Atributos Monovaluados y Multivaluados sobre un Modelo Orientado a Objetos Difuso

Wílmer Pereira
Escuela de Ingeniería Informática,
Universidad Católica Andrés Bello

1. INTRODUCCIÓN

En el área de informática, una de las herramientas más populares para modelar situaciones, es el modelo orientado a objetos por su generalidad y versatilidad. A medida que aumenta la complejidad de los problemas se revaloriza el uso de esta metodología de desarrollo porque permitir plasmar ordenadamente problemas complejos.

Sin embargo, en muchos casos, parte de la complejidad de los problemas es atribuible o bien a la incertidumbre, o bien a la imprecisión y o sino a la incompletitud [PERE92]. Así, es deseable considerar teorías y técnicas que manejen estas imperfecciones del conocimiento dentro del modelo orientado a objetos. Esto permitiría al usuario especificar el problema aunque el conocimiento sobre el problema sea imperfecto.

En [PERE00] se planteó una primera versión de un modelo orientado a objetos, para modelar estas imperfecciones del conocimiento usando conjuntos difusos y teoría de posibilidad. De allí nació la primera propuesta de un *Modelo Orientado a Objetos Difuso*.

El presente trabajo detalla uno de los aspectos más importantes al caracterizar objetos como lo son los valores sobre los atributos. Aquí se definirá como reflejar imperfecciones sobre los valores de los atributos que conforman un objeto.

2. PRELIMINARES

Antes que nada se describen las nociones básicas del modelo orientado a objetos clásico, los conjuntos difusos y la teoría de posibilidad ya que son los fundamentos de esta propuesta.

2.1. Modelo Orientado a Objetos

Modelar una situación bajo el enfoque orientado a objetos es una manera de pensar los problemas usando el concepto de entes individuales u *objetos* con identidad propia. Los objetos son entidades independientes para modelar conceptos del mundo real que se adecuan a la aplicación que se está modelando. Una manzana particular es un objeto específico, con una identidad única, y con características que determina su estado (roja, grande, madura, con tallo, etc). En consecuencia, cada objeto tiene un conjunto de valores o *atributos* que constituyen su estado interno. Un objeto específico tiene sus atributos con ciertos valores que lo particularizan del resto de los objetos y que definen su estado el cual puede cambiar en el transcurso del tiempo.

Por otro lado, cada objeto tiene definido los mecanismos que determinan su comportamiento o también conocido como *métodos*. Estos son procedimientos que al aplicarse cambian el estado del objeto y le permiten interactuar con otros objetos.

Cada atributo y método se especifica dentro de una plantilla que se define antes de crear o *instanciar* cualquier objeto. Esta plantilla, o también llamada *clase,* define implícitamente todos los objetos que comparten la misma estructura interna y el mismo comportamiento. Así cada objeto es un caso particular o instancia de la clase.

Además existen otros mecanismos como la *herencia* y el *polimorfismo* que no serán tratados en el presente trabajo.

A manera de ejemplo, pensemos en la clase `persona` que contiene como atributos: `cédula`, `edad`, `talla`, `dirección`, `título`, `NroTlf`, `ColoresPreferidos`, `PrimerIdioma` y `SegundoIdioma`. Cada persona individual, por ejemplo, `nathalie` es un objeto, o sea, una instancia de la clase `persona`. El objeto `nathalie` tendrá valores específicos para cada uno de los atributos. Así, por ejemplo, el atributo `edad = 8` o `NroTlf = 2426290`. Además se podrían tener métodos que realizan operaciones sobre objetos instanciados de la clase `persona` cambiando su estado. Por ejemplo, `CambiarDirección`, `NuevoTitulo`, etc.

