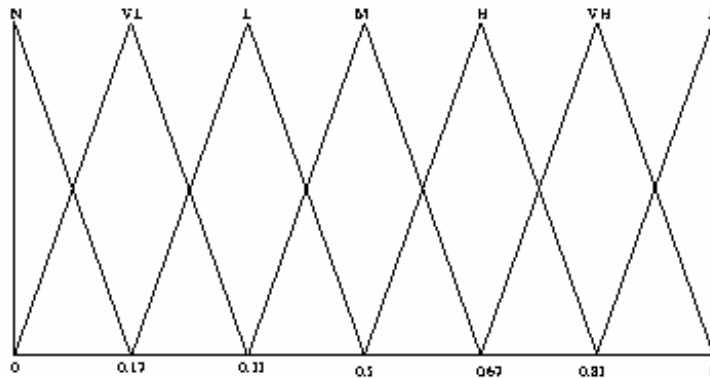
La semántica de las etiquetas lingüísticas viene dada por números difusos definidos en el intervalo  $[0,1]$ , los cuáles son descritos mediante funciones de pertenencia. Debido a que los términos lingüísticos no son más que aproximaciones dadas por individuos, consideraremos que el uso de funciones de pertenencia trapezoidales son lo suficientemente buenas como para capturar la vaguedad de las valoraciones lingüísticas, ya que obtener valores más precisos es imposible o innecesario. Esta representación se obtiene mediante una 4-tupla  $(a,b,d,c)$ , con  $b$  y  $d$  indicando el intervalo donde la función de pertenencia es 1 y con  $a$  y  $c$  siendo los límites izquierdo y derecho de la función de pertenencia. Un caso particular de este tipo de funciones de pertenencia son las triangulares que son aquellas en que,  $b=d$ , por lo que se representan como  $(a,b,c)$ . Por ejemplo, podríamos asignar la siguiente semántica al anterior conjunto de 7 etiquetas:

N=nada,  $(0,0,.17)$ , MB=Muy\_Bajo  $(0,.17,.33)$ , B=bajo,  $(.17,.33,.5)$

M=medio  $(.33,.5,.67)$ , A=alto  $(.5,.67,.83)$ , MA= Muy\_Alto  $(.67,.83,1)$

P=Perfecto  $(.83,1,1)$ ,

Gráficamente quedaría como sigue;



**Figura 1.** Etiquetas lingüísticas

### 3. Modelo lingüístico de toma de decisión en grupo en la resolución de problemas

Hemos visto que un proceso de Toma de Decisión en Grupo está compuesto de dos fases (Roubens, 1997):

1. *Fase de Agregación.* En el que se transforma un conjunto de valores de preferencias asociadas a diferentes expertos y/o criterios en un conjunto de valores de preferencia colectiva aplicando un operador de agregación.
2. *Fase de Explotación.* A partir de los valores de preferencia colectiva y aplicando un criterio de selección se obtiene un conjunto solución. Estos criterios de selección pueden estar basados en el consenso (Kacprzyk, 1986), grados de dominancia o no dominancia (Orlovski, 1978), y cualquier otro método que nos permita obtener una ordenación de la preferencia colectiva obtenida en la fase de agregación.

Gráficamente podemos ver el modelo de resolución en la siguiente figura:



Figura 2. Modelo de Resolución para la TD

En los modelos de Toma de Decisión donde la información se presenta mediante preferencias lingüísticas, precisan de un operador de agregación de información

lingüística para llevar a cabo la *fase de agregación*. Para llevar a cabo estos procesos de agregación existen distintos modelos computacionales (Degani, 1988), (Delgado, 1993). A continuación revisamos dos de estos modelos:

### 3.1. Modelo computacional lingüístico basado en el principio de extensión

El principio de extensión (P.E.) se utiliza para generalizar las operaciones matemáticas "crisp" a operaciones con conjuntos difusos. El uso de la "aritmética extendida" (Dubois, 1980) incrementa la vaguedad de los resultados. Los resultados obtenidos mediante la aritmética difusa son números difusos que normalmente no coinciden con ningún término lingüístico del conjunto inicial de términos, por lo que se debe aplicar un proceso de "Aproximación Lingüística" a los resultados para poder expresarlos en el dominio inicial (Bonissone, 1986), (Degani, 1988).

Un operador de agregación lingüística basado en el principio de extensión opera tal y como se describe a continuación:

$$S^n \xrightarrow{F} F(R) \xrightarrow{app_1(\bullet)} S$$

siendo  $S^n$  el producto cartesiano de  $S$ ,  $F$  un operador de agregación basado en el P.E.,  $F(R)$  el conjunto de conjuntos difusos sobre el conjunto de números reales  $R$ ,  $app_1: \Phi(P) \rightarrow S$  es una función de aproximación lingüística que devuelve una etiqueta del conjunto de etiquetas  $S$ , cuyo significado es el más próximo a número difuso obtenido por  $F$ .

