

DIAGRAMAS UML PARA MODELOS DE TOMA DE DECISIÓN CON INFORMACIÓN HETEROGÉNEA

C. García, F. Herrera

Dpto. de Ciencias de la Computación e I.A.
Universidad de Granada, 18071 - Granada, España
gcarlos@fedro.ugr.es, herrera@decsai.ugr.es

L. Martínez, L.G. Pérez, P. J. Sánchez

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Jaén, 23071 - Jaén, España
martin.lgonzaga,pedroj@ujaen.es

Resumen

En un problema de Toma de Decisión nos encontramos con un conjunto de alternativas que debe ser valorada por un conjunto de expertos que expresarán sus preferencias sobre las alternativas. Generalmente se viene utilizando un único dominio de información para expresar estas preferencias, pero este modo de actuar presenta una serie de inconvenientes como la falta de flexibilidad. También puede darse el caso que el experto deba dar sus preferencias en un dominio de información que le es desconocido y por tanto dificulta su valoración. En este artículo se presentan unos diagramas UML para representar modelos de Toma de Decisión que pueden trabajar con información expresada en distintos dominios (numérico, intervalar y lingüístico) cuyo desarrollo teórico se ha presentado en [2, 3, 6]. Estos diagramas permiten una gran flexibilidad a la hora de trabajar con la información así como a la hora de poder definir modelos de Toma de Decisión.

1 INTRODUCCIÓN

En un modelo de Toma de Decisión tenemos un conjunto finito de alternativas $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ con $n \geq 2$, así como un conjunto finito de expertos $E = \{e_1, \dots, e_m\}$ con $m \geq 2$. Los expertos deben valorar las distintas preferencias de cada una de las alternativas utilizando algún modelo de representación disponible como vectores de utilidad [3] o relaciones de preferencia [6]. Generalmente estas preferencias suelen expresarse en un único dominio de información como el numérico, es decir, todas las valoraciones vienen expresadas por medio de números [8] o intervalos [12] que nos permiten una mayor flexibilidad. Si las alternativas tienen una característica cuantita-

tiva este modo de expresar las preferencias suele ser apropiado pero al trabajar con alternativas con características cualitativas se vuelve difícil poder dar una valoración apropiada y un enfoque lingüístico se ha demostrado válido para trabajar con este tipo de preferencias [14]. Nuestra propuesta es poder trabajar con cualquier tipo de dominio donde las distintas alternativas se puedan evaluar de una forma más conveniente o en el dominio donde el experto suele trabajar para que de esta forma sus valoraciones sean lo más precisas posibles. En [3, 6, 7] se han presentado distintos modelos que nos permiten trabajar con información heterogénea (numérica, intervalar y lingüística) para problemas de Toma de Decisión.

El objetivo principal de este artículo es presentar una serie de diagramas UML que nos permitirán definir modelos de Toma de Decisión que trabajan con información heterogénea. En los diagramas se muestran distintos modelos de representación de preferencias con los que puede trabajar nuestros modelos de Toma de Decisión.

La contribución se estructurará como sigue: en la sección 2 realizaremos un repaso al esquema de Toma de Decisión con información heterogénea que luego se representará en los diagramas UML, en la sección 3 presentaremos los diagramas UML para modelos de Toma de Decisión con información heterogénea. Para finalizar presentaremos las conclusiones.

2 ESQUEMA DE TOMA DE DECISIÓN

En nuestro esquema para la Toma de Decisión tenemos distintas alternativas que han sido valoradas por los distintos expertos en diferentes dominios, independientemente del modelo de representación de preferencias que se utilice. En [6, 7] hemos presentado el esquema de Toma de Decisión con información heterogénea basado en el proceso de decisión presentado en [11] pero con las modificaciones necesarias para

poder trabajar con las alternativas valoradas en diferentes dominios (numérico, intervalar y lingüístico), incluso el esquema presentado puede servir para un proceso de evaluación [3]:

1. *Fase de Agregación*: para obtener un valor de preferencia colectiva para cada una de las alternativas valoradas por los distintos expertos en los diferentes dominios (numérico, intervalar y lingüístico) debemos seguir los siguientes pasos:

- (a) *Unificar la información*. La información heterogénea se unificará en un conjunto difuso valorado en un dominio lingüístico específico, llamado Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL) y simbolizado por S_T . El CBTL es elegido según las condiciones presentadas en [7]
- (b) *Proceso de agregación*. Para cada alternativa, se obtiene un valor colectivo agregando el conjunto difuso valorado en el CBTL que representa la valoración individual que el experto ha asignado a esa alternativa por medio de un operador de agregación [4, 5, 13].
- (c) *Transformación a 2-tupla*. El valor colectivo obtenido para cada una de las alternativas expresado por medio de un conjunto difuso valorado en el CBTL se transformará en una 2-tupla lingüística [5] valorada en el CBTL utilizando la función presentada en [6].