2.2. Conjuntos Difusos

Dado un universo de elementos posibles, los conjuntos regulares están compuestos de los elementos que pertenecen al conjunto en contraposición con aquellos que no pertenecen por estar fuera del conjunto. Es decir, los elementos del universo, con respecto a los conjuntos regulares, tienen un grado de pertenencia binario o bien están dentro del conjunto, o bien están fuera del conjunto. Sin embargo, podemos encontrarnos ante un concepto donde esta pertenencia binaria sea menos rígida. Es decir, tener conjuntos en los que no se puede caracterizar a un grupo de elementos y saber si pertenecen o no al conjunto, o sea, no tener los bordes del conjunto claramente definidos. Ejemplos de este tipo de conjuntos son: <u>personas jóvenes</u>, <u>distancias cercanas</u>, o <u>empleados bien pagados</u>. Los *conjuntos difusos* son una extensión de los conjuntos regulares que permite expresar el grado de pertenencia de los elementos del universo. Los conjuntos difusos le dan un valor cuantitativo a cada uno de los elementos, definiendo un número que determina el grado de pertenencia al conjunto. Así, ciertos elementos del conjunto difuso pueden pertenecer con cierto grado sin estar claramente fuera o dentro del conjunto.

Desde otro punto de vista, en los conjuntos regulares hay una discontinuidad entre los elementos del conjunto y los elementos del universo cercanos a éstos, pero que no pertenecen al conjunto. Los conjuntos difusos están provistos de una gradualidad en la transición entre la membresía completa y la exclusión completa. Esto es: en el borde los elementos no están completamente incluidos, pero tampoco están completamente excluidos.

Para representar tal gradualidad se hace uso de una *función de membresía* cuyo rango es el intervalo real [0,1]. Todo elemento del universo está provisto de un grado que representa su membresía al conjunto [HAT91]. Estos grados inducen un orden el cual define preferencias sobre el universo. La función de membresía de un conjunto difuso F es denotada con el símbolo m_F que es una función característica tal que: $m_F : U \rightarrow [0,1]$. Usualmente esta función característica tiene forma de trapezoide y se representa por la tupla de valores del universo *(a,b,c,d)* como se indica en la siguiente figura:

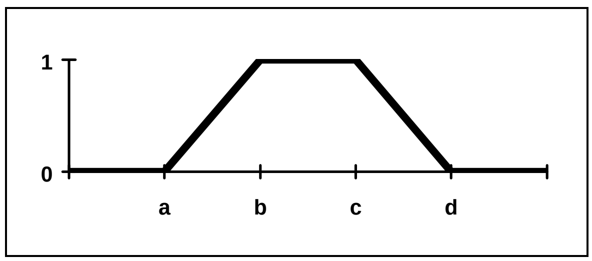

Figura 1: Representación Trapezoide de un Conjunto Difuso

Para este ejemplo el trapezoide podría representar el conjunto difuso adolescente $m_A : Edad \rightarrow [0,1]$ donde los valores del trapezoide podrían ser:

a = 10 **b** = 14 **c** = 18 **d** = 23.

Sobre los conjuntos difusos se definen los mismos conceptos que sobre los conjuntos clásicos. Uno de ellos es la *cardinalidad* de un conjunto difuso que es similar a la de los conjuntos regulares pero tiene varias definiciones, algunas son basadas en números enteros, otras en números reales y otras en números difusos. La interpretación más sencilla se denota con el símbolo $\sum count(F)$ y se calcula como:

$$\sum count(F) = \sum_{x \in U} m_F(x) \qquad (1)$$

2.3. Distribución de Posibilidad y Teoría de Posibilidad

Una *distribución de posibilidad* π es una función de un universo *U* al intervalo real [0,1], tal como la función de membresía de los conjuntos difusos. Una distribución de posibilidad indica para un elemento los posibles valores que toma en el universo U, estos posibles valores forman un conjunto difuso F: $p(x=a)=m_F(a)$. Sobre las distribuciones de posibilidad se definen dos medidas llamadas *posibilidad* (Π) y *necesidad* (N), las cuales juntas permiten definir el grado de certeza o confianza de una afirmación [DUBO88]. Esto es una manera menos rígida de representar la incertidumbre que la que ofrece el cálculo de probabilidades.