### 3.2. Modelo computacional simbólico

Otro modelo utilizado para operar con información lingüística es el Modelo Simbólico (Delgado, 1993), que realiza las operaciones sobre los índices de las etiquetas. Normalmente, utiliza la estructura ordenada de los conjuntos de etiquetas,  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$

donde  $s_i < s_j$  si  $i < j$ . Los resultados intermedios son valores numéricos,  $\alpha \in [0, g]$ , los cuales deben ser aproximados en cada paso del proceso mediante una función de aproximación,  $app_2(\cdot) : [0, g] \longrightarrow \{0, \dots, g\}$  que obtiene un valor numérico que se corresponde con el índice de una etiqueta lingüística del conjunto de etiquetas. Formalmente podemos expresarlo como:

$$S^n \xrightarrow{C} [0, g] \xrightarrow{app_2(\bullet)} \{0, \dots, g\} \longrightarrow S$$

donde C son operadores de agregación lingüística,  $app_2(\cdot)$  es una función de aproximación usada para obtener un índice  $\{0, \dots, g\}$  asociada a un término en  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ .

#### 4. Ejemplo de toma de decisiones en el sector turístico

A continuación presentaremos un problema de Toma de Decisión en Grupo lingüística que se puede dar en el sector turístico y lo resolveremos con el modelo de Toma de Decisión presentado anteriormente. Haremos dos resoluciones del problema utilizando los dos métodos de computación que hemos revisado. Supongamos que a una agencia de viajes se le presentan distintas ofertas, sobre un destino turístico, presentadas por distintos touroperadores. Para esto, la agencia contacta con su departamento de consultoría para que le asesore y oriente en la selección de la oferta más adecuada.

TOUR-1	TOUR-2	TOUR-3	TOUR-4
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>

**Tabla 1.** Ofertas de los distintos touroperadores

El departamento de consultoría tiene cuatro áreas encargadas de estudiar cada una de las alternativas desde diferentes puntos de vista :



Calidad de la oferta	Calidad del alojamiento	Oferta Cultural	Ofertas de Ocio y Tiempo Libre
P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>

**Tabla 2.** Áreas del departamento de consultoría

Cada una de las áreas expresa sus opiniones o valoraciones sobre cada una de las posibles alternativas teniendo en cuenta el siguiente conjunto de etiquetas:  $S = \{ N, MB, B, M, A, MA, P \}$

Los resultados queda reflejados en la siguiente tabla:

Áreas\Ofertas	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
P <sub>1</sub>	VL	M	M	L
P <sub>2</sub>	M	L	VL	H
P <sub>3</sub>	H	VL	M	M
P <sub>4</sub>	H	H	L	L

**Tabla 3.** Valoraciones

Para resolver el problema utilizaremos el modelo de resolución de Toma de Decisión en Grupo anterior utilizando los dos modelos computacionales lingüísticos:

**a) Basado en el principio de extensión:**

**1º Fase de Agregación:** Obtenemos el valor de preferencia colectiva para cada una de las alternativas "C<sub>j</sub>" a partir de la siguiente formula:

$$C_j = \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_{ij}, \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m b_{ij}, \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_{ij} \right)$$

Donde "m" es el número de expertos obteniendo los siguientes valores de preferencias colectivas:

C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
(0.33,0.5,0.66)	(.25,0.42,0.58)	(0.21,0.38,0.54)	(0.3,0.45,0.625)

Teniendo en cuenta que estos valores son conjuntos difusos y que no se pueden directamente asociar a los valores de las etiquetas del conjunto S, necesitamos aplicar un proceso de aproximación lingüística basado en la distancia Euclídea para cada C<sub>j</sub> :

$$d(s, C_j) = \sqrt{P_1(a_i - a_j)^2 + P_2(b_i - b_j)^2 + P_3(c_i - c_j)^2}$$

obteniendo finalmente los siguientes valores:

Aprox (C <sub>1</sub> )	Aprox (C <sub>2</sub> )	Aprox (C <sub>3</sub> )	Aprox (C <sub>4</sub> )
M	M	L	M

**2º Fase de Explotación:** Como podemos observar, este método no nos devuelve una sola alternativa , sino que nos da una solución múltiple {c<sub>1</sub> , c<sub>2</sub> , c<sub>4</sub>}