2. *Fase de Explotación*. Una vez que tenemos las preferencias colectivas de cada una de las alternativas expresadas en 2-tuplas lingüísticas para obtener la mejor alternativa utilizaremos alguna función de selección como las presentadas en [10, 11]. Pero este esquema también es válido para un proceso de evaluación con lo que si este fuera el caso utilizaríamos un valor global [3] expresado por medio de una 2-tupla lingüística.

3 DIAGRAMAS UML PARA MODELOS DE TOMA DE DECISIÓN CON INFORMACIÓN HETEROGÉNEA

UML es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar los elementos de un sistema independientemente del software que se utilizará para su implementación [1, 9]. UML proporciona un estándar para la especificación de componentes en un sistema informático. En este artículo se presentan dos diagramas UML de clases donde se muestran los principales componentes de los modelos de Toma de Decisión con información heterogénea. El diagrama UML

de la Figura 1 presenta las clases necesarias para poder trabajar con información heterogénea en los modelos de Toma de Decisión.

Pasaremos a describir las principales características para cada una de las clases (presentadas en negrita), algunos de sus métodos (presentados en cursiva) y variables de instancia (presentadas en courier) del diagrama UML de la Figura 1:

- **Valoracion**. Las distintas alternativas del modelo de Toma de Decisión estarán valoradas en distintos dominios de información. Inicialmente no sabemos en que dominio de información estará valorada cada alternativa, por lo que necesitamos una clase que nos permita englobar todas las características comunes para todos los dominios de información. De esta forma una vez que especifiquemos un modelo de Toma de Decisión podremos asociar a cada alternativa su correspondiente dominio de información. Todos los dominios de información heredarán de esta clase y deberán implementar todos los métodos de esta clase al estar definidos como *abstractos*. De esta forma nos garantizamos que si se añade un nuevo dominio de información deben implementarse unos métodos que garanticen su correcto uso por parte del resto de clases presentes en el diagrama. El método más importante de esta clase, y que nos permite trabajar con la información representada en distintos dominios, es:

- *unificacion*. Al trabajar con información heterogénea debemos unificar toda la información de nuestro modelo de Toma de Decisión en un único dominio de información para posteriormente poder aplicar un operador de agregación a las valoraciones de las distintas alternativas. El dominio de información elegido es un conjunto difuso valorado en el CBTL. Cada clase que herede de **Valoracion** debe implementar este método para su correcta unificación en un conjunto difuso valorado en el CBTL. En [7] se presentan distintos métodos de unificación para información numérica, intervalar y lingüística.

- **Numerico, Intervalo, Lingüístico**. Estas tres clases heredan de **Valoracion** y representan los distintos dominios de información que pueden estar presentes en nuestros modelos de Toma de Decisión (información heterogénea). Al heredar de **Valoracion** haremos uso de la propiedad de polimorfismo para que dependiendo del dominio de información se aplique el correcto método de *unificacion* que permitirá transformar la información de entrada a su correspondiente conjunto