La medida de posibilidad es una función cuyo dominio son partes del universo en el intervalo [0,1], Π: P(*U*) → [0,1] tal que:

$$\forall A, B \in \mathrm{P}(U)\big(\Pi(A \cup B) = max(\Pi(A), \Pi(B))\big) \tag{2}$$

$$\forall A \in \mathrm{P}(U)\big(max(\Pi(A), \Pi(\overline{A})) = 1\big) \tag{3}$$

Es de notar que en la última fórmula, para dos conjuntos contrarios (el conjunto *A* y su complemento), uno de los dos es completamente posible, lo cual de hecho, no prohibe que el otro también sea completamente posible. En ese caso, si ambos conjuntos son completamente posibles, se está en una situación de ignorancia total. Esto es una ventaja de la teoría de posibilidad, por sobre el cálculo de probabilidades, el cual no permite representar ignorancia sobre el grado de incertidumbre.

La medida de necesidad N, al igual que la medida de posibilidad, es una función de las partes de *U* en el intervalo real [0,1] que se diferencia en que:

$$\forall A, B \in \mathrm{P}(U)\big(\mathrm{N}(A \cap B) = min(\mathrm{N}(A), \mathrm{N}(B))\big) \tag{4}$$

$$\forall A \in \mathrm{P}(U)\big(min(\mathrm{N}(A), \mathrm{N}(\overline{A})) = 0\big) \tag{5}$$

También se puede representar ignorancia cuando la medida de necesidad es 0. Notese que en cálculo de probabilidades si un evento tiene una probabilidad 0 implica que el contrario tendrá una probabilidad 1, o sea, el complemento ocurre sin ninguna duda (en cálculo de probabilidades el grado de confianza del evento y de su complemento deben sumar 1).

Las medidas de necesidad y posibilidad son más débiles porque no condicionan la probabilidad del evento complementario además de que la suma de las medidas de posibilidad o necesidad no tienen que sumar 1. Es por ello que se adecuan mejor a la modelación de incertidumbre subjetiva según las apreciaciones de un diseñador o usuario.

2.4. Lógica Difusa

La teoría de conjuntos difusos permite definir una *Lógica Difusa*. En esta lógica el valor de verdad de una sentencia está en el intervalo real [0,1]. El valor 0 indica completamente falso. Análogamente, 1 es completamente cierto [HAT91]. El valor de verdad de una sentencia *s* será denotado con *m(s)*.

2.4.1. Predicados o Etiquetas Lingüísticas

Los componentes atómicos de esta lógica son predicados sobre conjuntos clásicos definidos mediante el uso de conjuntos difusos. El valor de verdad del predicado viene dado por la función de membresía del conjunto difuso. Estos predicados son llamados *predicados difusos*.

Por ejemplo, el predicado difuso `joven` es definido sobre el universo de las edades {0..125} con la función de membresía m_{joven}=(0,0,25,50). Esto se representa con el trapezoide:

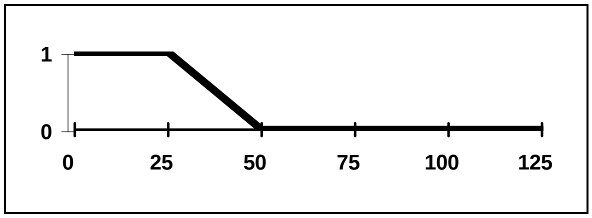

Figura 2. El valor de verdad del predicado `joven` para la edad 35 es 0.6:

$$m_{joven}(35)=0.6$$

3. MODELO ORIENTADO A OBJETOS DIFUSO

En lineas generales se puede enriquecer un modelo orientado a objetos que permita al usuario reflejar incertidumbre e imprecisión. Existen varios trabajos que atacan este problema sobre distintos componentes del modelo [BORD94], [GEOR93], [VANG93], [YAMA91]. Estos aspectos son:

- Atributos con valores difusos
- Herencia o jerarquía difusa
- Pertenencia difusa o incierta de los objetos a las clases

Este trabajo se concentra en un estudio minucioso de las posibles semánticas difusas para los atributos de objetos tanto monovaluados como multivaluados. Los atributos difusos serán tratados desde el punto de vista de conjuntos difusos cuando se modela imprecisión y utilizando la teoría de posibilidad si se desea representar incertidumbre.