**b) Método simbólico**

**1º Fase de Agregación:** Vamos a resolver el problema anterior con este método descrito anteriormente y utilizando como operador simbólico para la agregación lingüística el operador de combinación convexa que se define a continuación:

Sea A= { a<sub>1</sub> , ..., a<sub>m</sub> } un conjunto de términos lingüísticos que van a ser agregados, la combinación convexa se define como:

$$C^2 \{ \{ w_1 , 1 - w_1 \}, \{ b_1 , b_2 \} \} = (w_1 \ominus s_j) \oplus ((1 - w_1) \ominus s_i) = s_k , s_j , s_i \in S, (j \geq i)$$

Tal que :

$K = \min \{ g, i + \text{round} (s_i \cdot (j - i)) \}$  donde  $g + 1$  es la cardinalidad de  $S$ ,  $\text{round} (.)$  es la operación de redondeo y  $b_1 = s_j, b_2 = s_i$ .

En nuestro ejemplo el vector de pesos es  $\{0.25, 0.25, 0.25, 0.25\}$  para que la opinión de todos los expertos tengan la misma importancia y dando como resultado final:

$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
M	M	L	M

**2º Fase de Explotación:** En este caso , también nos aparece una solución múltiple a nuestro problema:  $\{c_1, c_2, c_4\}$ .

Podemos observar que ambos modelos dan resultados similares y en este caso concreto, la misma solución. Por tanto, según nuestras posibilidades de cálculo o afinidades utilizaremos un modelo u otro.

## 5. Conclusiones

En esta contribución hemos revisado la aproximación lingüística y sus distintos enfoques operacionales, para después ver su aplicación a los procesos de Toma de Decisión en Grupo relacionados con problemas derivados por la Industria del Turismo.

El uso del enfoque lingüístico difuso nos facilita la valoración en este entorno donde las alternativas a calificar presentan aspectos que son difícilmente valorables de forma precisa. Este enfoque se adapta con facilidad a este entorno que maneja información aproximada.

Por tanto, podemos decir que en aquellos problemas de Toma de Decisiones en contextos relacionados con la Industria del Turismo donde el conocimiento es difícil de expresar mediante valoraciones precisas el uso del Enfoque Lingüístico Difuso se muestra como una herramienta útil y que obtiene buenos resultados.

## Bibliografía

- BONISSONE, P. AND DECKER, S. *Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading-off precision and complexity*. Uncertainty in Artificial Intelligence, (1986), pp 217-247.
- BORDOGMA, G. FEDRIZZI, M. AND PASSI, G. *A linguistic modelling of consensus in group decision making based on Owa operators*. IEEE Trans. Systems, (1997), pp 126-132.
- CHUNG-HSING, Y., HEPUR, D. AND YU-HERN C. *FUZZY multicriteria analysis for performance evaluation of bus companies*. European Journal of Operational Research, 126, (2000), pp 459-473.
- DEGANI, R. AND BORTOLAN, G. *The problem of linguistic approximation in clinical decision making*. Int. J. Approximate Reasoning 2, pp 143-162, (1988).
- DELGADO, M. AND VERDEGAY, J.L. AND VILA, M.A. *On aggregation operations of linguistic labels*. Internat. J. Intell. Systems 7, (1993), pp 479-492.
- DUBOIS, D AND PRADE, H. *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. New York: Academic, (1980).
- KACPRZYK, J. *Group Decision Making with a fuzzy linguistic majority*. Fuzzy Sets and System 18, (1986), pp 105-118.
- HERRERA, F. AND HERRERA VIEDMA, E. AND VERDEGAY, J.L. *A sequential selection process in group decision making with linguistic assessment*. Inform. Sci. 85, (1995), pp 646-656.
- HERRERA, F. AND HERRERA VIEDMA, E. AND VERDEGAY, J.L. *A model of consensus in group decision making under linguistic assessment*. Fuzzy Sets and Systems 79, (1996), pp 175-190.
- HERRERA, F. AND MARTINEZ, L. *A 2-Tuple Linguistic Representation Model for Computing with Words*. IEEE Trans. On Fuzzy Systems. (December 2000), pp 746-752.
- ORLOVSKI, S.A. *Decision-Making with Fuzzy Preference Relation*. Fuzzy Sets and Systems 1, (1978) pp 155-167.
- ROUBENS, M. *Fuzzy sets and decision analysis*. Fuzzy Sets and Systems 90, (1997), pp 199-206. European Journal of Operational Research, 139, (2002), pp 166-177.
- YU-HER, CH. AND CHUNG-HSING, Y. *A Survey of Service Quality for Domestic Airlines*.
- ZADEH, L.A. *The concept of a linguistic variable and its applications to approximate*