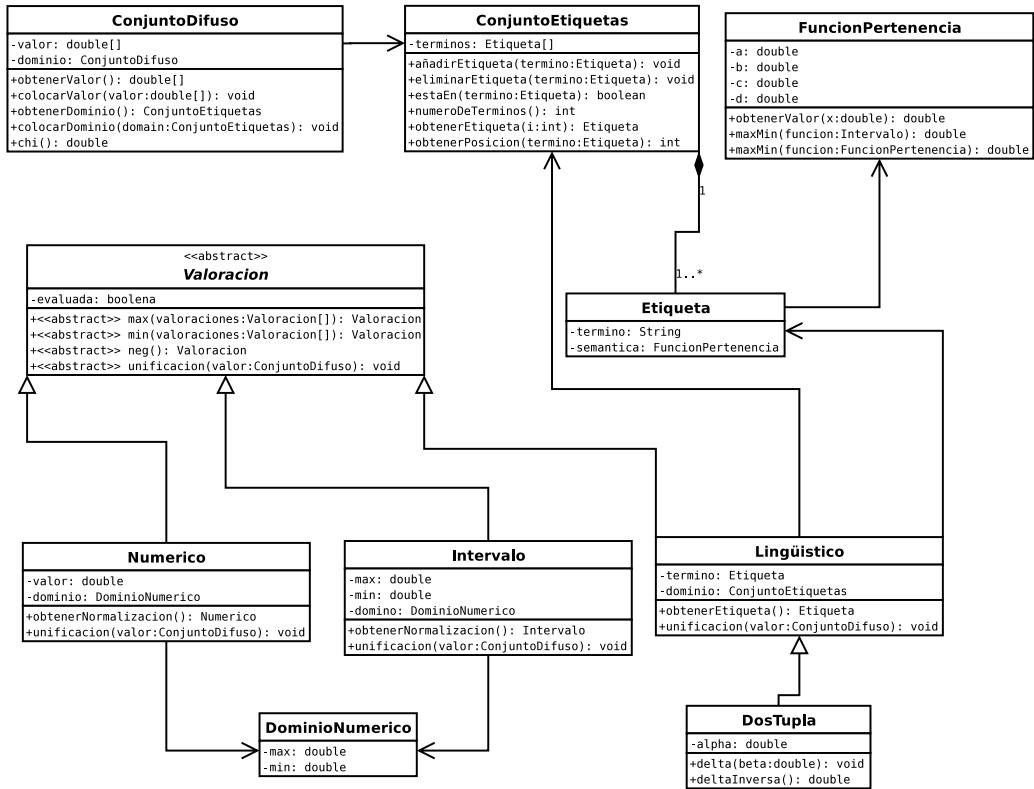


Figura 1: Diagrama UML para trabajar con información heterogénea

difuso valorado en el CBTL.

- **DosTupla.** Esta clase contiene los métodos necesarios para implementar el modelo basado en 2-tuplas lingüísticas presentado en [5]. Además también utilizaremos este dominio de información para presentar el resultado final de nuestros modelos de Toma de Decisión.
- **ConjuntoDifuso.** Esta clase se utilizará para representar el dominio de la información donde se unificará toda la información de entrada (numérica, intervalar y lingüística). El conjunto difuso viene representado en la variable de instancia `valor[]` y el conjunto de etiquetas que representa el CBTL en la variable de instancia `dominio`.
- **Etiqueta.** Esta clase nos permite representar la sintaxis de una etiqueta lingüística por medio de su etiqueta (`termino`) y su semántica dada por un número difuso perteneciente al intervalo $[0,1]$ (`semantica`).
- **ConjuntoEtiquetas.** Esta clase nos permite representar un conjunto de etiquetas lingüísticas donde serán valoradas las alternativas pertenecientes a un dominio lingüístico.

- **DominioNumerico.** Tanto la información numérica como la intervalar deberá estar expresada por medio de números pertenecientes al intervalo $[0,1]$. Pero para poder permitir una mayor flexibilidad en nuestro diagrama asociaremos un objeto de esta clase a cada objeto **Numerico** como **Intervalo** para poder permitir cualquier rango numérico (expresado por medio de las variables de instancia `max` y `min`) tanto para valores numéricos como intervalares. Sólo ha de añadirse un método de *normalizacion* en las clases **Numerico** y **Intervalo** que permita transformar los valores iniciales a otros comprendido en el intervalo $[0,1]$.
- **FuncionPerteneencia.** Cada objeto de la clase **Etiqueta** tendrá asociada una semántica que viene dada por un número difuso representado de forma paramétrica por una 4-tupla (a, b, c, d) , donde `b` y `c` indican el intervalo en el cual el valor de la función de pertenencia es 1, con `a` y `d` indicando el límite izquierdo y derecho del dominio donde se encuentra definida la función de pertenencia.