Se supone que la incompletitud se representa mediante grados de incertidumbre aunque existen enfoque simbólicos para tratar este problema [PERE92]. Esta posibilidad será evaluada en trabajos posteriores.

3.1. Atributos Difusos

Existen varias maneras de asociar un carácter difuso a un atributo. En este trabajo se desarrollarán, separadamente, aquellas que reflejan los aspectos de imprecisión e incertidumbre sobre el(los) valor(es) del atributo. También se estudiarán combinados cuando el modelo del diseñador debe reflejar imprecisión e incertidumbre. Estos dos aspectos se modelan al asignar:

- Una etiqueta lingüística o valor difuso al atributo

- Un valor específico y preciso pero con un grado de incertidumbre (medida de posibilidad o necesidad según el nivel de detalles de que disponga el diseñador)

Aquí se presentarán ambos tipos de imperfecciones considerando si el atributo es monovaluado o multivaluado.

3.1.1. Atributo Monovaluado

Un atributo monovaluado es aquel que sólo toma un valor al momento de que el objeto define su estado. Por ejemplo, el objeto `Wilmer` puede definir su atributo `cedula` con el valor `15633744` que se supone además único para esa persona. En el modelo orientado a objetos clásico se asume que todos los atributos toman un valor preciso. Sin embargo podríamos vernos en la necesidad de considerar imperfecciones como imprecisión e incertidumbre. Con respecto a la imprecisión, podría ocurrir que el valor que tome el atributo sea una etiqueta lingüística o sea un valor vago o difuso. Con toda etiqueta lingüística viene asociada una distribución de posibilidad (ver Figura 1) donde cada valor del dominio (sobre el cual se define el atributo) tendrá un grado de membresía al conjunto difuso que caracteriza la etiqueta lingüística. Así supongamos un objeto (perteneciente a la clase `persona`) que tiene el atributo `edad` y se le asigna la etiqueta lingüística `joven`.

Esta define una distribución de posibilidad con la función de membresía μ_{joven} cuyo dominio son las edades posibles y el rango es el intervalo [0,1] (ver Figura 2)

$$m_{joven}: [1,125] \rightarrow [0,1]$$

Así que si la edad del objeto Wílmer es joven, entonces la función de distribución asociada al atributo edad del objeto Wílmer es, como muestra la figura 2:

{1/1,1/2,...,1/25,0.95/26,0.9/27,...,0.1/48,0.05/49,0/50,...,0/125}

En consecuencia una etiqueta lingüística como joven genera una distribución de posibilidad sobre el atributo edad del objeto Wílmer.

Con respecto a la incertidumbre, supongamos un atributo monovaluado al cual se le atribuye un valor preciso pero quien lo define le asigna un cierto grado de incertidumbre, el cual puede verse como una medida de posibilidad o de necesidad. Por ejemplo, supongamos el objeto Wilmer que tiene el atributo SegundoIdioma cuyo valor es Inglés con un grado de incertidumbre o posibilidad de 0.8. En este caso el valor específico del atributo SegundoIdioma es Ingles, 0.8 posible. En este caso se utilizó la medida más débil (posibilidad) que compromete menos al diseñador. De hecho si le hubiese asignado 1, esto sólo indicaría ignorancia sobre la certidumbre del valor asociado al atributo.

En caso de tener un atributo monovaluado con ambos tipos de imperfecciones mezclados, es conveniente que la incertidumbre venga reflejada con una medida de posibilidad. Esto debido al hecho de que se puede definir un λ-trapezoide [BUIS87]. Por ejemplo supongamos que se tiene el objeto Nathalie con un atributo talla cuyo valor es la etiqueta lingüística "más o menos 1m10". Además se agrega el hecho de que este valor difuso es 0.3 posible. Dicho en otros términos lo que se quiere modelar es: "*es 0.3 posible que la talla de Nathalie sea de más o menos 1m10*". Así el trapezoide que representa más o menos 1m10 está en la siguiente figura:

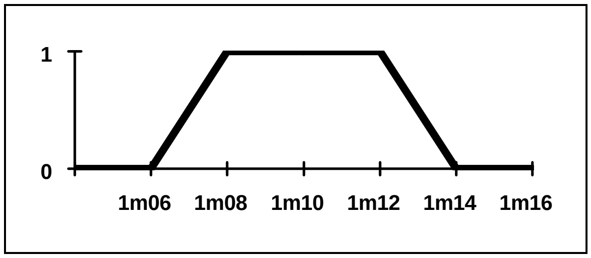

Figura 3: Trapezoide de la etiqueta difusa `más o menos 1m10`

La posibilidad de `0.3` sobre el atributo `talla` del objeto `Nathalie` introduce lo que se denomina el λ-soporte para definir el λ-trapezoide (si la posibilidad fuese `1` se tendría incertidumbre total).

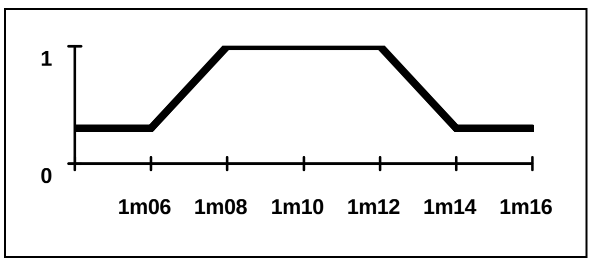

Figura 4: λ-trapezoide de la etiqueta difusa `más o menos 1m10`

.

Finalmente los atributos monovaluados pueden tomar sus valores de un tipo primitivo (como en el ejemplo anterior) u objetos de otra clase (agregación).

3.1.2. Atributo Multivaluado

Sin embargo la situación es diferente con los atributos multivaluados. Un atributo multivaluado representa propiedades sobre objetos cuyos valores no son atómicos sino un conjunto de valores. Por ejemplo el atributo `NroTlf` del objeto `Wilmer` serían todos los números de teléfonos de los que dispone esa persona y desde donde puede ser contactado. Ahora se podría definir un mecanismo más flexible que permita que el valor de un atributo multivaluado en vez de ser un conjunto clásico sea un conjunto difuso. Esto nos permite representar conjuntos de valores con un borde no definido de manera precisa. También permite representar conjuntos de valores donde se expresa de alguna manera una preferencia. Es claro que no siempre un atributo multivaluado debe ser un conjunto difuso pues en el ejemplo anterior con el atributo `NroTlf` de la clase `persona`, no tiene sentido un conjunto difuso de teléfonos. Sin embargo podría pensarse en otro ejemplo como un atributo `ColoresPreferidos` perteneciente a la clase `persona`. Así el objeto `Wílmer` podría definir su conjunto de colores pero también dotarlos de un grado que expresa el nivel de preferencia de esa persona por determinado color. Este caso se representaría mediante la función de distribución:

```
{1/Rojo, 0.8/Azul, 0.8/Verde, 0.4/Amarillo}
```

A pesar de que los atributos difusos multivaluados no se definen bajo los mismos términos que los atributos difusos monovaluados (no se le asigna al atributo una etiqueta lingüística) se pueden ver como una función de distribución.