Una vez presentado el diagrama UML que nos permitirá trabajar con información heterogénea en nue-

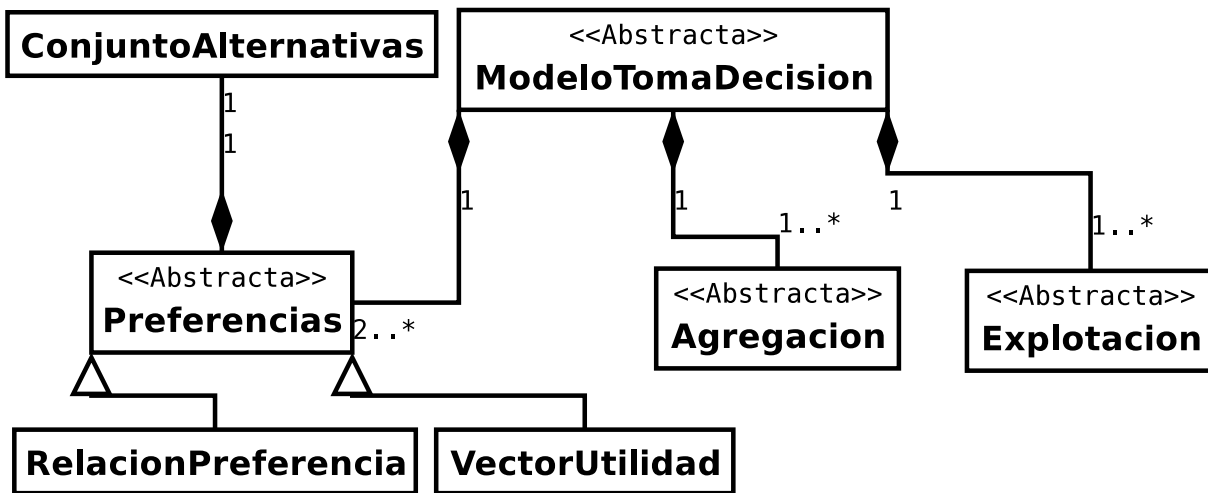


Figura 2: Diagrama UML para los modelos de Toma de Decisión

stros modelos de Toma de Decisión pasamos a presentar el diagrama UML que representa nuestros modelos de Toma de Decisión. El diagrama se presenta en la Figura 2. Pasaremos a describir las principales características para cada una de las clases (presentadas en negrita) y algunos de sus métodos (presentados en cursiva) del diagrama UML de la Figura 2:

- **ConjuntoAlternativas.** Esta clase nos permitirá almacenar las distintas alternativas presentes en un problema de Toma de Decisión. Para un problema de Toma de Decisión sólo habrá un único objeto que representa todas las alternativas que deben ser valoradas por los expertos.
- **Preferencias.** Esta clase abstracta nos permitirá generalizar los distintos modelos de representación que existen para valorar un conjunto de alternativas. De esta forma nuestro modelo de Toma de Decisión no tiene que cambiar al cambiar la representación en que se valoran las distintas preferencias por parte de los expertos.
- **VectorUtilidad.** Esta es una clase que hereda de **Preferencias** y representa el modelo en el que las preferencias son expresadas por medio de un vector, donde cada valor expresa la preferencia para cada una de las alternativas que se están considerando. Cuando utilizamos este modelo de representación de preferencias los modelos de Toma de Decisión pasan a denominarse modelos de Toma de Decisión Multicriterio [3].
- **RelacionPreferencia.** Esta clase también hereda de **Preferencias** y representa el modelo en el que las preferencias son expresadas por medio de una relación binaria con respecto a cada par de

alternativas (x_i, x_j) donde se refleja el grado en que x_i es preferida sobre x_j . Cuando utilizamos este modelo de representación de preferencias los modelos de Toma de Decisión pasan a denominarse modelos de Toma de Decisión en Grupo [6].

- **Agregacion.** Esta clase abstracta nos permite generalizar cualquier operador de agregación que queramos definir para nuestro problema de Toma de Decisión. De esta forma podremos aplicar distintos operadores de agregación para un mismo modelo de Toma de Decisión. En [4, 5, 13] podemos encontrar operadores de agregación para distintos problemas de Toma de Decisiones.
- **Explotacion.** Esta clase abstracta nos permite generalizar cualquier proceso de explotación que queramos definir para nuestro problema de Toma de Decisión. De esta forma podemos aplicar distintos procesos de explotación para un mismo modelo de Toma de Decisión. En [10, 11] podemos encontrar distintas funciones de selección de alternativas.
- **ModeloTomaDecision.** Esta clase abstracta nos permite generalizar los distintos modelos de Toma de Decisión que queramos definir para que puedan trabajar todos ellos con los modelos de representación de preferencias que tengamos definidos así como con los operadores de agregación y procesos de explotación con los que contemos. Como uno de nuestros objetivos es poder trabajar con modelos de Toma de Decisión con información heterogénea como los presentados en [6, 7] necesitaremos contar con los siguientes métodos abstractos que deberán ser implementados para cada uno de nuestros modelos:

- *obtenerCBTL*. Este metodo será necesario para poder encontrar el conjunto de términos lingüísticos donde de realizará la unificación de la información de entrada. Este proceso de selección podemos encontrarlo en [7].
- *procesoAgregacion*. Como vamos a trabajar con información expresada en distintos dominios no podremos aplicar directamente los operadores de agregación que tengamos definidos. Debemos seguir los siguientes pasos para realizar una agregación correcta de la información de entrada a nuestro problema:
 1. *Unificar la información*. Las valoraciones de las alternativas de nuestro problema vendrán expresadas en distintos dominios (numérico, intervalar y lingüísticos) y se unificarán por medio de conjuntos difusos expresados en el CBTL.
 2. *Agregación*. Una vez unificada toda la información podemos utilizar algún operador de agregación para obtener un valor de preferencia colectivo para cada una de las alternativas.
 3. *Pasamos a 2-tuplas*. Una vez que hemos utilizado los operadores de agregación pasamos la información a 2-tuplas que es el dominio donde vendrá expresado el resultado final de nuestro modelo de Toma de Decisión
- *faseExplotacion*. Sólo faltan aplicar un proceso de explotación utilizando una función de selección de alternativas (expresadas en 2-tuplas lingüísticas) para poder obtener el resultado final del modelo de Toma de Decisión.

4 CONCLUSIONES

En este artículo hemos presentado los diagramas UML para los trabajos teóricos presentados en [3, 6, 7]. También hemos completado una primera implementación en JAVA para un sistema automático de evaluación de la calidad del profesorado en las Universidades Andaluzas como parte de un proyecto de investigación financiado por La Unidad para la Calidad de la Universidades Andaluzas (UCUA). En la presentación se mostrará un ejemplo de esta primera implementación.

5 Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación TIC2002-03348, UJA23(UCUA) y Pro-

moJaén un proyecto perteneciente a la iniciativa EQUAL y los fondos FEDER.

Referencias

- [1] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley, 1999.
- [2] F. Herrera, E. Herrera-Viedma, and L. Martínez. A fusion approach for managing multi-granularity linguistic terms sets in decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1):43–58, 2000.
- [3] F. Herrera, E. Herrera-Viedma, L. Martínez, and P.J. Sánchez. A linguistic decision process for evaluating the installation of an ERP system. In *9th International Conference on Fuzzy Theory and Technology*, Cary (North Carolina) USA, 2003.
- [4] F. Herrera, E. Herrera-Viedma, and J.L. Verdegay. Direct approach processes in group decision making using linguistic OWA operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 79:175–190, 1996.
- [5] F. Herrera and L. Martínez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(6):746–752, 2000.
- [6] F. Herrera, L. Martínez, and P.J. Sánchez. Managing non-homogeneous information in group decision making. *European Journal of Operational Research*, page To appear, 2004.
- [7] F. Herrera, L. Martínez, and P.J. Sánchez. *A Multi-Granular Linguistic Decision Model for Evaluating the Quality of Network Services.*, pages 71–92. In: *Intelligent Sensory Evaluation: Methodologies and Applications*. Springer, 2004.
- [8] J. Kacprzyk. Group decision making with a fuzzy linguistic majority. *Fuzzy Sets and Systems*, 18:105–118, 1986.
- [9] C. Larman. *Applying UML and Patterns*. Prentice Hall, 1998.
- [10] S.A. Orlovsky. Decision-making with a fuzzy preference relation. *Fuzzy Sets Systems*, 1:155–167, 1978.
- [11] M. Roubens. Fuzzy sets and decision analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 90:199–206, 1997.
- [12] J.F. Le Téno and 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*, 109:522–529, 1998.

- [13] R.R. Yager. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 18:183–190, 1988.
- [14] R.R. Yager. An approach to ordinal decision making. *International Journal of Approximate Reasoning*, 12:237–261, 1995.