Podría también ocurrir que algunos de los valores del atributo multivaluado sean etiquetas lingüísticas. En ese caso estaríamos hablando de un conjunto difuso en el que a su vez algunos de sus elementos son conjuntos difusos. Por ejemplo, imagínese el caso de un objeto de la clase `persona` (`Nathalie`), cuyo atributo `ColoresPreferidos` contiene los valores:

```
{0.5/VerdeOliva,0.9/AzulCielo,0.8/muyRosado,0.2/pocoGris}
```

En este caso se tienen tres valores preciso y dos de ellos calificados con modificadores lingüísticos (muy y poco). Aquellos caracterizados con los modificadores definen un conjunto difuso que a su vez es otra función de distribución que podría ser:

```
{0.2/Rosado1,0.8/Rosado2,1/Rosado3,1/Rosado4,0.8/Rosado5,0.2/Rosado6}
{1/Gris1,0.8/Gris2,0.6/Gris3,0.4/Gris4,0.2/Gris5,0/Gris6}
```

Es de notar que se está hablando, con respecto a la primera función de distribución, de un conjunto difuso con incertidumbre. En ese caso si los grados de incertidumbre son medidas de posibilidad, las dos últimas funciones de distribución son λ-trapezoides.

4. CONCLUSIONES

El presente trabajo es un avance hacia la definición detallada de un modelo orientado a objetos difuso. Es de notar que las librerías que agregan conceptos difusos en aplicaciones (como *NCR Fuzzy Toolkit* para Java) no son comparables con este trabajo pues nuestro objetivo es modificar el propio modelo orientado a objetos. Esta librería pretende representar y manipular informatión difusa usando un modelo orientado a objetos tradicional.

Para desarrollar nuestras ideas deberíamos modificar las especificaciones de un lenguaje orientado a objetos para tener efectivamente un modelo orientado a objetos difuso. Este prototipo cosntituye uno de nuestro objetivos a mediano plazo.

Por último este trabajo esta conformando el trabjo de ascenso que presentaré para ascender a la categoría de agregado de la Universidad Católica Andrés Bello.

5. BIBLIOGRAFÍA

[BORD94] G. Bordogna, D. Lucarella, G. Pasi., <u>A Fuzzy Object Oriented Data Model</u>, *III IEEE Int. Conference on Fuzzy Systems*, 1994.

[BUIS87] J. C. Buisson, H Farreny & H. Prade, <u>Dealing with Imprecisión and Uncertainty in Expert System DIABETO-III</u>, *Innov. Tech. Biol. Med.,* Vol. 8, N. 2, 1987.

[DUBO88] D. Dubois & H. Prade, Théorie des Possibilités: Applications a la Représentation des Connaissances en Informatique, *Editorial Masson*, 1988.

[DUBO91] D. Dubois, H. Prade, J-P. Rossazza, Vagueness, Typicality, and Uncertainty in Class Hierarchies *International Journal of Intelligente Systems*, Vol. 6, 1991.

[GEOR93] R. George, B.P. Buckles, F.E.Petry, Modelling Class Hierarchies in the Fuzzy Object-Oriented Data Model, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 60, 1993.

[HAT91] J.P. Haton et al, Raisonnement en Intelligence Artificielle, *InterEditions*, Paris, 1991.

[INOU91] Y. Inoue, S. Yamamoto, S. Yasunobu, Fuzzy Set Object: Fuzzy Set as First-Class Object, *IFSA '91 Conference Proceedings*, Brussels, 1991

[PERE92] W. Pereira, Une Logique Modale pour le Raisonnement dans l'Incertain, *Tesis de Doctorado, Universidad de Rennes I*, 1992.

[PERE00] W. Pereira y L. Tineo, Modelo Orientado a Objetos Difuso, *L Convención Anual ASOVAC*, Universidad Simón Bolívar, Noviembre/2000.

[THAY89] A. Thayse et al, Approche Logique de l´Intelligence Artficielle, Volume I y II, *Dunod Informatique*, Paris, 1989.

[VANG93] N. Van Gyseghem, R. De Caluwe, R. Vandenberghe, UFO: Uncertainty and Fuzziness in Object-oriented model, *II IEEE Int. Conference on Fuzzy Systems*, San Francisco, 1993.

[YAMA91] S. Yamamoto, Y. Inoue, S. Yasunobu, Object-Oriented Approaches for Fuzzy Information Processing, *IFES91'*, 1991.